



**Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der  
Chemie**

**Stöckhardt, Julius Adolph**

**Braunschweig, 1881**

II. Organische Chemie.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-88906](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-88906)

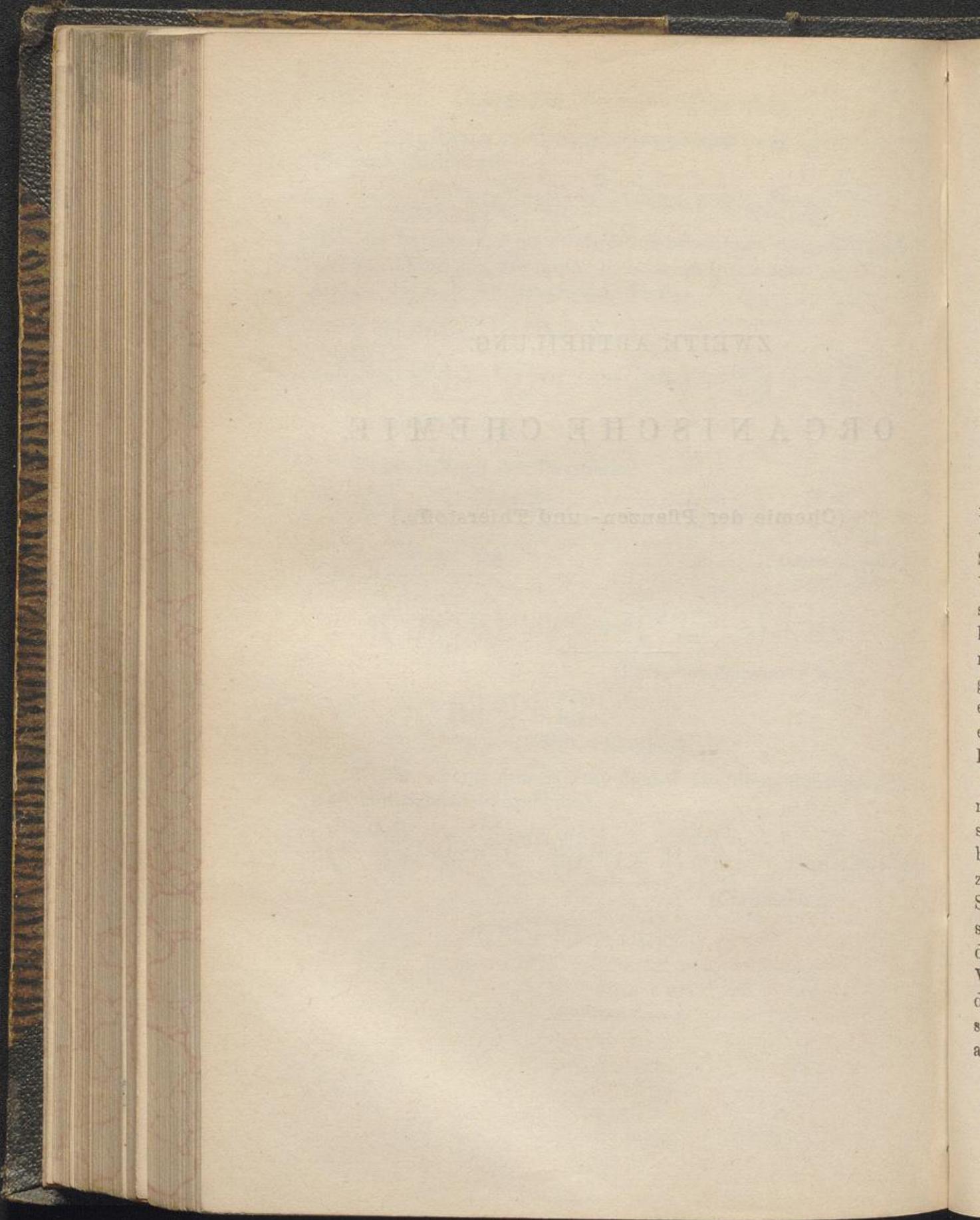
S  
1  
g

ZWEITE ABTHEILUNG.

ORGANISCHE CHEMIE.

(Chemie der Pflanzen- und Thierstoffe.)

---



## P f l a n z e n s t o f f e.

---

546. Pflanzenleben. Eine unergründliche Weisheit hat in das Samenkorn die Kraft gelegt, in feuchter Erde zu keimen und zu einer Pflanze emporzuwachsen, die Blätter, Blüthen und Samen treibt und dann wieder abstirbt und vergeht. Keimen, Wachsen, Blühen, Samenträgen und Welken, das sind die hauptsächlichsten Entwicklungsstufen, welche die Pflanzen zu durchlaufen haben; sind sie bis zur Erzeugung von Samen, d. i. von neuen lebensfähigen Körpern vorgeschritten, so haben sie ihre Aufgabe erfüllt und ihr Lauf geht wieder abwärts, der Verwesung entgegen. Ob sie dieser schon nach einem kurzen Sommer oder erst nach Hunderten von Jahren anheimfallen, ändert in der Hauptsache nichts.

Der Gotteshauch, welcher diese Veränderungen, die Erscheinungen des Lebens, in der Pflanzenwelt hervorruft, er ist uns seinem Wesen nach völlig unbekannt; man hat ihm zwar einen besonderen Namen, den Namen Lebenskraft gegeben, allein zu einer klareren Erkenntniss sind wir dadurch nicht gelangt. Sein Wirken geschieht auf so geheimnissvolle Weise, dass es scheint, als solle das Ahnen des forschenden Menschengeistes in dieser Hinsicht hienieden nicht ins Schauen verwandelt werden. Wir fühlen zwar das Rauschen des Lebensstromes an der Freude, die uns durchdringt, wenn er im Frühlinge die Knospen zerstreckt und die Erde mit einem Blüthenmeere übergiesst, wie an der Wehmuth, die uns ergreift, wenn im Herbste das Welken

der Blätter sein Scheiden ankündigt; aber von wannen er kommt und wohin er geht und wie er die Wunder der Pflanzenwelt herverzaubert, davon wissen wir gar nichts. Das nur, was er hervorbringt, ist erfassbar für unsere Sinne, wie das, woraus er es hervorbringt.

**547. Mikroskopische und chemische Forschungen.** Zwei Wege stehen dem Forscher offen, auf denen er bis zu einem gewissen Grade eindringen kann in die verhüllte Werkstätte des Pflanzenlebens: 1) der Weg der Beobachtung, der, besonders mit Hülfe des Vergrösserungsglases, zu einer sehr genauen Kenntniss des Baues der Vegetabilien und der während des Wachsthums stattfindenden Veränderungen in der Form der einzelnen Pflanzenteile (Organe) geführt hat; 2) der Weg der chemischen Versuche, auf dem die Bestandtheile der Pflanzen, ihre Nahrungsmittel und einige während des Wachsthums der Vegetabilien vorkommende Stoffveränderungen ermittelt worden sind. Was man auf diesen zwei Wegen über die inneren und äusseren Veränderungen, welche die Gewächse während ihres Lebens erfahren, kennen gelernt hat, wird Pflanzenphysiologie genannt.

**548. Nähtere Bestandtheile der Pflanzen.** In den Pflanzen erzeugen sich während ihres Wachsthums gar vielerlei selbstständige Stoffe, die wir in vielen Fällen schon durch ihr verschiedenartiges Ansehen und ihren Geschmack von einander unterscheiden können. Die Weintrauben, Mohrrüben und viele andere Früchte und Wurzeln schmecken süß: es ist Zucker darin; die Zweige und Blätter des Weinstocks schmecken sauer: sie enthalten ein saures Salz; die des Wermuths bitter: sie enthalten einen eigenthümlichen bittern Stoff; die letzteren besitzen zugleich einen starken Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt. In den Samen unserer Getreidearten und in den Kartoffelknollen finden wir einen mehlähnlichen Körper, die Stärke; in den Samen der Rübsen- und Leinpflanze einen schlüpfrigen Saft, fettes Oel; die Kirsch- und Pflaumenbäume schwitzen einen klebrigen Saft aus, der sich im Wasser auflöst, die Nadelhölzer einen ähnlichen, der aber im Wasser unlöslich ist: wir nennen den ersten Gummi, den letzteren Harz. Die

Farbenpracht der Blumen, sie röhrt von Farbstoffen her; die schädliche Wirkung der Giftpflanzen von Pflanzenbasen etc. Man benennt diese Stoffe überhaupt mit dem allgemeinen Namen: nähere Bestandtheile der Pflanzen. Manche derselben sind fast in jeder Pflanze anzutreffen, andere dagegen finden sich nur in einzelnen Pflanzenarten.

Was die Natur hier in den lebenden Pflanzen erschafft, das können wir durch die Kunst nur in seltenen Fällen und unvollkommen nacherschaffen, wie wir es in der unorganischen Chemie auf die vollkommenste Weise vermögen. Aus welchen Elementen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind und in welchen Gewichtsverhältnissen, das ist zwar durch die chemische Zerlegung derselben auf die genaueste Weise ermittelt, das Wiederaufbauen aber ist bis jetzt erst bei einigen krystallisirbaren festen und einigen flüssigen Körpern gelungen.

**549. Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe.** Unreife Weinbeeren schmecken sauer, reife süß; wir müssen daraus schliessen, dass während des Reifens die Säure der Trauben sich in Zucker verwandelt. Gewöhnliche Gerstenkörner schmecken mehlig; lassen wir sie keimen, so erlangen sie einen schleimigen und süßen Geschmack, weil sich während des Keimens ein Theil der Stärke in Gummi und während des Kauens in Zucker umwandelt. Aehnliche Veränderungen kommen in jeder lebenden Pflanze vor, ja wir sehen sie oft genug auch dann eintreten, wenn die Lebensfähigkeit den Pflanzen nicht mehr innewohnt. Kartoffeln z. B. werden süß, wenn man sie gefrieren lässt; alle Stärke der gekeimten Gerste wird zu Zucker, wenn man die letztere, mit Wasser übergossen, einige Stunden an einen warmen Ort stellt etc. Was hier durch die Lebenstätigkeit der Pflanzen oder durch Kälte und Wärme bewirkt wird — die Umwandlung eines Pflanzenstoffs in einen anderen —, das können wir auch künstlich auf vielfach andere Weise zu Stande bringen. Die Kunst vermag in dieser Beziehung sogar viel mehr als die Natur, denn sie erzeugt Verbindungen, die wir in lebenden Pflanzen nie fertig gebildet antreffen, z. B. Weingeist, Holzessig u. v. a. Ins Unzählige gehen diese Verbindungen, wenn man unorganische Körper mit zu Hülfe nimmt, z. B. starke Säuren und Basen, Chlor u. s. w., und diese auf Pflanzenstoffe ein-

wirken lässt, da alle Pflanzenstoffe dadurch auf unendlich man- nichfache Weise verändert und zu neuen Körpern umgebildet werden. Tausende solcher neuen Verbindungen sind allein innerhalb der letztvflossenen Jahrzehnte entdeckt worden; unsere Nachkommen werden sie nach Millionen zählen müssen.

**550. Elementarbestandtheile der Pflanzen.** Fragt man nach den Elementen, aus denen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind, so ist darauf zu antworten: man findet in ihnen hauptsächlich folgende vier: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, die desshalb auch Organogene genannt werden. Manche Pflanzenstoffe enthalten alle vier Elemente zusammen (CHON), diese heissen stickstoffhaltige, andere, und zwar bei weitem die meisten, enthalten dagegen nur die drei ersten Elemente (CHO), diese werden stickstofffreie genannt; sehr wenige nur bestehen aus zwei Elementen (CH, CO, CN). In keinem organischen Körper fehlt der Kohlenstoff, man definiert daher auch die organische Chemie als die Chemie der natürlichen und künstlichen Kohlenstoffverbindungen. Aus diesen wenigen Elementen, zu denen nur noch ganz kleine Quantitäten von Schwefel, Phosphor und einige unorganische Säuren und Basen hinzutreten, vermag die Schöpfungskraft der Natur alle die Tausende und aber Tausende von Pflanzen zu erzeugen, welche die Oberfläche unseres Erdballs bedecken.

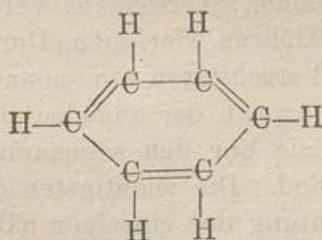
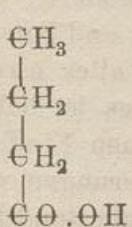
Die grosse Anzahl und Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe erklärt sich demnach nicht durch die Zahl und Mannichfaltigkeit ihrer Bestandtheile, wir haben deren Grund vielmehr in der manichfachen Art und Weise zu suchen, in welcher diese drei oder vier Elemente an einander gefügt und mit einander verbunden sind, wie in gewissen Eigenthümlichkeiten, welche das maassgebendste dieser Elemente, der Kohlenstoff, beim Zusammentreten mit anderen Elementen, zumal mit dem Wasserstoff, zeigt.

