

# Die organische Chemie.

## Vorwort.

Der hauptsächlichste Zweck vorliegender Arbeit ist der, den Primanern unserer Anstalt, von denen ich annehme, dass ihnen die Behandlung der anorganischen Chemie Lust und Liebe für den Gegenstand eingeflösst hat, ein Werk in die Hände zu geben, nach welchem sie in ihren Mussestunden sich mit den wichtigsten Thatsachen der organischen Chemie und deren Anwendung für das praktische Leben bekannt machen können. Demgemäss wird diese Beilage zum Jahresbericht zum Teil besonders herausgegeben und am Anfange jedes Schuljahres den Primanern verabfolgt werden.

Auf Originalität macht meine Arbeit insofern Anspruch, als sie die theoretische und die praktische Seite der organischen Chemie gleichmässig, ohne eine der beiden zu bevorzugen, zu behandeln und die komplizierten Erscheinungen aus diesem Gebiete in einer für die Schule geeigneten Weise systematisch zu ordnen versucht, und ich gebe mich deshalb der Hoffnung hin, dass meine verehrten Kollegen an den Ober-Real-schulen, an welchen allein nach den neuen Lehrplänen die organische Chemie in den Kreis der Unterrichtsgegenstände gezogen ist, durch diese Arbeit angeregt werden, in der hier angedeuteten Weise die organische Chemie an ihrer Schule zu behandeln.

## Einleitung.

Während sich die anorganische Chemie vorzugsweise mit den Elementen und solchen Verbindungen beschäftigt, welche sich in der anorganischen Natur, im Mineralreiche, vorfinden oder sich aus Körpern, welche diesem Reiche angehören, herstellen lassen, hat der Theil der Chemie, welcher in folgendem betrachtet werden soll, die Aufgabe, die grosse Anzahl von Stoffen, welche theils an der Zusammensetzung der organisierten Körper, der Tiere und Pflanzen, teilnehmen, theils aus tierischen und pflanzlichen Stoffen dargestellt werden können, kennen zu lernen. Diese organischen Stoffe unterscheiden sich von den

anorganischen Verbindungen dadurch, dass sie beim Erhitzen sowohl wie äussern chemischen Einflüssen gegenüber ziemlich unbeständig sind. In den meisten Fällen zeigen sie eine sehr komplizierte Zusammensetzung, alle aber enthalten Kohlenstoff, so dass die organische Chemie auch als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen bezeichnet werden kann.

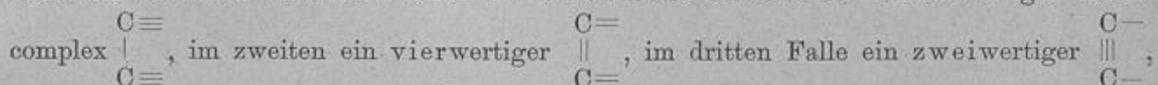
Die im tierischen und pflanzlichen Organismus vorkommenden organischen Verbindungen sind nur aus wenigen Elementen zusammengesetzt. Neben Kohlenstoff ist in allen noch Wasserstoff enthalten, in den meisten auch noch Sauerstoff, in vielen Stickstoff, und in einigen ausser diesen noch Schwefel, Phosphor und Eisen. Daneben lassen sich eine grosse Anzahl von organischen Verbindungen künstlich aus Tier- und Pflanzenstoffen herstellen, und in dieselben ausser den angeführten noch eine grosse Anzahl anderer Elemente einführen.

Die grosse Mannigfaltigkeit, in welcher organische Verbindungen trotz der nur geringen Anzahl der Elemente, welche sie zusammensetzen, auftreten, erklärt sich aus folgenden Eigenschaften des Kohlenstoffs.

- 1) Der Kohlenstoff ist vierwertig, d. h. ein Kohlenstoffatom braucht zu seiner Sättigung vier einwertige Atome, welche durch mehrwertige Elemente oder Atomgruppen vertreten sein können. In Folge dessen kann bereits die Zahl derjenigen Verbindungen, welche nur ein Kohlenstoffatom enthalten, eine grössere sein, als dies bei Elementen von geringerer Wertigkeit der Fall ist.
- 2) Der Kohlenstoff besitzt die Eigenschaft, dass seine Atome sich mit sich selbst verbinden, und zwar mit einer oder mehreren Valenzen, in höherem Grade, als irgend ein anderes Element.

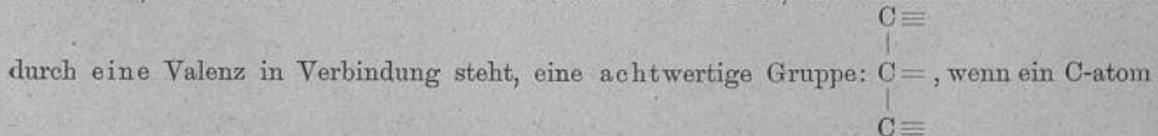
Ein Kohlenstoffatom hat vier Valenzen frei, welche auf die oben angedeutete Weise gesättigt werden können.

Zwei Kohlenstoffatome können mit einander durch eine, oder durch zwei, drei oder vier Valenzen verbunden sein. Im ersten Falle entsteht ein sechswertiger Atom-



und im letzten Falle haben sich die zwei Kohlenstoffatome zu einem Molekül verbunden:  $\begin{array}{c} \text{C} \\ ||| \\ \text{C} \end{array}$ .

Drei Kohlenstoffatome können in noch verschiedenerer Weise zusammentreten. So bildet sich, wenn ein C-atom mit einem zweiten durch eine, mit einem dritten ebenfalls



mit einem zweiten durch zwei, mit einem dritten durch eine Valenz verbunden ist, so

entsteht eine sechswertige Gruppe:  $\begin{array}{c} \text{C} = \\ || \\ \text{C} - \\ | \\ \text{C} \equiv \end{array}$ . Steht ein C-atom mit zwei andern durch je

zwei Valenzen in Verbindung, so bildet sich eine vierwertige Gruppe:  $\begin{array}{c} \text{C} = \\ || \\ \text{C} \\ || \\ \text{C} = \end{array}$  u. s. w.

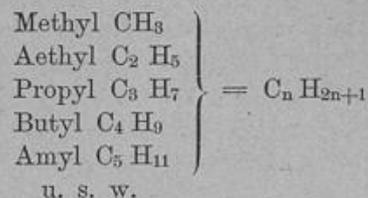
Die Anzahl der Kohlenstoffatome, welche auf diese Weise mit einander in Verbindung stehen können, ist eine unbegrenzte, und mit der Anzahl derselben wächst die Mannigfaltigkeit der Verbindungen, welche durch Sättigung der freien Valenzen durch Elemente oder Atomkomplexe resultieren.

- 3) Die Kohlenstoffatome bilden, mit andern, besonders Kohlenstoffatome vereinigt, ungesättigte Atomgruppen, sog. **Radikale**, welche sich wie ein chemisches Ganzes verhalten.

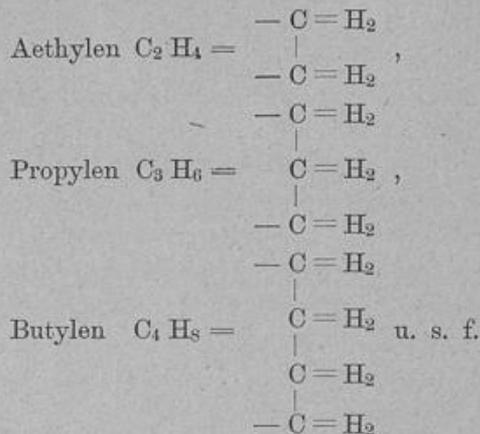
Solche Radikale können ebenso wie die Elemente verschiedene Wertigkeit besitzen. Dieselbe ist abhängig von der Anzahl und der Wertigkeit der Atome, welche mit den Kohlenstoffatomen das Radikal bilden, sowie von der Anzahl der Valenzen, mit denen erstere unter einander in Verbindung stehen. Das einfachste Kohlenstoffhaltige Radikal ist das einwertige Methyl  $\text{CH}_3 = -\text{C} \equiv \text{H}_3$ , in welchem nur drei Verbindungseinheiten des Kohlenstoffs durch Wasserstoffatome gesättigt sind, während eine Valenz frei bleibt. Dasselbe bildet, wenn letztere durch Elemente oder durch andere nicht Kohlenstoffhaltige Atomgruppen gesättigt wird, den Ausgangspunkt für eine Reihe von Verbindungen, welche sämtlich ein Kohlenstoffatom im Molekül enthalten. Wird die freie Valenz im Methyl durch C-haltige Radikale gesättigt, so bilden sich allerdings Verbindungen von grösserem Kohlenstoffgehalt, dieselben lassen aber in ihrem chemischen Verhalten die Methylgruppe in sich erkennen.

Wird in dem Methyl ein Wasserstoffatom durch eine zweite Methylgruppe ersetzt, so bildet sich das Radikal Aethyl  $\text{C}_2\text{H}_5 = \text{CH}_2\text{CH}_3$ , welches ebenfalls eine Gruppe von Verbindungen, die Aethyl-Verbindungen, liefert. Ersetzt man in dem Aethyl ein Wasserstoffatom durch Methyl, so erhält man das Radikal Propyl  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ , welches in den Propyl-Verbindungen enthalten ist. Durch weiteren Ersatz von Wasserstoff durch die Methylgruppe geht so eine Reihe von Kohlenstoff- und Wasserstoffhaltigen Radikalen hervor, welche sämtlich einwertig sind und deren Zusammensetzung sich durch die allgemeine Formel  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  ausdrücken lässt. Man nennt dieselben, da sie an der Zusammensetzung einer wichtigen Gruppe von organischen Verbindungen, der Alkohole, teilnehmen, einwertige Alkoholradikale.

