

Das Hydrosiliciumchlorid (Siliciumchloroform): HSiCl_3 entsteht durch Erhitzen von Silicium in trockenem Salzsäuregas zugleich mit dem, etwas weniger flüchtigen Siliciumchlorid, von welchem es durch fractionirte Destillation getrennt wird. Es ist eine farblose, stark riechende, an der Luft rauchende, entzündbare Flüssigkeit von 1.6 specif. Gewicht, siedet bei 36° , verwandelt sich mit Chlor in Vierfach-Chlorsilicium, wird von Wasser schon bei 0° in Salzsäure und eine Verbindung von der Zusammensetzung: $\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}_3$ zersetzt, welche dem hypothetischen Ameisensäureanhydrid: $\left. \begin{array}{l} \text{HCO} \\ \text{HCO} \end{array} \right\} \text{O}$ entspricht.

Siliciumformylsäureanhydrid: $\left. \begin{array}{l} \text{HSiO} \\ \text{HSiO} \end{array} \right\} \text{O}$. — Diese Verbindung, auch Leukon genannt, ist ein weisses lockeres Pulver, verbrennt beim Erhitzen an der Luft leicht zu Kieselsäure und Wasser, wird von Natronlauge unter Entwicklung von Wasserstoff zu kieselsaurem Natron gelöst.

Siliciumoxalsäure: $\left. \begin{array}{l} \text{SiOOH} \\ \text{SiOOH} \end{array} \right\}$, kann man die der Oxalsäure $\left. \begin{array}{l} \text{COOH} \\ \text{COOH} \end{array} \right\}$ entsprechende Verbindung nennen, welche an Stelle der beiden Kohlenstoffatome der Oxalsäure zwei Atome Silicium enthält; sie hat ausserdem keinerlei Aehnlichkeit mit der Oxalsäure, überhaupt nicht die Eigenschaft einer Säure. — Sie entsteht durch Vermischen des Seite 324 besprochenen Dreifach-Chlorsiliciums mit kaltem Wasser, bildet ein weisses Pulver, welches von Natronlauge unter Wasserstoffentwicklung gelöst wird.

Kohlenstoff.

(Chemisches Zeichen: C. — Atomgewicht: 12.)

Der Kohlenstoff nimmt unter den Elementen eine Sonderstellung ein; obwohl er nur mit wenigen Elementen, dem Sauerstoff

und Schwefel, allenfalls auch Eisen, dagegen weder mit Wasserstoff, noch mit Stickstoff, noch mit den Haloiden, unmittelbar Verbindungen eingeht, so sind doch von keinem anderen Elemente so zahlreiche und so mannichfache Verbindungen bekannt, wie eben vom Kohlenstoff. Alle organischen Verbindungen, sowohl die grosse Zahl der Bestandtheile und Produkte des Thier- und Pflanzenkörpers, wie die noch viel zahlreicheren Stoffe, welche wir aus diesen künstlich herstellen, sind Kohlenstoffverbindungen.

Man hat die organische Chemie als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen definirt; die Besprechung derselben würde demnach, d. h. bei strenger Handhabung dieser Definition, nicht in ein Lehrbuch der anorganischen Chemie gehören. Allein nirgends in der Natur giebt es scharfe Grenzlinien, welche die Körper so aus einander halten, dass eine strenge Classification derselben möglich ist. Ueberall finden sich verbindende Glieder, welche den Uebergang von der einen Körperklasse zur andern vermitteln.

Wenn schon alle organischen Stoffe aus Kohlenstoffverbindungen bestehen, so zwingt uns das keineswegs, darum alle Kohlenstoffverbindungen in das Gebiet der organischen Chemie zu verweisen; manche derselben, zumal die von einfacher Zusammensetzung lassen sich ohne Zwang nicht von den unorganischen Verbindungen der anderen Elemente trennen.

Der Kohlenstoff findet sich in der Natur in drei Modificationen, welche verschiedener, als sie sind, kaum gedacht werden können, als Diamant: krystallisirt, durchsichtig, ausgezeichnet durch Härte und Lichtbrechungsvermögen, Nichtleiter der Elektrizität; sodann als Graphit: von schwarzgrauer Farbe, krystallinisch, metallglänzend, guter Leiter der Elektrizität und ausserordentlich weich; endlich als gewöhnliche Kohle, Hauptbestandtheil der Steinkohle: amorph, schwarz und abfärbend, aber beträchtlich härter, als Graphit, leichter brennbar als dieser und als Diamant.

Der Diamant gehört zu den selten vorkommenden Stoffen, ist sehr kostbar, ein Edelstein; der Graphit findet sich zwar in reichlichen Mengen, aber auch nicht sehr verbreitet, die amorphe Kohle in grosser Verbreitung und in grossen Massen angehäuft. Sie ist die bei weitem wichtigste und trotz des geringen Preises die werthvollste Modification des Kohlenstoffs, da sie als hauptsäch-

lichste Quelle für Wärme und Kraft, nicht bloss unsere Industrie, sondern das ganze heutige sociale und politische Leben der civilisirten Länder bedingt.

Auch in ihren specifischen Gewichten weichen jene drei Arten Kohlenstoff von einander ab. Das specifische Gewicht

des Diamants ist	3·5
das des Graphits	2·2
das der amorphen Kohle	1·6 bis 2·0.

Mehr Uebereinstimmung zeigen die drei Modificationen des Kohlenstoffs in ihren chemischen Eigenschaften. Wennschon sie verschieden leicht verbrennen (der Diamant am schwierigsten), so sind doch die Verbrennungsprodukte dieselben. Gleiche Gewichte derselben erzeugen durch Verbrennung gleiche Gewichtsmengen Kohlensäure. Ebenso lässt sich aus der Kohlensäure durch Reduction wieder Kohle herstellen, aber nur amorphe Kohle oder Graphit. Diamant aus der Kohlensäure durch Reduction zu gewinnen, ist noch nicht gelungen.

Der Kohlenstoff in seinen drei Modificationen ist unschmelzbar und in keinem der gewöhnlichen Lösungsmittel zu lösen. Das einzige Lösungsmittel für denselben ist schmelzendes Eisen. Doch nimmt dieses nur einige wenige Procente davon auf, es scheidet den grössten Theil des gelösten Kohlenstoffs beim Erkalten als Graphit krystallinisch aus. — Wenn es einmal gelingt, eine Flüssigkeit zu finden, welche die Fähigkeit besitzt, den Kohlenstoff in nicht hoher Temperatur zu lösen, so ist zu erwarten, dass derselbe daraus als Diamant auskrystallisirt.

Wie bereits erwähnt, hat der Kohlenstoff weder zu Wasserstoff, noch zu den Haloiden, noch auch zu Stickstoff chemische Verwandtschaft; es ist nicht gelungen, die genannten Elemente direct mit Kohlenstoff zu vereinigen; die betreffenden Verbindungen haben aber auf Umwegen erhalten werden können. Auch zum Sauerstoff und Schwefel besitzt der Kohlenstoff bei gewöhnlicher Temperatur, und selbst bei 100°, nicht die geringste Affinität, dieselbe kommt erst bei Glühhitze zur Wirkung und wächst mit der Temperatur in dem Maasse, dass bei Weissgluth die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff die aller anderen Elemente, selbst die des Phosphors und Kaliums übertrifft. Das Gleiche gilt vom Schwefel. — Wir besitzen deshalb

in dem zur Roth- und Weissgluth erhitzten Kohlenstoff das kräftigste Reductionsmittel, und machen davon in der Metallurgie die ausgedehnteste Anwendung.

Auch mit Stickstoff vermag der Kohlenstoff bei Glühhitze sich zu vereinigen, aber nur dann, wenn zugleich ein Stoff, z. B. Kalium zugegen ist, mit dem das entstehende Product, das Cyan, sofort in chemische Verbindung treten kann. Wir gewinnen so aus Kohle, kohlsaurem Kali und Stickstoff Cyankalium.

Der Diamant (Demant) wird in Alluvien gefunden, welche durch Zertrümmerung älterer Gebirge entstanden sind, und wird durch Auswaschen und Schlämmen der sandigen Alluvialmassen gewonnen. Solche „Diamantfelder“ finden sich in Ostindien, im Capland und besonders in Brasilien, ferner am Ural, in Californien, Borneo u. a. m. Man hat Diamanten auch im Gestein eingewachsen gefunden, in Brasilien in einem quarzreichen Talkschiefer, dem Itakolumit, auch Gelenkquarz genannt wegen der Biegsamkeit schmaler, dünner Streifen desselben. Ob aber dieser Itakolumit das wirkliche Muttergestein ist, oder ob der Diamant in den aus Trümmern anderer älterer Gebirgsmassen entstandenen Itakolumit bei dessen Entstehung hineingeschwemmt ist, und so eine secundäre Lagerstätte gefunden hat, bleibt noch zu erforschen.

Der Diamant krystallisirt im regulären System, die Krystallflächen sind häufig gekrümmt. Die Krystalle sind nach den Octaëderflächen spaltbar, besitzen ausgezeichneten Glanz und starkes Lichtbrechungsvermögen. Sie sind gewöhnlich farblos, durchsichtig, zuweilen auch blau, grün, oder roth gefärbt.

Der zu Schmucksteinen verarbeitete Diamant wird stets geschliffen, was wegen seiner unübertroffenen Härte nur mit Diamantstaub geschehen kann. Letzterer wird durch Zerstossen und Pulvern ganz kleiner, zu anderen Zwecken nicht verwendbarer Diamanten (sogenanntes Diamantbrod) in Stahlmörsern gewonnen. Da der Diamant spröde ist, so lässt er sich trotz seiner Härte doch ziemlich leicht zerkleinern und in Pulver verwandeln.

Die Gestalt, welche den Diamanten durch Schleifen gegeben wird, ist nach der ursprünglichen Gestalt derselben und nach der Art ihrer Verwendung als Schmucksteine verschieden. Die geschätzteste ist die Brillantform. Der Brillant hat auf der oberen Seite eine Fläche (Tafel), welche von dreiseitigen resp. rhombischen Flächen so umgeben ist, dass dieser obere Theil eine stark ab-

gestutzte Pyramide darstellt (Fig. 34). Die untere Seite ist eine doppelt so hohe, ebenfalls facettirte Pyramide, welche, von rhombischen Facetten begrenzt, weniger abgestutzt ist. Der Brillant

Fig. 34.



Fig. 35.



ist stets *à jour* gefasst, d. h. nur in der Mitte von der Fassung gehalten, deshalb oben und unten frei.

Von der Brillantform verschieden ist die Rosettenform der Diamanten. Die Rosetten sind unten flach (Fig. 35). Auf dieser ebenen Fläche erhebt sich ein pyramidal zugehender Kreis von Facetten, auf welchem eine flache, sechsflächige Pyramide steht.

Der Werth der Diamanten ist abhängig theils von der Grösse derselben, theils von ihrer Durchsichtigkeit (dem Wasser) und ihrem Farbenspiel (dem Feuer). — Das Gewicht, nach welchem dieselben gehandelt werden, ist das Karat (0.205 g). Ein Karat des geschliffenen Diamants von reinstem Wasser kostet ungefähr 200 Mark. Ein doppelt so schwerer Diamant hat aber nicht doppelten, sondern vierfachen Werth, und ein Diamant von 10 Karat kostet $10 \times 10 =$ hundertmal 200 Mark, also 20 000 Mark. Grössere Diamanten werden übrigens noch viel theurer bezahlt, als nach diesem Verhältniss.

Die grossen Diamanten von 100 Karat (20.5 g) bis 300 Karat (62 g) sind sehr selten und meist Kronjuwelen. Zu diesen gehört der Südsterne, in Brasilien gefunden, ursprünglich 254,5, geschliffen 127 Karat schwer, der Kohinur, aus Ostindien, im englischen Kronschatz befindlich, von 106 Karat, ferner der Orlof, 194 Karat schwer, von bräunlich gelber Farbe, in der Spitze des russischen Scepters befindlich, ein anderer von 277 Karat Gewicht, im Besitz der Nizams von Hyderabad u. a. m.

Ueber die Entstehung der Diamanten weiss man zur Zeit Nichts; nur so viel steht fest, dass sie nicht unter dem Einfluss hoher Temperaturen entstanden sind. Optische Verhältnisse und

mikroskopische Beobachtungen sprechen dafür, dass der Diamant organischen Ursprungs ist. Alle Versuche, Diamanten künstlich herzustellen, haben noch kein günstiges Ergebniss gehabt. Immerhin ist es viel wahrscheinlicher, dass wir lernen werden, Graphit oder amorphe Kohle in Diamant zu verwandeln, oder auf einem anderen Wege künstlich Diamanten zu bereiten, als dass das Problem der Alchemisten, unedle Metalle in Gold zu verwandeln, gelöst werden wird.

Der heutige hohe Preis der Diamanten ist durch das seltene Vorkommen bedingt. Sobald grössere Diamanten in Menge gefunden oder künstlich bereitet werden, werden die Preise beträchtlich herabgehen.

Ausser zu Schmucksteinen findet der Diamant wegen seiner Härte Verwendung zum Ritzen wie auch zum Schneiden des Glases. Zum oberflächlichen Ritzen desselben genügen kleine Diamantsplitter; die tiefer gehenden Risse, nach denen die Glaser die Glastafeln brechen, lassen sich nur mit den natürlichen gekrümmten Kanten des Diamanten erzeugen.

Der Diamant als dichter Körper bedarf zur Verbrennung einer höheren Temperatur, als die amorphe Kohle, er verbrennt leicht und mit lebhaftem Glanz im Knallgasgebläse bei überschüssigem Sauerstoff, oder wenn man ihn mit einer Spirale von Platindraht umgiebt und dieselbe in einer Sauerstoffatmosphäre durch einen galvanischen Strom zum lebhaften Glühen bringt. Im fein gepulverten Zustande verbrennt der Diamant schon in der Luft, wenn man das Pulver auf dünnem Platinblech mit einer Löthrohrflamme erhitzt. Bei Abschluss von Sauerstoff, z. B. in einer Atmosphäre von Wasserstoff, verträgt der Diamant hohe Temperatur, ohne sich wesentlich zu ändern.

Der Graphit, auch Reissblei genannt, von stahlgrauer Farbe, undurchsichtig metallglänzend, guter Leiter der Elektrizität, ausserordentlich weich und grau abfärbend, kommt im Mineralreich in derben, sich fettig anfühlenden, oft stengligen Massen, zuweilen in kleinen Tafeln des hexagonalen Systems, von

1·8 bis 2·5 specif. Gewicht vor, bei Passau in Deutschland, sodann in Böhmen, Mähren und anderen Theilen Oesterreichs, in England, Grönland, Sicilien, Ceylon, in grossen Massen und von vorzüglicher Güte in Californien. — Künstlich lässt sich der Graphit aus amorpher Kohle durch Auflösen in schmelzendem Eisen erzeugen, woraus er beim Erkalten krystallisirt.

Gleich dem Eisen und Platin besitzt der Graphit in hohem Grade die Eigenschaft der Schweissbarkeit. Feines Graphitpulver durch Auspumpen luftfrei gemacht, und dann unter gleichzeitigem Erhitzen sehr stark zusammengedrückt, wird zu einer festen, compacten Masse von ebenso hohem specifischen Gewichte, wie der natürliche Graphit. Durch Sägen lassen sich daraus dünne Platten und Stifte herstellen.

Der dichte Graphit verbrennt nahezu eben so schwer wie der Diamant. Wird fein gepulverter Graphit mit dem dreifachen Gewicht chlorsauren Kalis innig gemischt und in einer Retorte mit so viel concentrirtester Salpetersäure übergossen, dass das Gemisch sich verflüssigt, dann mehrere Tage lang auf 60° erhitzt oder dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, bis keine gelben Dämpfe sich mehr entwickeln, und diese Operation mehrere Male wiederholt, so ist derselbe in einen hellgelben, aus kleinen durchsichtigen Täfelchen bestehenden Körper umgewandelt von der Zusammensetzung: $C_{11}H_4O_5$. Derselbe ist wenig in Wasser löslich, reagirt schwach sauer, löst sich in den Alkalien und trägt ganz den Charakter einer Säure. Er hat den Namen Graphitsäure erhalten.

Der in der Natur vorkommende Graphit ist niemals chemisch rein, er enthält geringere oder auch grössere Mengen von unorganischen Stoffen, welche nach Verbrennen desselben als Asche hinterbleiben.