**551. Eigenthümlichkeiten des Kohlenstoffs.** Der Kohlenstoff ist vierwerthig (543),  $\text{C}^{\text{IV}}$ ; er kann daher folgende vier Classen von gesättigten Verbindungen liefern: 1) mit vier 1werthigen Atomen, z. B.  $\text{CH}_4$ ; 2) mit zwei 2werthigen Atomen, z. B.

$\text{C}^{\text{IV}}\text{O}_2$ ; 3) mit einem 2- und zwei 1werthigen Atomen, z. B.  $\text{C}^{\text{IV}}\text{O}\text{Cl}_2$ ;  
 4) mit einem 3- und einem 1werthigen Atom, z. B.  $\text{C}^{\text{IV}}\text{NH}$ . Ausser diesen gesättigten Verbindungen liefert er aber auch ungesättigte, so  $\text{C}^{\text{III}}\text{H}$ ,  $\text{C}^{\text{II}}\text{H}_2$ ,  $\text{C}^{\text{I}}\text{H}_3$ , so  $\text{C}^{\text{II}}\text{O}$  u. a. Keine organische Verbindung enthält weniger als 2 Aequivalente Kohlenstoff,  $\text{C}_2$  oder  $\text{C} = 12$ .

Die Atome des Kohlenstoffs haben eine besondere Neigung, sich unter einander zu verbinden, und diese Multipla,  $\text{C}_2$ ,  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$ ,  $\text{C}_5$  u. s. f., liefern, jedes für sich, selbstständige Verbindungen und Verbindungsreihen mit anderen Elementen. Da in der Regel 2 Affinitäten zum Zusammenhalten von 2 Atomen Kohlenstoff verwendet werden, so vermindern sich hierbei die freien Affinitäten und es kommen auf  $\text{C}_2$  oder  $\text{C}=\text{C}$  statt 8 nur 6, auf  $\text{C}_3$  oder  $\text{C}=\text{C}=\text{C}$  statt 12 nur 8, auf  $\text{C}_4$  oder  $\text{C}=\text{C}=\text{C}=\text{C}$  statt 16 nur 10 derselben.

Durch diesen partiellen Ausgleich der Werthigkeit der einzelnen Kohlenstoffatome unter einander erhalten die Constitutionssformeln der organischen Verbindungen oft die Gestalt einer Kette oder eines Ringes. So kann man sich beispielsweise die 4 Atome des Kohlenstoffs in der Buttersäure =  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  zu der nachstehenden Kettenform, und die 6 Atome Kohlenstoff des Benzols =  $\text{C}_6\text{H}_6$  zu der nachstehenden Ringform vereinigt vorstellen:



1 Molecül Buttersäure.

1 Molecül Benzol.

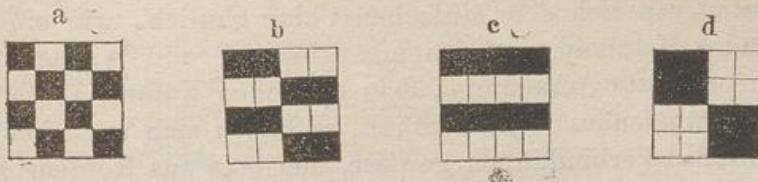
In Folge dieser Eigenthümlichkeiten der Kohlenstoffatome und ihrer Befähigung, sich mit Atomgruppen aus 2, 3, 4, 6, 8, 10 und mehr Atomen anderer Elemente zu vereinigen, haben die Moleküle der organischen Verbindungen eine weit zusammen gesetztere Structur, als die der unorganischen Verbindungen. Während in einem Molecül Kochsalz 2 Atome ( $\text{NaCl}$ ), in einem Molecül Wasser 3 Atome ( $\text{H}_2\text{O}$ ), in einem Molecül Salpeter 5 Atome ( $\text{KN}\text{O}_3$ ) enthalten sind, finden wir in den gleich grossen Mole-

cülen der Essigsäure 8 Atome ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ), des Traubenzuckers 24 Atome ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), des Chinins 48 Atome ( $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_2$ ), des Stearins 173 Atome ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_3$  u. a. m.

**552. Leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe.** Die leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe, deren schon oben gedacht wurde, erklärt sich nun aus diesen zusammengesetzten Atomverhältnissen auf eine einfache Weise. Es geht damit, wie mit einer zusammengesetzten Maschine. An einem Spinnrade haben wir 1 Rad, 1 Spindel und 1 Schnur; an einer Spinnmaschine dagegen Hunderte von Rädern, Spindeln und Schnüren, die zusammen zu einem Ganzen verbunden sind. Wie nun bei der complicirten Maschine viel leichter ein Rad abweichen, eine Spindel sich biegen, eine Schnur reissen und dadurch eine Störung im Gange der Maschine eintreten kann, als dies bei dem einfachen Spinnrade möglich ist, so sind auch die complicirten organischen Körper viel eher Störungen und Veränderungen ausgesetzt, als die einfacheren unorganischen. Denn geht bei den ersteren von den vielen Atomen nur eines weg, ja verändert es nur seinen Platz, oder tritt irgend ein Atom desselben, oder eines anderen Elementes noch hinzu, so hört der Körper sogleich auf, das zu sein, was er war, und wird zu einem anderen, zu einem neuen, eigenthümlichen Körper. Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennen, Anbrennen, Versengen, Verkohlen, Vermodern, Verfaulen, Verwesen, Gähren, Gerinnen, Dumpfig-, Schal- und Sauerwerden, Bleichen, Verschiessen etc. nennen, das sind alles chemische Veränderungen der angedeuteten Art, und es ist bekannt genug, dass sie nur den sogenannten organischen Stoffen eigenthümlich sind. Die wichtigsten dieser Veränderungen werden an die Betrachtung der einzelnen näheren Pflanzenbestandtheile, insbesondere der Pflanzenfaser, mit angereiht werden.

**553. Isomere organische Verbindungen.** In der ersten Abtheilung dieses Werkes ist schon bemerkt worden, dass man sich in den isomeren Verbindungen, d. h. in solchen, welche zwar eine gleiche Zusammensetzung, aber verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften besitzen, eine verschiedene Lagerung und Zusammenordnung der Atome zu denken habe, ähnlich wie bei einem Schachbrette, auf dem die schwarzen und

weissen Felder je 2 zu 2 oder 3 zu 3, oder 4 zu 4 u. s. f. an einander gereiht sind. So haben z. B. die beiden Kohlenwasser-



stoffe Acetylen,  $C_2H_2$ , und Benzol,  $C_6H_6$ , in 100 Gewichtstheilen genau die gleichen Mengen Kohlenstoff und Wasserstoff, und ebenso Essigsäure,  $C_2H_4O_2$ , Milchsäure,  $C_3H_6O_3$  und Traubenzucker,  $C_6H_{12}O_6$  procentisch eine ganz gleiche Zusammensetzung; ihr sehr ungleiches Molekulargewicht, das beim Acetylen 26, beim Benzol aber 78, bei der Essigsäure 60, bei der Milchsäure aber 90 und beim Traubenzucker 180 beträgt, deutet schon auf die stattfindenden grossen Verschiedenheiten hin. Man nennt isomere Körper solcher Art polymere.

Isomere Verbindungen anderer Art haben zwar gleiches Molekulargewicht, sind aber in ihrer Constitution, d. h. im inneren Aufbau der Atomgruppen, aus denen sie bestehen, ungleich, worüber hauptsächlich die Metamorphosen oder Umwandlungen, welche man unter gleichen Bedingungen durch sehr verschiedene Mittel und auf sehr verschiedenen Wegen in ihnen hervorzurufen weiss, nähere und bestimmte Auskunft geben. Die folgenden drei nach der allgemeinen Formel  $C_3H_6O_2$  zusammengesetzten Verbindungen mögen deren innere Verschiedenheiten durch Angabe ihrer näheren Bestandtheile illustrieren.

Ameisensäure-Aethyläther. Essigsäure-Methyläther. Propionsäure.

$CH\Theta$ Formyl	$C_2H_3\Theta$ Acetyl	$C_3H_5\Theta$ Propyl
$C_2H_5\Theta$ Aethyloxyd	$C_3H_3\Theta$ Methyloxyd	$H\Theta$ Hydroxyl
$C_3H_6\Theta_2$	$C_3H_6\Theta_2$	$C_3H_6\Theta_2$

Man nennt solche isomere Verbindungen mit gleichem Molekulargewicht aber verschiedener Gruppierung oder Bindungsweise ihrer Atome *metamere*.

Unter den unorganischen chemischen Verbindungen kommen isomere nur vereinzelt vor, unter den organischen chemischen Verbindungen dagegen sehr häufig und allgemein; sie tragen auch dazu bei, die Anzahl und Mannichfaltigkeit der Verbindungen auf dem letzteren Gebiete zu vermehren.

**554. Organische Radicale und Typen.** Wie in der unorganischen Chemie das aus Stickstoff und Kohlenstoff zusammengesetzte Cyan sich dem einfachen Chlor ähnlich, wie ein säurebildendes Metalloid, und das aus Stickstoff und Wasserstoff zusammengesetzte Ammonium, dem einfachen Kalium ähnlich, wie ein basenbildendes Metall verhält, so lassen sich auch bei vielen organischen Verbindungen gewisse, meistens aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende Atomgruppen oder Atomkerne, z. B. die in voriger Nummer angeführten Gruppen  $\Theta H_3$  (Methyl),  $\Theta_2 H_5$  (Aethyl) als zusammengesetzte Radicale ansehen; so bei den organischen Säuren, den Alkoholen u. a. m. In diesen Gruppen erscheinen gewisse Atome von Kohlenstoff und Wasserstoff u. a. wie ein chemisches Ganze, d. h. inniger mit einander verbunden, als die übrigen Bestandtheile des organischen Körpers, so zwar, dass sie sich, ähnlich wie ein Element, von einer Verbindung in die andere überführen lassen und auch eine bestimmte Werthigkeit besitzen (543). Bei dem Weingeist und der Essigsäure wird weiter von ihnen die Rede sein.

Die neuere organische Chemie bedient sich auch der typischen Anschauungsweise, um zu einem allgemeineren Ueberblick und einer einfachen Classification der hoch angeschwollenen Masse organischer Verbindungen zu gelangen, indem sie die letzteren nach ihrer Zusammensetzung, wie nach Aehnlichkeiten bei deren Bildung und Zersetzung, mit den einfacheren Verbindungen vergleicht, welche sie als schematische Musterbilder oder Typen ansieht und wegen deren auf Nr. 542 zu verweisen ist.

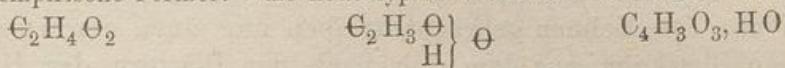
Bei der Bildung organischer Verbindungen denkt man sich nun den Vorgang so, dass hierbei der Wasserstoff der Typen theilweise oder ganz durch ein anderes Element oder durch ein organisches Radical ersetzt wird.

**555. Chemische Symbole und Formeln.** Da in der organischen Chemie die neuen Atomgewichte bereits allgemeinen Eingang gefunden haben, so ist es zweckmässig erschienen, in der zweiten Abtheilung dieses Werkes bei den wichtigeren Verbindungen auch der atomistischen Molecularformeln, in einzelnen Fällen auch der typischen mit Erwähnung zu thun. Dieselben geben sich schon durch die durchstrichenen  $\Theta$  und  $\Theta$  zu erkennen und ihre chemischen Zeichen oder Symbole beziehen

sich auf die Atomgewichte S. 492. Danach ist also  $C = 12$  oder  $C_2 = 16$  oder  $O_2 = 16$ ,  $H = 1$ ,  $S = 32$  oder  $S_2 = 32$ ,  $H_2O = 18$  oder  $2H_2O = 36$  etc.

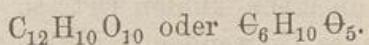
Die mit denselben dargestellten Formeln lassen sich sonach ohne Schwierigkeit dadurch auf die alten Formeln zurückführen, dass man die Atomzahlen der durchstrichenen Symbole verdoppelt, die undurchstrichenen dagegen unverändert lässt. Das Essigsäurehydrat z. B. hat

die neue empirische Formel: die neue typische Formel: die alte Formel:



Das Wasser erhält in den Fällen, wo es nicht der organischen Verbindung zugerechnet wird, die Bezeichnung  $H_2O$ .

### I. Pflanzenfaser oder Cellulose.

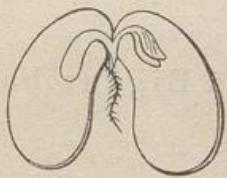


#### Keimen der Samen.

**556. Keimen.** In dem Samenkorne schlummert die Lebensfähigkeit; durch Feuchtigkeit und Wärme bringen wir sie zum Erwachen.