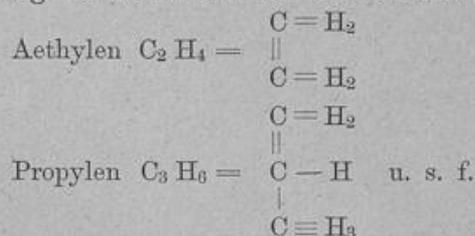
Die am einfachsten zusammengesetzten sind:



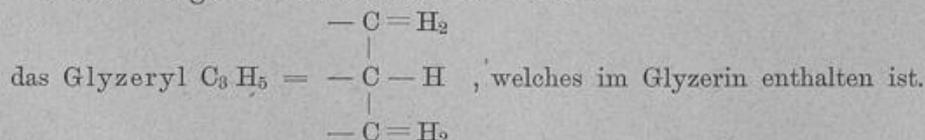
Eine ähnliche Reihe bilden die zweiwertigen Alkoholradikale von der allgemeinen Zusammensetzung  $\text{C}_n \text{H}_{2n}$ :



Dieselben sind auch in freiem Zustande als Kohlenwasserstoffe bekannt, in welchem Falle eine doppelte Bindung der C-atome unter einander anzunehmen ist:

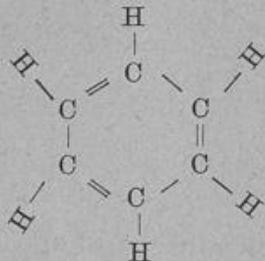


Von dreiwertigen Alkoholradikalen ist bekannt



Ausser diesen Alkoholradikalen, in welchen die Kohlenstoffatome unter einander immer nur in einfacher Verbindung stehen, und deren Derivate man unter dem Namen Fettkörper zusammenfasst, giebt es noch eine andere Gruppe von C- und H-haltigen Radikalen, welche sich von jenen durch den grössern Kohlenstoffgehalt unterscheiden, und bei denen man eine dichtere Aneinanderlagerung der C-atome und Bindung durch mehr

als eine Verbindungseinheit annehmen muss. Man nennt die Verbindungen dieser Radikale aromatische Verbindungen. Der einfachste zu diesen gehörige Körper, von welchem sich alle übrigen aromatischen Stoffe ableiten lassen, ist das Benzol, dessen Konstitution nur durch die Annahme einer ringförmigen Verkettung der Kohlenstoffatome in der Art und Weise, wie sie folgende graphische Formel wiedergibt, erklärt werden kann.



Ausser diesen, nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltenden Radikalen muss man in vielen organischen Verbindungen die Existenz noch anderer Atomgruppen annehmen, so des zweiwertigen Carbonyl  $\text{CO} = \text{C} = \text{O}$ , in freiem Zustande als Kohlenoxydgas bekannt, und des einwertigen Radikals Cyan  $\text{CN} = -\text{C} \equiv \text{N}$ . Ersteres liefert die Carbonyl-, letzteres die Cyanverbindungen. Die meisten organischen Säuren enthalten eine Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoff-haltige Gruppe, das Carboxyl  $\text{COOH} = -\text{C} \begin{array}{l} = \text{O} \\ - \text{O} - \text{H} \end{array}$ . Auch anorganische als Radikale aufzufassende Atomgruppen spielen bei der Zusammensetzung sowohl der natürlich vorkommenden, als auch künstlich hergestellten organischen Verbindungen eine bedeutende Rolle. So ist in allen Alkoholen das einwertige Hydroxyl  $\text{OH}$  enthalten, die einwertige Gruppe  $\text{NH}_2$  in einer Reihe von Verbindungen, welche man mit dem Namen Amide bezeichnet, die auch in der Salpetersäure enthaltene Gruppe  $\text{NO}_2$  in allen sogenannten Nitroverbindungen u. a. m.

Aus dem vorigen ist leicht ersichtlich, dass eine direkt durch die Analyse gefundene sogenannte empirische Formel, welche nur die Atomzeichen und deren Zahl angiebt, und wie wir sie in der anorganischen Chemie zum grössten Teil angewendet haben, eine Vorstellung von der chemischen Natur der organischen Körper zu geben nicht im Stande ist. Die Formeln, welche uns über die Konstitution einer Verbindung Aufklärung geben, und welche uns gleichzeitig zeigen, in welcher Beziehung dieselbe zu andern Körpern steht, sind die rationellen Formeln. Sie ergeben sich aus dem chemischen Verhalten der Körper. Die empirische Formel des Aethylalkohols ist  $\text{C}_2 \text{H}_6 \text{O}$ . Dieselbe giebt an, dass ein Molekül Alkohol aus zwei Atomen Kohlenstoff, sechs Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht, oder dass in ihm 12 Gewichtsteile Kohlenstoff mit 6 Wasserstoff und 16 Sauerstoff verbunden sind. Die rationale Formel derselben Verbindung ist  $\text{C}_2 \text{H}_5 \text{OH}$ , und diese drückt aus, dass Alkohol die Hydroxylverbindung des Radikals Aethyl ist. Aether hat die empirische Formel  $\text{C}_4 \text{H}_{10} \text{O}$ , seine rationale Formel ist  $\left. \begin{array}{l} \text{C}_2 \text{H}_5 \\ \text{C}_2 \text{H}_5 \end{array} \right\} \text{O}$ , welche Aether als die Sauerstoffverbindung des nämlichen Radikals Aethyl erkennen lässt.

Beide rationelle Formeln ergeben, dass die beiden Verbindungen in einer gewissen chemischen Beziehung zu einander stehen müssen, da beide dasselbe Radikal in sich enthalten.

Nur ein kleiner Teil der organischen Verbindungen ist der näheren Konstitution nach so bekannt, dass man von ihnen die rationellen Formeln aufstellen kann. Von vielen Körpern dagegen, z. B. den Zuckerarten, der Stärke und ähnlichen Stoffen, welche unter dem Namen Kohlenhydrate bekannt sind, kennt man wohl die empirische Zusammensetzung, ihre chemische Konstitution ist indessen zur Zeit noch unbekannt; und von vielen komplizierter zusammengesetzten organischen Stoffen, so den eiweissartigen Substanzen u. a., kann auch die empirische Zusammensetzung, wohl in Folge der leichten Zersetzbarkeit dieser Körper, welche eine Analyse sehr erschwert, noch nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden.

### Kohlenwasserstoffe und deren Derivate.

Die Kohlenwasserstoffe sind Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, zum Teil gasförmig, meist aber flüssig oder fest. Sie sind sämtlich flüchtig, indifferenten chemischen Charakters und verbrennen an der Luft (ausgenommen das Methan) mit leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Sie finden sich zum Teil in der Natur, und lassen sich aus organischen, einzelne auch aus anorganischen Stoffen herstellen. Die bekannten Kohlenwasserstoffe lassen sich in mehrere Gruppen ordnen, deren einzelne Glieder eine durch eine allgemeine Formel ausdrückbare homologe Zusammensetzung zeigen.

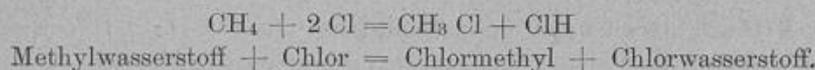
Die bekanntesten Gruppen sind:

I. Methanreihe.	II. Aethylenreihe.	III. Aetylenreihe.	IV. Aromatische Kohlenwasserstoffe.
$C_n H_{2n+2}$	$C_n H_{2n}$	$C_n H_{2n-2}$	$C_n H_{2n}$
CH <sub>4</sub> Methan	—	—	—
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> Aethan	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Aethylen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Acetylen	—
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> Propan	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Propylen	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> Allylen	—
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> Butan	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> Butylen	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> Crotonylen	—
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> Amylen	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> Valerylen	—
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> Hexan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> Hexylen	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> Hexoylen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Benzol
u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> Toluol
			C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> Xylol
			u. s. w.

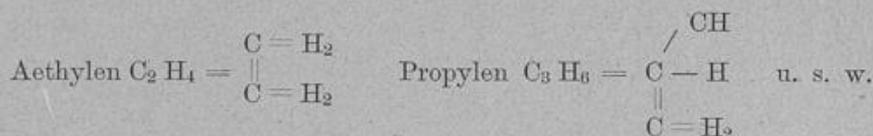
Ausser diesen giebt es noch eine Menge anderer Kohlenwasserstoffe, welche sich bis jetzt noch nicht in ähnliche homologe Reihen ordnen lassen. Es gehören dahin teils noch kohlenstoffreichere, ebenfalls zu den aromatischen Kohlenwasserstoffen gerechnete Verbindungen, so das Naphtalin, Anthracen u. a., teils solche, welche einen Bestandteil der flüchtigen Oele ausmachen, wie die Terpene u. a. m.