Der Graphit ist ein sehr geschätztes Material; er findet mehrfache Verwendung, zunächst zur Herstellung der sogenannten Bleistifte, sodann zur Bereitung von Schmelzriegeln, der Graphitriegel, wozu ein inniges Gemisch von plastischem Thon und Graphit verwandt wird, ferner zum Glätten des Schiesspulvers, in der Galvanoplastik, um aus Guttapercha, Gyps u. s. w. hergestellte, abzuförmende Gegenstände für den galvanischen Strom leitungsfähig zu machen, endlich zum Schwärzen eiserner Oefen und anderer Eisengeräthschaften, welche durch einen Ueberzug von Graphit vor dem Rosten geschützt werden sollen.

Die amorphe Kohle bildet sich aus organischen Stoffen, wenn dieselben bei beschränktem Luftzutritt geglüht werden oder verwesen. Als Repräsentant derselben kann die gewöhnliche Holzkohle gelten, welche aus Holz durch den Verkohlungsprocess gewonnen wird. Das geschieht in den Kohlenmeilern, wobei man nur Kohle gewinnt, oder durch Erhitzen des Holzes in eisernen Retorten, durch sogenannte trockene Destillation. Durch letzteren Process erhält man als Nebenprodukte zahlreiche gasige und flüssige, auch feste flüchtige Nebenprodukte, von denen erstere als Beleuchtungsmaterial, die flüssigen zur Gewinnung von Holzessig, Holzgeist, Kreosot und anderen Verbindungen dienen. — Je nach der Art des Holzes ist die daraus gewonnene Kohle dichter und schwerer, oder voluminöser und leichter. Wir unterscheiden: Buchenkohle, Fichtenkohle, Lindenholzkohle, Buchsbaumkohle u. a. m.

Die verschiedenen Arten Holzkohle erhalten verschiedene Verwendung, u. a. zur Bereitung des Schiesspulvers. Die Hauptverwendung finden dieselben, insbesondere die Buchen- und Fichtenkohle, als Heiz- und Feuerungsmaterial. Die Kohle verbrennt nach hinreichend starkem Erhitzen an der Luft ohne Rauch und ohne Flamme, und erzeugt bei ihrer Verbrennung eine beträchtlich höhere Temperatur, als das gleiche Gewicht Holz. Die Holzkohle ist in Folge ihrer Bildung ausserordentlich porös und hat die Eigenschaft, durch Flächenanziehung atmosphärische Luft, in noch viel grösseren Mengen andere Gase: Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure zu absorbiren, auch in der Luft verbreitete, riechende Stoffe auf sich niederzuschlagen, und so die Luft zu reinigen, zu desinficiren.

In Wasser vertheilte, dasselbe trübende und ihm übeln Geruch oder Geschmack ertheilende Substanzen werden durch Schütteln solchen Wassers mit Kohle oder beim Durchlaufen desselben durch ein mit Kohle gefülltes Filter absorbirt, das ablaufende Wasser ist klar, geruchlos und in der Regel wohlschmeckend. Man macht von besonders zu diesem Zwecke construirten Kohlenfiltern immer häufiger Gebrauch zur Klärung und Reinigung schlechten Trinkwassers.

Auch färbende Stoffe verschiedener Art werden aus Flüssigkeiten durch Behandeln mit amorpher Kohle fortgenommen, so der Rothwein leicht entfärbt. Letztere Eigenschaft besitzt in be-

sonders hohem Grade die durch Verkohlung animalischer Stoffe erzeugte sogenannte Thierkohle.

Diese Thierkohle, auch Beinschwarz, Blut- oder Knochenkohle genannt, wird durch Glühen von Knochen, Blut und anderen animalischen Substanzen bei abgehaltenem Luftzutritt gewonnen; sie enthält alle in diesen vorhandenen unorganischen Stoffe, hauptsächlich Kalk, als phosphorsaure und kohlensaure Salze. Letztere lassen sich durch Erwärmen der Knochenkohle mit Salzsäure grösstentheils ausziehen, und dann hinterbleibt eine amorphe Kohle, welche an Porosität und Absorptionsvermögen die Holzkohle jeglicher Art weit übertrifft, weshalb die Thierkohle zu mancherlei technischen Zwecken, insbesondere in den Zuckerfabriken zum Entfärben des Zuckersaftes, mit Vorliebe in Gebrauch genommen wird.

Bei Weitem nicht so reich an unorganischen Gemengtheilen, wie die Thierkohle, ist die Holzkohle, aber auch diese ist weit entfernt, reine Kohle zu sein. Jegliche Holzkohle hinterlässt nach Verbrennen an der Luft sogenannte Asche, welche reich ist an kohlensaurem Kali. — Chemisch reine, amorphe Kohle gewinnt man durch Verkohlung solcher organischer Stoffe, welche völlig frei von anorganischen Substanzen sind, z. B. aus krystallisirtem Zucker oder Weinsäure, dadurch, dass man dieselben in einem bedeckten Platintiegel hohen Temperaturen aussetzt.

In der Natur findet sich die amorphe Kohle als Steinkohle, Braunkohle, Torf, alle drei durch Verwesung von Pflanzen bei beschränktem Luftzutritt entstanden, manche Steinkohlen auch unter gleichzeitiger Mitwirkung starken Drucks und höherer Temperatur. Alle drei enthalten ausser den Aschenbestandtheilen, welche sie nach dem Verbrennen hinterlassen, noch Reste organischer, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehender, oft schwefelhaltiger Substanzen, welche durch Glühen bei abgeschlossener Luft, d. h. durch Verkohlen derselben grösstentheils fortgehen. Die durch Verkohlung von Stein- und Braunkohlen bleibende dichte, scheinbar geschmolzen gewesene Kohle heisst Coaks. Die Coaks sind ein ausgezeichnetes Brennmaterial und erzeugen in Folge ihrer grösseren Dichte beim Verbrennen noch grössere Hitze als die Holzkohle. Sie sind dunkelgrau, meist glänzend, fast metallglänzend, Leiter der Elektrizität.

Die Steinkohle ist älteren Ursprungs als die Braunkohle und

der gegenwärtig noch immer sich fortbildende Torf; sie ist aus zusammengeschwemmten Pflanzen, Schachtelhalmen, Farnkräutern, Sigillarien etc. entstanden. Die Braunkohle ist aus dem Holz noch jetzt wachsender Bäume hervorgegangen und zeigt sehr oft die Holzstructur. Der Torf entsteht an sumpfigen Orten durch langsam fortschreitende Verwesung von Gräsern und Sumpfpflanzen.

Die Steinkohle ist schwarz, brüchig, meist fettglänzend, giebt beim Erhitzen leicht entzündliche, mit leuchtender Flamme brennende Gase aus, brennt daher nach Entzünden an der Luft ähnlich wie Holz. Eine Ausnahme hiervon macht der Anthracit, welcher den ältesten Perioden der Steinkohlenbildung angehört und nur noch geringe Mengen wasserstoffhaltiger Ueberreste der ursprünglichen organischen Gebilde enthält, daher zwar grosse Heizkraft besitzt, aber in der Hitze wenig brennbare Gase ausgiebt.

Die Steinkohlen finden hauptsächlich Verwendung als Feuerungsmaterial, sodann zur Erzeugung von Licht, d. h. zur Bereitung von Leuchtgas, sie sind je nach ihrem Alter und Ursprunge ebenso verschieden im Ansehen, wie hinsichtlich ihres Brennwerthes und der Qualität und Quantität des daraus zu erzielenden Leuchtgases.

Man unterscheidet fette Steinkohle, auch Backkohle genannt, weil sie beim Erhitzen zusammenbackt, und magere, Sandkohle. Es ist nicht möglich, von dem Aussehen einen Rückschluss auf ihre Qualität zu machen. Manche Kohlen liefern viel Leuchtgas, aber nicht von grosser Leuchtkraft, andere weniger, aber stark leuchtendes Gas, wieder andere reichliche Mengen gut leuchtendes Gas. Unübertroffen in letzterer Beziehung ist die in England gefundene Cannelkohle. Sie ist ziemlich dicht, hat wenig Glanz und einen glatten, muschligen Bruch.

Die Braunkohle, durchweg jüngeren Ursprungs, als die Steinkohle, hat meist braune Farbe, und erzeugt beim Reiben auf Papier in der Regel einen braunen Strich. Indessen giebt es unter den Gliedern der älteren Braunkohlenformation auch solche Braunkohlen, welche im Ansehen nicht von Steinkohlen zu unterscheiden sind. Ein fast untrügliches Unterscheidungsmerkmal ist folgendes: ein kleiner Splitter von Steinkohle mit einer Platinpincette in die nichtleuchtende Bunsen'sche Gasflamme gebracht, brennt darin, aber verlöscht, sobald man ihn aus der Flamme entfernt; ein Braunkohlensplitter,

auf gleiche Weise behandelt, fährt nach dem Herausnehmen aus der Flamme fort, längere oder kürzere Zeit zu glimmen.

Der Torf, an erdigen Gemengtheilen sehr reich, und daher beim Verbrennen viel leichte Asche hinterlassend, hat beträchtlich geringeren Brennwerth, als Steinkohle und Braunkohle, und ist zur Gasbereitung gar nicht zu gebrauchen.

In sehr fein vertheiltem Zustande, stark abfärbend, und frei von mineralischen Gemengtheilen, gewinnt man den amorphen Kohlenstoff als Russ (Kienruss, Lampenruss) durch unvollständige Verbrennung kohlenstoffreicher flüchtiger Verbindungen, wie Terpentinöl, Benzol u. a., auch von Holz, welches Terpentinöl und Terpentinharz enthält. Taucht man in die leuchtende Flamme der Stearinkerze, der Oellampe oder des Leuchtgases einen kalten Körper, so bekleidet sich derselbe mit Russ, d. i. in der Flamme vertheilter Kohle, ähnlich wie Arsen sich aus der Flamme des Arsenwasserstoffs auf einem kalten Gegenstande niederschlägt. — Der Russ, welcher von grösserer oder geringerer Reinheit im Grossen gewonnen wird, und welcher, ungereinigt, noch Kohlenwasserstoffe beigemengt enthält, die den ordinären Sorten einen specifischen Geruch ertheilen, findet mehrfache Verwendung: als gewöhnliche schwarze Malerfarbe, zur Erzeugung der Tusche und zur Bereitung der Buchdruckerschwärze.

Verbindungen des Kohlenstoffs.

Es giebt kein Element, welches so zahlreiche chemische Verbindungen liefert, wie der Kohlenstoff. Die bei Weitem grösste Zahl derselben gehört in das Gebiet der organischen Chemie und man würde, zumal die organische Chemie die Chemie der Kohlenstoffverbindungen genannt wird, berechtigt sein, letzterer sämtliche Kohlenstoffverbindungen zu überweisen, wenn, wie schon oben bemerkt, sich zwischen der anorganischen und organischen

Chemie überhaupt eine scharfe Grenzlinie ziehen liesse, und wenn die Behandlung einer kleinen Zahl der am einfachsten zusammengesetzten Verbindungen des Kohlenstoffs zum Verständniss der übrigen anorganischen Verbindungen nicht durchaus erforderlich wäre.

Zu diesen gehören die Kohlensäure, das Kohlenoxyd und die Oxalsäure, der Schwefelkohlenstoff und das Kohlenoxysulfid, der Vierfach-Chlorkohlenstoff, das Grubengas, das Cyan nebst der Cyanwasserstoffsäure und den Cyanmetallen, und wenige andere Verbindungen.

Kohlensäure.

Zusammensetzung: CO_2 . — Die Kohlensäure, das Verbrennungsprodukt des Kohlenstoffs und der Kohlenstoffverbindungen bei hinreichender Zufuhr von Sauerstoff, ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem, prickelndem Geruch und säuerlichem Geschmack, hat 1.52 specif. Gewicht, ist in etwa dem gleichen Volum Wasser unter gewöhnlichem Druck und bei gewöhnlicher Temperatur löslich, etwas mehr unter stärkerem Druck und bei 0° ; durch starken Druck zu einer Flüssigkeit zusammendrückbar.

Sie kommt in der Natur ausserordentlich verbreitet vor, als Gemengtheil der atmosphärischen Luft (s. d. S. 233 u. 238), aufgelöst in den meisten natürlichen Wässern, in grösster Menge im Mineralreich als Bestandtheil des gewöhnlichen Kalksteins, des Kalkspaths und Arragonits, Marmors, der Kreide und anders benannter Verbindungen der Kohlensäure mit Kalk, sodann als Magnesit (kohlensaure Magnesia), Dolomit (Doppelverbindung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia), Spatheisenstein (kohlensaures Eisenoxydul), Witherit (kohlensaurer Baryt), Strontianit (kohlensaurer Strontian), auch als Soda (kohlensaures Natron) u. a. m.

An zahlreichen Stellen und oft in ausserordentlich grossen Mengen entquillt die Kohlensäure, ungesehen, aber durch ihre chemischen Eigenschaften leicht erkennbar, der Erde, meist als Product vulkanischer Thätigkeit. Durch dieses Vorkommen be-

kannte Orte sind: die Hundsgrotte bei Neapel, die Dunsthöhle bei Pyrmont, die Kohlensäurequellen bei Nauheim, Trier, Eger u. a. m. — Gewöhnlich tritt die dem Innern der Erde entströmende Kohlensäure zugleich mit Wasser zu Tage, welches von der aufsteigenden Kohlensäure oft bis zu beträchtlichen Höhen gehoben wird. Es ist die Kraft der im Innern der Erde offenbar unter starkem Druck befindlichen Kohlensäure, welche im bekannten Nauheimer Sprudel die Wassersäule bis 80 Fuss über das Niveau der Quelle steigen macht. Es ist gleichfalls die Kohlensäure, welche in Marienbad, Karlsbad, Selters und zahlreichen anderen Orten die sogenannten Mineralwässer zu Tage fördert.

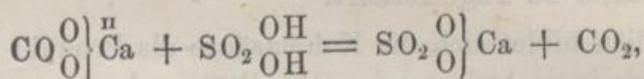
Endlich bildet sich die Kohlensäure als Produkt der Gährung des Zuckers in so bedeutenden Quantitäten, dass man diese Kohlensäure hie und da zu technischen Zwecken verwendet, z. B. zur Herstellung von Bleiweiss.

Wie man sieht, fehlt es dem Chemiker und Techniker nicht an Material zur Gewinnung der Kohlensäure, doch eignet sich nicht jegliches Material dazu, wenn es darauf ankommt, die Kohlensäure chemisch rein zu gewinnen. Alle Kalkgebilde, welche Stoffe organisirter Wesen enthalten, z. B. die Kreide und solche, welche, wie der Muschelkalk, Versteinerungen von Thieren oder Pflanzen führen, liefern bei Behandlung mit stärkeren Säuren eine Kohlensäure von schlechtem Geruch und schlechtem Geschmack, weil ihr stets kleine Mengen fremder, von den organischen Wesen stammender Substanzen beigemischt sind. Aus solchem Material entbundene Kohlensäure kann und darf deshalb niemals zur Bereitung künstlicher Kohlensäurewässer verwendet werden.

Rein dagegen und ohne fremden Geschmack ist die Kohlensäure, welche aus Kalkspath, Marmor, Magnesit und manchen Dolomiten, wie auch die, welche aus doppelt-kohlensaurem Natron bereitet wird.

Zur Darstellung kleinerer Mengen von Kohlensäure eignet sich am besten der Kidd'sche Apparat, zumal da derselbe gestattet, die in chemischen Laboratorien häufig benutzte Kohlensäure jeden Augenblick durch Oeffnen des Hahns zu beschaffen. Aus Magnesit oder doppelt-kohlensaurem Natron entwickelt man die Kohlensäure mittelst verdünnter Schwefelsäure, und hat sie dann nur noch

durch eine Flasche mit concentrirter Schwefelsäure gehen zu lassen, um sie, wo das nöthig ist, trocken zu erhalten. Zur Entwicklung der Kohlensäure aus kohlensaurem Kalk oder Dolomit dient besser Salzsäure, weil die Schwefelsäure schwer löslichen schwefelsauren Kalk erzeugt, welcher die Stücke des Kalksteins überzieht und dadurch die Kohlensäure-Entwicklung hemmt. Will man dazu dennoch Schwefelsäure verwenden, so muss der kohlensaure Kalk oder Dolomit fein gepulvert sein und das Gemisch mit verdünnter Schwefelsäure beständig umgerührt werden. Der Zersetzungsprocess verläuft nach der Gleichung:



in welcher von dem zur Verdünnung der Schwefelsäure nöthigen Wasser abgesehen ist.