**Keimen von Bohnen.** *Versuch.* Man übergiesse einige Bohnen mit Wasser und lasse sie so lange an einem mässig warmen Orte stehen, bis die Keime hervorbrechen und die aufgeschwollenen Samen sich in zwei Hälften theilen. Betrachtet man

Fig. 163.



sie jetzt genauer, so bemerkt man an der Spitze, wo der Keim erscheint, zwei zarte, weisse Blättchen; aus diesen entwickeln sich bei weiterem Wachsthum Stengel und Blätter, während der Keim sich zur Wurzel ausbildet. Die feste Masse, woraus diese jungen Organe bestehen, heisst Pflanzenfaser; sie hat

die Form von manichfach gestalteten, theils kugeligen, theils schlauchartig in die Länge gezogenen, an einander gereihten, hohlen Blasen oder Zellen, die mit einer farblosen Flüssigkeit, dem Saft oder Vegetationswasser, angefüllt sind. Kann das

Licht auf die Bohnenpflanze einwirken, so erzeugt sich in dem Saft ein grüner Farbstoff, das Blattgrün; in den Wurzeln bildet sich dieser Stoff nicht, weil durch das Erdreich das Licht von ihnen abgehalten wird. Die beiden Hälften der Bohne (Samenlappen oder Kotyledonen) verschwinden allmälig bei der ferneren Entwicklung der Pflanze, sie dienen derselben als die erste Nahrung. Die meisten Pflanzen keimen mit zwei Samenlappen (Dikotyledonen).

**Keimen von Gerste.** *Versuch.* Gerstenkörner, auf gleiche Weise zum Keimen gebracht, treiben nur einen einzigen spitzigen Blattkeim, aus dem sich nach den Blättern der Halm entwickelt. Auf dieselbe Weise keimen alle unsere Grasarten und

Fig. 164.



Zwiebeln (Monokotyledonen). Giesst man von der Gerste das Wasser ab, wenn die Samen aufgequollen und vollkommen durchweicht sind, und bringt sie dann, in einer Tasse über einander geschichtet, an einen kühlen Ort, so kann man durch jeweiliges Umwenden das Wachsen so verlangsamen und reguliren, dass nur die Wurzelkeime zum Vorschein kommen. Verhindert man jetzt das Weiterwachsen durch schnelles Trocknen der Körner auf einem warmen Ofen, so erhält man dadurch das Malz der Brauer. Die Wurzelkeime lassen sich nach dem Trocknen leicht abreiben; sie geben ein vortreffliches Futter- und Düngemittel und bestehen der Hauptsache nach aus Pflanzenfaser, reichlich durchdrungen mit stickstoffreichen Substanzen sowie mit Kali- und anderen Salzen, welche während des Keimprocesses aus der Gerste in die Wurzelkeime übergegangen sind.

#### Verschiedenheit, Darstellung und Eigenschaften der Pflanzenfaser.

**557. Verschiedenheit.** Alle Zellen und Gefässe der Vegetabilien bestehen aus Pflanzenfaser; aus diesem Grunde hat man ihr auch noch den Namen Cellulose (Zellensubstanz) beigelegt. Die Cellulose ist für die Pflanzen das, was Knochen, Fleisch und Haut zusammen für den Thierleib sind; sie bildet

die feste Masse aller Pflanzenorgane und giebt also der Pflanze ihre Form und ihren Halt; sie bildet zugleich die den Adern der Thiere vergleichbaren Höhlungen und Canäle der Pflanzen, in denen der Saft sich auf- und abbewegt. Sehr fein verzweigt, zart, weich und leicht verdaulich finden wir sie in den jungen Blättern, Blumen und Stengeln und in dem sogenannten Fleische der Früchte und Wurzeln, z. B. in den Aepfeln, Pflaumen, Rüben etc.; hart und schwerer verdaulich im reifen Stroh, im Holz (Holzfaser) und in den Schalen der Getreidearten (Kleie), steinartig erhärtet und unverdaulich in den Kernen der Pflaumen und Kirschen und in den Schalen der Nüsse; leicht porös und elastisch in dem Marke des Hollunders und in dem Kork; sehr lang gestreckt und biegsam in dem Hanf, Flachs und der Baumwolle.

**558. Darstellung. Versuch.** Man übergiesse Malzkeime oder Sägespäne mit lauem Wasser und lasse sie einen Tag lang stehen, dann presse man das Flüssige durch ein Läppchen ab und bringe es zum Kochen: es wird eine schwache Trübung und nach längerer Ruhe ein lockerer Bodensatz entstehen (Pflanzeiweiss). Die Flüssigkeit enthält noch mancherlei andere Substanzen (Schleim, Gummi, Zucker, Gerbstoff, Salze etc.) aufgelöst, die durch Kochen nicht ausgefällt werden. Behandelt man die wieder getrockneten Keime oder Späne mit Weingeist, so löst dieser ebenfalls einige Substanzen (Harz etc.) auf; ebenso Aether (fettes Oel etc.), verdünnte Säure (Stärke etc.), verdünnte Lauge (unlösliche Proteinstoffe etc.) u. a. m. Um sich reine Cellulose aus Pflanzen darzustellen, muss man dieselben hiernach mit verschiedenen Lösungsmitteln behandeln, um auf diese Weise alle Safttheile aus ihnen zu entfernen.

Bei der Untersuchung der Futtermittel ist man über eingekommen, die nach successiver Aufkochung derselben mit sehr verdünnter Schwefelsäure und sehr verdünnter Kalilösung verbleibende Cellulose als „Rohfaser“ in Rechnung zu bringen. Bei der Bereitung des Flachs gelangt man durch die Röstungs- und Bleichoperationen zu gleichem Ziele. (Holzcellulose 561.)

**559. Eigenschaften.** Die Cellulose ist, wie aus ihrer Darstellungsart hervorgeht, unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether und verdünnten Säuren und Alkalien. Starke Säuren und

Alkalien verändern und zersetzen sie wie die anderen organischen Substanzen. Man kennt nur ein Lösungsmittel derselben, die blaue Flüssigkeit, welche entsteht, wenn man Kupferoxydhydrat in Salmiakgeist auflöst; aus dieser Lösung wird sie durch Säuren, Alkalialze, Gummi und Zucker als ein amorphes weisses Pulver wieder niedergeschlagen, das durch Jod braun oder violett, durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau gefärbt wird. Auf die letztere Weise erkennt man die Cellulose der Pflanzen bei mikroskopischen Untersuchungen; betupft man das Object erst mit Schwefelsäure und nachher mit Jodtinctur, so färben sich die aus Cellulose bestehenden Pflanzenteile schön blau (Stärke wird durch Jodtinctur allein blau).

#### Holzfaser und Holzbast.

580. **Holzfaser.** An dem durch die folgende Figur verdeutlichten Durchschnitte eines Baumstammes kann man recht deutlich sehen, welchen Einfluss das Alter auf die Pflanzefaser ausübt und wie verschiedenartig diese in einem und dem-

Fig. 165.

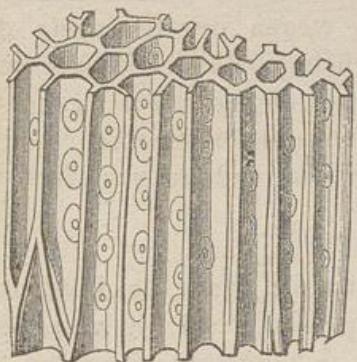


selben Baume vorkommt. Epidermis und Korksubstanz bilden die äussere Rinde oder Borke, die langgestreckten Bastzellen, mit Zellgewebe verbunden, die innere, welche, mit dem Cambium, insbesondere die Ernährung und das Wachsthum des Baumes durch Zuführung von sogenanntem Nahrungssaft vermittelt.

Daher geht ein Baum ein, wenn alle Bastfasern ringsum durchschnitten werden, während er, wie man an hohlen Bäumen sieht, noch fortleben kann, wenn er nur noch Bast und Rinde hat, mag auch die eigentliche Holzmasse verfaul und verschwunden sein. Das dem Baste zunächst liegende, lockere und helle Holz wird Splint genannt, das innere, dichtere und festere aber Kernholz. Das letztere ist gewöhnlich dunkler gefärbt, oft auch mit Farbstoff durchzogen (Rothholz, Blauholz etc.), und erlangt seine Dichtigkeit dadurch, dass sich aus dem Saft der Zellen immer mehr feste Masse (Holzsubstanz, Lignin, incrustirende Substanz) auf die Zellenwände ablageret, wodurch die Zellenhöhle immer mehr verengert, ja endlich ganz ausgefüllt wird.

Von dem Cambium aus erzeugt sich bei den Holzpflanzen in jedem Sommer eine neue, dünne, Bast- und Rindenschicht und

Fig. 166.



eine neue, dickere Holzschicht (Jahresringe), während zugleich ein Splintring in Kernholz übergeht. Die beistehende Figur zeigt die Structur des Fichtenholzes unter einem starken Vergrösserungsglase. Das zuerst, im Frühjahr oder Vorsommer, gleichzeitig mit der Blattentwickelung gebildete Holz besteht aus dünnwandigeren Zellen und hat desshalb eine

lockerere Beschaffenheit als das dichtere, kernigere Holz, welches sich später, im Nachsommer, nach Beendigung des Blattwuchses erzeugt und aus dickwandigeren Zellen zusammengesetzt ist.

**561. Holzcellulose.** Wenn die Holzzellen von dem Lignin vollkommen befreit werden, so stellen sie eine Fasermasse von solcher Biegsamkeit, Länge und Feinheit dar, dass sie eine gleiche Verarbeitung zu Papier gestattet, wie die Fasermasse der leinenen Lumpen. Grosse Fabrikanlagen beschäftigen sich gegenwärtig mit der Gewinnung der Holzcellulose zu diesem Zwecke, indem sie das in Stücke zerschnittene Holz, namentlich jüngeres Nadelholz, welches

gut ausgetrocknet 50 bis 55 pCt. Cellulose enthält, in geschlossenen eisernen Dampfkesseln unter sehr hohem Druck mit ätzender Natronlauge so lange kochen, bis Lignin, Harz etc. in Lösung übergegangen sind; die zurückbleibende Cellulose wird dann gewaschen, gebleicht und auf die übliche Weise in Holländern, oder auch ohne solche, weiter verarbeitet. Die durch Bildung humusartiger Substanzen ganz schwarz gefärbte Natronlauge wird zur Wiedergewinnung des Alkalis eingedampft und durch Erhitzen in einem Calcinirofen von den organischen Stoffen befreit.

Auf ähnliche Weise stellt man sich auch die Strohcellulose aus Strohhäcksel von Weizen und Roggen, aus dem man zuvor die schwereren Gliederknoten entfernt hat, dar, welche sich ebenfalls als ein vortrefflicher Papierstoff erwiesen hat. Lufttrocknes Stroh enthält gegen 50 pCt. Cellulose.

Der in den sogenannten Schleifereien durch mechanisches Zerreissen und Zerreiben des frischen, nassen Holzes erzeugte breiartige Holzstoff liefert wegen der Starrheit der rohen, ligninhaltigen Holzfaser ein brüchiges Papier, in Verbindung mit Lein-, Holz- oder Strohcellulose dagegen ein brauchbares; in letzterer Art, als ein Verlängerungsmittel der theureren Cellulose, findet er jetzt die allgemeinste Verwendung zur Herstellung der gewöhnlicheren Papiersorten.

**562. Holzbast.** Legt man die Rinde des Lindenbaumes in Wasser, bis die äussere Rindenschale brüchig geworden ist, so kann man nach dem Trocknen den inneren, faserigen Theil der Rinde losschälen; er stellt dann den zum Anbinden der Pflanzen gebräuchlichen Lindenbast dar. Die aus der Epidermis und der Korksubstanz bestehende äussere Rinde (Borke) erfährt hierbei, nebst den reichlich vorhandenen Bastmarkstrahlen, eine raschere Zersetzung als das innere Bastgewebe und wird dadurch brüchig, so dass es sich von letzterem abreiben lässt.

An die ihrer langgestreckten Bastfasern wegen technisch wichtig gewordenen einheimischen Pflanzen Lein und Hanf sind noch einige indische Corchorusarten anzureihen, deren seidenartig glänzende Bastfaser unter dem Namen Jute in steigenden Mengen nach Europa gebracht und zur Fabrikation gröberer und feinerer Gewebe verwendet wird. Auch des Neuseelandflachs mag hier gedacht werden, der aus den Gefässbündeln

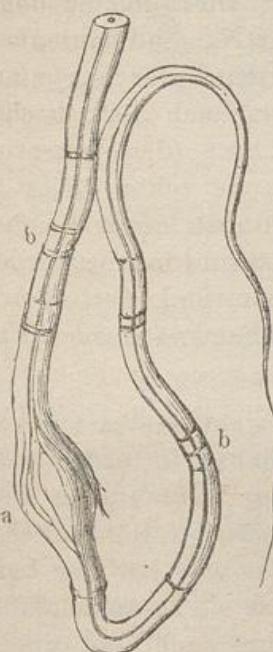
der Blätter einer lilienartigen Pflanze, *Phormium tenax*, besteht und sich durch grossen Glanz und grosse Festigkeit auszeichnet; wie des seiner Dauerhaftigkeit wegen besonders für die Schiffstaufabrikation werthvollen Manilahanfes, welcher die Gefäßbündel der Blattscheiden von *Musa textilis* u. a. darstellt.