Die Kohlenwasserstoffe der Methanreihe müssen ihrem ganzen chemischen Verhalten nach aufgefasst werden als Wasserstoff-Verbindungen der einwertigen Alkohol-

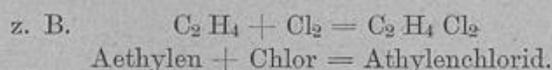
radikale von der allgemeinen Zusammensetzung  $C_n H_{2n+1}$ . — Die drei ersten Glieder der Gruppen sind bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Verbindungen, vom Butan an sind sie flüssig, und die höheren Homologen sind feste Körper. Sie bilden sich neben zahlreichen andern Produkten bei der trockenen Destillation von Holz, Steinkohle, Braunkohle und andern organischen Stoffen und sind in besonders grosser Menge im Petroleum enthalten. Die C-reichern bei gewöhnlicher Temperatur festen Verbindungen dieser Reihe setzen das Paraffin zusammen. — Da sie vollständig gesättigte Verbindungen darstellen, vereinigen sie sich nicht mehr mit andern Körpern. Die Paraffine werden selbst von rauchender Schwefelsäure und von Chromsäure, einer sonst heftig oxydierend wirkenden Substanz, nicht mehr angegriffen. Die Kohlenwasserstoffe dieser Reihe liefern, da die Kohlenstoffatome in einfacher Bindung stehen, nur Substitutionsprodukte, d. h. solche Produkte, welche durch Ersatz von Wasserstoff durch andere Elemente oder Radikale hervorgehen:



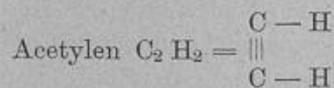
Die Kohlenwasserstoffe der Aethylenreihe sind sogenannte ungesättigte Verbindungen, deren Existenzfähigkeit nur dadurch erklärt werden kann, dass die Kohlenstoffatome unter einander durch mehr als eine Valenz verbunden sind.



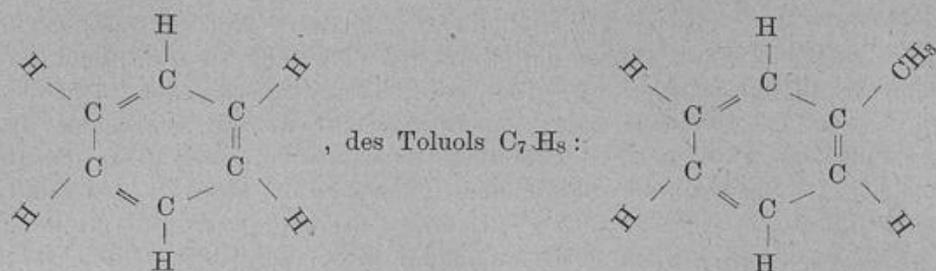
Sie vereinigen sich leicht mit andern Elementen oder als Radikale wirkenden Atomgruppen und gehen dadurch in Verbindungen über, in denen die Kohlenstoffatome nur einfach gebunden sind. Sie wirken so selbst als zweiwertige Radikale und liefern deshalb vorwiegend Additionsprodukte, d. h. solche Produkte, welche durch Addition von Elementen oder Radikalen entstehen,



Die Kohlenwasserstoffe der Acetylengruppe sind weniger bekannt. Man muss bei ihnen eine dreifache Bindung der Kohlenstoffatome unter einander annehmen:



Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind sehr kohlenstoffreiche Verbindungen, deren Struktur sich, zumal sie vorwiegend Substitutionsprodukte liefern, also die Eigenschaft gesättigter Verbindungen zeigen, nur durch eine ringförmige Aneinanderkettung der Kohlenstoffatome erklären lässt. So ist die Struktur des Benzols  $C_6 H_6$ :



Dieselben sind flüssige oder feste Körper und finden sich in den Destillationsprodukten des Steinkohlentheers.

Die wichtigsten Kohlenwasserstoffe sind folgende:

Das **Methan**, **Grubengas** oder **Sumpfgas**  $CH_4 = CH_3 - H$  ist ein farb- und geruchloses, brennbares, in Wasser fast unlösliches, aber in Alkohol etwas lösliches Gas. Sein spezifisches Gewicht ist 0,558. — Es bildet sich am Grunde stehender Gewässer durch Fäulnis organischer Substanzen, sowie bei der trockenen Destillation von Holz und Steinkohlen und ist deshalb ein wesentlicher Bestandteil des Leuchtgases. Auch in Steinkohlengruben findet es sich und bildet hier mit Luft gemengt ein höchst explosives Gemenge, die schlagenden Wetter, welche durch eine Flamme zur Explosion gebracht werden. Man stellt das Methan gewöhnlich dar durch Erhitzen von trockenem essigsaurem Natron mit Aetznatron, wobei neben Sumpfgas Natriumcarbonat entsteht:

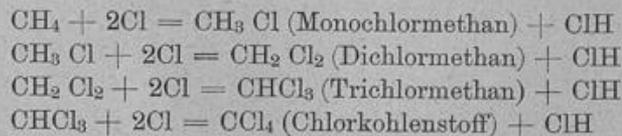


essigsaures Natron + Aetznatron = Sumpfgas + Natriumcarbonat.

Zur Darstellung des Sumpfgases erhitzt man ein Gemisch von 1 Teil essigsaurem Natron mit 2 Teile Natronkalk (1 Natronhydrat auf 2 Kalk) in einer mit Gasleitungsröhre versehenen Retorte und fange das sich entwickelnde Gas in der pneumatischen Wanne über Wasser auf.

Das Methan kann aufgefasst werden als die Wasserstoff-Verbindung des einwertigen Radikals Methyl  $CH_3$ . —

Ein Gemisch von Chlor und Methan explodiert unter Einwirkung des Sonnenlichts, im zerstreuten Tageslichte dagegen geht die Einwirkung des Chlors auf Methan langsam vor sich, indem die Wasserstoffatome des letzteren je nach der Dauer der Einwirkung und der Menge des vorhandenen Chlors allmählich durch Chloratome ersetzt werden. Es entstehen so folgende Substitutionsprodukte:

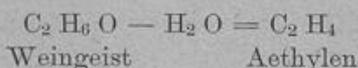


Das bekannteste von diesen Substitutionsprodukten ist diejenige Verbindung, in welcher drei Atome Wasserstoff durch Chlor ersetzt sind, das

**Trichlormethan** oder **Chloroform**  $\text{CHCl}_3$ . Es ist eine farblose Flüssigkeit von angenehm ätherischem süßlichem Geruch und brennendem Geschmack, welche bei  $61^\circ$  siedet, sehr flüchtig ist und das spezifische Gewicht 1,525 hat. In Wasser ist es wenig löslich, mit Alkohol und Aether mischt es sich in allen Verhältnissen. Es löst Jod, Schwefel, Fette, Harze, Kautschuk, Guttapercha und viele Alkaloide. — Man stellt es im grossen dar, indem man Chlorkalk mit Alkohol der Destillation unterwirft. — Chloroformdampf eingeatmet erzeugt Gefühl- und Bewusstlosigkeit, und es wird deshalb in der Medizin vielfach benutzt, besonders zur schmerzlosen Ausführung chirurgischer Operationen.

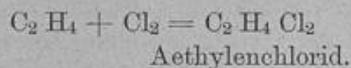
Zur Darstellung erhitzt man ein Gemisch von 15 Teilen Chlorkalk, 60 Teilen Wasser und 2 Teilen Weingeist vom spezifischen Gewicht 0,845, bis die Reaktion eintritt. Ohne weitere Einwirkung des Feuers lasse man jetzt das Chloroform überdestillieren, löse dann im Destillat Chlorkalcium auf, um Wasser zu entfernen, trennt das schwerere Chloroform von der darüber stehenden leichteren Flüssigkeit, schüttele es mit konzentrierter Schwefelsäure, um die letzten Reste Wasser zu entfernen, und destilliere nochmals im Wasserbade.

**Aethylen, schwerer Kohlenwasserstoff** oder **ölbildendes Gas**  $\text{C}_2\text{H}_4$  ist ein farbloses Gas von ätherischem Geruch, welches sich bei  $-110^\circ$  zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten lässt und mit hellleuchtender Flamme verbrennt. Sein spezifisches Gewicht ist 0,978. Es findet sich im Leuchtgas und bedingt wesentlich dessen Leuchtkraft. Mit Luft gemischt explodiert es bei Annäherung einer Flamme sehr heftig. — Es bildet sich bei der trocknen Destillation von organischen Körpern. — Man stellt es gewöhnlich dar, indem man dem Weingeist durch konzentrierte Schwefelsäure die Elemente des Wassers entzieht.



Zur Darstellung erhitzt man eine Mischung von 1 Teil Alkohol mit 5–6 Teilen konzentrierter Schwefelsäure in einer mit Gasleitungsröhre versehenen Retorte, bis Gasentwicklung eintritt und lässt mittelst eines Trichterrohres langsam eine Mischung von 1 Teil Alkohol und 2 Teile Schwefelsäure nachfließen. Das Gas wird, bevor es aufgefangen wird, mittelst Wasser und Kalilauge gewaschen, um Alkohol, schweflige Säure und Kohlensäure, welche sich dabei bilden, zurückzuhalten.

Mit Chlor gemischt bildet Aethylen Additionsprodukte, welche die Konsistenz einer ölartigen Flüssigkeit haben (daher ölbildendes Gas):



**Leuchtgas.** Das Leuchtgas, wie es heutzutage vielfach zur Beleuchtung benutzt wird, ist im wesentlichen ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffgase, von denen die wichtigsten der leichte Kohlenwasserstoff, das Sumpfgas und das schwere Kohlenwasserstoffgas oder Aethylen sind. Besonders durch die Menge des Aethylens und anderer ähnlich zusammengesetzter Kohlenwasserstoffe wird die Leuchtkraft des Gases bedingt.