Da die mittelst verdünnter Salzsäure entbundene Kohlensäure kleine Mengen der flüchtigen Salzsäure mit sich fortführt, so muss man sie durch mehrere Waschflaschen mit Wasser gehen lassen.

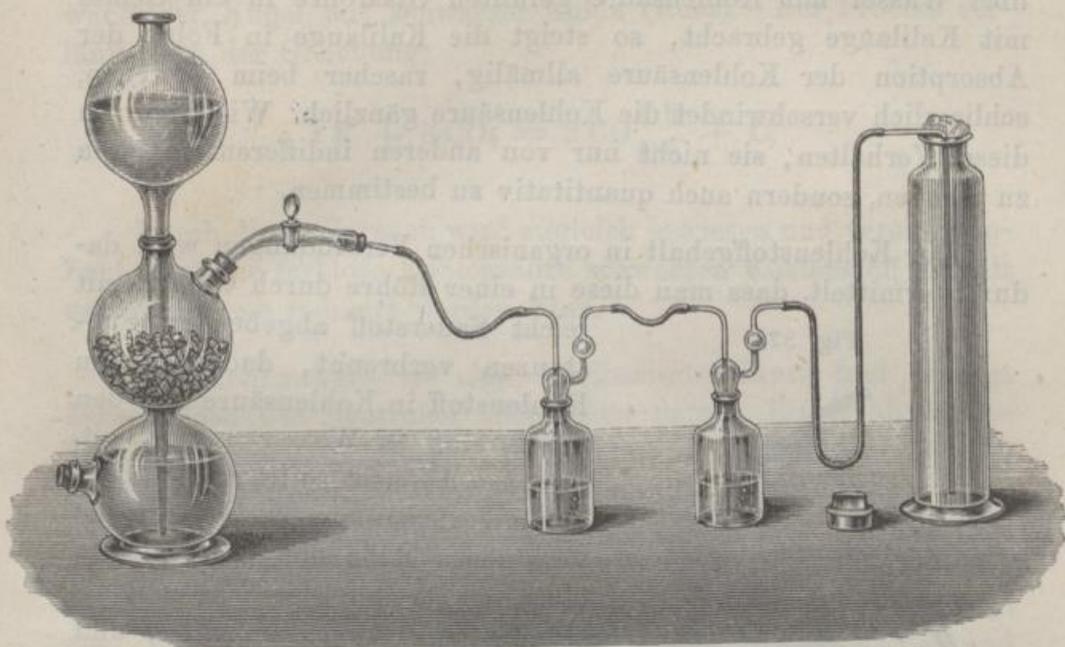
Die Kohlensäure kann sowohl über Quecksilber, wie über Wasser aufgefangen werden, doch füllt man Gefässe besser und schneller mit diesem Gas, zumal wenn es trocken sein soll, durch Einleiten mittelst einer bis auf den Boden reichenden Gasleitungsröhre (Fig. 36). Die unten einströmende Kohlensäure verdrängt vermöge ihrer Schwere die darüber befindliche Luft, welche in dem Maasse, als die Kohlensäuremenge unten zunimmt, oben aus dem Gefässe abfließt, so dass nach kurzer Zeit alle Luft verdrängt und das Gefäss ganz mit Kohlensäure gefüllt ist.

Die Kohlensäure ist so viel schwerer als die Luft, und diffundirt so langsam in dieselbe, dass man jene aus einem damit gefüllten Cylinder in einen Cylinder mit Luft giessen kann, wie eine Flüssigkeit aus einem Gefässe in ein anderes. Dass und bis zu welchem Grade die Kohlensäure in den zuvor lufthaltigen Cylinder übergeflossen ist, davon kann man sich durch Eintauchen einer brennenden Kerze überzeugen.

Sie ist weder brennbar, noch vermag sie die Verbrennung brennbarer Körper zu unterhalten. Eine Kerze verlöscht sofort in Kohlensäuregas und vermag auch in Luft, welche wenige Volumprocente Kohlensäure enthält, nicht fortzubrennen. Ebenso wenig

kann der Mensch in einer solchen Atmosphäre athmen; die Kohlen-
säure ist irrespirabel und wirkt, ohne giftig zu sein, tödtlich, weil

Fig. 36.



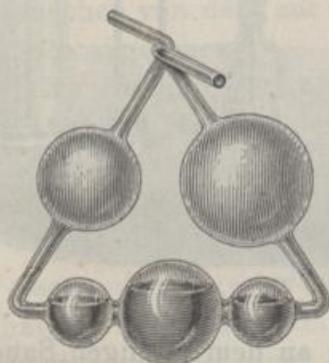
es der Lunge beim Einathmen derselben an dem nöthigen Sauer-
stoff gebricht. Dass die Kohlensäure an und für sich nicht giftig
ist, geht daraus hervor, dass wir sie, allerdings in grosser Ver-
dünnung, mit Luft beständig einathmen, dass sie sich durch lang-
same Verbrennung in unserem Körper ununterbrochen erzeugt
und in reichlicher Menge ausgeathmet wird, und dass die beträcht-
liche Menge Kohlensäure, welche durch den Genuss der Kohlen-
säurewasser, des Biers und Schaumweins in den Magen gelangt,
keinerlei Beschwerden verursacht.

Die Kohlensäure theilt die Eigenschaft, irrespirabel zu sein,
mit dem Stickstoff, unterscheidet sich aber von diesem und lässt
sich neben diesem leicht erkennen dadurch, dass sie, mit klarem
Kalkwasser zusammengebracht, darin eine weisse Trübung oder
Fällung erzeugt von im Wasser unlöslichem kohlensaurem Kalk,
welcher auf Zusatz stärkerer Säuren unter Aufbrausen wieder ver-
schwindet. Noch besser eignet sich zu dieser Nachweisung der
Kohlensäure Barytwasser.

Sie ist mit schwach sauren Eigenschaften begabt, und verbindet sich daher mit den Basen nur langsam und unter mässiger Wärmeentwicklung. Wird die Mündung einer oben verschlossenen, über Wasser mit Kohlensäure gefüllten Glasröhre in ein Gefäss mit Kalilauge gebracht, so steigt die Kalilauge in Folge der Absorption der Kohlensäure allmählig, rascher beim Bewegen, schliesslich verschwindet die Kohlensäure gänzlich. Wir benutzen dieses Verhalten, sie nicht nur von anderen indifferenten Gasen zu trennen, sondern auch quantitativ zu bestimmen.

Der Kohlenstoffgehalt in organischen Verbindungen wird dadurch ermittelt, dass man diese in einer Röhre durch Glühen mit

Fig. 37.

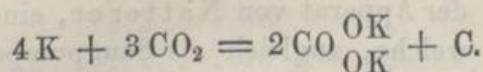


leicht Sauerstoff abgebenden Substanzen verbrennt, dadurch den Kohlenstoff in Kohlensäure und den Wasserstoff in Wasser verwandelt, und den Apparat so herrichtet, dass beide Verbrennungsprodukte in ein gewogenes Rohr mit Chlorcalcium eintreten, wovon das Wasser vollständig zurückgehalten wird, und dass sodann die Kohlensäure in einem zweiten, mit dem Chlorcalciumrohr verbundenen, ebenfalls gewogenen

Apparate, dem Liebig'schen Kaliapparate, absorbiert wird, welcher starke Kalilauge enthält und wie Fig. 37 zeigt, so eingerichtet ist, dass die Kalilauge darin der eintretenden Kohlensäure eine möglichst grosse Oberfläche bietet. — Nach beendeter Absorption wird der Kaliapparat wieder gewogen; die Gewichtszunahme entspricht genau der Gewichtsmenge der absorbierten Kohlensäure, woraus sich das Gewicht des darin vorhandenen Kohlenstoffs leicht berechnen lässt.

Die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff wächst mit Zunahme der Temperatur so, dass der Kohlenstoff bei Weissglühhitze selbst dem Kaliumoxyd oder kohlen-sauren Kaliumoxyd seinen Sauerstoff entzieht und daraus das Metall Kalium in Freiheit setzt. Bei schwächerer Glühhitze überwiegt umgekehrt die Verwandtschaft des Kaliums die des Kohlenstoffs zum Sauerstoff. Wird in einer Kugelhöhre von schwer schmelzbarem Glas ein Stück

Kalium durch eine Gasflamme bis zum Schmelzen erhitzt, und trockne Kohlensäure hinüber geleitet, so fängt das Kalium alsbald an zu glühen, unter Verbreitung eines dunkelrothen Lichtes; zugleich bedeckt sich das erzeugte kohlen-saure Kali und die Innenwand der Kugel mit schwarzer Kohle (Russ). Der Process verläuft nach der Gleichung:



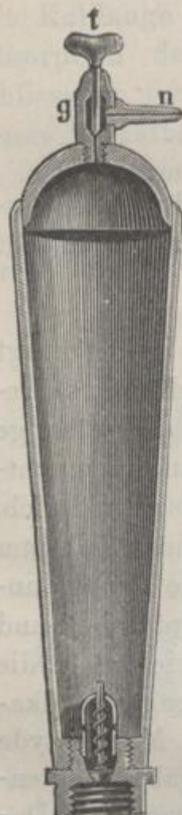
Durch diesen Versuch wird zugleich bewiesen und veranschaulicht, dass die farblose Kohlensäure schwarzen Kohlenstoff enthält und zu diesem reducirt werden kann.

Die Kohlensäure ist eine zweibasische Säure und erzeugt daher neben den neutralen auch saure Salze. Ein Kohlensäurehydrat ist nicht dargestellt. Die Annahme, dass die wässrige Lösung des Gases dieses Hydrat enthalte, ist durchaus ungerechtfertigt. Die grosse Mehrzahl ihrer Salze ist in Wasser unlöslich. Nur mit den Oxyden der Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Lithium (Ammonium), auch von Thallium erzeugt sie lösliche Verbindungen. Das neutrale kohlen-saure Kaliumoxyd (die Potasche) und das neutrale kohlen-saure Natriumoxyd (Soda), wie auch die anderen löslichen neutralen Salze der Kohlensäure reagiren alkalisch, weil die stark basischen Eigenschaften jener Metalloxyde durch die mit nur schwach sauren Eigenschaften begabte Kohlensäure bei der Vereinigung nicht ganz aufgehoben werden. Dagegen reagiren die sauren Salze der Kohlensäure, z. B. das saure kohlen-saure Natron: $CO \begin{matrix} OK \\ OH \end{matrix}$, neutral.

Durch Einleiten von Kohlensäure in wässrige Ammoniaklösung entsteht als Hauptprodukt kohlen-saures Ammoniumoxyd von der Zusammensetzung: $CO \begin{matrix} OH_4N \\ OH_4N \end{matrix}$. Dieses Salz kann nicht entstehen, wenn trockenes Ammoniakgas mit trockener Kohlensäure zusammenkommt; denn es fehlen dazu die Bestandtheile von 1 Mol. Wasser. Gleichwohl vereinigen sich beide Gase unter Wärmeentwicklung zu einem Salze. Dasselbe ist carbaminsaures Ammoniumoxyd (s. d. S. 347).

Flüssige und feste Kohlensäure. — Die Kohlensäure ist ein coërcibeles Gas, sie lässt sich durch starken Druck zu einer Flüssigkeit condensiren, und weiter durch die durch Verdunsten

Fig. 38.



dieser Flüssigkeit entstehende Kälte in einen festen Körper verwandeln. — Zur Darstellung der flüssigen Kohlensäure dient jetzt allgemein der Apparat von Natterer, eine Druckpumpe, welche, zugleich als Saugpumpe wirkend, das eingesogene Kohlensäuregas in ein Gefäss von starkem Schmiedeeisen einpresst. Dasselbe (Fig. 38) ist unten, wo es auf den Pumpenstiefel aufgeschraubt wird, mit einem Ventil versehen, welches sich bei dem starken Druck des durch eine Kurbel in rasche Bewegung gesetzten Kolbens momentan öffnet und das comprimirte Gas eintreten lässt, sich dann aber sofort wieder schliesst, so dass hier Gas nur ein-, nicht aber auströmen kann. Am oberen Theile des Recipienten befindet sich eine rechtwinklig angesetzte kurze und enge Metallröhre *n*, welche, durch eine in einen gut schliessenden Conus auslaufende, mit vielen Gewinden versehene Schraube *t*, mit dem Innern des Behälters in leitende Verbindung gesetzt werden kann. Diese Röhre ist dazu bestimmt, die in dem Behälter eingeschlossene flüssige Kohlensäure, nachdem davon bis zu etwa

250 g eingepumpt sind, ausfliessen zu lassen, was man dadurch erreicht, dass man den Behälter umkehrt, mit dem Kopf nach unten stellt, und durch Aufdrehen der Schraube den Conus lüftet.

Lässt man die aus der Röhre *n* austretende Kohlensäure in ein siebartig mit Löchern versehenes Metallgefäss einfliessen, welches so eingerichtet ist, dass dieselbe darin in kreisende Bewegung gelangt und dadurch rasch verdunstet, so wird ein grosser Theil der Kohlensäure in Folge der durch die Verdunstung erzeugten Kälte fest, und erfüllt das Gefäss als lockere, schneeähnliche Masse.

Die flüssige Kohlensäure ist ein farbloses, dünnflüssiges Liquidum von 0.93 specif. Gewicht bei 0°, von 0.74 bei + 30°. Sie dehnt sich demnach durch Wärme nicht nur mehr, als ein

anderer flüssiger Körper, sondern sogar stärker aus, als die Gase — eine höchst bemerkenswerthe Eigenschaft!

Ihre Spannkraft beträgt bei

— 99°	1.1	Atmosphären
— 30	18	„
— 10	27	„
0	36	„
+ 10	46	„
+ 30	74	„
+ 35	80	„

Das Kohlensäuregas bedarf demnach zur Condensirung bei 0° eines Drucks von 36 Atmosphären, und bei — 30° noch den von 18 Atmosphären.

Bei ihrer Verdunstung erzeugt sie eine Kälte von — 79°.

Die feste, schneeähnliche Kohlensäure verdunstet selbst auf der warmen Hand verhältnissmässig langsam und erzeugt trotz ihrer — 79° kaum ein Gefühl von Kälte; sie berührt nämlich nicht die Hand, sondern wird von ihrem Gas auf derselben schwebend getragen, ähnlich wie ein Wassertropfen, in eine hellglühende Platinschale fallend, vom Wasserdampf getragen und vor der unmittelbaren Berührung mit dem heissen Metall bewahrt wird. Presst man aber ein Stück fester Kohlensäure mit einem harten Gegenstande fest auf die Haut, so empfindet man sofort einen brennenden Schmerz, und es entsteht auf der Berührungsstelle eine weisse Blase. Diese Wirkung ist dieselbe, welche die Haut durch Berührung mit einem glühenden Metalle erfährt.

Mischt man feste Kohlensäure mit einem anderen leicht flüchtigen Körper, z. B. mit dem bekannten Aether, so verdunsten beide gemeinsam, die Mischung geräth ins Sieden und erzeugt durch ihre Verdunstung eine solche Kälte (von gegen — 100°), dass Quecksilber darin nach wenigen Augenblicken gefriert.

Das Kohlensäuregas findet mehrfache Verwendung, hauptsächlich zur Erzeugung künstlicher Mineralwässer. Destillirtes Wasser, worin man je nach der Art des zu erzielenden Mineralwassers diverse Salze aufgelöst hat, wird in dickwandigen metallenen Behältern mit Kohlensäuregas imprägnirt, dadurch, dass man dasselbe mit zu diesem Zwecke besonders construirten Maschinen der

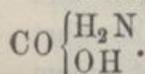
Mineralwasserfabriken mit starkem Druck und unter Umrühren des Wassers einpresst. — Auf diese Weise werden nicht nur die in der Natur vorkommenden Mineralwässer nachgebildet, sondern auch andere, erdachte Compositionen ähnlicher Art künstlich bereitet.

Wasser, worin kleine Salzmengen gelöst sind, hält beim Stehen an der Luft die eingepumpte Kohlensäure länger zurück, als reines Wasser.