Die meisten Pflanzen enthalten in dem Baste und der Rinde, ausser anderen Stoffen, einen zusammenziehend schmeckenden, in Wasser löslichen Stoff, der unter dem Namen Gerbstoff oder Gerbsäure bekannt ist.

#### Gespinnstfasern (Flachs und Baumwolle).

**563. Flachs- oder Leinenfaser.** Diese bildet den Bast der Leinpflanze. Beim Rösten desselben geht die Rinde durch langanhaltende Einwirkung der Feuchtigkeit und der Luft in Verwesung (Thauröste) oder beim Liegen in Wasser (Wasserröste) in Fäulniss über und kann dann nach scharfem Trocknen durch

Fig. 167.



Hin- und Herbiegen (Brechen) abgerieben werden; die Bastgefässe hingegen, welche nicht so schnell in Verwesung übergehen, bleiben übrig und geben, wenn man sie durch das sogenannte Hecheln möglichst von einander getrennt und zugleich parallel gelegt hat, den bekannten Flachs. Gleiches gilt von der Bereitung des Hanfes aus dem Bast der Hanfpflanze. Das beim Hecheln abfallende Werg besteht aus verworrenen Bastfasern. Unter dem Mikroskop betrachtet, erscheinen die langgestreckten Zellen der Flachsfaser als gerade Röhren mit so dicken Wänden, dass sie nicht einsinken oder platt werden, sondern eine egale, glatte (rundliche) Walzenform zeigen. Durch diese äussere Beschaffenheit lassen sich die Leinenfasern von den Fasern der Baumwolle sehr genau (564) unterscheiden. Bei dem

zu Gespinnst oder Gewebe verarbeiteten Leinen bemerkt man ausserdem noch geborstene Stellen (a), sowie knotenförmige Anschwellungen oder Querstreifen (b) an den Fasern, welche diesen

ein gegliedertes Ansehen ertheilen; es sind dies Eindrücke, welche durch starken Druck oder durch Quetschung entstanden sind.

**Bleichen der Pflanzenfaser.** Der Flachs hat eine graue Farbe, weil er einen grauen Farbstoff enthält, der in Wasser und Lauge nicht auflöslich ist, wohl aber in Lauge auflöslich wird, wenn man den Flachs, oder das daraus gesponnene Garn, oder die aus diesem gewebte Leinwand, lange Zeit hindurch dem Einflusse des Lichts, des Wassers und der Luft aussetzt. Dies geschieht auf dem Bleichplane durch Ausbreiten auf Rasen (Rasenbleiche). Der hierdurch veränderte und löslich gewordene Farbstoff wird von Zeit zu Zeit durch Kochen mit Lauge (Bäuchen) entfernt. Ein schnelleres Bleichen erzielt man durch Mitanwendung von Chlor, welches wegen seiner sehr starken Verwandtschaft zum Wasserstoff allen organischen Körpern Wasserstoff entzieht, wodurch sie farblos und auflöslich werden (Chlorbleiche). Man könnte hierbei die Frage aufwerfen, woher es komme, dass bei diesen beiden Bleichprocessen nur der Farbstoff, nicht aber zugleich die Pflanzenfaser zersetzt werde? Dies kommt daher, weil der Farbstoff aus vier Elementen (CHON), die Pflanzenfaser aber nur aus drei Elementen (CHO) besteht; der zusammengesetztere (vierelementige) Stoff wird aber, nach 552., leichter und eher zersetzt werden, als der einfache (dreielementige) Stoff. Wollte man die Leinwand, nachdem sie schon weiss geworden ist, auf die eine oder die andere Art noch länger bleichen, so würde nun auch die Pflanzenfaser zersetzt und mürbe werden; ein Fall, der oft zufällig eintritt, wenn Leinwand, Kattun oder Papier zu lange oder zu stark mit Chlor behandelt worden sind.

**564. Baumwolle.** Die Baumwolle besteht aus zarten hohlen Haaren, die sich an der Baumwollenpflanze in bedeutender Menge um den Samen herum bilden. Vergrössert stellen diese Haare oder Fasern der Baumwolle gleichmässige Röhren ohne Knoten und Querwände dar; entgegengesetzt wie bei der Leinfaser sind aber hier die Wände so dünn, dass sie zusammenfallen und sich zugleich drehen, wodurch die Röhre flach und unregelmässig wird und ein gewundenes Ansehen erlangt. Die Baumwollfaser ist von Natur schon weiss (nur bei der Nankingbaumwolle gelb) und bedarf also keiner Bleiche. Wenn demungeachtet aber die

baumwollenen Garne und Zeuge doch gebleicht werden, so hat dies nur den Zweck, die beim Spinnen und Weben derselben hinzugekommenen fettigen, schwässigen und mehligten Körper (Schlichte etc.) wieder wegzuschaffen.

Fig. 168.



Man bewirkt dies jetzt allgemein durch Kochen mit Natronlauge oder Kalkmilch und Einlegen in eine dünne Chlorkalkauflösung. Der hängengebliebene Kalk wird durch höchst verdünnte Säure (Sauerbad), die hängengebliebene Säure hinwiederum durch Spülen mit Wasser entfernt.

Wie wichtig die vorgenannten Arten von Pflanzenfaser wegen ihrer Benutzung zu Garnen, Geflechten und Geweben aller Art sind, ist bekannt genug; wir kleiden uns in Pflanzenfaser, wir schreiben und drucken darauf, wir erbauen daraus unsere Häuser etc.

#### Veränderung der Pflanzenfaser durch Schwefelsäure.

565. Holz, Leinwand, Papier, in Schwefelsäure getaucht, werden verkohlt und bei längerer Einwirkung ganz zerlegt (213), besonders schnell beim Erhitzen. Die Schwefelsäure entzieht der Cellulose Wasserstoff und Sauerstoff, welche sich zu Wasser verbinden und dann an die Schwefelsäure treten. Reibt man diese Substanzen dagegen ganz allmälig, ohne dass eine Erwärmung entsteht, mit englischer Schwefelsäure zusammen, so gehen sie ohne Schwärzung in eine kleisterähnliche Masse über, aus welcher sich bei rascher Vermischung mit Wasser ein amorpher, weißer Körper, Amyloid, niederschlägt. Lässt man die Masse länger stehen, so wird sie in Wasser löslich, weil die Cellulose in Dextrinummi (603) übergegangen ist. Kocht man diese Lösung mehrere Stunden, so gehen Dextrin und Cellulose in Traubenzucker über (604).

34

Stockhardt, die Schule der Chemie.

**Leinwandprobe.** *Versuch.* Man tauche ein Läppchen halbbaumwollener Leinwand, je nach ihrer Feinheit  $\frac{1}{2}$  bis 2 Minuten zur Hälfte in englische Schwefelsäure und spüle sie dann in Wasser: die Baumwollcellulose erfährt die angegebene Aufquellung und Auflösung weit schneller als die Leinencellulose, bei richtig getroffenem Zeitpunkte werden die baumwollenen Fäden des Gewebes entfernt und nur noch die Leinenfäden des letzteren übrig sein.

**Pergamentpapier.** *Versuch.* Man vermische 8 Theile englische Schwefelsäure mit 1 Thl. Wasser und tauche in die Mischung, nachdem sie wieder kalt geworden, ungeleimtes Papier, doch nur einige Secunden, und wasche es sogleich mit Wasser aus, dem man etwas Salmiakgeist zugesetzt hat: die Cellulose wird hierdurch oberflächlich in Amyloid verwandelt und das Papier erscheint nun nach dem Trocknen pergamentähnlich, wasserdicht und sehr zähe (Pergamentpapier), so dass es sich zu luftdichter Verschliessung von Gefässen verwenden lässt. In Wasser quillt es auf und wird schlüpfrig; in diesem Zustande ist es als feuchte Membran zu endosmotischen oder dialytischen Versuchen sehr geeignet (535).

#### Veränderung der Pflanzenfaser durch Salpetersäure.

**566.** Holz, in Salpetersäure getaucht, wird gelb gefärbt und bei längerer Einwirkung ganz zerlegt; die Salpetersäure wirkt oxydirend auf die Holzbestandtheile, indem sie Sauerstoff an sie abgibt. Bei längerem Kochen mit Salpetersäure wird endlich aller Kohlenstoff des Holzes oder der Cellulose zu Kohlensäure und aller Wasserstoff zu Wasser oxydirt; man kann diesen Vorgang als eine Verbrennung auf nassem Wege ansehen. Ganz anders wirkt diese Säure in höchst concentrirtem Zustande, wie der folgende Versuch lehrt

**567. Nitrocellulose oder Schiessbaumwolle.** *Versuch.* Man vermische 20 Grm. von der stärksten Salpetersäure (specif. Gew. = 1,5) mit 40 Grm. englischer Schwefelsäure, giesse das Gemisch in einen Porzellanmörser oder eine Obertasse und drücke so viel Baumwolle (Dochte, Watte, Druckpapier etc.) mit der Mörserpistille hinein, als davon durchweicht wird. Wenn

die Wolle fünf Minuten lang geweicht hat, so nimmt man sie mit einem Glasstabe heraus, wirft sie in ein Gefäss mit Wasser und wäscht sie so lange mit immer neuen Mengen von Wasser, bis sie darauf gedrücktes blaues Probirpapier nicht mehr röthet. Man presst nun die Wolle mit der Hand aus, breitet sie auf einen Papierbogen und trocknet sie an einem luftigen Orte. Das Trocknen auf einem Ofen ist gefährlich, da auf diesem leicht eine Entzündung eintreten kann.

Schlägt man die so bereitete Schiesswolle auf einer eisernen Unterlage stark mit einem Hammer, so knallt sie heftig; berührt man sie mit einem heissen Draht oder einem glimmenden Span, so verbrennt sie blitzschnell, ohne etwas zurückzulassen; in Gewehre geladen, wirkt sie wie Schiesspulver, ja ihre Wirkung ist noch 4- bis 5mal stärker als die des letzteren. Muss diese Wolle hiernach als ein höchst gefährlicher Körper angesehen werden, so ist es unerlässlich, bei derartigen Versuchen die grösste Vorsicht und nur ganz kleine Quantitäten Wolle auf einmal anzuwenden.

Die chemische Veränderung, welche die Baumwolle erfährt, wenn sie in das erwähnte Säuregemisch getaucht wird, besteht der Hauptsache nach darin, dass ein Theil des Wasserstoffs in der Cellulose (je nach der Bereitung 2 bis 5 Atome) durch Unteralpetersäure ( $\text{NO}_4$  oder  $\text{NO}_2$ ) ersetzt wird; der ausgeschiedene Wasserstoff der Cellulose tritt mit dem ausgeschiedenen Sauerstoff der Salpetersäure zu Wasser zusammen. Das wie angegeben bereitete Präparat besteht vorherrschend aus Trinitrocellulose. Man nennt diese Art der Einwirkung eine Substitution. Die Schiesswolle enthält sonach viel mehr Sauerstoff als die gewöhnliche Baumwolle, und ausserdem noch Stickstoff in chemischer Verbindung; der erstere bewirkt die heftige Verbrennung, der letztere aber, sammt den durch die Verbrennung gebildeten Gasarten, die heftige Explosion. Die Schwefelsäure hilft nur indirect mit, indem sie das in der Salpetersäure enthaltene und das aus der Baumwolle ausscheidende Wasser an sich zieht und festhält. Aehnlich wie die Cellulose wird auch der Mannazucker und das Glycerin durch Salpetersäure in eine explodirende Verbindung verwandelt (Nitromannit und Nitroglycerin).

34\*

**568. Collodium.** In Aether, dem man etwa  $\frac{1}{8}$  starken Alkohol zugesetzt hat, löst sich die Trinitrocellulose nicht, wohl aber eine Nitrocellulose, welche man auf die Weise bereitet, dass man 1 Theil Baumwolle in ein noch warmes Gemisch aus 20 Theilen gestossenem Kalisalpeter und 31 Theilen englischer Schwefelsäure bringt, gut durcharbeitet und bedeckt 24 Stunden stehen lässt, worauf man sie mit grossen Mengen Wasser vollständig auswäschte. Dass hierbei die Schwefelsäure die Salpetersäure des Salpeters frei macht und diese nun auf die Cellulose wirkt, ist kaum nöthig zu bemerken. Die ätherische, klebrige Lösung dieses Präparats lässt beim Verdunsten des Aethers das Gelöste als eine feine, feste, biegsame und für Wasser undurchdringliche Haut zurück. Man benutzt dieselbe unter dem Namen Collodium anstatt des Heftpflasters, zur Bereitung kleiner Luftballons, in der Photographie u. a. m.

Man nannte solche Verbindungen, in denen ein indifferenter organischer Körper sich mit starken Säuren unter Neutralisation vereinigt, als ob er eine Basis wäre, oder aber mit starken Basen, als ob er eine Säure wäre, früher gepaarte Verbindungen und den betreffenden organischen Körper den Paarling.