Das Leuchtgas wird gewöhnlich durch trockene Destillation der Steinkohlen, seltener des Holzes, Torfes oder des Petroleums gewonnen. Die Steinkohlen — bekanntlich durch langsame Zersetzung von pflanzlichen Stoffen unter Luftabschluss entstanden -- bestehen niemals aus reinem Kohlenstoff, sondern enthalten stets noch, die einen Varietäten mehr, die andern weniger, diejenigen Elemente, aus welchen der Pflanzenkörper besteht, in sich. Solche Elemente sind ausser Kohlenstoff besonders Wasserstoff, Sauerstoff, etwas Stickstoff, Schwefel und Eisen, daneben enthalten sie noch eine Menge mineralischer Aschenbestandteile. Wird die Steinkohle in Retorten unter Abschluss der Luft erhitzt, d. h. der trockenen Destillation ausgesetzt, so vereinigen sich in Ermangelung des Sauerstoffs die vorhandenen Elemente unter einander, und es entstehen dadurch besonders folgende Produkte: gasförmige, feste und flüssige Kohlenwasserstoffe, Kohlensäure und Kohlenoxydgas, Ammoniak, schweflige Säure, Schwefelwasserstoffgas, in geringen Mengen Schwefelkohlenstoff und Cyanverbindungen, während eine kohlenstoffreiche, die Aschenbestandteile, besonders Eisen enthaltende Masse, die Coakes, in den Retorten zurückbleibt. Von den entweichenden Zersetzungsprodukten sind allein die bei gewöhnlicher Temperatur gasförmigen Kohlenwasserstoffe als Beleuchtungsmaterial verwendbar, während die übrigen Produkte nicht nur übelriechende und zerstörend wirkende Verbrennungsprodukte liefern, sondern auch die Verbrennlichkeit und Leuchtkraft des Gases beeinträchtigen und deshalb, bevor letzteres zur Verwendung kommt, entfernt werden müssen. Die Reinigung des Gases von den bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen und festen Kohlenwasserstoffgasen, welche den Teer bilden, und von Ammoniak geschieht auf mechanischem Wege durch Kondensation und Absorption durch Wasser, die Reinigung von den andern gasförmigen Destillationsprodukten auf chemischem Wege.

Die Art und Weise der Gasbereitung geschieht folgendermassen: Die zerkleinerten Steinkohlen werden in eiserne oder thönerne von der Flamme umgebene Retorten gebracht, welche vorne eine Oeffnung zum Füllen und Herausnehmen der Coakes haben und mittelst Abzugsröhren in ein grosses horizontales Rohr, die Vorlage münden. In letzterer sammeln sich die entstandenen Gase und gehen dann durch ein System auf- und absteigender, kühl gehaltener Röhren, den Kondensator. Hier scheiden sich durch Kondensation die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen und festen Kohlenwasserstoffe, welche den Teer bilden, ab und fliessen in eine in der Nähe des Kondensators befindliche Grube die Teergrube. Aus den Kondensationsröhren geht das Gas dann in einen turmartigen Apparat, den Waschturm über, welcher mit Coakes gefüllt ist, über welche fortwährend kaltes Wasser fliesst. Dieses nimmt die leicht löslichen Gase Ammoniak, schweflige Säure und etwas Schwefelwasserstoff auf und fliesst mit diesen Stoffen belastet in die Ammoniakwasserzisterne. Aus dem Reinigungsturm nimmt das Gas, welches jetzt nur noch ein Gemenge von leichten und schweren Kohlenwasserstoffen, Schwefelwasserstoffgas, Kohlensäure und einigen andern Gasen darstellt, seinen Weg durch einen Kasten, in welchem die chemische Reinigung erfolgen soll. Zu dem Zweck sind in demselben mehrere Etagen angebracht, auf welchen ein Gemisch von Eisenvitriol, Kalk und Sägespänen ausgebreitet liegt. Das Eisenvitriol hält den Schwefelwasserstoff, der Kalk

Vergl. d. Figur  
in Krüger's  
Lebuch der  
Physik.

die Kohlensäure, die noch vorhandene schweflige Säure und die Cyanverbindungen zurück. Das gereinigte Gas tritt nun, nachdem es noch einen Exhaustor — d. i. ein Apparat, welcher saugpumpenartig wirkt und den Zweck hat, das in der Retorte sich bildende Gasgemenge zur Verhütung von Zersetzungen möglichst schnell herauszusaugen — passiert hat, in den Gasometer E. Derselbe besteht aus einem unten offenen, im Wasser tauchenden Gefäss aus Eisenblech, welches infolge seiner Schwere auf das Wasser drückt und dadurch das Gas in die gewöhnlich aus eisernen Röhren bestehende Leitung hineintreibt. Die Coakes, welche in den Retorten zurückbleiben, finden als Heizmaterial Verwendung.

**Die Flamme.** Unter Flamme versteht man einen an der Luft verbrennenden Gasstrom, und es liefern daher nur solche Körper bei ihrer Verbrennung eine Flamme, welche entweder selbst gasförmig sind oder bei der zur Entzündung erforderlichen Temperatur brennbare Gase liefern, während alle Körper, welche starr oder flüssig bleiben, beim Erhitzen nur glühen. Phosphor und Schwefel brennen mit Flamme, weil diese Körper bei der Verbrennungstemperatur selbst gasförmig werden, ebenso Holz, Fette, Petroleum und andere Beleuchtungsstoffe, weil dieselben gasförmige brennbare Zersetzungsprodukte liefern. Eisen und Kohle dagegen glühen beim Verbrennen, weil sie selbst dabei nicht in den gasförmigen Zustand übergehen, und auch die sich bildenden Produkte nicht brennbar sind.

Eine Flamme kann leuchtend und nichtleuchtend sein. Das Leuchten einer Flamme wird stets bedingt durch suspendierte starre Körperchen, welche in der Flamme durch Erhitzung in Weissglut geraten. So brennt Phosphor mit leuchtender Flamme, weil sich als Verbrennungsprodukt ein starrer, in feiner Verteilung befindlicher Körper, das Phosphorpentoxyd, bildet, welches in der Flamme im glühenden Zustande schwebend erhalten wird, während Schwefel bei der Verbrennung nur gasförmiges Schwefeldioxyd liefert und deshalb mit wenig leuchtender Flamme verbrennt.

Die Stoffe, welche gewöhnlich zur Beleuchtung angewendet werden, Petroleum, Fette, Stearinsäure u. a. m., liefern bei der Verbrennungstemperatur dieselben Gase, welche auch im Leuchtgas enthalten sind, und es unterscheidet sich daher die Gasbeleuchtung von der Kerzen- und Lampenbeleuchtung nur dadurch, dass hier die in dem brennenden Teil des Dochtes erzeugten Gase an ihrem Entstehungsorte und sofort zur Verbrennung gelangen, während bei jener Zeit und Ort der Entstehung und der Verbrennung nicht zusammenfallen. Derjenige gasförmige Körper, welcher vor allem die Leuchtkraft, sowol des Leuchtgases, wie der meisten andern Beleuchtungsstoffe bewirkt, ist das sehr kohlenstoffreiche Aethylen. Dasselbe zerlegt sich bei der Entzündungstemperatur zunächst in Grubengas und Kohlenstoff. Ersteres verbrennt direkt zu Kohlensäure und Wasserdampf und liefert daher, da diese Produkte gasförmig sind, eine nicht leuchtende Flamme, erzeugt aber zusammen mit verbrennendem, ebenfalls durch Zersetzung aus den Kohlenwasserstoffen hervorgegangenen Wasserstoff eine solche Hitze, dass die in fein verteiltem Zustande abgeschiedene Kohle in Weissglut gerät und so das Leuchten der Flamme bewirkt.

An einer Kerzenflamme lassen sich folgende Teile unterscheiden: 1) ein innerer nicht leuchtender Kern, 2) eine diesen Kern umgebende stark leuchtende Hülle

und 3) ein die Hülle umgebender wenig leuchtender Saum. Die in dem brennenden Dochte durch Zersetzung des als Beleuchtungsmaterial verwendeten Körpers erzeugten gasförmigen Kohlenwasserstoffe sammeln sich in dem Kern und zerlegen sich erst in der denselben umgebenden Hülle unter Abscheidung von fein verteiltem Kohlenstoff. Methan und Wasserstoffgas verbrennen daselbst infolge des Zutritts der Luft, und die erzeugte Verbrennungshitze bringt den Kohlenstoff ins Glühen. In dem Saume verbrennt dann noch, falls genügend Sauerstoffzutritt stattfindet, der Kohlenstoff zu Kohlensäure. Kühlt man durch einen kalten Körper, welchen man in die Flamme bringt, letztere ab, so reicht die Temperatur nicht mehr aus, um den Kohlenstoff zu verbrennen, und derselbe schlägt sich auf dem kalten Körper als Russ nieder. Ebenso findet eine Erzeugung von Russ statt, wenn der Zutritt von Sauerstoff ein nur geringer ist. Bringt man in das Innere der Flamme einen Luftstrom, so verbrennen die Kohlenstoffteilchen, bevor sie zur Abscheidung gelangen, sofort zu Kohlensäure, und die Flamme wird dadurch nicht leuchtend, erlangt aber durch die intensivere Verbrennung eine bedeutend stärkere Hitze. Ein Apparat mittelst dessen sich ein kräftiger Luftstrom in die Flamme bringen lässt, ist das Lötrohr, in seiner einfachsten Form ein rechtwinklig gebogenes in eine feine Oeffnung endigendes Metallrohr, durch welches man mit dem Munde den Luftstrom in die Flamme hineinblasen kann.