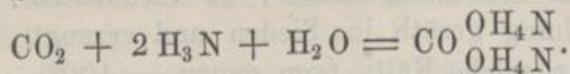
Die Kohlensäure findet ferner technische Verwendung zur Darstellung des Bleiweiss (kohlensaures Blei), sodann zur Bereitung der Salicylsäure aus Carbolsäure; die flüssige wird neuerdings von Krupp in Essen in grossem Maassstabe zum Comprimiren von Gussstahl verwendet.

Carbaminsäure.

Zusammensetzung des hypothetischen Säurehydrats:



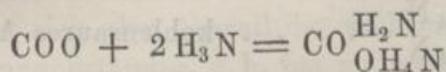
Wie S. 343 bemerkt, vereinigen sich trockne gasige Kohlensäure und trocknes Ammoniakgas mit Begierde und unter Wärmeentwicklung zu einem Salz, welches nicht kohlensaures Ammoniumoxyd ist und deshalb nicht sein kann, weil dem Gemisch von 1 Mol. Kohlensäure und 2 Mol. Ammoniak die zur Bildung dieses Salzes erforderlichen Bestandtheile von 1 Mol. Wasser fehlen:



Das wirklich entstehende Produkt ist das Ammonsalz einer einbasischen Säure, deren hypothetisches Hydrat, eben so wenig bekannt, wie das Kohlensäurehydrat, $\text{CO} \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$, zu diesem in ähnlicher Beziehung steht, wie die S. 190 und 191 besprochene Chlorsulfonsäure $\text{SO}_2 \begin{matrix} \text{Cl} \\ \text{OH} \end{matrix}$ zum Schwefelsäurehydrat, mit dem Unterschiede, dass die Carbaminsäure statt 1 At. Chlor 1 At. Amid als

Ersatz für ein Atom Hydroxyl enthält, wie obige Formel der Carbaminsäure ausspricht.

Die Bildung des carbaminsauren Ammons ist leicht zu verstehen, wenn man sich vorstellt, dass von den zwei Molecülen Ammoniak, welche sich mit ein Molecül Kohlensäure vereinigen, das eine an das andere ein Atom Wasserstoff abgibt, wodurch einerseits Amid, andererseits Ammonium entsteht, welche dann als solche mit der Kohlensäure in Verbindung treten, wie folgende Gleichung veranschaulicht:



Man gewinnt das carbaminsaure Ammon durch Einleiten von Kohlensäure und Ammoniak, beide vollständig getrocknet, in absoluten Alkohol. Das Salz scheidet sich darin als weisse, lockere, krystallinische Masse aus. Durch Erhitzen derselben mit absolutem Alkohol in hermetisch verschlossenem Rohr auf 100° und langsame Abkühlung gewinnt man es in grossen dünnen Blättchen krystallisirt.

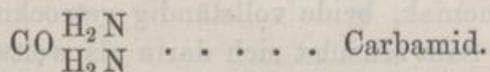
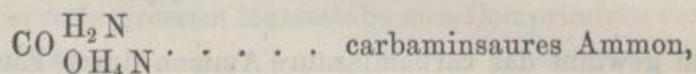
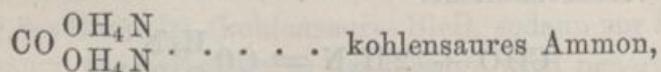
Dieses Salz ist neben kohlen-saurem Ammoniumoxyd immer in dem käuflichen festen kohlen-sauren Ammoniak enthalten. — In Berührung mit Wasser verwandelt es sich unter Aufnahme der Elemente von einem Molecül desselben nach einiger Zeit in kohlen-saures Ammon. Von letzterem unterscheidet es sich dadurch, dass seine wässrige Lösung beim Vermischen mit Chlorcalciumlösung nicht sogleich einen Niederschlag von kohlen-saurem Kalk absetzt, weil der zunächst entstehende carbaminsaure Kalk in Wasser löslich ist.

Der carbaminsaure Kalk: $(\text{COH}_2\text{N})_2\text{O}_2\overset{\text{II}}{\text{Ca}} + \text{H}_2\text{O}$, entsteht durch Einleiten von Kohlensäure in ein Gemisch von dicker Kalkmilch und dem vierfachen Volum wässrigen Ammoniaks, Abkühlen der abfiltrirten Lösung auf 0°, und Fällen mit absolutem Alkohol; der amorphe Niederschlag verwandelt sich bald in prismatische kleine Krystalle von obiger Zusammensetzung. Dieser carbaminsaure Kalk ist in Wasser ziemlich löslich, die Lösung trübt sich aber sehr bald von, durch Zersetzung mit Wasser gebildetem kohlen-saurem Kalk. In Ammoniakflüssigkeit hält sich das Salz

länger unzersetzt. Es verliert durch Erhitzen sein Krystallwasser und verträgt dann 180°, ohne sich zu zersetzen.

Beständigere, organische Verbindungen geht die Carbaminsäure mit den Alkoholradicalen ein, es bildet damit die sogenannten Urethane.

Das carbaminsaure Ammon, welches die Bestandtheile von ein Molecül Wasser weniger besitzt, als das kohlenaure Ammon, enthält seinerseits die Elemente von ein Molecül Wasser mehr, als das Carbamid oder der diesem isomere Harnstoff.



Das Carbamid lässt sich als Substitutionsprodukt des hypothetischen Kohlensäurehydrats betrachten, welches beide Atome Hydroxyl, oder als Kohlensäureanhydrid, welches ein Atom Sauerstoff durch zwei Atome Amid, vertreten enthält. Es hat noch nicht dargestellt werden können, weil es bei seiner Bildung sich gleich in den isomeren Harnstoff, den in langen Prismen krystallisirenden normalen Bestandtheil des Harns, umsetzt. In diesen Harnstoff verwandelt sich das carbaminsaure Ammon unter Verlust von Wasser durch Erhitzen in einer hermetisch verschlossenen Röhre auf 140°.

Kohlenoxyd.

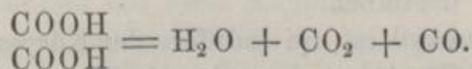
Zusammensetzung: CO. — Diese zweite, niedere Sauerstoffverbindung des Kohlenstoffs, worin letzterer als zweiwerthiges Element fungirt, ist gleich der Kohlensäure ein farbloses Gas, unterscheidet sich aber von ihr wesentlich dadurch, dass sie brennbar ist und, an der Luft entzündet, mit kaum leuchtender blauer Flamme verbrennt unter Bildung von Kohlensäure.

Das Kohlenoxyd hat 0.968 specif. Gewicht, ist in Wasser kaum löslich, lässt sich nur durch sehr starken Druck und Kälte (viel schwieriger als Kohlensäure) verflüssigen, und ist giftig. Wenige Procente davon, der Luft beigemischt, bewirken nach dem Einathmen Schwindel, welchem die heftigsten Kopfschmerzen folgen, und der sich bis zur Bewusstlosigkeit steigert. Längeres Verweilen in solcher Atmosphäre hat meist den Tod zur Folge.

Das Kohlenoxyd kommt nicht, wie die Kohlensäure, in der Natur vor, bildet sich aber überall da, wo Kohlen oder kohlenstoffhaltige Körper unvollständig, d. h. bei mangelnder Zufuhr von Luft, verbrennen. Auch kann es aus der Kohlensäure erzeugt werden, wenn man diese über glühende Kohlen leitet. Die blauen Flammen, welche man wahrnimmt, wenn über Massen glühender Kohle Luft streicht, z. B. beim Oeffnen der Feuerungsthür unter dem Dampfkessel, rühren von verbrennendem Kohlenoxyd her, aus der Kohlensäure durch Berührung mit der glühenden Kohle gebildet.

Zur Darstellung von grösseren Mengen reinen Kohlenoxyds eignen sich die Oxalsäure und (am besten) die Ameisensäure oder ein Salz der letzteren.

Die in dem Sauerklee sich findende, wie auch die künstlich bereitete Oxalsäure, eine feste, krystallisirende Verbindung von stark sauren Eigenschaften, deren Zusammensetzung durch die Formel $\begin{matrix} \text{COOH} \\ \text{COOH} \end{matrix}$ ausgedrückt wird, zerfällt nach dem Uebergiessen mit concentrirter Schwefelsäure, durch Erhitzen, in Wasser, Kohlensäure und Kohlenoxyd:



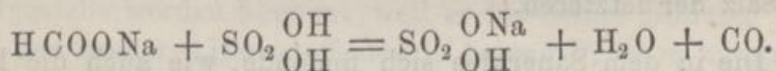
Die Schwefelsäure entzieht der Oxalsäure zunächst das ausser jenen Bestandtheilen noch darin vorhandene Krystallwasser, und disponirt in Folge ihrer grossen Verwandtschaft zum Wasser dann weiter die beiden Wasserstoffatome der Oxalsäure, sich mit einem Atom Sauerstoff zu Wasser zu vereinigen, um auch mit diesem sich chemisch zu verbinden. Da ein Anhydrid der Oxalsäure, welches nach Wegnahme der beiden Atome Wasserstoff und des einen Atoms Sauerstoff übrig bleibt, von der Zusammensetzung

$\left. \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO} \end{array} \right\} \text{O}$, nicht zu existiren scheint, so zerfällt dieses hypothetische Anhydrid sofort in gleiche Molecüle Kohlensäure und Kohlenoxyd:

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO} \end{array} \right\} \text{O} = \text{CO}_2 + \text{CO}.$$

Um das so gebildete Kohlenoxyd von der reichlich beigemengten Kohlensäure zu befreien, muss das Gasmisch aus dem Kolben, worin es erzeugt wird, durch ein System von Waschflaschen mit starker Kalilauge geleitet werden, welche die Kohlensäure absorbirt, das Kohlenoxyd aber unverändert hindurch gehen lässt. — Bei raschem Gasstrom ist es schwer, auf diese Weise die Kohlensäure vollständig zu entfernen. Es ist daher zweckmässiger, das Kohlenoxyd durch den gleichen Process aus Ameisensäure zu bereiten, welche durch gelindes Erwärmen mit Schwefelsäure geradeauf in Wasser und Kohlenoxyd zerfällt.

Die Ameisensäure ist das Oxydhydrat eines aus 1 At. Kohlenstoff, 1 At. Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff bestehenden organischen Radikals, = (HCO)OH. Ihr Natronsalz ist nach der Formel (HCO)ONa zusammengesetzt. Die Zerlegung desselben bei Behandlung mit Schwefelsäure erhellt aus folgender Gleichung:



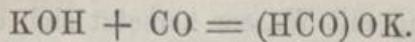
Das erzeugte Wasser wird auch hier von der im Ueberschuss zugefügten Schwefelsäure zurückgehalten.

Dieser Process liefert eine reichliche Ausbeute reinen Kohlenoxyds und ist, seitdem die Ameisensäure leicht und in grossen Mengen künstlich producirt wird, das zweckmässigste Material zur Gewinnung desselben.

Das Kohlenoxyd ist ein indifferenten Körper in so fern, als es sich weder mit Säuren noch auch mit Basen zu Salzen vereinigt. Ungeachtet des Bestrebens des im Kohlenoxyd mit nur zwei seiner chemischen Angriffspunkte wirkenden Kohlenstoffatoms, in Verbindungen überzugehen, in welchen der Sättigungscapacität des vierwerthigen Kohlenstoffs völlig Genüge geleistet ist, vermag das Kohlenoxyd sich doch weder mit Sauerstoff, noch mit Schwefel, noch auch mit Chlor, ohne Mitwirkung eines anderen Agens direct zu verbinden. Um die Vereinigung mit Sauerstoff und mit Schwefel einzuleiten, d. h. um das Kohlenoxyd in Kohlensäure und

in Kohlenoxysulfid: COS , überzuführen, bedarf es höherer Temperaturen; um die Verbindung des Kohlenoxyds mit Chlor, das Kohlenoxychlorid: COCl_2 , herzustellen, bedarf es der Mitwirkung des Sonnenlichtes.

Unfähig, sich mit wässriger Kalilauge zu einem Salze zu vereinigen, verbindet sich das Kohlenoxyd mit festem Kalihydrat leicht und vollständig, wenn es damit einige Zeit auf 100° und darüber erhitzt wird. Das einzige Produkt dieser Vereinigung ist ameisensaures Kali:



Wir sind also im Stande, aus Ameisensäure durch Entziehung der Elemente von Wasser Kohlenoxyd herzustellen und andererseits die Ameisensäure aus dem Kohlenoxyd durch Wasser, oder richtiger durch ein Mol. Wasser, welches das eine Atom Wasserstoff durch Kalium vertreten enthält, zu regeneriren.

Leitet man Kohlenoxyd in eine concentrirte salzsaure Lösung von Kupferchlorür: Cu_2Cl_2 , so wird es davon in reichlicher Menge absorbirt und es entsteht eine krystallinische Verbindung, welche die Bestandtheile von Kupferchlorür, Kohlenoxyd und Wasser enthält.

Chlorkohlenoxyd,

auch Phosgengas genannt, ist das Produkt der Vereinigung von 1 Mol. Kohlenoxyd mit zwei Atomen Chlor.

Zusammensetzung: COCl_2 . — Es lässt sich der Kohlen- säure vergleichen, und steht zu dieser in derselben Beziehung wie das S. 190 beschriebene Sulfurylchlorid zur Schwefelsäure: es ist das Chlorid der Kohlensäure. Dasselbe entsteht durch directe Vereinigung gleicher Volume Kohlenoxyd und Chlor ohne Aenderung des Volums, wenn das Gasgemisch von dem directen Sonnenlichte getroffen wird, also unter ähnlichen Verhältnissen, wo Chlor und Wasserstoff sich chemisch vereinigen, nur mit dem Unterschiede, dass die Vereinigung von Chlor und Kohlenoxyd ohne Explosion von Statten geht.

Das Chlorkohlenoxyd ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem, erstickendem Geruch, durch gewöhnliche Kältemischung leicht zu einer wasserhellen Flüssigkeit condensirbar, von 1.43 specif. Gewicht. Dieselbe siedet bei $+ 8^{\circ}$. Das specifische Gewicht des Chlorkohlenoxydgases beträgt 3.46 (gefunden).

2 Vol. Kohlenoxyd	1,936
2 Vol. Chlor	4,900
	6,836
1 Vol. Chlorkohlenoxyd . . .	$\frac{6,836}{2} = 3,418.$

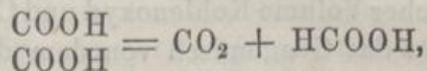
In Berührung mit Wasser zersetzt sich das Chlorkohlenoxyd schnell, es entstehen Kohlensäure und Salzsäure.

O x a l s ä u r e.

Zusammensetzung: $\begin{matrix} \text{COOH} \\ \text{COOH} \end{matrix}$ — Die Oxalsäure, auch

Kleesäure genannt, findet sich in der Natur, an Kali gebunden, als saures oxalsaures Kali im Sauerklee, Sauerampfer und anderen Pflanzen, häufig auch in Verbindung mit Kalk als oxalsaurer Kalk.

Sie krystallisirt in farblosen rhombischen Säulen mit 2 Mol. Krystallwasser, welches durch gelindes Erhitzen leicht ausgetrieben werden kann, reagirt und schmeckt stark sauer, löst sich ziemlich leicht in Wasser (in 9 Thln. von gewöhnlicher Temperatur, viel reichlicher in heissem Wasser), auch in Alkohol. — Durch Erhitzen über 100° sublimirt die von Krystallwasser befreite Säure zum Theil unverändert, zum grösseren Theile erfährt sie Zersetzung in Kohlensäure und Ameisensäure:



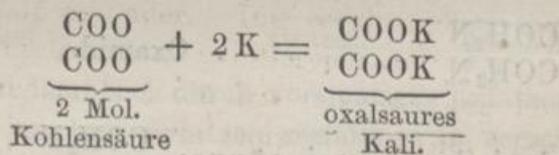
welch' letztere z. Th. weiter in Wasser und Kohlenoxydgas zerfällt.

Die Gewinnung der Oxalsäure ist nicht mehr, wie früher, auf die Verarbeitung des sauren Saftes vom Sauerklee beschränkt, noch

auch stellt man sie, was zu kostspielig ist, durch Oxydation von Rohrzucker mit Salpetersäure dar; man gewinnt sie vielmehr aus der Cellulose (den gewöhnlichen Holzsägespänen) dadurch, dass man dieselben mit Kalihydrat, welchem eine gewisse, nicht zu grosse, Menge Natronhydrat beigemischt sein darf, erhitzt und schmilzt. Die Cellulose wird hierbei unter Entbindung von Wasserstoff zerstört, und ein grosser Theil ihres Kohlenstoffs wird zu Oxalsäure oxydirt, welche an das Kali gebunden bleibt.