#### Veränderung der Pflanzenfaser durch Alkalien.

**569.** Wird Cellulose mit Kalihydrat ohne Luftzutritt erhitzt, so verwandelt sie sich ohne Schwärzung in Producte der manichfachsten Art, nämlich in Wasserstoff, Methylalkohol (Holzgeist), Oxalsäure, Kohlensäure, Ameisensäure, Essigsäure und Propionsäure, welche letzteren mit dem Kali verbunden zurückbleiben. Nimmt man das Erhitzen stärker und bei Luftzutritt vor, so erzeugen sich dunkelbraune, den Humussubstanzen ähnliche Verbindungen aus der Cellulose. Derselben Zersetzung unterliegen auch Stärke, Gummi, Rohrzucker und Krümelzucker bei gleicher Behandlung.

Wie alkalische Stoffe auch bei gewöhnlicher Temperatur auf die Pflanzenfaser wirken, kann man leicht wahrnehmen, wenn man ein Stück gebrannten Kalk in Papier einwickelt und einige Wochen darin liegen lässt, das Papier wird nach dieser Zeit ganz mürbe geworden sein. Die Landwirthe und Gärtner kennen

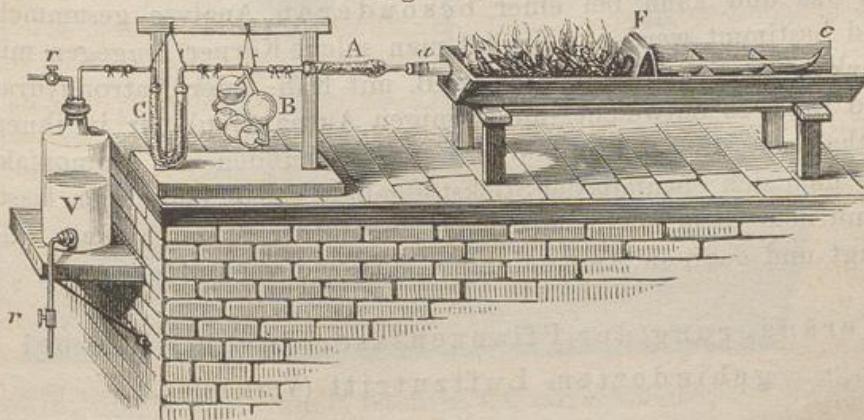
diese Wirkung gar wohl, darum mengen sie Quecken und anderes Unkraut mit Kalk oder Asche, um ein schnelleres Verrotten oder Verwesen derselben zu bewirken.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei freiem  
Luftzutritt (Verbrennung).

570. Verbrennung und Elementaranalyse. Dass Holz etc., an der Luft erhitzt, verbrennt, d. h. in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird, davon ist schon früher ausführlich die Rede gewesen. Alle Pflanzenstoffe lassen sich auf gleiche Weise durch den Sauerstoff der Luft verbrennen. Sind in denselben unorganische Stoffe (Salze und Erden) zugegen, so bleiben diese, weil sie nicht flüchtig sind, als Asche zurück.

Statt durch den Sauerstoff der Luft, kann man die Pflanzenstoffe (desgleichen die Thierstoffe) auch durch den Sauerstoff anderer Körper, die man damit zusammenmischt, z. B. des Kupferoxyds, des chromsauren und chlorsauren Kalis, oder direct durch reines Sauerstoffgas verbrennen. Nimmt man eine solche Verbrennung in einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase *ac* vor, welche mit dem Chlorcalciumrohre *A* und dem Kali- oder

Fig. 169.



Kugelapparate *B* verbunden ist, so wird das bei der Verbrennung gebildete Wasser durch das Chlorcalcium des ersten, die erzeugte Kohlensäure aber durch die Kalilösung des letz-

teren zurückgehalten und man kann nun aus der Gewichtszunahme dieser beiden Gefässe das Gewicht des Wasserstoffs und Kohlenstoffs berechnen, welche der verbrannte Körper enthielt. Was an dem Gewichte des in Untersuchung genommenen Körpers noch fehlt, ist die Menge von Sauerstoff, die er enthielt. Das in der obigen Figur angegebene Uförmige Trocknungsrohr *C* dient zur Fixirung der etwa aus *B* entweichenden Dämpfe, die Aspiratorflasche *V* zur Nachsaugung der letzten Quantitäten von Wasserdampf und Kohlensäure aus der Verbrennungsrohre, und der Blechschirm *F* zur allmälichen Fortleitung des Feuers, welches man durch glühende Kohlen in dem als Ofen dienenden Blechkasten um die Verbrennungsrohre herum erzeugt. Die eigenthümliche Form des Kaliapparates bewirkt eine wiederholte und sehr innige Berührung der gasförmigen Verbrennungsproducte mit der Flüssigkeit, da diese sich von Kugel zu Kugel durch die Kalilösung hindurchdrängen müssen. Auf die angegebene Weise ist man im Stande, die in einem organischen Körper enthaltenen drei Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, mit grosser Genauigkeit zu bestimmen, man nennt eine derartige Untersuchung deshalb eine Elementar-Analyse.

**571. Stickstoffbestimmung.** Enthält ein organischer Körper ausser den drei genannten Elementen auch noch Stickstoff, so entweicht derselbe bei der Verbrennung unverbunden als Gas und kann bei einer besonderen Analyse gesammelt und bestimmt werden. Erhitzt man solche Körper hingegen mit starken wasserhaltigen Basen, z. B. mit Kali- oder Natronhydrat und Kalk, so entweicht (mit wenigen Ausnahmen) der in ihnen enthaltene Stickstoff mit Wasserstoff verbunden als Ammoniak, aus dem sich ebenfalls der Stickstoffgehalt genau berechnen lässt, wenn man es in einem mit Säure angefüllten Kugelapparate auffängt und dann in Ammoniumplatinchlorid verwandelt.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei  
gehindertem Luftzutritt (Verkohlung).

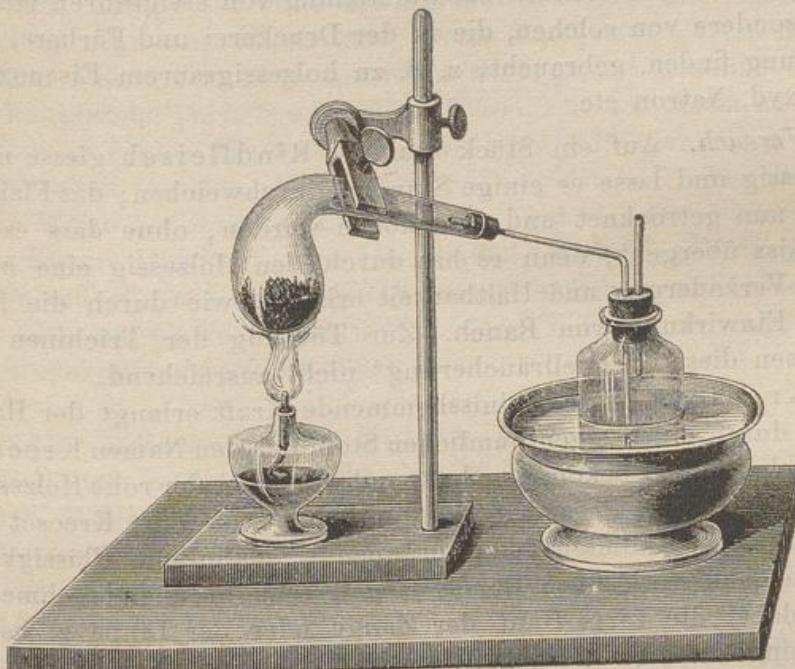
**Unvollständige Verbrennung des Holzes.**

**572.** Wird Holz bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt, wie dies z. B. in den meisten unserer Ofen der Fall ist, so bleibt

ein Theil Kohlenstoff unverbrannt und setzt sich aus den Luftarten, welche die Flamme bilden, als Russ ab. Ebenso nimmt hierbei ein Theil des verbrennenden Kohlenstoffs nur halb so viel Sauerstoff auf, als bei reichlich vorhandener Luft, und es bildet sich ausser Kohlensäure auch Kohlenoxydgas (Kohlendunst). Dass ausser diesen Verbindungen sich auch noch andere eigenthümliche Substanzen bilden, zeigt schon der auffallende Geruch des Rauches und der in den Schornsteinen sich absetzende saure und harzige Glanzruss. Viel deutlicher lassen sich diese Zersetzungspachte der Pflanzenfaser wahrnehmen, wenn man das Holz bei ganz abgeschlossener Luft erhitzt.

*Versuch.* Man unterwerfe Holz, wie es 131 beschrieben worden, der trocknen Destillation; man erhält dabei viererlei durch ihr Aeusseres leicht zu unterscheidende Producte: 1) Holz-

Fig. 170.



kohle, die, weil sie nicht flüchtig ist, zurückbleibt; 2) Leuchtgas, ein Gemenge von Kohlenwasserstoffgasen, Kohlensäure und Kohlenoxydgas, welches man unter dem Namen Holzgas jetzt, wie das Steinkohlengas, zur Beleuchtung benutzt, nachdem man

es zur Erhöhung seiner Leuchtkraft durch eine glühende Röhre getrieben und durch Kalk von der Kohlensäure befreit hat; 3) Holzessig, eine wässrige, saure Flüssigkeit; 4) Holztheer, eine dicke, braune, harzige Flüssigkeit. Die beiden ersten Körper wurden früher schon besprochen, es sind daher nur noch die beiden letzteren etwas näher zu betrachten.

**573. Holzessig und Kreosot.** Aus 1 Pfund trocknen Buchenholzes erhält man ziemlich  $\frac{1}{2}$  Pfund Holzessig. In rohem Zustande hat dieser eine braunschwarze Farbe, welche von aufgelöstem Theer herrührt, einen brenzlichen Geruch und einen sehr sauren, unangenehm-brenzlichen Geschmack. Seine Hauptbestandtheile sind Essigsäure und Wasser; ausserdem enthält er Kreosot, Holzgeist, Aceton und mehre andere eigenthümliche Stoffe. Wegen seines Essigsäuregehalts und seiner Billigkeit wird er vielfach zur Darstellung von essigsauren Salzen, insbesondere von solchen, die in der Druckerei und Färberei Anwendung finden, gebraucht, z. B. zu holzessigsaurem Eiseoxyd, Bleioxyd, Natron etc.

*Versuch.* Auf ein Stück mageres Rindfleisch giesse man Holzessig und lasse es einige Stunden durchweichen; das Fleisch kann nun getrocknet und aufgehoben werden, ohne dass es in Fäulniss übergeht, denn es hat durch den Holzessig eine ähnliche Veränderung und Haltbarkeit erlangt, wie durch die längere Einwirkung von Rauch. Zur Tötung der Trichinen ist indessen diese „Schnellräucherung“ nicht ausreichend.

**Kreosot.** Diese fäulnisshemmende Kraft erlangt der Holzessig durch einen eigenthümlichen Stoff, der den Namen Kreosot (Fleischerhalter) bekommen hat, und von dem der rohe Holzessig ungefähr 2 bis 3 Proc. aufgelöst enthält. Das reine Kreosot ist eine farblose, allmälig sich bräunende, ölahnliche Flüssigkeit, welche sehr stark nach Rauch riecht, sehr brennend schmeckt und dabei die zarte Haut der Zunge oder der Lippe zerbeizt, und eingenommen höchst giftig wirkt. Das Holztheerkreosot ist ein Gemenge von Guajacol ( $C_7H_8O_2$ ) mit dem homologen Kresol ( $C_8H_{10}O_2$ ). Statt seiner kommt jetzt fast immer Phenol oder Steinkohlenkreosot (580) im Handel vor. Man wendet dasselbe häufig, in der Regel mit Nelkenöl versetzt, gegen Zahnweh an, muss es aber in diesem Falle noch mit etwas Weingeist, in dem

es sich leicht löst, verdünnen, weil es ausserdem zu ätzend wirkt. 5 Grm. Wasser lösen etwa 1 Tropfen Kreosot auf; diese Auflösung (Kreosotwasser oder Aqua Binelli), die auf Fleisch ebenso wirkt wie Holzessig, wird als blutstillendes Mittel angewendet. Der Rauch, der sich bei der nie ganz vollständigen Verbrennung von Holz oder Steinkohlen in unseren Oefen bildet, enthält immer etwas Kreosotdampf, und diesem verdankt er seinen eigenthümlichen Geruch und die Eigenschaft, die Augen zu Thränen zu reizen. Alles, was die vollständige Verbrennung hindert, z. B. mangelnder Luftzug, nasses Brennmaterial, muss demnach die Kreosotbildung vermehren und den Rauch beissender machen. Zum Räuchern von Fleisch ist dieser Rauch gerade der wirksamste, daher erzeugt man ihn zu diesem Behufe absichtlich durch Feuer von grünem Reissigholze oder durch Hemmung des Luftzuges.