Jeder Körper braucht zur Unterhaltung der Verbrennung eine gewisse Temperatur, die sogenannte Verbrennungstemperatur, und es erlöschen deshalb brennende Körper, wenn diese Temperatur erniedrigt wird. Die Davy'sche Sicherheitslampe, welche zum Schutz gegen Explosion der schlagenden Wetter in Kohlengruben angewendet wird, beruht auf diesem Prinzip. Sie besteht aus einer einfachen Oellampe, deren Flamme vollständig von einem engmaschigen Drahtgewebe umgeben ist. Das Grubengas dringt durch das Drahtgewebe in das Innere der Lampe ein, entzündet sich hier und macht sich durch die bläuliche Flamme, mit der es brennt, bemerkbar. Die Entzündung kann sich aber durch das Drahtnetz nicht nach aussen fortpflanzen, weil letzteres der Flamme soviel Wärme entzieht, dass die Temperatur in der äussern Umgebung des Netzes nicht ausreicht, um das umgebende explosive Gas zu entzünden. Bevor das Netz heiss wird und seine Schutzkraft verliert, muss sich der Bergmann, durch die blaue Flamme innerhalb der Lampe gewarnt, entfernen.

**Destillationsprodukte des Steinkohlenteers.** Der Teer, wie er bei der trockenen Destillation von Steinkohlen, auch Holz-, Torf-, Braunkohle und Petroleum gewonnen wird, ist, abgesehen von einer geringen Menge stickstoffhaltiger und anderer Körper, ein Gemenge von festen und flüssigen Kohlenwasserstoffen und dient als Ausgangspunkt für die Darstellung einer Reihe für die Technik wichtiger Verbindungen.

Die Trennung der Kohlenwasserstoffe geschieht mittelst der sogenannten fraktionierten Destillation. Dieselbe wird häufig behufs Trennung verschiedener Stoffe von einander angewendet, wenn deren Siedepunkte hinreichend verschieden sind, und besteht darin, dass man die Destillation bei gewissen Temperaturen, welche durch das Thermometer

angegeben werden, und deren Höhe sich nach dem Siedepunkt der einzelnen Stoffe richtet, gesondert auffängt.

Aus dem Steinkohlenteer erhält man auf diese Weise durch Destillation über erhitztem Wasserdampf vier bis fünf ebenfalls noch Gemische von verschiedenen Kohlenwasserstoffen darstellende Fraktionen, nämlich leichtes Teeröl (Siedepunkt etwa  $120^{\circ}$ ), Naphta (Siedepunkt  $120-220^{\circ}$ ), schweres Teeröl (Siedepunkt  $220-300^{\circ}$ ) und über  $300^{\circ}$  siedende Oele. Der Rückstand bildet das Pech. Diesen Destillationsprodukten entzieht man zunächst durch Behandlung mit Säuren die vorhandenen basischen, und durch Behandlung mit Basen die sauren Körper, welche immer in ihnen enthalten sind, und stellt dann aus ihnen durch weitere fraktionirte Destillation die reinen Kohlenwasserstoffe her.

Aus dem leichten Teeröl bildet sich auf diese Weise besonders Benzol (Benzin)  $C_6 H_6$ , aus der bei  $120-220^{\circ}$  übergehenden Oelen Phenol oder Carbonsäure  $C_6 H_5 OH$ , aus dem schweren Teeröl das Naphtalin  $C_{10} H_8$ , und aus dem über  $300^{\circ}$  siedenden Destillationsprodukt das Anthracen  $C_{14} H_{10}$  und ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe, der Paraffin.

Das **Benzol** oder **Phenylwasserstoff**  $C_6 H_6 = C_6 H_5 - H$  ist eine farblose, stark lichtbrechende, bewegliche Flüssigkeit von ätherischem Geruch. Sie hat das spezifische Gewicht 0,899, erstarrt unter  $0^{\circ}$ , schmilzt bei  $5^{\circ}$ , siedet bei  $80,5^{\circ}$  und ist unlöslich in Wasser, aber leicht löslich in Alkohol und Aether, brennt mit leuchtender Flamme und löst Jod, Phosphor, Schwefel, Fette, Harze, Kautschuk u. a. m.

Benzol bildet mit einem ähnlich zusammengesetzten Kohlenwasserstoff, dem Toluol  $C_7 H_8$ , den Hauptbestandteil des bis etwa  $120^{\circ}$  übergehenden Steinkohlenteeröls. Dasselbe wird, nachdem es durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure und dann Natronlauge von beigemengten Basen und Säuren befreit ist, nochmals einer fraktionierten Destillation unterworfen; das hierbei bei  $80-120^{\circ}$  übergehende Destillat kommt als rohes Benzol oder Benzin, ein Gemisch von Benzol und Toluol, in den Handel. Es dient als Fleckenwasser, zur Entfettung von Knochen, Wolle und dergl. Seine Hauptverwendung findet das mit Toluol gemischte Benzol zu Darstellung der Anilinfarben.

Benzol ist ein zur Gruppe der aromatischen Verbindungen gehöriger Kohlenwasserstoff und muss als Wasserstoffverbindung des Radicals  $C_6 H_5$ , Phenyl, betrachtet werden. Seine Strukturformel ist schon oben (pag. 5) angegeben worden.

**Nitrobenzol**  $C_6 H_5 NO_2$ . Behandelt man Benzol mit rauchender Salpetersäure, so bildet sich eine ölartige Flüssigkeit, welche sich in ihrer Zusammensetzung vom Benzol dadurch unterscheidet, dass ein Atom Wasserstoff durch die in der Salpetersäure enthaltene Atomgruppe  $NO_2$ , die Nitrogruppe, ersetzt ist. Diese Verbindung heisst Nitrobenzol.



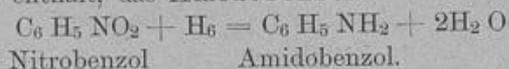
Benzol + Salpetersäure = Nitrobenzol + Wasser.

Organische Verbindungen, in denen die Atomgruppe  $NO_2$  enthalten ist, heissen Nitroverbindungen. Dieselben haben die Eigenschaft leichter Zersetzbarkeit, welche häufig schon durch Stoss oder Schlag und unter Explosion erfolgt. Die bekanntesten sind ausser Nitrobenzol, das Nitroglycerin und die Nitrocellulose.

Die Bildung der Nitroverbindungen geht in der Regel leichter vor sich, wenn man statt rauchender Salpetersäure ein Gemisch von konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure anwendet.

Das Nitrobenzol ist eine gelbliche, stark lichtbrechende Flüssigkeit, welche schon bei  $+ 3^{\circ}$  erstarrt und das spezifische Gewicht 1,2 hat. Im Wasser ist es unlöslich, leicht löslich in Alkohol und Aether. Es besitzt einen starken, dem der bitteren Mandeln ähnlichen Geruch, und findet deshalb, ausser zur Anilinfabrikation, in der Parfümerie Anwendung.

**Amidobenzol** oder **Anilin**  $C_6 H_5 NH_2$ . Lässt man auf Nitrobenzol Wasserstoff im Entstehungszustande einwirken, so wirkt derselbe reduzierend, und es entsteht unter Austritt von Wasser eine Verbindung, welche statt der Nitrogruppe  $NO_2$  die auch im Ammoniak vorhandene Gruppe  $NH_2$  enthält, das Amidobenzol.



Anilin ist eine farblose, stark lichtbrechende, in Wasser wenig, dagegen in Alkohol und Aether leicht lösliche, mit leuchtender Flamme brennende ölige Flüssigkeit von schwach aromatischem Geruch, welche bei starker Kälte erstarrt und bei  $- 8^{\circ}$  schmilzt. Sie siedet bei  $182^{\circ}$  und hat das spezifische Gewicht von 1,02. — Anilin reagiert schwach alkalisch und verbindet sich mit Säuren zu Salzen.

Anilinöl ist ein Gemisch von Amidobenzol und Amidotoluol, und nur dieses Gemisch ist zur Herstellung der Anilinfarben verwendbar.

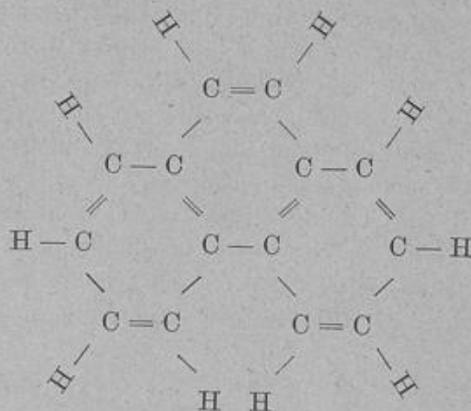
Das Anilinöl des Handels wird aus rohem Benzol auf folgende Weise gewonnen: Man lässt in rohes Benzol, also ein Gemisch von Benzol und Toluol, oder besser noch in jeder dieser beiden Körper gesondert allmählich ein Gemisch von 2 Teilen konzentrierter Salpetersäure und 1 Teil Schwefelsäure fließen, wobei auf grösste Reinheit der angewendeten Materialien zu sehen ist, da häufig bei Gegenwart von organischen Stoffen sehr gefährliche explosive Verbindungen entstehen. Nach Beendigung der Reaktion, welche oft zwei bis drei Wochen dauert, hat man ein Gemisch von Nitrobenzol und überschüssiger Säure. Durch Zusatz von Wasser wird das Nitobenzol abgeschieden und sinkt zu Boden. Die saure Flüssigkeit wird abgehoben, und das Nitrobenzol durch Waschen mit Wasser gereinigt. Die Reduktion zu Amidobenzol durch Wasserstoff erfolgt gewöhnlich dadurch, dass man in eisernen Gefässen das Nitrobenzol mit Eisenfeilspänen und Essig- oder Salzsäure mischt. Die Säure entwickelt mit dem Eisen Wasserstoff, welcher die Verwandlung bewirkt. Die entstandene halb feste Masse, welche ein Gemisch von Anilin mit salz- oder essigsaurem Anilin, Eisensalz und überschüssigem Eisen darstellt, wird in gusseisernen Retorten für sich oder mit Kalk, um die Säure zu binden, erhitzt, das Anilinöl destilliert mit Wasser zusammen über und wird in kühl gehaltenen Röhren kondensiert. Durch Rektifikation wird es dann noch gereinigt.