Die geschmolzene Masse wird in Wasser gelöst, mit Salzsäure neutralisirt, dann mit Chlorcalciumlösung vermischt. Der sich hierbei ausscheidende oxalsaure Kalk wird abfiltrirt, hernach in Wasser suspendirt und mit Schwefelsäure digerirt. Es entsteht schwefelsaurer Kalk (Gyps), welcher in Wasser nur wenig löslich ist, und in Lösung befindet sich nun die Oxalsäure, die nach dem Eindampfen krystallisirt, und durch wiederholtes Umkrystallisiren zu reinigen ist.

Theoretisch bemerkenswerth ist die Erfahrung, dass die Oxalsäure unmittelbar aus Kohlensäure durch Reduction derselben gewonnen werden kann. Leitet man trockene Kohlensäure über erhitztes Kaliumamalgam, so entsteht unter lebhafter Reaction oxalsaures Kali. Das Quecksilber des Kaliumamalgams tritt hierbei selbst nicht in Reaction, sondern dient nur als Verdünnungsmittel:



Die Oxalsäure ist eine zweibasische Säure. Sie ist als chemische Verbindung von zwei Atomen Carboxyl (COOH)¹ zu betrachten, welche in der Oxalsäure eben so zu einem Molecül vereinigt sind, wie wir uns das Wasserstoffmolecül aus zwei Atomen Wasserstoff zusammengesetzt vorstellen.

Die oxalsauren Salze sind meist in Wasser unlöslich. Besonders ausgezeichnet durch seine Unlöslichkeit ist der oxalsaure Kalk, welcher auch von Essigsäure nicht gelöst wird, und daher zur Nachweisung und Bestimmung der Oxalsäure dient.

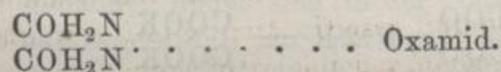
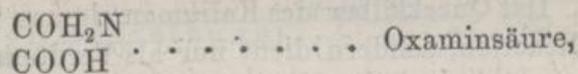
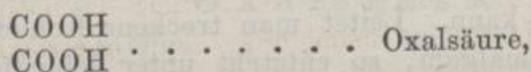
Die Oxalsäure ist der Salpetersäure gegenüber sehr beständig, und wird davon selbst durch Kochen nur langsam zu Kohlensäure oxydirt. Andere Oxydationsmittel, wie übermangansaures Kali

und Braunstein, verwandeln sie leicht und vollständig in Kohlensäure.

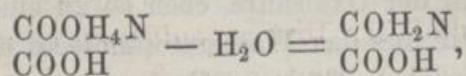
Wie sie beim Sublimiren partiell in Ameisensäure und Kohlensäure übergeht, so zerfällt sie in diese beiden Verbindungen leicht und vollständig durch Auflösen in wässrigem Glycerin und Erhitzen auf 100°. Diese Umwandlung ist so ergiebig, dass man sie als beste Methode zur Gewinnung von Ameisensäure benutzt.

Dass sich die Oxalsäure durch Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure in Wasser, Kohlenoxyd und Kohlensäure spaltet, ist bereits S. 349 besprochen.

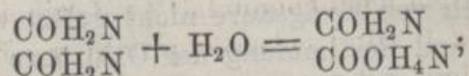
Oxaminsäure und Oxamid. — Wie das hypothetische Kohlensäurehydrat mit Substitution eines der beiden Hydroxylatome durch Amid in Carbaminsäure übergeht, und mit Substitution beider Hydroxylatome durch zwei Atome Amid zu Carbamid resp. Harnstoff wird, so gehen aus der Oxalsäure in demselben Sinne die Oxaminsäure und das Oxamid hervor:



Die einbasische Oxaminsäure: $\begin{array}{l} \text{COH}_2\text{N} \\ \text{COOH} \end{array}$, ist ein weisses, krystallinisches, in Wasser wenig lösliches Pulver. Sie entsteht durch Erhitzen von saurem oxalsaurem Ammon:



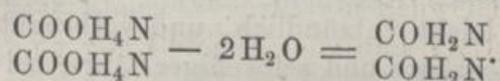
oder durch Kochen des gleich zu besprechenden Oxamids mit wässrigem Ammoniak:



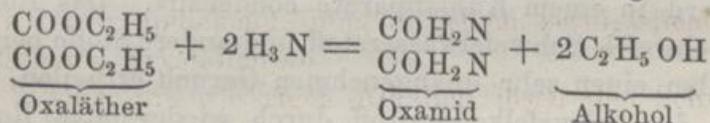
sie wird aus der dadurch gewonnenen Lösung ihres Ammonsalzes durch Salzsäure ausgeschieden.

Die Oxaminsäure wird leicht von den Alkalien gelöst; durch Kochen mit denselben verwandelt sie sich unter Aufnahme der Elemente von Wasser in Oxalsäure und Ammoniak, durch Kochen mit Wasser in saures oxalsaures Ammon.

Oxamid: $\begin{matrix} \text{COH}_2\text{N} \\ \text{COH}_2\text{N} \end{matrix}$, ist ein weisses, geruch- und geschmackloses, krystallinisches Pulver, in kaltem Wasser und Alkohol unlöslich, und auch in den heissen Flüssigkeiten nur wenig löslich. — Es bildet sich durch Erhitzen von neutralem oxalsaurem Ammon:



Am besten und in grosser Menge gewinnt man es aus einer organischen Verbindung der Oxalsäure, dem Oxaläther, einem in Wasser unlöslichen, angenehm ätherisch riechenden Liquidum (durch Destillation eines Gemisches von entwässerter Oxalsäure und absolutem Alkohol gewonnen), dadurch, dass man diesen Aether in wässriges Ammoniak giesst und durchschüttelt. Man sieht dabei das Oel bald verschwinden und an seine Stelle ein krystallinisches Pulver (Oxamid) treten, unter gleichzeitiger Bildung von Alkohol:



Das Oxamid lässt sich durch vorsichtiges Erhitzen unzersetzt sublimiren, bei raschem Erhitzen zerfällt es in verschiedene Producte, unter denen sich das Cyan durch seinen Geruch bemerklich macht. Durch Kochen mit wässrigen Alkalien wird es unter Aufnahme von Wasser in Oxalsäure und Ammoniak verwandelt.

Schwefelkohlenstoff.

Zusammensetzung: CS_2 ; ist zu Ende des vorigen Jahrhunderts von Lampadius entdeckt. — Diese der Kohlensäure

correspondirende Sulfosäure, auch Sulfokohlensäure genannt, entsteht ganz ähnlich wie die Kohlensäure, nämlich durch Verbrennen des Kohlenstoffs im Schwefelgas. Doch bedarf es zur Vereinigung beider einer beträchtlich höheren Temperatur, als zur Verbrennung der Kohle im Sauerstoff erforderlich ist.

Der Schwefelkohlenstoff ist ein farbloses, leicht bewegliches, sehr flüchtiges, in Wasser untersinkendes, darin unlösliches Liquidum von starkem Lichtbrechungsvermögen und eigenthümlichem, nicht angenehm ätherischem Geruch. Er hat 1.29 specif. Gewicht, siedet bei 46°, wird von Alkohol und Aether in allen Verhältnissen gelöst, ist sehr leicht entzündlich, und verbrennt mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure und schwefliger Säure, bei ungenügendem Luftzutritt unter Ausscheidung von Schwefel.

Die Darstellung des Schwefelkohlenstoffs geschieht auf die Weise, dass man eine mit frisch ausgeglühter Holzkohle gefüllte thönerne, glisirte Retorte in einen geeigneten Ofen zur hellen Rothgluth erhitzt und dann durch den Tubulus Schwefel einträgt. Der Retortenhals ist mit einer geräumigen, tubulirten Vorlage luftdicht verbunden, in welcher sich der unverändert übergehende Schwefel condensirt. Der hindurchgehende Schwefelkohlenstoffdampf wird in einem Kühlapparate condensirt. Das Rohproduct enthält Schwefel, Schwefelwasserstoff und andere Stoffe beigemengt, welche ihm einen sehr unangenehmen Geruch ertheilen, und von welchem der Schwefelkohlenstoff durch wiederholtes Rectificiren allein nicht ganz befreit werden kann. Man erreicht dies durch wiederholtes Schütteln mit Quecksilber und festem schwefelsaurem Quecksilberoxydul, und nachherige Destillation.

Der Schwefelkohlenstoff wird jetzt in grossen Mengen und zu sehr billigem Preise von chemischen Fabriken producirt, seitdem man ihn zu mancherlei technischen Zwecken zu verwenden angefangen hat. — Er ist ein Lösungsmittel für verschiedene Stoffe, so für Jod, Schwefel, Phosphor, fette und ätherische Oele, Harze u. a. m., und erhält in Folge dieser Eigenschaft eine ausgedehnte Verwendung zum Imprägniren des Kautschuks mit Schwefel, zum Entfetten der Wolle und zum Extrahiren der fetten Oele aus den ölführenden Samen.

Das Schwefelkohlenstoffgas, in kleinen Mengen mit Luft eingeathmet, bewirkt ähnlich wie Chloroform, Betäubung, in grösserer Menge wirkt es giftig. Es ist zu gleicher Zeit mit stark anti-

septischen Eigenschaften begabt, und hemmt in Folge dessen die Fäulniß z. B. von Fleisch, wie auch die Gährung.

Reiner Schwefelkohlenstoff, längere Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt, färbt sich gelblich und nimmt den unangenehmen Geruch des rohen Schwefelkohlenstoffs an, worauf sich ein rothbrauner Körper von der Zusammensetzung des Einfach-Schwefelkohlenstoffs absetzt, welcher in Schwefelkohlenstoff und anderen Flüssigkeiten unlöslich ist. Vielleicht bewirkt hierbei das Licht eine Spaltung des Schwefelkohlenstoffs in Schwefel und den noch unbekanntem Einfach-Schwefelkohlenstoff, welcher, polymerisirt, jene rothbraune Substanz bildet.

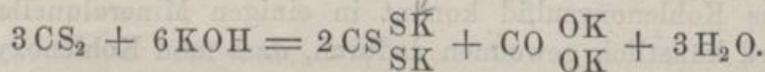
Trocknes Chlorgas wirkt auf Schwefelkohlenstoff zersetzend, unter Bildung von Chlorschwefel und Vierfach-Chlorkohlenstoff.

Der Schwefelkohlenstoff ist eine zweibasische Sulfosäure, er löst sich leicht in den wässrigen Lösungen von Schwefelkalium, Schwefelnatrium und anderen löslichen Schwefelmetallen, und bildet damit Sulfosalze, so mit Schwefelkalium die Verbindung: $CS \begin{matrix} SK \\ SK \end{matrix}$,

Kohlensulfid-Kalium.

Die Kohlensulfidsalze sind schwer in fester Gestalt zu erhalten, da sie sich leicht zersetzen. Jenes Kaliumsalz setzt sich aus der syrupdicken Lösung in gelben, zerfliesslichen, Wasser enthaltenden Krystallen ab.

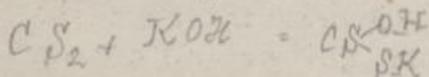
Auch die wässrigen Alkalien lösen den Schwefelkohlenstoff auf. Hierbei entsteht neben Kohlensulfid-Metall zugleich kohlen-saures Salz:



Wässriges Ammoniak und Schwefelkohlenstoff treten ebenfalls in chemische Verbindung, auch hier entsteht Kohlensulfid-Ammonium:

$CS \begin{matrix} SH_4N \\ SH_4N \end{matrix}$, aber daneben noch das Ammoniumsalz der der Carbaminsäure entsprechenden Sulfocarbaminsäure von der Zusammensetzung: $CS \begin{matrix} H_2N \\ SH_4N \end{matrix}$ und Schwefelcyanammonium: H_4NCNS .

Alkoholische Kalilauge, mit Schwefelkohlenstoff vermischt, löst denselben unter gelindem Erwärmen in reichlicher Menge auf;



nach kurzer Zeit erstarrt die Mischung zu einem Brei von gelben Krystallen. Diese Verbindung ist jedoch nicht Kohlenstoff-Kalium, sondern die Kaliumverbindung einer organischen Säure, der Xanthogensäure.

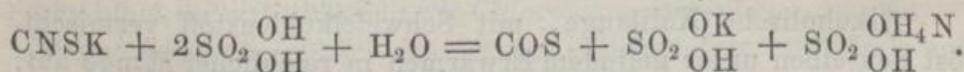
Wird ein lösliches Kohlenstoffsalz mit Alkohol und dann mit Salzsäure versetzt, so scheidet sich Kohlenstoff-Wasserstoff:

$\text{CS} \begin{matrix} \text{SH} \\ \text{SH} \end{matrix}$ (Sulfokohlensäure), als dunkelgelbes, widerlich riechendes Oel ab. Diese Säure ist wenig beständig, sie zerfällt beim Erwärmen in Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff.

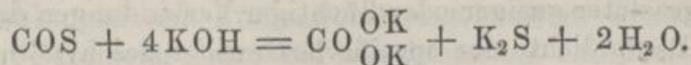
Kohlenoxysulfid.

Zusammensetzung: COS. — Diese Verbindung, welche als Kohlensäure aufgefasst werden kann, worin das zweite Sauerstoffatom gegen Schwefel ausgetauscht ist, demnach hinsichtlich ihrer Zusammensetzung in der Mitte steht zwischen der Kohlensäure und dem Schwefelkohlenstoff, ist ein farbloses, unangenehm riechendes Gas, brennbar und sehr leicht entzündlich. Wasser nimmt davon, wie von der Kohlensäure, sein gleiches Volum auf. In längerer Berührung damit zersetzt es sich in Kohlensäure und Schwefelwasserstoff.

Das Kohlenoxysulfid kommt in einigen Mineralquellen vor, und wird künstlich gewonnen dadurch, dass man Kohlenoxyd mit überschüssigem Schwefeldampf durch eine schwach glühende Röhre leitet, auch durch Erwärmen eines Gemisches von Schwefelsäureanhydrid und Schwefelkohlenstoff. — Die beste Bereitungsmethode ist die, dass man das später zu beschreibende Schwefelcyankalium mit mässig verdünnter Schwefelsäure gelinde erhitzt. Neben Kohlenoxysulfid entstehen zugleich saures schwefelsaures Kali und saures schwefelsaures Ammon, als secundäre Producte auch etwas Cyanwasserstoff und Schwefelkohlenstoff:



Wie von Wasser wird das Kohlenoxysulfid auch von den wässrigen Alkalien zersetzt unter Bildung von kohlensaurem Kali und Schwefelkalium:



Neben jenem Kohlenoxysulfid kann noch eine isomere Verbindung existiren von der Zusammensetzung: $(\text{CS})\text{O}$, d. i. das Oxyd des Schwefelkohlenstoffradikals. — Dieselbe ist bis jetzt nicht dargestellt worden. Dem Kohlenoxysulfid in ihren Eigenschaften voraussichtlich sehr ähnlich, geht sie vielleicht im Augenblicke ihrer Entstehung durch Umsetzung in dasselbe über.

Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff

Kohlenstoff und Wasserstoff vereinigen sich, obschon die beiden Elemente direct nicht auf einander einwirken, in zahlreichen Verhältnissen mit einander. Die resultirenden Verbindungen gehören fast durchweg in den Bereich der organischen Chemie, nur die von der einfachsten Zusammensetzung können hier berücksichtigt werden, und zwar hauptsächlich der Vierfach-Wasserstoff-Kohlenstoff, das

Methan (Methylwasserstoff),

gewöhnlich nach seinem Vorkommen Grubengas oder Sumpfgas genannt.

Zusammensetzung: CH_4 . — Es ist ein farb- und geruchloses Gas von 0.55 specif. Gewicht, in Wasser unlöslich, leicht entzündlich, brennt mit nicht leuchtender Flamme.