**574. Holzgeist oder Methylalkohol.** Destillirt man den Holzessig sehr langsam, so geht zuerst eine geistige, branntweinähnliche Flüssigkeit über, die roher Holzgeist genannt wird. Der Hauptsache nach besteht diese Flüssigkeit aus einem Körper, welcher in seinen Eigenschaften und Umwandlungen die grösste Aehnlichkeit mit dem Alkohol oder Weingeist hat, aber in anderer Weise zusammengesetzt ist. Man hat sie, dieser Aehnlichkeit wegen, Holzgeist oder Holzalkohol (Methyloxydhydrat) genannt und gewinnt sie in den Holzessigfabriken in solcher Menge, dass man sie, bis zu 70° bis 80° Tr. durch Rectification verstärkt, als Brennspiritus verkauft (683).

**575. Holztheer.** Der Holztheer ist harziger Natur, d. h. nicht löslich in Wasser, wohl aber in Weingeist; ausserdem ist er sehr kohlenreich, wie schon aus seiner schwarzen Farbe geschlossen werden kann. Bei der Destillation trennt er sich in ein flüchtiges Oel (Holztheeröl), aus dem sich verschiedene flüssige Kohlenwasserstoffe abscheiden lassen, von denen einer unter dem Namen Pinaffin als Brennöl benutzt wurde, und in ein nichtflüchtiges, schwarzes Brandharz oder Pech. Dieselbe Trennung erfolgt auch, nur langsamer, wenn man Holz mit Theer anstreicht; das in den Poren des Holzes erhärtende Harz verhindert dann das Eindringen des Wassers, und hierdurch, wie durch das auch im Holztheer enthaltene Kreosot, wird die Zer-

setzung des Holzes durch die Fäulniss verhindert (Theeren und Kalfatern der Schiffe etc.). Wird das Holztheeröl stark abgekühl, so setzt sich aus ihm ein krystallinischer, wachsähnlicher Körper, Paraffin genannt, ab, der gereinigt eine blendendweisse, durchscheinende, perlmutterglänzende, zwischen 45° und 65° schmelzende Masse darstellt, die man zur Kerzenfabrikation verwendet, seitdem man sie durch trockne Destillation gewisser Braunkohlen- und Torfsorten in grösseren Mengen gewinnt. Das Paraffin besteht aus einem Gemenge verschiedener, mit dem Sumpfgase homologer fester Kohlenwasserstoffe.

Die trockne Destillation des Holzes zeigt auf eine recht in die Augen fallende Weise, wie ausserordentlich leicht und manchfach die organischen Körper sich zersetzen und in ganz eigenthümliche neue Körper umwandeln lassen. Nur erhitzt braucht das Holz zu werden, um in eine Säure und einen branntweinähnlichen Körper, in öl-, wachs- und harzartige Stoffe, in Leuchtgas und Kohle zu zerfallen. Und hiermit ist die Zersetzung keineswegs geschlossen. Ausser den hier genannten Körpern sind noch viele andere aufgefunden worden, die gleichzeitig mit erzeugt werden, und jeder dieser Körper lässt sich wieder durch Erhitzung, durch Behandlung mit Säuren, Basen, Chlor u. s. w. in zahllose andere umwandeln. In dieser Region steht den chemischen Forschungen ein Feld offen, das gar keine Grenzen hat, ein Feld, das um so unabsehbarer sein muss, als alle Pflanzenstoffe, bei Abschluss von Sauerstoff erhitzt, verkohlt und in brenzliche Producte, die aber bei verschiedenen Körpern wieder verschieden sind, zerlegt werden, wie man dieses bei der trocknen Destillation des Tabacks in den Tabackspfeifen, der Steinkohlen, Braunkohlen etc. recht deutlich sehen kann.

#### Unvollständige Verbrennung der Steinkohlen.

576. **Steinkohlentheer.** Steinkohlen sind aus Pflanzen der Vorzeit entstanden, die bei einer Erdrevolution zusammengeschwemmt und tief unter Schlamm und Erde begraben wurden. Erhitzt man Steinkohlen beim Abschluss der Luft, so erhält man, ähnlich wie aus Holz: 1) Kohle (Coaks), 2) brennbare Gase (Leuchtgas), 3) eine wässrige, brenzliche Flüssigkeit (Theerwasser), und

4) eine harzige, schwarze, dicke Flüssigkeit (Steinkohlentheer). Das aus Steinkohlen erhaltene Theerwasser enthält, weil die Steinkohlen weit stickstoffreicher sind als das Holz, nur eine Spur Essig, in grösserer Menge dagegen einen stickstoffhaltigen basischen Körper, das bekannte Ammoniak, mit Kohlensäure verbunden; man kann es daher als Düngemittel oder zur Salmiakbereitung verwenden.

Der Steinkohlentheer, welcher jetzt sehr allgemein zum Anstreichen von Holz, Eisen und Lehmäckern (Dorn'sche Dächer; besser sind jedoch die mit Theer gekochten Dachpappen) gebraucht wird, um sie gegen Feuchtigkeit zu schützen, kann zwar, wie der Holztheer, durch Destillation ebenfalls in einen flüchtigen Theil (Steinkohlentheeröl) und in einen pechartigen, nichtflüchtigen Theil (künstlicher Asphalt) getrennt werden; die darin enthaltenen besonderen Stoffe sind aber zum Theil ganz anderer Art, wie die des ersteren. Durch wiederholte Destillation und gesonderte Auffangung des zuerst und zuletzt übergehenden Destillates (fractionirte Destillation) lässt sich das Steinkohlentheeröl in leichtes, auf dem Wasser schwimmendes, und in schweres, in Wasser untersinkendes Oel trennen. Durch weiter fortgesetzte fractionirte Destillationen hat man aus dem leichten Oele folgende flüssige Kohlenwasserstoffe abgeschieden:

Benzol . . . =	$C_{12}H_6$ ( $C_6H_6$ )	siedet bei	82°
Toluol . . . =	$C_{14}H_8$ ( $C_7H_8$ )	"	111°
Xylol . . . =	$C_{16}H_{10}$ ( $C_8H_{10}$ )	"	139°
Pseudocumol =	$C_{18}H_{12}$ ( $C_9H_{12}$ )	"	168°

Diese Verbindungen bilden eine sogenannte homologe Reihe (690), deren Glieder vom Benzol an immer um  $C_2H_2$  oder  $CH_2$  steigen, womit auch eine regelmässige Steigerung des Siedepunktes eintritt, welche für einen Mehrgehalt von  $CH_2$  28 bis 29° C. beträgt. Das schwere Oel enthält, ausser einigen festen weissen oder farblosen, krystallinischen Kohlenwasserstoffen, als:

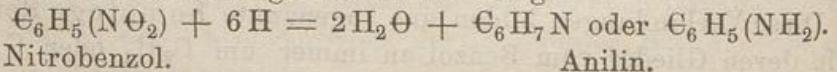
Naphtalin . . . =	$C_{10}H_8$	schmilzt bei	79°	siedet bei	218°
Fluoren . . . =	$C_{13}H_{10}$	"	166°	"	305°
Anthracen . . . =	$C_{14}H_{10}$	"	213°	"	über 360°
Phenanthren . . . =	$C_{14}H_{10}$	"	100°	"	340°

hauptsächlich zwei alkoholähnliche (stickstofffreie) Körper, Phenol und Kresol, nebst kleineren Mengen von basischen stickstoff-

haltigen Körpern, als: Anilin, Picolin, Leucolin etc. Besondere technische Bedeutung haben Benzol, Anilin, Anthracen und Phenol erlangt.

577. Benzol (Steinkohlenbenzin),  $C_6H_6$ . Constitution desselben s. S. 517. Ihren Namen erhielt diese farblose, nicht unangenehm riechende, schon bei  $80^{\circ}$  siedende und bei  $0^{\circ}$  erstarrende Flüssigkeit, weil man sie zuerst aus der Benzoesäure erhielt, als man diese mit Kalk destillirte. Sie löst Fette und Harze leicht auf und ist daher statt des Terpentinöls zum Fleckausmachen, wie statt des Aethers zur Bestimmung des Fettes in der Schafwolle, in der Butter u. a. fetthaltigen Stoffen sehr geeignet. Durch rauchende Salpetersäure verwandelt sich das Benzol in Nitrobenzol,  $C_6H_5(N\Theta_2)$ , indem 1 At. Wasserstoff durch 1 At. Untersalpetersäure ersetzt wird; dasselbe stellt eine ölahnliche, gelbliche Flüssigkeit von süßem Geschmack und bittermandelähnlichem Geruch dar, die unter dem Namen „künstliches Bittermandelöl“ zu Parfümerieartikeln und dergleichen Verwendung findet (Petroleumbenzin s. 582).

578. Anilin, Phenylamin oder Amidobenzol,  $C_6H_7N$  oder  $C_6H_5(NH_2)$ , wird aus dem schweren Theeröl durch Salzsäure ausgezogen oder aber aus dem Nitrobenzol dargestellt, indem man dasselbe mit reducirenden Substanzen, wie Zink und Salzsäure, Eisenfeile und Essigsäure oder Schwefelwasserstoff und Ammoniak behandelt. Im ersten Falle bewirkt der Wasserstoff *in statu nascendi* folgende Umwandlung:



In letzterem Falle kann man die eintretende Veränderung so ansehen, als ob die Untersalpetersäure durch Amid ersetzt worden wäre. Das Anilin kann demnach als eine Verbindung von Phenyl,  $C_6H_5$  mit Amid,  $NH_2$ , als Phenylamin, oder als Benzol, in welchem 1 At. H durch 1 At. Amid ersetzt wurde, als Amidobenzol, betrachtet werden. Dasselbe ist eine farblose, bei  $185^{\circ}$  kochende, bei längerer Aufbewahrung sich bräunende Flüssigkeit, die sich wie eine starke Basis verhält und durch Chlorkalklösung purpurroth, durch chromsaures Kali und Schwefelsäure blau wird und mit Salzsäure befeuchtetes Fichtenholz gelb färbt.

**Anilinfarben.** Das käufliche Anilin ist ein Gemenge von Anilin und Toluidin, welches letztere aus dem Nitrotoluol auf dieselbe Weise erzeugt wird, wie das Anilin aus dem Nitrobenzol. Durch Behandlung mit Arsensäure, salpetersaurem Quecksilberoxyd und anderen oxydiren wirkenden Substanzen liefert dieses eine neue Basis, Rosanilin,  $C_{20}H_{19}N_3$ , welche an sich zwar farblos ist, aber mit Säuren, namentlich mit Salzsäure und Essigsäure, metallisch glänzende, grüne Salze giebt, die sich in Weingeist mit prachtvoll rother Farbe auflösen (Anilinroth oder Fuchsin). Ersetzt man im Rosanilin 3 Wasserstoffatome durch Aethyl, so erhält man Triäthyl-Rosanilin, eine Basis, deren Salze sich mit blauvioletter Farbe auflösen (Anilinviolett). Ähnlich verhält sich Phenyl, Triphenyl-Rosanilin giebt mit Salzsäure ein Salz, das sich mit blauer Farbe löst (Anilinblau). Andere hierher gehörige Farben sind: Anilingrün, Anilinbraun, Anilingelb oder Chrysanilin, Anilinpurpur oder Mauvein u. a.

**579. Anthracen und Alizarin.** Der feste, mit dem Phenanthren isomere Kohlenwasserstoff Anthracen,  $C_{14}H_{10}$ , geht, wie sein hoher Kochpunkt (360°) lehrt, bei der Destillation des Steinkohlentheeres ganz zuletzt über und stellt, nachdem er durch Umkristallisiren aus Alkohol gereinigt ist, farblose, seidenglänzende Schuppen und Tafeln mit schönblauer Fluorescenz dar. Derselbe hat wissenschaftlich und technisch eine hohe Bedeutung erlangt, weil es gelungen ist, aus ihm den für die Türkischroth-Färberei so wichtigen rothen Farbstoff, welchen die Natur in den Krappwurzeln erzeugt, das Alizarin (774) künstlich nachzubilden. Das Anthracen geht nämlich beim Kochen mit Salpetersäure in Oxyanthracen oder Anthrachinon,  $C_{14}H_8O_2$ , über und dieses verwandelt sich unter successiver Einwirkung von Brom, Kali und einer Säure in höherer Temperatur in Alizarin (Dioxyanthrachinon) =  $C_{14}H_8O_4$ . Durch Erhitzen mit Zinkstaub kann man dasselbe wieder zu Anthracen reduciren.