Die **Anilinfarben**, welche man aus dem Anilinöl gewinnt, sind im allgemeinen Salze, deren Basen sich vom Anilin ableiten, aber eine weit kompliziertere Zusammensetzung haben als dieses. Die wichtigsten dieser Basen, deren Struktur noch nicht fest-



Anilinfarben benutzt. Neuerdings wendet man Naphthalindämpfe zur Erhöhung der Leuchtkraft des Leuchtgases an, indem man dieselben aus einem Gefäss, in welchem sie erzeugt werden, in den Brenner leitet und mit dem Leuchtgas zusammen anzündet.

**Anthracen**  $C_{14} H_{10}$  bildet farb-, geruch- und geschmacklose Krystalle, welche nur in Aether und Benzin leicht löslich sind, bei  $213^{\circ}$  schmelzen und bei  $360^{\circ}$  sieden. Es wird gewonnen aus den über  $300^{\circ}$  übergehenden Destillationsprodukten des Steinkohlenteers und wird aus dem Destillat durch Abpressen, Waschen mit Petroleum und wiederholte Destillation hergestellt. Man benutzt es zur künstlichen Darstellung des Alizarins  $C_{14} H_8 O_4$ , eines orangeroten, als schwache Säure wirkenden Körpers, welcher mit Alkalien violette, mit Thonerde rosenrote und mit Eisen violette und schwarze Farbstoffe liefert. Früher wurde Alizarin aus Krapp (*Rubia tinctoria*) hergestellt. Dem Anthracen giebt man folgende Strukturformel:



**Färberei und Farbstoffe.** Färberei ist die Kunst, aus Gespinnstfasern hergestellte Fäden oder Stoffe mit Farbstoffen dauernd chemisch zu verbinden. Die jetzt hauptsächlich zur Verwendung kommenden Farbstoffe werden auf chemischem Wege aus Steinkohlenteer hergestellt, ausserdem liefern aber alle drei Naturreiche zum Färben taugliche Stoffe, und man kann deshalb ausser jenen noch mineralische, pflanzliche und tierische Farbstoffe unterscheiden. Von mineralischen Verbindungen sind für die Färberei nur wenige von Bedeutung, so das Chromgelb, Eisenoxyd und Blutlaugensalz. Wichtiger sind aus diesem Reiche diejenigen Stoffe, welche als sogenannte Beizmittel zur Fixierung der Farben angewendet werden, als Alaun, essigsäure Thonerde, Chromsäure, chromsaures Kali, Eisenvitriol, Zinnchlorür, Weinstein u. a. Die pflanzlichen in der Färberei benutzten Farbstoffe werden in der Pflanze selten direkt erzeugt, meistens entstehen sie erst infolge einer Art von Gährung, in welche der Saft oder die zerkleinerten Pflanzenteile versetzt werden. Zu merken sind der Krapp oder Färberröthe (*Rubia tinctorum*), wild an der Küste des Mittelmeeres wachsend und vielfach angebaut, deren Wurzel und Blätter entweder durch Gährung oder durch Behandlung mit Säuren einen

roten Farbstoff liefern, dessen Hauptbestandteil das Alizarin bildet. Die Orseille Flechten, besonders *Roccella tinctoria* und *Lecanora tartarea*, geben rote und blaue Farbstoffe, das Orseille und den Lacmus. Safflor ist die getrocknete Blüte der in Aegypten heimischen und vielfach angebaute gemeinen Färberdiestel (*Carthamus tinctorius*) und liefert einen gelben und roten Farbstoff, von denen besonders der letzte, das Carthamin, benutzt wird. Rotholz (Pernambukholz) und Blauholz (Campecheholz) stammen von in Südamerika heimischen Bäumen, welche der Gattung *Caesalpinia* angehören und geben, das erste einen roten (Brasilin), das letztere einen purpurroten Farbstoff (Hämatin). Letzterer wird weniger zum Rotfärben, als in Verbindung mit andern Körpern zum Blau-, Braun- und Schwarzfärben benutzt. Die Blätter des Färberwaid (*Isatis tinctoria*), einer in fast ganz Europa wild wachsenden Pflanze aus der Familie der Cruciferen liefern durch Gährung einen schön blauen Farbstoff, der aber jetzt durch Indigo verdrängt worden ist. Die Indigopflanze (*Indigofera tinctoria*) gehört zur Familie der Schmetterlingsblüten. Aus ihr erhält man durch Gährung den schön blau färbenden und vielfach angewendeten Indigo. Von Pflanzen, welche gelbe Farbstoffe enthalten, sind am bekanntesten der Wau (*Reseda luteola*), der Färberginster (*Genista tinctoria*), Safran (*Crocus sativus*) u. a. Von tierischen Stoffen ist für die Zwecke der Färberei jetzt nur noch die Cochenille von Bedeutung, ein zur Gruppe der Schildläuse gehörendes Insekt, welches auf Cactusarten lebt und im getrockneten Zustande in den Handel kommt. Der aus den zerkleinerten Tieren extrahierte Farbstoff ist das prachtvoll rote Karmin. Fast all diese Farbstoffe — vielleicht mit Ausnahme des Indigo — sind in neuerer Zeit durch die Teerfarben verdrängt worden, zu denen ausser den im vorhergehenden besprochenen Anilin-, Naphthalin- und Anthracenfarben noch die Phenylfarben gehören, welche aus der Phenol- oder Carbonsäure gewonnen werden.

Nur wenige von den angeführten Farbstoffen gehen mit dem Material des zu färbenden Gewebes direkt eine chemische Verbindung ein, so dass sie weder durch Waschen sich entfernen lassen, noch durch den Einfluss des Lichts oder der Luft eine Veränderung erleiden. Man nennt dieselben substantiv Farben. Die meisten besitzen zu dem Gewebe, welchem sie aufgetragen werden sollen, keine Verwandtschaft, und dasselbe muss deshalb erst mit Stoffen verbunden werden, auf welche der Farbstoff so einwirken kann, dass die Verbindung eine dauernde wird. Man nennt solche Aneignungsmittel Beizen und die Farbstoffe, welche einer solchen Beize bedürfen, adjektive Farben. Als Beizen verwendet man von mineralischen Stoffen besonders Aluminium-, Zinn-, Chromsalze u. a., von organischen Stoffen besonders Eiweiss, Casein, Gerbstoff, Glyzerin u. a. Häufig muss die Faser auch noch zur Aufnahme der Beize vorbereitet werden. Dazu dienen besonders Weinstein, Salpetersäure und Natronlauge.

Ob ein Farbstoff sich direkt oder mittelst einer Beize auf ein Gewebe auftragen lässt, d. h. ob derselbe substantiv oder adjektiv ist, hängt nicht nur von der Natur des Farbstoffs, sondern auch von der Art der Gewebsfaser ab, da viele substantiv Färbemittel wohl durch tierische Fasern, Wolle und Seide, aber nicht durch Pflanzenfasern, Leinen und Baumwolle, und umgekehrt direkt fixiert werden können. So kann Wolle durch

Krapp, Orseille und Indigo, weisse Seide durch eine Fuchsinlösung direkt dauernd gefärbt werden, während die andern Gewebsarten einer Beize bedürfen.

Für viele Farbstoffe gilt das Gesetz, dass sie nur im Entstehungszustande mit der Gewebefaser eine solch dauernde Verbindung eingehen, dass sie durch äussere Einflüsse nicht entfernt werden können. Chromgelb (chromsaures Bleioxyd) z. B. mit Wasser angerührt einem Gewebe aufgetragen, lässt sich durch Waschen leicht von demselben entfernen; tränkt man indessen das Gewebe zuerst mit einer Lösung von Bleizucker und bringt es so vorbereitet in eine Lösung von chromsaurem Kali, so geht das entstandene Chromgelb eine innige und feste Verbindung mit der Faser ein.

**Petroleum** oder **Erdöl** ist in rohem Zustande, wie es aus der Erde quillt, eine hell oder dunkel gefärbte, dick- oder dünnflüssige Masse und stellt ein Gemenge von gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen der Methanreihe dar. — Das Erdöl ist ein Zersetzungsprodukt der Steinkohle, welches sich in der Erde bei niedriger Temperatur und in längeren Zeiträumen gebildet hat und deshalb kohlenstoffreicher ist als das sich bei Hitze durch Destillation von Kohle bildende Leuchtgas. Petroleumquellen finden sich besonders in Amerika (Pensylvanien), in Hannover und in Russland (heilige Feuer zu Baku).