Obgleich wir das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases direct nicht bestimmen können, weil der Kohlenstoff im Gaszustande noch unbekannt ist, so kennen wir doch eine grosse Anzahl einfach zusammengesetzter gasiger oder flüchtiger Verbindungen desselben, aus deren Dampfdichte das specifische Gewicht des hypothetischen Kohlenstoffgases abgeleitet und übereinstimmend zu 0·83 ermittelt ist. — Nimmt man an, dass ein Vol. Kohlengas und vier Vol. Wasserstoff nach ihrer Vereinigung zwei Vol. Methan erzeugen, so berechnet sich das specifische Gewicht des letzteren zu 0·553, nämlich:

1 Vol. Kohlengas	0·830
4 Vol. Wasserstoff	0·277
1 Vol. Methan	$= \frac{1·107}{2} = 0·553.$

Das geringe specifische Gewicht des Methans hat die Benennung „leichtes Kohlenwasserstoffgas“ veranlasst, gegenüber dem specifisch schwereren Aethylen, welches man als „schweres Kohlenwasserstoffgas“ von jenem unterschieden hat.

Das Methan findet sich in der Natur als Fäulniss- und Verwesungsproduct organischer Stoffe; es entsteht durch Vermodern von Pflanzen auf den Boden stagnirender Wässer, also bei sehr beschränktem Luftzutritt. Dieses Sumpfgas wird durch Adhäsion vom Bodenschlamm in reichlicher Menge zurückgehalten, es steigt in grossen Blasen auf, wenn man den Schlamm mit einem Stabe aufrührt. Dasselbe ist selbstverständlich nicht reines Methan, sondern enthält noch etwas Kohlensäure und Stickstoff (erstere als Verwesungsproduct, letzteren aus der im Wasser gelösten Luft stammend) beigemischt.

In sehr grossen Mengen tritt das Methan in den Kohlenflötzen als Product der in fortwährender Zersetzung begriffenen Steinkohlen auf. Ein Gemisch dieses Grubengases mit atmosphärischer Luft, wie sich dasselbe leicht und häufig in den Kohlengruben bildet, explodirt beim Entzünden noch heftiger, als ein Gemisch von Wasserstoff mit atmosphärischer Luft. 1 Vol. Wasserstoff erfordert zur Verbrennung $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff, und erzeugt damit 1 Vol. Wassergas; ein Volum Methan aber, welches aus $\frac{1}{2}$ Vol. Kohlenstoffgas und 2 Vol. Wasserstoff besteht, bedarf zur Verbrennung

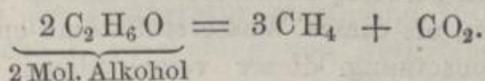
viermal so viel Sauerstoff, nämlich zwei Volume, um damit 1 Vol. Kohlensäure und 2 Vol. Wassergas zu liefern.

Hiernach begreift sich leicht, dass, wenn grosse Mengen von in den Höhlungen der Kohlenflötze angehäuften Grubengas bei sinkendem Barometer, also bei abnehmendem Luftdruck sich in die Stollen und Schachte der Bergwerke ergiessen, und hier sich mit Luft mischen, und wenn dann dies Gemisch (schlagende Wetter) durch das Licht des Grubenarbeiters entzündet wird, die verheerenden Explosionen erfolgen, durch welche jährlich leider so viele Menschenleben zu Grunde gehen.

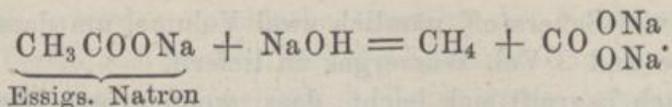
Die zur Verhütung dieser Unglücksfälle von Davy construirte Sicherheitslampe, wo das Grubenlicht mit einem Mantel von metallenen Drahtnetz umkleidet ist, und dessen Construction sich auf die Erfahrung stützt, dass entflammte explosive Gas-mischungen beim Durchströmen eines feinen Metalldrahtnetzes von diesem unter ihre Verbrennungstemperatur abgekühlt werden, daher auf der andern Seite desselben nicht fortbrennen, ist in der Praxis unvorhergesehenen Schwierigkeiten begegnet, ihre allgemeine Verwendung ist häufig an dem Leichtsinne der Grubenarbeiter gescheitert.

Das Methan entsteht, wie durch langsame Verwesung, so auch durch trockne Destillation der Steinkohlen, und ist deshalb ein Hauptgemengtheil unseres Leuchtgases. Hauptsächlich dieser Gehalt an Methangas, neben gleichfalls reichlich vorhandenem Wasserstoffe, ist die Ursache des geringen specifischen Gewichts des Leuchtgases, welches deshalb zum Füllen grosser Luftballons verwendet wird.

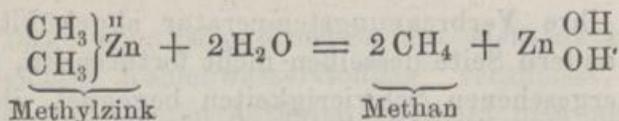
Auch der gewöhnliche Alkohol liefert reichliche Mengen Methangas, aber mit Kohlensäure gemengt, wenn man sein Gas durch eine glühende eiserne Röhre treibt. Der Process verläuft etwa im Sinne der Gleichung:



Sehr rein gewinnt man das Methan durch Erhitzen eines trocknen innigen Gemisches von entwässertem essigsauerm Natron und Natronhydrat (oder besser Natronkalk) in einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase. Die Producte sind Methan und kohlen-saures Natron:



Chemisch reines Methan wird mittelst einer anderen organischen Verbindung erhalten, nämlich mittelst des durch seine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff ausgezeichneten Methylzinks: $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{Zn}$; dieses ist eine farblose flüchtige Flüssigkeit, welche an der Luft sofort entflammt, und gleich dem Natrium das Wasser zersetzt. Bringt man Methylzink in einem luftfreien, mit Gasleitungsröhre versehenen Gefässe zum Sieden und lässt man sein Gas in Wasser treten, so zerlegt es sich mit diesem sofort in Methan und Zinkoxydhydrat, welches sich als weisse feste Verbindung ausscheidet, oder gelöst bleibendes Chlorzink, wenn das Wasser mit Salzsäure angesäuert war:



Das Methan ist ein völlig indifferenten Körper, und vermag mit keiner Substanz in chemische Verbindung zu treten, ohne einen seiner Bestandtheile abzugeben. Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, auch die sonst leicht oxydirende Mischung von chromsaurem Kali und Schwefelsäure, ferner Kalihydrat lassen das Methan unverändert. — Chlor wirkt im Dunkeln nicht darauf ein. Leitet man aber beide Gase in ein dem Tageslichte ausgesetztes Gefäss, so entzieht das Chlor dem Methan ein oder mehrere Wasserstoffatome, je nach der Menge des zugeleiteten Chlors, unter Bildung einerseits von Chlorwasserstoffgas und andererseits von chlorhaltigen Substitutionsproducten des Methans. Das Endproduct der Einwirkung des Chlors besitzt gar keinen Wasserstoff mehr, sondern eben so viele Chloratome mit dem Kohlenstoff des Methans verbunden, als dieses Wasserstoffatome enthält.

Die Zusammensetzung dieser verschiedenen Chlorsubstitutionsproducte des Methans erhellt aus folgender Zusammenstellung ihrer chemischen Formeln:

CH ₄ . . .	Methan,
CH ₃ Cl . .	Einfach-Chlormethan (Methylchlorid),
CH ₂ Cl ₂ . .	Zweifach-Chlormethan (Methylenchlorid),
CHCl ₃ . .	Dreifach-Chlormethan (Chloroform),
CCl ₄ . . .	Vierfach-Chlormethan (Chlorkohlenstoff).

Diese Chlorsubstitutionsproducte werden den organischen Verbindungen zugezählt, und sollen unter diesen beschrieben werden.

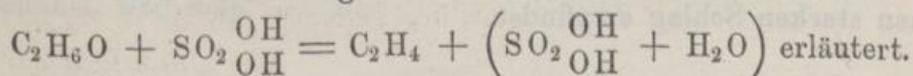
Aethylen, auch ölbildendes Gas genannt, weil es die Eigenschaft hat, sich mit Chlor zu einer öligen Flüssigkeit zu verbinden, enthält auf die gleiche Menge Wasserstoff ein Atom Kohlenstoff mehr, als das Grubengas, hat demnach die

Zusammensetzung: C₂H₄. — Es ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem Geruch, mit 0·968 specif. Gewicht:

2 Vol. Kohlengas	1·660
4 Vol. Wasserstoff	0·277
<hr/>	
1 Vol. Aethylen	$\frac{1·937}{2} = 0·968.$

Es ist in Wasser wenig löslich, durch starken Druck und sehr niedere Temperatur zu einer Flüssigkeit condensirbar, leicht entzündlich, brennt mit stark leuchtender Flamme.

Man gewinnt das Aethylen aus dem gewöhnlichen Alkohol. Diese Verbindung, welche bei schwacher Glühhitze in Methan und Kohlensäure zerfällt, wird durch Entziehung der Elemente von Wasser in Aethylen verwandelt. Das geschieht mittelst concentrirter Schwefelsäure. Man trägt 4 Gewichtstheile der letzteren nach und nach in 1 Gewichtstheil starken Alkohols ein und erhitzt das Gemisch in einem mit Gasentwickelungsrohr versehenen Kolben. Wenn die Temperatur annähernd 150° erreicht hat, so beginnt reichliche Entwicklung von Aethylengas, welches man zur Beseitigung noch beigemengten Alkoholdampfes durch eine Waschflasche mit Wasser und dann noch durch eine zweite Waschflasche mit Kalilauge gehen lässt, um die gegen Ende der Operation auftretende schweflige Säure zu binden. Der Process wird durch die Gleichung:



Lässt man Aethylen mit Chlorgas in einem geräumigen Gefässe bei zerstreutem Tageslichte (im directen Sonnenlichte würde die Mischung leicht explodiren) zusammentreten, so vereinigen sie sich zu einem farblosen schweren Oel von angenehm ätherischem Geruch, dem Aethylenchlorid (Oel des ölbildenden Gases), von der Zusammensetzung: $C_2H_4Cl_2$. Ebenso wird Aethylen von Brom rasch absorhirt, und an Stelle des Broms erhält man nach längerem Einleiten des Aethylens ein gleichfalls farbloses, angenehm riechendes, schweres Liquidum, das Aethylenbromid: $C_2H_4Br_2$. — Die entsprechende Jodverbindung: $C_2H_4J_2$, ist ein fester krystallisirender, aber leicht veränderlicher Körper.

Wie man sieht, verhält sich das Aethylen wie ein zweiwerthiges Element. Es verbindet sich, ohne Ausgabe eines seiner Bestandtheile, gleich dem Zink, Kupfer und anderen Metallen, unmittelbar mit je zwei Atomen Chlor etc.

Bringt man in einen zur Hälfte mit Aethylen gefüllten Cylinder über Wasser (im zerstreuten Tageslichte) rasch ein gleiches Volum Chlor und nähert man der Mündung des nach Bedecken mit einer Glasplatte aufrecht gestellten Cylinders einen brennenden Körper, so entflammt das Gasgemisch und brennt von oben nach unten ruhig ab mit ausserordentlich stark russender Flamme. Die Producte sind Chlorwasserstoff und Kohle. Auch bei Ueberschuss von Chlor bildet sich kein Chlorkohlenstoff, ein Beweis, dass die Elemente Kohle und Chlor keine directe Verwandtschaft zu einander haben.

Da das Aethylen in einem Volum 1 Vol. Kohlengas und 2 Vol. Wasserstoff enthält, und da ersteres 2 Volume, die beiden letzteren 1 Vol. Sauerstoff zur Verbrennung nöthig haben, so sind zur Verbrennung des Aethylens 3 Volume Sauerstoff erforderlich, also die Hälfte mehr, als das Methan davon verbraucht. Mischt man Aethylen und Sauerstoff nach jenem Verhältnisse in einer gewöhnlichen Medicinflasche, umwickelt man dieselbe stark mit Tüchern und nähert man der freigelassenen Mündung der Flasche (gegen eine Wand gerichtet) nach Abnahme des Korks eine Gasflamme, so erfolgt eine ausserordentlich heftige Explosion, welche die Zertrümmerung des Gefässes unfehlbar zur Folge hat, in dem Grade, dass man in der die umwickelte Flasche haltenden Hand einen starken Schlag empfindet.

Es scheint auf den ersten Blick befremdlich, dass das Aethylen mit stark leuchtender, das, die gleiche Menge Wasserstoff und halb so viel Kohlenstoff enthaltende, Methan mit nicht leuchtender Flamme brennt, und es knüpft sich daran die Frage, was ist die Ursache des Leuchtens der Aethylenflamme, und überhaupt der Licht verbreitenden Flammen?

Die Erfahrung lehrt, dass unter normalen Verhältnissen nur diejenigen Flammen leuchten, worin sich ein glühender fester Körper befindet. Die an und für sich nicht leuchtende Wasserstoffflamme und das nur wenig leuchtende Knallgas verbreiten sofort intensives Licht, wenn wir in dieselben einen festen Körper, Platin, Aetzkalk u. a., und denselben darin zum Glühen bringen.

Auch in der leuchtenden Flamme des Aethylengases befindet sich ein glühender fester Körper, nämlich Kohle. Man kann sich von der Anwesenheit der Kohle in jener Flamme leicht überzeugen, wenn man ein kaltes weisses Procellanschälchen tief in dieselbe eintaucht. Das Schälchen wird an der Stelle, wo der innere Theil der Flamme dasselbe berührt, schwarz durch ausgeschiedenen

Fig. 39. Russ, ähnlich wie schwarzes Arsen sich aus dem brennenden Arsenwasserstoff auf ein eingetauchtes Porcellanstück niederschlägt (vergl. S. 282).



Die Beschaffenheit einer Leuchtflamme ist nicht so einfach, wie es bei oberflächlicher Betrachtung den Anschein hat. Es sind an derselben wesentlich drei Theile zu unterscheiden, ein innerer kalter, ein mittlerer leuchtender Theil, und der äussere, weniger leuchtende aber heisse Mantel, was Fig. 39 zu veranschaulichen bestimmt ist. — Das bei A aus dem Brenner ausströmende, entflammte Leuchtgas kommt an der Stelle, wo es austritt, nicht zur Verbrennung, weil hier kein Sauerstoff vorhanden ist. Der innere Kegel *a'a* enthält das Gas noch unverändert und ist kalt. Man überzeugt sich hiervon leicht, wenn man durch den unteren Theil der Flamme einen feinen Platindraht spannt. Derselbe wird an den Aussenseiten der Flamme glühend, bleibt aber in der Mitte dunkel, weil kalt.

Der durch rasche Diffusion von Aussen nach Innen in die Flamme eintretende Sauerstoff der Luft bewirkt nicht nur Verbrennung der brennbaren Gase am äusseren Rande der Flamme, sondern, durch die bei dieser Verbrennung entstehende grosse Hitze, in dem mittleren Theile der Flamme, chemische Zersetzung des aufsteigenden, noch unveränderten Gases. Diese Zersetzung ist die nämliche, welche das Aethylen erfährt, wenn man es für sich, ohne Luftzutritt, durch eine glühende Röhre treibt. Die Erfahrung lehrt, dass es in beiden Fällen in Methan und Kohle zerfällt: $C_2H_4 = CH_4 + C$. Der so frei gemachte Kohlenstoff ist es, welcher in dem mittleren Raume *f, e, g* der Flamme, durch die Verbrennungstemperatur der äusseren Flammenschicht glühend gemacht, leuchtet, derselben die Leuchtkraft ertheilt. Nicht das Aethylen als solches kommt daher in dem äusseren Theile der Flamme *abc* zur Verbrennung, sondern die durch den sog. Process der trocknen Destillation zuvor aus ihm erzeugten Producte: Grubengas und Kohle.

Der gleiche Process vollzieht sich beim Entzünden und Verbrennen einer Stearinkerze. Nähert man dem mit Stearinsäure imprägnirten Dochte einen brennenden Körper, so erfährt dieselbe durch die Hitze des letzteren dieselbe chemische Zersetzung, welche sie durch trockene Destillation erleidet: in brennbare Gase, welche entflammen. Die strahlende Wärme der Flamme bewirkt, dass am Fusse des Doctes immer genug Stearinsäure schmilzt, um geschmolzen vom heissen Dochte aufgesogen zu werden und innerhalb desselben zu vergasen.

Auch hier ist es also nicht die Stearinsäure, welche in der Flamme verbrennt, sondern die durch die voraufgegangene Vergasung erzeugten gasigen Producte brennen. Der weitere Verlauf des Processes ist dann der nämliche, wie bei der Aethylenflamme.