**580. Phenol, Phenylalkohol oder Carbonsäure,  $C_6H_6O$ ,** ist in kleiner Menge im Castoreum und bisweilen im Urin von pflanzenfressenden Thieren enthalten, in grösserer Menge in dem schweren Steinkohlentheeröl, aus welchem es durch Kalilauge ausgezogen und durch Salzsäure aus der Lösung abgeschieden

wird. Rein stellt es farblose Säulen dar, die an der Luft zu einer ölartigen, nach Rauch und Bibergeil riechenden Flüssigkeit zerfließen; es ist giftig, in Wasser schwer, in Alkohol leicht löslich. In dieser Form führt es auch den Namen Steinkohlenkreosot, welches unvermerkt die Stelle des eigentlichen Kreosots (Holz- oder Buchenkreosot) eingenommen hat. Fast alles jetzt im Handel vorkommende Kreosot ist unreines, kresolhaltiges, röthlich gefärbtes Phenol. Dasselbe wirkt sehr faulnisswidrig oder antiseptisch und stellt eins der kräftigsten Conservations- und Desinfectionsmittel organischer Stoffe dar. Von den mannichfachen Substitutionsproducten des Phenols ist das Trinitrophenol das bekannteste, worin 3 At. H durch 3 At. N<sub>2</sub> ersetzt sind. Es kommt im Handel in der Form gelber, sehr bitterer Krystallblättchen unter dem Namen Pikrinsäure vor und wird zum Gelbfärben von Wolle und Seide benutzt. Die Salze derselben explodiren beim Erhitzen mit grosser Heftigkeit und dienen zur Anfertigung von Sprenggeschossen. Das Kresol ist eine dem flüssigen Phenol fast ganz gleiche Verbindung.

Die neuere Chemie zählt das Benzol, Anilin, Phenol etc. zu der Gruppe der sogenannten aromatischen Verbindungen. Die dieser Gruppe angehörenden Körper zeichnen sich durch einen verhältnissmässig reichen Gehalt an Kohlenstoff aus, von welchem Elemente sie mindestens 6 Atome (C<sub>6</sub> oder C<sub>12</sub>) enthalten.

#### Unvollständige Verbrennung von Torf, Braunkohle, Bläterschiefer etc.

**581.** Torf und Braunkohle geben bei der trocknen Destillation theils dieselben, theils sehr ähnliche Producte, wie Holz und Steinkohle. Aus dem Theer derselben erhält man durch fractionirte oder unterbrochene Destillation: a. Paraffin, b. leichte Oele (Photogen), c. schwere Oele (Solaröl), d. ganz schwere, dicke Oele (Schmieröle). Je reicher Torf und Braunkohle an Wasserstoff sind, desto mehr liefern sie Theer und desto mehr flüchtige Oele in dem Theer. Die Bogheadkohle in England, die Wachskohle von Weissenfels, der Leuchttorf von Oldenburg und gewisse bituminöse Schieferarten sind solche wasserstoffreiche Materialien, aus denen man jetzt fabrikmässig Photogen, Solaröl, Paraffin u. a. Kohlenwasserstoffe darstellt, welche

bekanntlich als Beleuchtungsmittel ganz allgemein in Gebrauch gekommen sind.

#### Petroleum, Bergtheer, Asphalt etc.

582. Eine ähnliche Zerlegung, wie sie die Steinkohlen bei der trocknen Destillation erfahren, muss wohl auch an manchen Orten im Innern der Erde, sei es durch vulcanische Hitze oder durch einen eigenthümlichen Fäulnissprocess, stattfinden; denn wir sehen, dass in vielen Ländern Körper entweder aus der Erde hervordringen oder in der Erde lagern, die sehr grosse Aehnlichkeit mit den Destillationsproducten der Steinkohlen haben.

So das Petroleum oder Steinöl in Nordamerika u. a. O., aus welchem man durch unterbrochene Destillation und Rectification unter anderen folgende Gemenge von Kohlenwasserstoffen darstellt:

Petroleumäther (Ligroin) kocht bei 48 bis 60° C., entzündet sich sofort an einem flammenden Körper, mit Luft gemengt unter Explosion. Durchgeblasene Luft wird durch den aufgenommenen Dampf entzündlich und lässt sich wie Leuchtgas verwenden. Weitere Verwendung findet der Petroleumäther, wie das folgende Benzin als äusseres Medicament und zum Auflösen von Fetten, Harzen, Kautschuk etc. — Benzin, kocht bei 60 bis 80° C. und wird häufig mit dem Benzol (577) verwechselt, es braucht jedoch 6 Vol. Weingeist von 90° zur Lösung (Benzol nur  $\frac{1}{2}$  Vol.) und löst Jod mit anilinrother Farbe auf (Benzol mit rothbrauner). — Raffinirtes Petroleum, das allbekannte Brennöl, soll erst bei 145 bis 150° C. kochen und sich an einem brennenden Span nicht augenblicklich entzünden. Enthält es leichter flüchtige Kohlenwasserstoffe, so verdampfen diese im Oelbehälter und bilden mit der darin befindlichen Luft ein explosives Gemenge, welches, durch Zurückschlagen der Flamme entzündet, schwere Verletzungen herbeiführen kann. Schwere Oele sind Paraffin-, Neutral-, Schmier-, Spindelöl etc. — Vaselin, eine schmalzartige, durchscheinende, zu den Paraffinen zu rechnende, bei 40° C. schmelzende Masse, die man statt des Fettes zu Salben verwenden kann, wird in Amerika aus den Rückständen von der Destillation des Petroleum gewonnen. Diese Rückstände sind auch ein vorzügliches Material zur Leuchtgasbereitung.

Die folgende Zusammenstellung mag noch zeigen, dass ausser dem Petroleum auch noch andere Naturkörper vorkommen, welche

mit den Producten der trocknen Destillation der Steinkohlen, dem Leuchtgase, dem Theer, Pech etc. übereinkommen.

Künstlich werden aus  
Steinkohlen erzeugt:

- |  |   |
|--|---|
| a) Leuchtgas.                              | — a) Brennbare Gase (heiliges Feuer der Parsen), strömen hier und da aus Felsenspalten.                   |
| b) Steinkohlen-<br>theeröl.                | — b) Steinöl, quillt in Persien, Nordamerika etc. aus der Erde hervor.                                    |
| c) Steinkohlen-<br>theer.                  | — c) Bergtheer, wird in manchen Erdschichten Persiens und Frankreichs etc. angetroffen.                   |
| d) Künstl. Asphalt                         | — d) Natürlicher Asphalt (Judenpech), findet sich im todtten Meere und in anderen asiatischen Seen.       |
| e) Ammoniakali-<br>sches Theer-<br>wasser. | — e) Ammoniakhaltiges Wasser, strömt als Dampf, in Gemeinschaft mit Boraxsäure, bei Toscana aus der Erde. |
| f) Coak (C).                               | — f) Anthracit (C), kommt, wie Steinkohle, in mächtigen Lagern in der Erde vor.                           |

#### Veränderung der Pflanzenfaser durch Verwesung (Humusbildung).

583. Verwesung der Pflanzenfaser. Lässt man Pflanzenfaser, z. B. Holz, Blätter, Stroh etc., an der Luft liegen, so saugen sie Feuchtigkeit ein und werden allmälig braun und mürbe: sie gehen in Verwesung über. Der chemische Process, der hierbei eintritt, hat sehr grosse Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz beim Verbrennen erleidet, er geht nur ungleich langsamer von Statten; was bei der Verbrennung in Minuten geschieht, das bewirkt die Verwesung erst in Jahren. Bei der Verbrennung wird aus den Bestandtheilen des Holzes und dem Sauerstoff der Luft Kohlensäure und Wasser; dieselben Producte wer-

den auch bei der Verwesung des Holzes gebildet. Bei der Verbrennung oxydirt sich der Wasserstoff schneller als der Kohlenstoff; Gleches geschieht auch bei der Verwesung. Aus dem zuletzt angegebenen Verhalten erklärt es sich leicht, warum das Holz, ebenso beim Verbrennen wie beim Verwesen, eine dunklere, erst braune, zuletzt schwarze Farbe annimmt; wenn verhältnissmässig mehr Wasserstoff fortgeht als Kohlenstoff, so muss nothwendiger Weise der Rückstand bei immer weiter fortschreitender Zersetzung kohlenreicher und damit in der Regel auch dunkelfarbiger werden.

**584. Humus.** Die braune oder schwarze Masse, in welche die Pflanzenstoffe, während sie verwesen, zerfallen, hat den Namen Humus erhalten. Wie Holz, welches nur theilweise verbrannt ist, noch weiter verbrennen kann, so zersetzt sich auch der Humus allmälig weiter, und in beiden Fällen behält man zuletzt, nach beendigter Verbrennung oder Verwesung, nur eine geringe Menge von nichtflüchtigen Salzen und Erden — die Asche — übrig, die das Holz während seines Wachstums aus der Erde aufgenommen hatte. Denkt man sich, diese beiden Zersetzungspresesse gehen in zwei Perioden vor sich, so entsteht:

	bei der Verbrennung:	bei der Verwesung:
aus dem Holze in der 1. Periode:	$\left. \begin{array}{l} \text{Wasser (viel),} \\ \text{Kohlensäure,} \\ \text{halbverbrann-} \\ \text{tes Holz;} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Wasser (viel),} \\ \text{Kohlensäure,} \\ \text{Humus;} \end{array} \right\}$
aus dem halb- verbrannten Holze in der 2. Periode:	$\left. \begin{array}{l} \text{Wasser} \\ \text{(wenig),} \\ \text{Kohlensäure,} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Wasser} \\ \text{(wenig),} \\ \text{Kohlensäure,} \end{array} \right\}$
übrig bleibt:	Asche.	zurückbleibt: Asche.

Humus bedeutet so viel als verwesende organische Stoffe. In diesem Sinne ist der Name Humus schon seit langen Zeiten in der Land- und Forstwirtschaft bekannt und geehrt. Humusdecke wird die obere, schwarze oder braune Erdschicht genannt, die sich in den Wäldern durch Verwesung der abgefallenen Blätter gebildet hat; humusreich die dunkle, fette Ackererde, in der sich viele halbzersetzte organische Stoffe be-

finden; humusarm die dürre, helle Erde, in der sie fehlen. Der Landwirth weiss, dass, entgegengesetzt dem Waldboden, der Humus in seinen Feldern sich vermindert, wenn er diese nicht gehörig düngt oder zu oft Halmfrüchte nach einander darauf baut; er weiss, dass humusreiche Felder in der Regel fruchtbarer sind als humusarme; er sucht daher den durch die Vegetation verzehrten Humus durch Unterackern von Stroh und Thierexcrementen (Düngung), oder von grünen Pflanzen (Gründüngung), oder durch Abwechselung von Pflanzen, die viele Wurzeln in dem Boden zurücklassen (Brachfrüchte), mit solchen, die nur schwach bewurzelt sind (Getreide), in seinen Feldern wieder zu ersetzen. Auf einem Acker Land, welcher mit Klee bebaut war, bleiben mehre 1000 Pfund Wurzeln in der Erde zurück, auf einem mit Korn oder Weizen bebauten vielleicht nur  $\frac{1}{4}$  so viel: es ist daher klar, dass sich in dem ersten Falle bedeutend mehr Humus durch die Verwesung der Wurzeln erzeugen muss, als in dem letzteren. Die Erhöhung der Fruchtbarkeit, welche der Landwirth auf die angegebene Weise erzielt, ist indess nicht dem Humus allein zuzuschreiben, sondern es haben daran auch die unorganischen Stoffe (Salze und Erden), die in den Düngemitteln und dem Erdboden enthalten sind, einen bestimmten Anteil.

Betrachtet man die Entstehung des Humus, so wird man leicht wahrnehmen, dass unter diesem Namen sehr verschiedenartige Stoffe vorkommen müssen, denn die Zusammensetzung desselben ändert sich mit jedem Tage, da mit jedem Tage ein wenig Kohlenstoff und Wasserstoff davon oxydirt und ausgeschieden wird. Alter Humus enthält demnach immer mehr Kohlenstoff in seiner Mischung als junger. Noch schwankender wurde der Begriff von Humus, als die Chemiker auf die Idee kamen, auch andere braune oder schwarze Stoffe, die sich beim Abdampfen von Pflanzensaften oder Pflanzenabkochungen, oder aus Holz, Stärke, Zucker etc. bilden, wenn man diese Stoffe mit Säuren oder Alkalien kocht, mit diesem Namen zu belegen. Die Benennung Humus wurde dadurch zu einem Findelhause, in das alle aus Pflanzen- oder Thierstoffen entstandene Körper gebracht wurden, die braun oder schwarz aussahen und im Wasser unlöslich oder doch sehr schwer löslich waren.