Das rohe Petroleum wird, bevor es zur Verwendung kommt, einer Destillation unterworfen, durch welche sowohl die flüchtigen als auch die festen Bestandteile entfernt werden. Erstere würden das Petroleum wegen ihrer leichten Entzündlichkeit sehr feuergefährlich machen, und letztere als schmierige Bestandteile verunreinigend wirken. Bei der fraktionierten Destillation des Petroleums gehen zuerst leicht flüchtige Stoffe über, von denen der Petroleumäther (siedet bei 50–60°), Petroleumbenzin oder Ligroin (siedet bei etwa 90°) und das künstliche Terpentinöl (siedet bei 136–138°), die wichtigsten sind. Die etwas höher als diese siedenden Stoffe bilden die Naphta. Nachdem diese leicht flüchtigen Körper übergegangen, destilliert das als Beleuchtungsmaterial verwendbare Petroleum über. Dasselbe ist wasserhell, schwach gelblich, schillert blau, hat ein spezifisches Gewicht von 0,78–0,82 und lässt sich erst entzünden, wenn es selbst auf 40° C. erhitzt worden ist. Beim Erwärmen entwickelt es leicht entzündliche Dämpfe, welche mit Luft gemischt, bei Annäherung einer Flamme explodieren. Die Destillationsrückstände liefern Schmieröle, aus welchen sich noch Paraffin gewinnen lässt.

**Paraffin** ist ein Gemenge von kohlenstoffreicheren Kohlenwasserstoffen, welche der Methanreihe angehören, und stellt eine wachsartige, geruch- und geschmacklose feste Masse dar, welche je nach ihrer Zusammensetzung zwischen 45–65° schmilzt und über 300° siedet. — Es ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Aether, Benzin, Schwefelkohlenstoff. Es findet sich in den über 300° siedenden Theilen des Steinkohlenteers, wird aber gewöhnlich aus Erdöl- oder Braunkohlenteer gewonnen. — In chemischer Beziehung ist das Paraffin äusserst beständig und wird weder von Säuren noch von Alkalien angegriffen. Es dient zur Kerzenfabrikation, zur Anfertigung von Zündhölzchen u. a. m.

**Terpene** und **Camphene** sind flüssige Kohlenwasserstoffe von der Zusammensetzung  $C_{10}H_{16}$  und bilden den Hauptbestandteil vieler ätherischer Oele. Am bekanntesten ist von den Terpenen das Terpentinöl, eine farblose, stark lichtbrechende, eigentümlich harzartig riechende brennbare Flüssigkeit von 0,86–0,88 spezifischem Gewicht, siedet bei 156–160°, ist in Wasser unlöslich, mit Alkohol und Aether in jedem Verhältniss mischbar und löst selbst Schwefel, Phosphor, Fette, Kautschuk und Harze. — Es wird dargestellt aus Ter-

pentin, einem Absonderungsprodukt der Nadelhölzer, indem man dasselbe mit Wasser destilliert, wobei das Terpentinöl übergeht und eine harzartige Masse zurückbleibt. An der Luft verharzt das Terpentinöl durch Sauerstoffaufnahme. Dabei wird Sauerstoff in Ozon übergeführt.

Camphene sind ähnliche Kohlenwasserstoffe von derselben Zusammensetzung. Durch Oxydation mit Chromsäure liefern dieselben Campher.

**Campher**  $C_{10}H_{16}O$  ist ein farbloser, durchscheinender, zäher, krystallisierbarer Körper von durchdringendem Geruch und brennendem Geschmack, der schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht flüchtig ist, bei  $175^{\circ}$  schmilzt und bei  $204^{\circ}$  siedet. Er hat das spezifische Gewicht 0,992, rotiert auf Wasser, wenn dasselbe keine Spur Fett enthält, und löst sich in Alkohol und Aether. Der Campher findet sich besonders im Holze des in Japan heimischen Campherbaums (*Laurus camphora*) und wird daraus durch Destillation mit Wasser gewonnen.

### Kohlenhydrate.

Die Kohlenhydrate bilden eine Reihe von Körpern, welche im Molekül 6 oder 12 Atome Kohlenstoff, und Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnis enthalten, in welchem diese Elemente Wasser bilden.

Es sind entweder lösliche oder unlösliche Verbindungen, teils krystallinisch, teils amorph oder von organisierter Struktur. Die löslichen haben die Eigenschaft, die Ebene des polarisierten Lichtes entweder rechts oder links zu drehen. Ihre chemische Konstitution ist noch wenig bekannt. Nach ihrer Zusammensetzung teilt man sie in drei Gruppen, deren wichtigste Repräsentanten folgende sind:

I. Gruppe:	II. Gruppe:	III. Gruppe:
$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{10}O_5$
Rohrzucker oder Saccharose, Milchzucker oder Lactose.	Traubenzucker oder Dextrose, Fruchtzucker oder Levulose.	Stärkemehl, Dextrin, Gummi, Cellulose.

Die Kohlenhydrate bilden einen Hauptbestandteil des pflanzlichen Körpers und sind wichtige Nahrungsmittel für Menschen und Tiere. Die Pflanze bildet sie aus Kohlensäure und Wasser, das Tier bringt sie mit der vegetabilischen Nahrung in seinen Körper, in welchem sie sich durch den Ernährungsprozess vorzugsweise in Fett verwandelt. — Bisher ist es noch nicht gelungen, Kohlenhydrate aus einfacheren Verbindungen herzustellen, jedoch lassen sich die einzelnen Glieder dieser Gruppen in einander überführen. Durch Fermente werden sie in andere Verbindungen übergeführt.

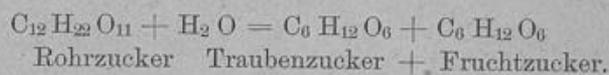
**Rohrzucker**  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ist in reinem Zustande ein weisser, in monoklinischen Prismen krystallisierender Körper von süßem Geschmack, welcher bei  $160^{\circ}$  schmilzt und dann abgekühlt zu einer amorphen durchsichtigen Masse (Bonbon, Gerstenzucker) erstarrt. Stärker erhitzt entweicht Wasser und eine dunkelgefärbte Masse (Caramel) bleibt zurück. In Wasser ist der Zucker leicht löslich, in verdünntem Alkohol ist er schwer, in Aether

und absolutem Alkohol unlöslich. — Rohrzucker findet sich fertig gebildet im Saft vieler Pflanzen, so in dem Zuckerrohr, der Zuckerhirse und im Mais, im Zuckerrohr, Birke und manchen Palmen, gewissen Varietäten der Runkelrübe (*Beta vulgaris*) u. a. Mit andern Zuckerarten findet er sich im Saft vieler Früchte. Man stellt ihn dar aus Zuckerrohr und in neuerer Zeit besonders aus Runkelrüben.

Die Darstellung aus Runkelrüben geschieht in folgender Weise: die Rüben werden, nachdem sie von Sand gereinigt, in Reibmaschinen in eine breiartige Masse verwandelt, und aus dieser entweder durch Auspressen in hydraulischen Pressen oder durch Ausziehen mittelst Wasser der zuckerhaltige Saft gewonnen. Derselbe wird dann zur Entfernung von Säuren und eiweissartigen Körpern mit Kalkmilch versetzt und bis zum Siedepunkt erhitzt. Der Kalk bindet die Säuren, durch die starke Erhitzung gerinnen die eiweissartigen Substanzen, und diese sowohl wie die Kalksalze scheiden sich in Form eines grauen Schaumes auf der Oberfläche aus. Nachdem der Saft dann zur Entfärbung durch Knochenkohle filtriert worden ist, wird er gewöhnlich in sogenannten Vacuumpfannen, d. h. Gefässen, welche mit einer Luftpumpe in Verbindung stehen, eingedampft. Ist die genügende Konzentration erreicht, so wird die Flüssigkeit zur Krystallisation in Formen gebracht. Die abfliessende Mutterlauge bildet den Syrup, welcher noch weiter auf Zucker (Farin) verarbeitet wird, bis schliesslich eine durch Verunreinigungen braun gefärbte dickliche Flüssigkeit, die Melasse zurückbleibt, welche keinen krystallinischen Zucker mehr ausscheidet, viele Salze enthält und zum Süssen von Speisen und zur Rumfabrikation benutzt wird. Der in der Form fest gewordene Zucker wird zur Reinigung noch mit konzentrierter Zuckerlösung mehrmals übergossen und häufig, um eine blendend weisse Farbe zu erzielen, mit wenig Ultramarin versetzt.

Aus dem Zuckerrohr, welches in Westindien gebaut wird, wird der Zucker auf ähnliche Art und Weise gewonnen. Gewöhnlich kommt schon der nach der ersten Klärung mittelst Kalkmilch und Verdampfung gewonnene Rohrzucker nach Europa und wird hier erst weiter gereinigt oder raffiniert.

Rohrzucker ist nicht direkt gährungsfähig, d. h. er verwandelt sich nicht direkt in Alkohol und Kohlensäure. Mit Hefe zusammen geht eine Lösung desselben indes unter Wasseraufnahme in gährungsfähigen Traubenzucker und Fruchtzucker über:



Dieselbe Verwandlung erleidet er, wenn man ihn mit verdünnter Schwefelsäure kocht. Mit einem Gemisch von konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure behandelt, verwandelt er sich in eine explosive Nitroverbindung.

**Milchzucker**  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  bildet farblose, harte, rhombische Krystalle, welche wenig süss schmecken und sich in 5–6 Teilen kaltem, leicht in kochendem Wasser lösen. Er findet sich in der Milch der Säugetiere und wird durch Eindampfen der Molken gewonnen. Er ist nicht direkt gährungsfähig, geht aber durch Einwirkung von Fermenten oder verdünnten Säuren in gährungsfähige, der zweiten Gruppe der Kohlenhydrate angehörige

Galactose über. Mit faulendem Käse zusammen verwandelt sich der Milchzucker in Milchsäure. Er findet in der Medizin Anwendung.