Wir können eine stark leuchtende Flamme sehr leicht nichtleuchtend machen, wenn wir dem brennenden Gase so viel Sauerstoff zuführen, dass aller Kohlenstoff davon sofort oxydirt wird. Das kann so geschehen, dass man in die leuchtende Flamme selbst Luft oder Sauerstoff in reichlicher Menge einbläst (hierauf beruht die Wirkung des Löthrohrs), oder dass man das Gas vor der Verbrennung mit Luft vermischt. Letzteres geschieht in dem Bunsen'schen Gasbrenner, welcher so eingerichtet ist, dass über

die Ausströmungsöffnung des Gases ein kleines Metallrohr aufgeschraubt ist, welches unten seitlich zwei Oeffnungen hat, um der Luft Einlass zu geben. Das Gas und die Luft mischen sich während des gemeinschaftlichen Aufsteigens in diesem Rohr so vollständig, dass das Gasgemisch, an der oberen Oeffnung entzündet, ohne zu leuchten verbrennt.

Man ist gewohnt, die Temperatur einer Flamme nach dem Grade ihrer Leuchtkraft zu schätzen. Wenn auch letztere ein annähernd richtiger Maassstab ist für die Beurtheilung der Hitze glühender fester Körper (das hellroth glühende Eisen ist heisser als das dunkelroth glühende, und noch heisser ist weissglühendes Eisen), so steht bei brennenden Gasen Leuchtkraft und Heizkraft sehr oft gerade im umgekehrten Verhältnisse.

Die nicht leuchtende Flamme des mit Luft gespeisten Aethylens, wie es aus dem Bunsen'schen Brenner ausströmt, ist viel heisser, als die leuchtende Aethylenflamme an und für sich, weil diese im Innern noch unverbrannten Kohlenstoff enthält, der Bunsen'sche Gasbrenner aber alle Bestandtheile des Aethylens zur sofortigen Verbrennung bringt. Aus eben diesem Grunde ist der äussere, nicht leuchtende Theil *dbc* der Gasflamme (Fig. 39) der heisseste, und viel heisser, als der mittlere leuchtende Kegel.

Chlorkohlenstoff.

Von den verschiedenen Verbindungen des Kohlenstoffs mit Chlor, welche sich ihrer Entstehungsweise und ihrem Verhalten nach den organischen Verbindungen anreihen, soll hier nur eine, die von einfachster Zusammensetzung kurz besprochen werden, diejenige, welche 1 Atom Kohlenstoff mit 4 At. Chlor verbunden enthält.

Zusammensetzung: CCl_4 . — Sie ist eine farblose, in Wasser untersinkende, damit nicht mischbare Flüssigkeit von 1.6 specif. Gewicht und angenehm aromatischem Geruch, siedet bei 77° . Von Alkohol und Aether wird sie leicht gelöst, wirkt eingeathmet, gleich dem Chloroform, anästhesirend.

Es ist noch nicht gelungen, diesen Vierfach-Chlorkohlenstoff direct aus Kohle und Chlor zusammenzusetzen. Man gewinnt ihn

aber leicht aus dem Schwefelkohlenstoff dadurch, dass man diesen mit überschüssigem trockenen Chlor dem Licht aussetzt, schneller auf die Weise, dass man Chlorgas durch erhitzten Schwefelkohlenstoff leitet und das Gasgemisch durch eine glühende Porcellanröhre streichen lässt, oder durch Behandeln von Schwefelkohlenstoff mit Fünffach-Chlorantimon unter Einleiten von Chlor. Die Producte sind Chlorkohlenstoff und Chlorschwefel. Letzterer wird durch Digeriren mit Natronlauge zersetzt, und dann der unverändert gebliebene Chlorkohlenstoff mit Wasserdämpfen abdestillirt. Dass der Vierfach-Chlorkohlenstoff aus Methan und Chlor entsteht, ist bereits S. 363 besprochen.

Dieser Chlorkohlenstoff ist eine sehr beständige Verbindung, und unterscheidet sich von den meisten anderen unorganischen Chloriden dadurch, dass er selbst beim Kochen mit wässriger Kalilauge unverändert bleibt. Auch wird seine alkoholische Lösung durch eine solche von salpetersaurem Silberoxyd nicht gefällt, kein Chlorsilber abgeschieden.

Wird der Chlorkohlenstoff im Gaszustande durch eine stark glühende Röhre geleitet, so zerfällt er in Chlor und einen halb so viel Chlor enthaltenden, ebenfalls flüssigen Chlorkohlenstoff, welcher jedoch nicht aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Chlor besteht, sondern im Molecül 2 Atome Kohlenstoff mit 4 At. Chlor verbunden enthält, demnach zu jenem Vierfach-Chlorkohlenstoff in ähnlichem Zusammensetzungsverhältnisse steht, wie das Aethylen zum Methan:

Methan	CH_4	CCl_4 . .	Vierfach-Chlorkohlenstoff
Aethylen	C_2H_4	C_2Cl_4 . .	Vierfach-Chloräthylen.

Dieses vierfach gechlorte Aethylen nimmt, wie das Aethylen, mit Begierde 2 At. Chlor auf, und verwandelt sich damit in ein dem Aethylenchlorid correspondirendes Chlorid:

Aethylenchlorid . .	$\text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Cl}_2$	$\text{C}_2\text{Cl}_4 \cdot \text{Cl}_2$. .	Chloräthylenchlorid.
---------------------	--	---	----------------------

Dieses ist eine feste, flüchtige, krystallinische Substanz von campherähnlichem Geruch, welche gleich dem Campher an den Gefässwänden sublimirt.

Der Vierfach-Bromkohlenstoff: CBr_4 , ist dem Vierfach-Chlorkohlenstoff sehr ähnlich.

Cyan.

Mit dem Namen „Cyan“ ist die aus einem Atom Kohlenstoff und einem Atom Stickstoff zusammengesetzte Verbindung belegt, welche sich in dem Grade wie ein Element, insbesondere den Haloiden ähnlich verhält, dass wir sie zuverlässig in die Reihe der Elemente aufnehmen würden, wenn es nicht gelungen wäre, sie aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen, und wieder in diese zu zerlegen (vgl. S. 78).

Das Cyan ist 1815 von Gay-Lussac entdeckt, und verdankt seinen Namen (von *κῡανος*, blau) der Erfahrung, dass es ein Bestandtheil des Berliner Blaus ist, welches auch mittelst des Cyans erzeugt werden kann.

Zusammensetzung: CN. — Das Molecül Cyan besteht aus zwei Atomen ¹⁾ Cyan, in gleichem Sinne wie das Molecül Wasserstoff aus zwei Atomen Wasserstoff zusammengesetzt ist. Wir drücken deshalb die Zusammensetzung des Molecüls Cyan durch die Formel: CN.CN oder (CN)₂ aus. — Als noch kürzere Bezeichnung ist für das Cyan das Symbol: Cy gebräuchlich.

Es ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem, der Blausäure nahe kommendem Geruch, und von 1·8 specif. Gewicht.

¹⁾ Es ist eigentlich unstatthaft, und eine *contradictio in verbo*, von einem Atom Cyan zu reden, da dasselbe nicht, wie die elementaren Atome, chemisch untheilbar ist. Aus demselben Grunde darf man eigentlich auch nicht sagen: ein Atom Ammonium, ein Atom Amid oder ein Atom Aethyl etc. Wenn wir gleichwohl die Bezeichnung „Atom“ auf die zusammengesetzten Radicale der organischen und unorganischen Chemie ausdehnen, welche die Rolle der elementaren Atome übernehmen, so wird es für rätlicher erachtet, mit Bewusstsein einen kleinen Sprachfehler zu begehen, als der correcten Sprachweise zu Liebe für jene zusammengesetzten Radicale, welche auch nicht als Molecüle anzusprechen sind, einen neuen besonderen Namen zu erfinden. Unter einem Atom Cyan verstehen wir deshalb nicht eine untheilbare, sondern eine solche einheitliche Grösse, welche, so lange sie Bestand hat, den wirklichen, elementaren Atomen ebenbürtig sich anreihet.

2 Vol. Kohlengas	1.66
2 Vol. Stickgas	1.94
1 Vol. Cyangas	$\frac{3.60}{2} = 1.8.$

Durch starken Druck oder grosse Kälte lässt es sich zu einer bei -20° siedenden Flüssigkeit verdichten, und sogar in eine feste, krystallinische Substanz verwandeln. — Wasser absorbiert davon das $4\frac{1}{2}$ fache Volum, Alkohol beträchtlich mehr.

Es ist brennbar, und verbrennt nach dem Entflammen mit schön pfirsichblüthrother Farbe, welche, da weder der Kohlenstoff noch der Stickstoff bei Glühhitze diese Farbe hat, jedenfalls dem glühenden Cyan selbst eigen ist.

Die Darstellung des Cyans geschieht durch Erhitzen von Cyanquecksilber. Dieses durch Auflösen von rothem Quecksilberoxyd in überschüssiger Cyanwasserstoffsäure (Blausäure) erhaltene, in Wasser lösliche, und beim Verdampfen auskrystallisirende, weisse Salz, durch gelindes Erhitzen vom eingeschlossenen Decrepitationswasser befreit, zerfällt durch schwaches Glühen, analog dem Quecksilberoxyd, in Quecksilber und Cyangas. Dieses Gas kann über Quecksilber aufgefangen werden. Ein Theil des Cyans geht in eine amorphe, braun-schwarze Substanz über, das Paracyan, welches die gleiche Zusammensetzung wie das Cyan, aber ein höheres Moleculargewicht hat, demnach eine polymere Verbindung ist.

Das Cyangas hat weder zu Sauerstoff und Schwefel, noch zu Wasserstoff chemische Verwandtschaft, und ist mit letzterem nur indirect in Verbindung zu bringen. Mit den Haloiden vereinigt es sich im Augenblicke, wo es durch diese aus Cyanwasserstoff, oder aus einer seiner Metallverbindungen: Cyankalium, Cyanquecksilber, frei gemacht wird.

Kalium und Natrium verbrennen in Cyangas wie in Chlor, und vereinigen sich damit direct zu Cyankalium und Cyannatrium. Diese zeichnen sich durch grosse Beständigkeit aus, sie vertragen bei Abschluss von Luft Glühhitze, ohne Zersetzung zu erleiden.

Obwohl Kohlenstoff und Stickstoff für sich keine Verwandtschaft zu einander haben, so lassen sie sich doch leicht zu Cyan vereinigen, wenn dem Gemisch beider unter günstigen Bedingungen ein dritter Körper dargeboten wird, zu welchem das Cyan chemische

Verwandtschaft hat, z. B. Kalium. — Kohlensaures Kaliumoxyd und Kohle verwandeln sich durch starkes Glühen in Kohlenoxyd und Kalium. Wird über das glühende Gemisch Stickgas geleitet, so erzeugt dieses unter der sogenannten prädisponirenden Wirkung des Kaliums, mit dem Kohlenstoff und dem Stickstoff Cyankalium, ein dem Chlorkalium zu vergleichendes, in Wasser lösliches Salz, welches beim Uebergiessen mit Schwefelsäure, die der Chlorwasserstoffsäure entsprechende Cyanwasserstoffsäure liefert.

Jene Bedingungen zur Bildung von Cyankalium sind ebenfalls vorhanden, wenn man stickstoffhaltige organische Stoffe, wie Blut, Fleisch, Haare u. a. m., mit kohlensaurem Kali gemengt, erhitzt und unter Abschluss der Luft zuletzt stark glüht. Hier ist es der Stickstoff und Kohlenstoff der organischen Substanzen, welche mit dem aus dem kohlensauren Kali reducirten Kalium sich zu Cyankalium vereinigen.

Letzteres Verfahren ist dasjenige, nach welchem die im Handel vorkommenden Cyanverbindungen, zumal das sogenannte Blutlaugensalz, fabrikmässig gewonnen werden.

Das Blutlaugensalz, welches später beim Eisen eingehender besprochen werden wird, ist eine Doppelverbindung von Cyankalium mit Cyaneisen: $4 \text{K Cy} \cdot \text{Fe Cy}_2$. Es bildet sich durch Digeriren der wässrigen Lösung des Cyankaliums mit gepulvertem Schwefeleisen, wobei das Cyan von einem Theil des Cyankaliums sich auf das Eisen überträgt unter gleichzeitiger Bildung von Schwefelkalium. Es krystallisirt aus wässriger Lösung in grossen gelben Tafeln.

Dieses Blutlaugensalz ist das Material, womit wir uns die übrigen Cyanverbindungen: Cyanwasserstoff, Cyankalium, cyansaures Kali u. a. m. bereiten.

Cyanwasserstoff.

Syn. Cyanwasserstoffsäure; Blausäure.

Zusammensetzung: $\text{HCN} = \text{HCy}$. — Diese durch ihre grosse Giftigkeit bekannte Verbindung ist in völlig entwässertem

Zustande eine farblose, leicht bewegliche, mit Wasser in jedem Verhältnisse mischbare Flüssigkeit von starkem, betäubendem Geruch; sie hat 0.7 specif. Gewicht, siedet bei 27°, erstarrt bei — 15° krystallinisch, ist brennbar.

Man kann die wasserfreie Blausäure eben so darstellen, wie die Salzsäure, nämlich durch Uebergiessen von Cyankalium mit concentrirter Schwefelsäure, aber die Einwirkung ist viel zu energisch, und diese Methode wegen der Giftigkeit des sich entwickelnden Cyanwasserstoffgases viel zu gefährlich, um angewandt zu werden. Am Zweckmässigsten bereitet man zuerst eine wässrige Blausäure und aus dieser durch Wasserentziehung die wasserfreie.

Auch zur Darstellung der verdünnten Blausäure nimmt man aus gleichem Grunde nicht Cyankalium, sondern besser die Doppelverbindung desselben mit Cyaneisen, das Blutlaugensalz. Auf dieses wirkt verdünnte Schwefelsäure langsam und beim Sieden der Flüssigkeit gleichmässig zersetzend ein.

Man übergiesst in einer tubulirten Retorte mit aufwärts gekehrtem Halse, welcher weiterhin durch eine, luftdicht mit Kork eingesetzte, gebogene Röhre mit dem oberen Ende eines Kühlapparates verbunden ist, 10 Thle. gepulvertes Blutlaugensalz mit einem Gemisch von 6 Thln. Schwefelsäure und 30 Thln. Wasser, und bringt das Ganze langsam zum Sieden. Ein Theil der Wasserdämpfe wird in dem aufrecht gekehrten Retortenhalse condensirt, während die flüchtigere Blausäure in die durch Eis abzukühlende Vorlage übergeht, welche zweckmässig von Anfang an etwas Wasser enthält. Letztere steht am Besten unter einem guten Luftzug. Ueberhaupt erheischt die Giftigkeit der so flüchtigen Blausäure grosse Vorsicht sowohl bei ihrer Darstellung, wie überhaupt bei allen damit anzustellenden Versuchen.

Um aus dieser wässrigen Blausäure die wasserfreie Verbindung zu gewinnen, stellt man ein zu einem Drittheil damit gefülltes Kölbchen in Eis und wirft nach und nach kleine Stücke geschmolzenen Chlorcalciums (nicht umgekehrt!) hinein, welches alles Wasser chemisch bindet und damit zum Theil zerfließt. Wird nach Verlauf einiger Stunden das mit einem langen Gasleitungsrohr versehene Kölbchen erhitzt, und die Vorlage, in welche das andere Ende der Gasleitungsrohre einmündet, mit Eis umgeben, so sammelt sich darin die Blausäure als wasserhelle Flüssigkeit an.

Die wässrige und noch viel mehr die wasserfreie Blausäure erleidet beim Aufbewahren in einem geschlossenen Gefässe mit der Zeit eine Veränderung, begleitet von Ausscheidung einer amorphen braunen Substanz, welche man als polymere Verbindung der Blausäure angesprochen und Paracyanwasserstoffsäure genannt hat. Gewöhnlich ist diese Zersetzung von Gasentwicklung begleitet, welche nicht selten Zertrümmerung des Gefässes zur Folge hat. — Die Erfahrung hat gelehrt, dass ein paar Tropfen Salzsäure, der Blausäure hinzugefügt, ihre freiwillige Zersetzung bedeutend verzögern.

Nicht nur als Flüssigkeit in den Magen gebracht, wirkt die Blausäure als schnell tödtendes Gift (wenige Tropfen starker Blausäure, eingenommen, bewirken den Tod), sondern auch ihr Gas hat, eingeathmet, gleichen Erfolg. Eine Taube stirbt in kürzerer Zeit als einer halben Minute, wenn man sie zwingt, das Gas von wasserfreier Blausäure einzuathmen, selbst wenn diese eine Temperatur von 0° hat.

In sehr verdünntem Zustande ist die Blausäure ein wirksames Arzneimittel und daher ein officinelles Präparat. — Die bitteren Mandeln und die Kerne der Kirschen, Pflaumen u. a., sowie die Blätter vom Kirschlorbeer enthalten eine organische krystallisirende Verbindung von sehr complicirter Zusammensetzung, das Amygdalin, welche, wenn sie durch Zerquetschen jener Pflanzentheile unter Wasser mit einer ebenfalls darin vorhandenen Eiweisssubstanz, Emulsin genannt, in Berührung kommt, durch diese, ähnlich wie der Zucker durch Hefe, zersetzt wird. Eins dieser Zersetzungsproducte ist Blausäure, welche beim nachherigen Destilliren mit den Wasserdämpfen in die Vorlage übergeht. Auf diese Weise wird das officinelle Bittermandelwasser und Kirschlorbeerwasser bereitet.

Die Blausäure ist eine so schwache Säure, dass sie nicht einmal blaues Lackmus röthet, und dass sie durch die Kohlensäure aus ihren Verbindungen mit den Alkalien ausgetrieben wird. Cyankalium, der Luft ausgesetzt, riecht daher deutlich nach Blausäure.

In manchen chemischen Reactionen stimmt sie mit den Wasserstoffverbindungen der Haloide überein, insbesondere darin, dass

sie in einer Lösung von salpetersaurem Silber einen dem Chlorsilber ähnlichen, käsigen Niederschlag erzeugt, unlöslich in Salpetersäure, leicht löslich, wie Chlorsilber, in Ammoniak. — Das Chlorsilber und Cyansilber unterscheiden sich indessen dadurch, dass jenes beim Glühen unverändert schmilzt, dieses zersetzt und zu metallischem Silber reducirt wird. — Wie Chlorkalium mit Chlorplatin ein schön krystallisirendes und beständiges Salz erzeugt, das Chlorplatin-Kalium, so verbindet sich Cyankalium in gleicher Weise mit fast allen Cyanmetallen, und giebt auch mit den in Wasser unlöslichen Cyanmetallen lösliche, schön krystallisirende Doppelverbindungen, unter denen das Eisencyankalium (Blutlaugensalz) durch Beständigkeit sich besonders auszeichnet.

Von Chlor wird die Blausäure leicht zersetzt, indem das Chlor mit beiden Bestandtheilen derselben in chemische Verbindung tritt, und Chlorcyan nebst Salzsäure bildet.

Um kleine Mengen von Blausäure in einer Flüssigkeit zu erkennen und durch den Augenschein deutlich nachzuweisen, prüft man, ob sich damit Berliner Blau erzeugen lässt. Das negative Resultat beweist Abwesenheit der Blausäure. Berliner Blau lässt sich als Doppelverbindung von Eisencyanid: Fe Cy_3 mit Eisencyanür, Fe Cy_2 betrachten. Obgleich unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, scheidet es sich doch nicht aus, wenn dem Gemisch verdünnter wässriger Lösungen von Eisenchlorid und Eisenchlorür wässrige Blausäure zugefügt wird. Wohl aber entsteht, wie die Erfahrung lehrt, Berliner Blau, wenn man jenes blausäurehaltige Gemisch mit Kalilauge versetzt, welche damit Blutlaugensalz erzeugt, und dann den Niederschlag von Eisenoxydhydrat und Eisenoxydulhydrat mit Salzsäure übergiesst. Die Flüssigkeit erscheint blau von dem aus der Eisenchloridlösung durch das Blutlaugensalz gebildeten Berliner Blau.

Das Cyan ist ein einwerthiges Radical und als Verbindung des dreiwertigen Stickstoffs mit einem Atom des zweiwertigen Kohlenstoffs aufzufassen. Die Cyanwasserstoffsäure stellt sich ~~hier-~~nach als ein Ammoniak dar, von dessen drei Wasserstoffatomen zwei durch das zweiwerthige Kohlenstoffatom substituirt sind, was

die Formel: $\left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N}$ ausdrücken soll. Die Entstehung des Cyan-

silbers aus Blausäure erfolgt nach der leicht verständlichen Gleichung: $\left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{C} \end{array} \right\} \text{N} + \text{NO}_2\text{OAg} = \left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{C} \\ \text{Ag} \end{array} \right\} \text{N} + \text{NO}_2\text{OH}$. Das Cyansilber kann demgemäss als dasjenige Substitutionsproduct des Ammoniaks betrachtet werden, welches von den drei typischen (d. h. ursprünglichen) Wasserstoffatomen des letzteren, zwei durch Kohlenstoff und eins durch ein Atom Silber vertreten enthält.

Wir kennen zur Zeit nur eine Cyanwasserstoffsäure, aber möglicher Weise und sogar wahrscheinlich existirt noch eine zweite mit ihr isomere Verbindung, worin der vierwerthige Kohlenstoff fungirt (und dominirt), nämlich die Verbindung des vierwerthigen Kohlenstoffs, von dessen vier Valenzen drei durch die Vereinigung mit einem Atom des dreiwerthigen Stickstoffs, und das vierte durch ein Atom Wasserstoff befriedigt sind, was sich in der Formel: $\left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{N} \\ \text{C} \end{array} \right\}$ ausspricht. — Eine Blausäure von dieser Constitution ist voraussichtlich nicht oder wenig giftig.

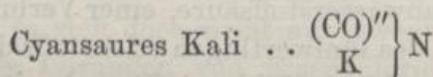
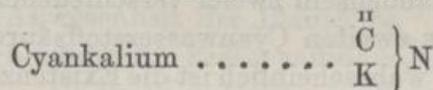
Es giebt Cyanmetalle, deren abweichendes chemisches Verhalten auf das Vorhandensein zweier verschiedener Cyane und dann weiter auf das einer zweiten Cyanwasserstoffsäure schliessen lässt. Denkbar, aber nicht wahrscheinlich ist die Existenz sogar noch einer dritten isomeren Cyanwasserstoffsäure, einer Verbindung, worin die Affinitäten von 1 At. des fünfwerthigen Stickstoffs durch Vereinigung mit 1 At. des vierwerthigen Kohlenstoffs und mit 1 At. Wasserstoff gesättigt sind, deren Zusammensetzung durch die Formel: $\left. \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{C} \\ \text{N} \end{array} \right\}$ den entsprechenden symbolischen Ausdruck erhalten würde.

C y a n s ä u r e.

Wie Chlor, vermag auch Cyan sich nicht direkt mit Sauerstoff zu verbinden, wohl aber nimmt das Cyankalium unter günstigen Bedingungen Sauerstoff auf und wird dadurch zu cyansaurem Kali oxydirt. Uebrigens hat die Verbindung, welche den Namen „Cyan-

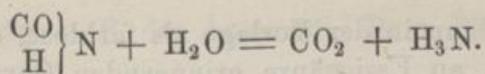
säure“ erhalten hat, keineswegs eine der Chlorsäure correspondirende Zusammensetzung; eine solche Cyansäure ist überhaupt nicht bekannt, eben so wenig der Ueberchlorsäure, Unterchlorsäure und der chlorigen Säure entsprechende Cyanverbindungen. — Cyan vermag, wie es scheint, nur in einem einzigen Verhältnisse sich mit Sauerstoff und Wasserstoff, resp. einem Metall, zu verbinden. Das Cyansäurehydrat hat die

Zusammensetzung: CNOH (cyansaures Kali = CNOK). — Das cyansaure Kali besitzt indessen durchaus nicht dieselbe chemische Constitution, welche wir dem unterchlorigsauren Kali: ClOK beilegen, das Sauerstoffatom hat nicht die Function einer das Cyanatom und das Kaliumatom verbindenden Copula und ist nicht mit dem Cyan, als Ganzes gedacht, sondern mit dem Kohlenstoffatom zu Kohlenoxyd verbunden, welches im cyansauren Kali ebenso als zweiwerthiges, zwei Ammoniak-Wasserstoffatome vertretendes; Radical fungirt, wie der zweiwerthige Kohlenstoff im Cyankalium. Die Beziehungen des Cyankaliums und cyansauren Kalis werden am Besten durch folgende Zusammenstellung ihrer rationellen Formeln veranschaulicht:



Demgemäss drücken wir die Zusammensetzung des Cyansäurehydrats durch die Formel: $\left. \begin{array}{c} \text{CO} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N}$ aus. — Die so leicht sich vollziehende Umwandlung des Cyankaliums in cyansaures Kali besteht in der Oxydation des Kohlenstoffs unter gleichzeitiger Erhebung des im Cyankalium als zweiwerthiges Element fungirenden Kohlenstoffs zu dem vierwerthigen Kohlenstoff.

Das cyansaure Kali, ein in Alkohol und Wasser lösliches Salz, welches aus schmelzendem Cyankalium durch Eintragen von Mennige unter Abscheidung von metallischem Blei gewonnen werden kann, soll später unter den Kaliumverbindungen beschrieben werden. Aus diesem Salze durch Säuren Cyansäure frei zu machen, gelingt nicht, weil das Cyansäurehydrat überall, wo es mit Wasser in Berührung kommt, sich damit sofort in Kohlensäure und Ammoniak umsetzt:



Wir gewinnen aber das Cyansäurehydrat für sich durch Erhitzen der damit polymeren, aus dem Harnstoff erhaltenen, festen, und für sich nicht flüchtigen Cyanursäure: $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{H}_3$. Das durch Umsetzung der Atome dieser Säure sich bildende Cyansäurehydrat destillirt als farblose, wie Essigsäure riechende, flüchtige Flüssigkeit, welche sich unter 0° längere Zeit unverändert erhält, aber wenige Grade darüber unter Selbsterhitzung in eine isomere, feste, porcellanartige Verbindung, Cyamelid genannt, verwandelt, welche bei der Destillation wiederum zu Cyansäurehydrat sich umsetzt.

Die Cyanverbindungen, zumal die organischen, haben eine bemerkenswerthe Neigung und Fähigkeit, sich in isomere und polymere Körper zu verwandeln.

Schwefelcyanwasserstoffsäure.

Zusammensetzung: HCNS. — Wie das schmelzende Cyankalium durch grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff ausgezeichnet ist und schon mit dem Sauerstoff der Luft sich in cyansaures Kali verwandelt, so besitzt es auch starke Verwandtschaft zum Schwefel. Letzterer, in schmelzendes Cyankalium eingetragen, wird davon verschluckt, und es entsteht Schwefelcyankalium: $\text{KCN} + \text{S} = \text{KSCN}$, welches nach Analogie des cyansauren Kalis als ein substituirtes Ammoniak von der rationellen Zusammensetzung: $\left. \begin{array}{l} \text{CS} \\ \text{K} \end{array} \right\} \text{N}$ betrachtet werden kann.

Die aus diesem Kalisalze dargestellte Wasserstoffverbindung, die Schwefelcyanwasserstoffsäure: $\text{HSCN} = \left. \begin{array}{l} \text{CS} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N}$, ist beständiger, als die Cyansäure. Man kann sie in wässriger Lösung aus dem Kalisalze durch Destillation mit verdünnter Schwefelsäure darstellen. Wasserfrei gewinnt man sie durch Erhitzen von festem gepulvertem Schwefelcyanquecksilber im Strome von Schwefelwasserstoff. Sie

verdichtet sich dann in der Vorlage als farblose, ölige Flüssigkeit von stechendem, an Essigsäure erinnernden Geruch, verwandelt sich jedoch bald in Blausäure und Persulfocycansäure, einen gelben, in Wasser wenig löslichen Körper von der Zusammensetzung: $C_2H_2N_2S_3$.

Die Schwefelcyanwasserstoffsäure und ihre löslichen Salze geben sich leicht zu erkennen durch die blutrothe Färbung, welche sie mit Eisenchlorid erzeugen. Die Reaction ist eben so empfindlich und deutlich, wie die blaue Fällung, welche Blutlaugensalz in Eisenchloridlösung hervorbringt.

Cyanchlorid. — Wir kennen zwei polymere Verbindungen des Chlors mit Cyan, eine flüchtige flüssige, und eine feste, welche in derselben Beziehung zu einander zu stehen scheinen, wie die Cyansäure zur Cyanursäure.

Das flüssige Chlorcyan: $CNCl$, ist ein farbloses, bei 12° siedendes, bei -7° krystallinisch erstarrendes Liquidum von unerträglich heftigem, zu Thränen reizendem Geruch. Es hat 2.12 spec. Gewicht, ist sehr giftig. — Dasselbe entsteht durch Einwirkung von Chlor auf verdünnte Blausäure oder Cyanmetalle bei Gegenwart von Wasser. Eine einfache Darstellungsmethode ist die, dass man in eine mit Eis abgekühlte Lösung von Cyankalium in dem doppelten Gewichte Wasser, womit eine Retorte zum vierten Theil gefüllt ist, langsam Chlor einleitet. Der Retortenhals communicirt mit einem, vorn Kupferdrehspäne (zum Absorbiren von unverändert gebliebenem Chlor) und weiterhin Chlorcalcium enthaltenden Rohr, womit eine U-förmige Röhre verbunden wird, welche mit Kältemischung umgeben und bestimmt ist, das Chlorcyan zu condensiren. Ein Theil des letzteren verflüchtigt sich schon bei seiner Bildung, ein anderer Theil wird durch nachheriges Erhitzen der Retorte auf 50° ausgetrieben.

Das reine flüssige Chlorcyan hält sich, in einer Glasröhre hermetisch eingeschlossen, lange Zeit unverändert, die unreine Substanz setzt sich bald in die feste polymere Modification um. Es wird von Wasser und Alkohol in reichlicher Menge gelöst, ohne sich damit chemisch zu zersetzen, und kann durch Erwärmen der Lösungen unverändert ausgetrieben werden. Von den Alkalien wird es zerlegt. — Es hat die Eigenschaft, sich mit den Chloriden

anderer Elemente, z. B. des Antimons, Bors, Titans chemisch zu verbinden.

Das feste Chlorcyan, wahrscheinlich $C_3N_3Cl_3$, entsteht aus wasserfreier Blausäure durch Einwirkung von Chlor im Sonnenlichte, krystallisirt in farblosen, glänzenden Prismen. Es hat einen stechenden, zu Thränen reizenden Geruch, schmilzt bei 145° , siedet bei 190° , zersetzt sich durch Kochen mit Alkalien, auch schon mit Wasser, in Cyanursäure und Salzsäure.

Das Cyanbromid: CNBr und Cyanjodid: CNJ sind feste, krystallisirende, flüchtige Verbindungen. Sie entstehen durch Behandeln von Cyanquecksilber oder Cyankalium mit Brom resp. Jod. Beide haben einen durchdringenden, zu Thränen reizenden Geruch. Das Jodcyan ist oft im käuflichen Jod enthalten.

T i t a n.

(Chemisches Zeichen: Ti. — Atomgewicht: 48.)

Dieses in vielen Punkten dem Silicium sich anschliessende Element findet sich wie letzteres im Mineralreich nur in Verbindung mit Sauerstoff, als Titansäure, und zwar theils frei, theils in Verbindung mit Basen. Das Titansäureanhydrid kommt als Rutil, Anatas und Brookit vor, welche, obwohl chemisch identisch, doch physikalisch und krystallographisch verschieden sind. Die Titansäure ist trimorph. — Von ihren Verbindungen sind das titansaure Eisenoxydul, das Titaneisen, und der Titanit, titansaurer und kieselsaurer Kalk, besonders bekannt.

Das Titan kann man auf die Weise erhalten, dass man in eine Glasröhre von schwer schmelzbarem Glas zwei Porcellanschiffchen einbringt, das eine gefüllt mit trockenem Titanfluorkalium, das andere Stücke von Natrium enthaltend, und dass man, nachdem ersteres im Strome reinen Wasserstoffgases zum Glühen gebracht ist, auch das Schiffchen mit Natrium erhitzt, so dass dieses als Gas auf das heisse Titansalz einwirken kann. Es entstehen Fluorkalium und Fluornatrium, die sich bei nachheriger