**Traubenzucker** oder **Dextrose**  $C_6 H_{12} O_6$  bildet undeutliche Krystalle, welche weniger süß als Rohrzucker schmecken und sich leicht in Wasser, schwieriger in Alkohol auflösen. In Lösung dreht er die Polarisationssebene rechts. Er findet sich im Honig, in vielen Früchten neben Fruchtzucker und Rohrzucker und bildet in geringer Menge einen normalen Bestandteil aller tierischen Flüssigkeiten; in grösserer Menge kommt er im Urin bei der Zuckerkrankheit vor. Man stellt ihn dar entweder aus Honig, indem man von demselben die wässrige Flüssigkeit durch einen Saugapparat wegschafft und den festen Rückstand aus Alkohol umkrystallisieren lässt, oder aus Stärkemehl durch Erhitzen desselben mit verdünnter Schwefelsäure oder durch Behandlung mit einem Malzaufguss.

Zur Darstellung koche man 100 Teile Stärke mit 2–4 Teilen konzentrierter Schwefelsäure, welche durch 3–400 Teile Wasser verdünnt ist, so lange, bis Jod nicht mehr gebläut wird, binde dann die Schwefelsäure, welche sich bei diesem Prozess nicht verändert, durch Zusatz von Kreide, lasse den gebildeten schwefelsauren Kalk sich ablagern, giesse die klare Zuckerlösung ab, entfärbe sie durch Filtrieren über Knochenkohle und verdampfe bis zur Krystallisation. Man erhält so eine gelblich weisse Masse, welche durch wiederholtes Umkrystallisieren aus Weingeist gereinigt werden kann.

Durch Hefe zerlegt sich Traubenzucker in Kohlensäure und Alkohol:



Traubenzucker = Alkohol + Kohlensäure.

Faulender Käse verwandelt ihn in schwachsaurer Lösung in Milchsäure:



Traubenzucker = Milchsäure.

Traubenzucker wirkt auf sauerstoffhaltige Körper reduzierend ein. So fällt er aus ammoniakalischer Silberlösung metallisches Silber, aus alkalischer Kupferlösung fällt er rotes Kupferoxidul, und es wird letztere Reaktion benutzt, um Traubenzucker z. B. bei der Zuckerkrankheit im Harn qualitativ und quantitativ nachzuweisen.

**Fruchtzucker** oder **Levulose**  $C_6 H_{12} O_6$  findet sich neben dem Traubenzucker in vielen Früchten. Er stellt einen in Wasser und verdünntem Alkohol löslichen Syrup dar und dreht die Ebene des polarisierten Saftes nach links.

**Stärke, Amylum**  $C_6 H_{10} O_5$  ist ein weisses, geruch- und geschmackloses Pulver, welches aus kleinen Körperchen besteht, die unter dem Mikroskop eine organisierte Struktur erkennen lassen. In kaltem Wasser ist die Stärke unlöslich, beim Erhitzen mit Wasser auf  $70^{\circ}$  quillt sie auf, und es bildet sich eine schleimige Masse, der Stärkekleister. Beim Kochen des letzteren mit einer grösseren Menge Wasser entsteht eine lösliche Modifikation der Stärke, welche durch Alkohol als weisses Pulver aus der Lösung gefällt werden kann. Stärke findet sich in allen Pflanzen, besonders reichlich im Samen der Getreidearten und der Leguminosen, in den Kartoffelknollen und im Stamm der Sagopalme.

Bei uns gewinnt man die Stärke besonders aus Kartoffeln und Weizenmehl. Die Kartoffelstärke wird hergestellt, indem man die Kartoffeln zu einem Brei zerreibt, aus diesem mit Wasser das Stärkemehl auswäscht und die erhaltene Masse trocknet. — Zur Darstellung der Weizen-

stärke rührt man das Mehl mit Wasser zu einem Teig an und knetet diesen in einem Tuche unter Wasser aus. Die Stärke geht durch die Poren des Tuches in das Wasser, und der Kleber, ein eiweissartiger Körper, bleibt zurück.

Erhitzt man Stärke auf  $200^{\circ}$ , so geht sie in Dextrin über. Unter Einfluss einer verdünnten Säure oder eines im Malz enthaltenen fermentartigen Körpers, der Diastase, geht Stärke zunächst in Dextrin, dann in Traubenzucker über. Auch die Sekrete der Mund- und Bauchspeicheldrüse im tierischen und menschlichen Körper verwandeln unlösliche Stärke in löslichen Zucker, und es spielt diese Verwandlung bei der Verdauung eine wichtige Rolle. Durch Jodlösung wird Stärke blau gefärbt.

**Dextrin** oder **Stärkegummi**  $C_6 H_{10} O_5$  ist ein farb-, geruch- und geschmackloses amorphes Pulver, welches in Wasser, aber nicht in Alkohol löslich ist und die Polarisations-ebene rechts dreht. Es findet sich vielfach verbreitet im Tier- und Pflanzenreich, und wird am besten dargestellt durch Befeuchten von Stärkemehl mit verdünnter Salpetersäure und Trocknen bei  $100^{\circ}$ . Dextrin wird benutzt als Klebmittel, zur Bereitung von Tinte, als Zusatz zu Extrakten u. dergl.

**Gummi**  $C_6 H_{10}$ . Die verschiedenen Gummiarten bilden in reinem Zustande farb-, geruch- und geschmacklose Massen, welche sich in Wasser zu klebrigen Flüssigkeiten lösen und in Alkohol unlöslich sind. Sie finden sich in vielen Pflanzen und schwitzen aus der Rinde vieler Bäume aus.

Das Gummi arabicum, welches aus Akazienarten gewonnen wird, besteht aus Kalk und Kalisalzen der Gummisäure, welche aus einer mit Salzsäure versetzten Lösung von Gummi arabicum durch Fällen mit Alkohol erhalten werden kann. Ebenso besteht das Kirsch- und Pflaumenbaumgummi aus gummisauren Salzen.

**Cellulose**  $C_6 H_{10} O_5$  hat gewöhnlich organisierte Struktur. Sie löst sich nur in einer Auflösung von Kupferoxyd-Ammoniak, aus welcher sie durch Zusatz einer Säure als weisses amorphes Pulver abgeschieden werden kann. Die Cellulose bildet den wesentlichen Bestandteil der Zellwandung bei den Pflanzen und wird dargestellt, indem man aus Baumwolle der Reihe nach durch Auskochen mit Wasser, verdünnter Kalilauge, verdünnter Salzsäure, Alkohol und Aether, die andern in diesen Stoffen löslichen Bestandteile entfernt. Durch konzentrierte Schwefelsäure und Jod wird sie blau gefärbt. Bei längerer Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure verwandelt sich die Cellulose in Dextrin. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure geht sie in Traubenzucker über. Taucht man Papier, das hauptsächlich aus Cellulose besteht, kurze Zeit in Schwefelsäure, welche mit dem halben Raumeil Wasser verdünnt ist, wäscht gut aus und trocknet, so erhält man das Pergamentpapier, eine Masse, welche ähnliche Eigenschaften wie tierische Blase hat und ähnlich wie diese zu endosmotischen Zwecken benutzt wird.

Bei Behandlung mit konzentrierter Salpetersäure oder besser mit einem Gemisch von konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure geht die Cellulose in eine Nitroverbindung, die **Nitrocellulose** oder Schiessbaumwolle über, indem ein Teil des Wasserstoffs durch  $NO_2$  ersetzt wird. Die gewöhnliche Schiessbaumwolle ist eine in Alkohol und Aether

unlösliche, leicht entzündliche, explosible Verbindung, welche für militairische und technische Zwecke zur Füllung von Torpedos und als Sprengmaterial vielfach benutzt wird. Eine andere Verbindung, welche ähnlich dargestellt wird, ist die Collodiumwolle. Dieselbe ist nicht so explosiv und löst sich in einem Gemisch von Alkohol und Aether zu einer farblosen, dicklichen Flüssigkeit, welche den Namen Collodium führt. Beim Verdunsten des Lösungsmittels bleibt das Collodium als dünne Haut zurück. Es findet Anwendung in der Photographie und zu Heilzwecken.

Zur Darstellung der Schiessbaumwolle taucht man gut gereinigte und durch Kochen mit Kalilauge entfettete aufgelockerte Baumwolle einige Minuten in ein gut abgekühltes Gemisch von 3 Teilen konzentrierter Schwefelsäure und 1 Teil konzentrierter Salpetersäure und legt sie dann in ein beständig kühl gehaltenes Gefäss. Nach 24 Stunden wäscht man sie mit einer grossen Menge Wasser, kocht sie in Wasser, trocknet sie gut, mahlt sie unter Wasser, wäscht nochmals und verdichtet sie zu einer papiermachéartigen Masse.

Collodiumwolle wird dargestellt, indem man sehr gut gereinigte ungeleimte Watte mit Sodalösung kocht, gut auswäscht und trocknet. Darauf bringt man sie in ein Gemisch von 7 Teilen konzentrierter Salpetersäure und 8 Teilen konzentrierter Schwefelsäure, lässt sie 12—24 Stunden stehen, wäscht mit Wasser gut aus und trocknet bei mittlerer Temperatur. Zur Lösung wird sie mit 3 Teilen Alkohol und 18 Teilen Aether übergossen.

(Fortsetzung folgt im nächsten Jahresbericht.)

Th. Mueller.