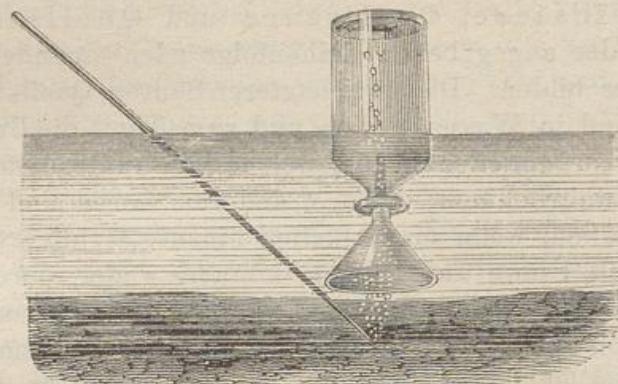
**585. Humussäuren.** Von dem durch Verwesung entstandenen Humus, wie wir ihn in der Ackererde finden, glaubt man, dass er ein Gemenge sei von mehren selbständigen braunen Stoffen, nämlich von Ulmin, Humin, Ulminsäure, Humin-säure, Geinsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, die sich in der angegebenen Reihenfolge nach einander aus der Pflanzenfaser bilden. Die zwei letzteren Säuren, Quell- und Quellsatzsäure, sind in Wasser löslich und zum Theil die Ursache der gelben oder bräunlichen Farbe, welche wir an dem Sumpf- oder Torfwasser wahrnehmen; die drei anderen Säuren sind in Wasser nur dann löslich, wenn man Alkalien hinzusetzt; die zwei ersten Stoffe endlich, Ulmin und Humin, können weder durch Wasser noch durch Alkalien auflöslich gemacht werden. Hiernach haben wir uns unter dem Gesammtausdruck Humus ein Gemenge von braunen, zum Theil löslichen, zum Theil unlöslichen, zum Theil sauren, zum Theil neutralen Verwesungsstoffen zu denken, welche sich bei Gegenwart von Luft, Wasser und Wärme ununterbrochen weiter zersetzen und dabei Kohlensäure, Wasser, nebst etwas Ammoniak und Salpetersäure erzeugen. Diese vier Stoffe sind unentbehrliche Nahrungsmittel für die Pflanzen; in humusreichem Boden werden daher die Pflanzen kräftiger emporwachsen, weil sie darin mehr von diesen Nährstoffen antreffen und durch ihre Wurzelsäulen aufsaugen können, als in einem humusarmen Erdreich. Ausserdem wirkt der Humus noch wohltätig auf die Vegetation, weil er durch die Entwicklung von Kohlensäure das Erdreich auflockert und die Lösung von Mineralstoffen befördert, weil er die Fähigkeit hat, Wasser aus der Luft anzuziehen und lange in sich festzuhalten, und weil er durch die in ihm enthaltenen Säuren auch noch Ammoniak aus der Luft, wie auch aus dem Dünger aufzusaugen und festzuhalten vermag.

#### Veränderung der Pflanzenfaser durch Fäulniss.

**586.** In anderer Weise als bei der Verwesung erfolgt die Zersetzung der Pflanzenfaser, wenn die Luft gar nicht oder nur unvollständig zutreten kann, wenn z. B. die Zersetzung unter Wasser erfolgt, wie wir sie in Teichen, Sümpfen und Flüssen wahrnehmen.

*Sumpf gas. Versuch.* Man bohre einen Stab in den Schlamm eines Teiches ein und fange die emporsteigenden Luftblasen in

Fig. 171.



einer darüber gehaltenen, mit Wasser gefüllten Flasche auf; die Flasche wird unter Wasser verstöpselt, wenn alles Wasser herausgedrängt ist. In die Flasche bringt man ein wenig Wasser und nachher ein kleines Stückchen Aetzkali oder Aetzkalk, verstopft sie schnell, schüttelt sie einige Minuten und entfernt dann

Fig. 172.



den Kork unter Wasser: es wird etwas Wasser in die Flasche eindringen, weil die Basen eine Quantität des Gases verschluckt

haben. Das verschluckte Gas war Kohlensäure. Hält man nun einen brennenden Holzspan an die Oeffnung der Flasche und treibt das übrige Gas durch Zugießen von Wasser aus, so entzündet es sich und verbrennt mit blauer Flamme. Man nennt dieses Gas Sumpfgas (leichtes Kohlenwasserstoffgas); es besteht aus Kohlen- und Wasserstoff, wie das gewöhnliche Leuchtgas, enthält aber, mit diesem verglichen, eine geringere Menge von Kohlenstoff und brennt deswegen, ohne stark zu leuchten. Diese beiden Gasarten, Kohlensäure und Sumpfgas, sind aus den unter Wasser zersetzen Pflanzentheilen entstanden. Das Sumpfgas oder Grubengas (120),  $\text{CH}_4$ , kann auch als Methylwasserstoff  $\text{CH}_3\text{H}$ , angesehen werden. Sein neuester wissenschaftlicher Name ist Methan.

**587. Fäulniss.** Bei mangelndem Sauerstoff verbindet sich also der Wasserstoff der Pflanzenfaser mit einem Theile des Kohlenstoffs, während er sich bei Ueberfluss an Sauerstoff mit diesem vereinigt. Auch hier bleibt eine kohlenstoffreiche, dem Humus ähnliche Masse zurück, in den Teichen als schwarzer Schlamm, in den Sümpfen als Torf. Diese Art der Zersetzung wird Fäulniss genannt; sie hat einige Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz bei der unvollständigen Verbrennung (Verkohlung, trockne Destillation) erleidet, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	Bei der Verkohlung	Bei der Fäulniss
wird die Pflanzenfaser verwandelt in	a) Leuchtgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verbrannte Stoffe (Theer, Coak etc.)	a) Sumpfgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verfaulte Stoffe (Schlamm, Torf).

**588. Torf und Moor.** Der Torf (Moor, Moder, saurer Humus) bildet sich aus Sumpfpflanzen, die unter Wasser langsam verfaulen; jedes Jahr entsteht eine neue Vegetation, die abermals nach ihrem Vergehen zu Boden sinkt, und es kann auf diese Weise im Laufe der Zeit ein Morast ganz zuwachsen, ja sich zu einem Hügel erhöhen (Hochmoore). Der junge Torf bil-

det ein braunes, faseriges Gewebe, an dem sich die einzelnen Pflanzenteile noch deutlich unterscheiden lassen (Wurzel- oder Stechtorf); mit der Zeit aber zerfällt er zu einer schwarzen, schlammigen Masse, die man, ähnlich wie Lehmziegel, in Stücken formt (Streichtorf). Der alte schwarze Torf glimmt nur beim Verbrennen, ein Beweis, dass der Wasserstoff der Pflanzen, aus denen er entstanden, während der Fäulniss zum grössten Theile abgeschieden wurde. Dagegen kommen aber auch, obwohl nur vereinzelt, Torfarten vor, die so mit Erdharz, Paraffin oder wachsartigen Stoffen durchzogen sind, dass sie mit lebhafter Flamme brennen (Leuchttorf). Die Torfmasse ist dem Wachsthum der Pflanzen sehr ungünstig; entsäuert man dieselbe aber, nach Entfernung der stauenden Nässe, sei es durch Neutralisation der Säure mittelst Asche oder Kalk, durch langes Aussetzen an die Luft, oder durch theilweises Brennen etc., so geht sie allmälig in milden (neutralisirten) Humus über und wirkt nun sehr günstig auf die Vegetation.

**589. Säuerlinge.** Bei der Torfbildung erzeugt sich, wie oben bemerkt worden, fortwährend Kohlensäure; ein Theil dieser Kohlensäure bleibt im Wasser gelöst, und hieraus erklärt es sich, warum die Gewässer, die durch Torflager in die Erde sickern und an tieferen Stellen als Quellen wieder zum Vorschein kommen, oft so viel Kohlensäure enthalten, dass sie als Mineralwässer (Säuerlinge) gebraucht werden können. Finden sie unterwegs Eisenoxydul, Kalk, Magnesia etc. in den Gesteinen, so sind sie, ihres Kohlensäuregehaltes wegen, im Stande, kleine Quantitäten davon aufzulösen (334). Auf diese Weise entstehen viele der in der Natur vorkommenden Mineralwässer.

**590. Braun- und Steinkohle.** Ausser dem Torfe finden wir noch zweierlei andere Arten von zersetzen Pflanzenstoffen in der Erde, die ebenfalls wegen ihres Reichthums an Kohlenstoff als Brennmaterialien benutzt werden: die Braunkohle und Steinkohle. Beide sind Ueberreste einer Vegetation, welche die Erde bedeckte, ehe noch Menschen dieselbe bewohnten. Höchst wahrscheinlich sind sie aus den Pflanzen und Bäumen einer früheren Zeit dadurch entstanden, dass diese durch Ueberschwemmungen und andere mehr oder weniger gewaltsame Re-

volutionen, welche die Erdrinde erlitt, unter mächtigen Lagern von Sand und Thonschlamm begraben wurden und sich in der Tiefe auf eine der Fäulniss ähnliche Weise zersetzen, während der Sand zu Sandstein, der Thonschlamm zu Schieferthon erhärtete. Da, wo die Decke der Erdschichten nicht stark genug war, um das Entweichen der Kohlensäure und des Sumpfgases zu verhindern, z. B. bei vielen Arten von Braunkohle, finden wir das Holz oft seiner Form nach noch so wohl erhalten, dass wir die Jahresringe daran erkennen können (bituminöses Holz); an anderen Orten hingegen ist das Holz in eine braune Masse verwandelt, die mit dem Humus oder Streichtorf grosse Aehnlichkeit hat (erdige Braunkohle). War der Druck der aufliegenden Erdmassen aber so stark, dass die bei der Zersetzung der verschütteten Pflanzen sich bildenden Gasarten nicht entweichen konnten, so mussten dieselben nothwendiger Weise bei der Kohlenmasse zurückbleiben. Hierdurch und durch die starke Zusammenpressung unter der Last einer oft tausend, ja mehre tausend Fuss dicken Erd- oder Steinschicht erklärt sich einmal die dichte, compacte, steinähnliche Beschaffenheit vieler Kohlen, insbesondere der Steinkohlen, ferner auch die Eigenschaft derselben, mit Flamme zu verbrennen. Die in ihnen verdichteten Gase erhalten wir als Leuchtgas und Kohlensäure wieder, wenn wir die Kohlen in einer Retorte erhitzten.

**591. Bildung der Stein- und Braunkohle.** Es ist eine allgemein bekannte Sache, dass nasse Pflanzenstoffe, als Gras, Heu, Mist etc., sich erhitzen und in eine kohlenreiche, schwarze Masse verwandeln, wenn sie in Haufen fest über einander liegen; diese faulige Verkohlung, die wir hier im Kleinen wahrnehmen, musste auch im Grossen eintreten, wenn bei einer Erdrevolution Massen von Pflanzen zusammengeschwemmt und mit Schlamm überdeckt wurden; sie musste um so vollständiger erfolgen, je grösser der Druck war, der auf denselben lastete, und je länger die Zeit dieser Zersetzung währte. Die Steinkohle finden wir gewöhnlich in grösserer Tiefe und zwischen älteren Gebirgsschichten (im Uebergangsgebirge) als die Braunkohle, die meist der Oberfläche der Erde näher, zwischen jüngeren Gebirgschichten (im tertiären Gebirge) vorkommt; wir schliessen daraus, dass die Steinkohlenbildung in einer früheren Zeit, die Brau-

kohlenbildung erst in einer späteren ihren Anfang nahm. Welche ausserordentliche Verschiedenheiten bei diesem Zersetzungspocesse stattfanden, je nachdem die Pflanzen verschieden waren, je nachdem viel oder wenig Wasser, Wärme, Luft, Druck etc. mitwirkten, das sehen wir recht deutlich an der ausserordentlichen Mannichfaltigkeit der gebildeten Producte. Manche Stein- und Braunkohlen brennen mit lebhafter Flamme, andere mit schwacher, noch andere mit gar keiner Flamme; manche schmelzen in der Hitze (Back- oder Schmiedekohlen), andere zerfallen zu einem sandigen Pulver (Sandkohlen); manche geben nur 1 Proc. Asche, andere 20 bis 30 Proc. u. s. w.

**592. Faules, weisses Holz.** *Versuch.* Man fülle zur Sommerzeit ein Fläschchen halb mit befeuchteten Holzspänen, verstopfe es und stelle es einige Monate bei Seite: das Holz wird nach und nach seinen Zusammenhang verlieren und zu einer weissen, zerreiblichen Masse zerfallen. In der Luft des Gefässes brennt dann ein Holzspan nicht fort, denn sie enthält keinen freien Sauerstoff mehr, sondern Kohlensäure; das Wasser ist gleichfalls verschwunden, es hat sich chemisch mit der Holzfaser verbunden. Eine ähnliche Veränderung tritt oft genug auch im Innern der Baumstämme ein, wenn die Luft nicht frei hinzutreten kann; das bekannte weisse, faule Holz entsteht auf diese Weise. Hat die Luft freien Zutritt, so bildet sich eine erdähnliche, braune Masse (Humin, Ulmin), wie wir sie in hohen Ulmen, Weiden, Linden und anderen Bäumen antreffen.

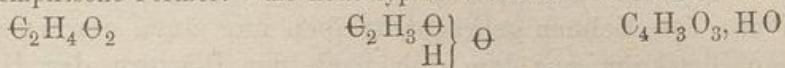
**593. Conservirung des Holzes.** Die Zersetzung, welchen das Holz durch die Verwesung und Fäulniss ausgesetzt ist, lassen sich auf mannichfache Weise aufhalten und verlangsamen, und zwar:

- 1) durch scharfes Austrocknen, wodurch das Wasser der Safttheile entfernt wird;
- 2) durch Auslaugen mit Wasser oder Dampf, wodurch der Saft aufgelöst und entfernt wird;
- 3) durch Anstreichen mit Körpern, die das Eindringen des Wassers verhindern, z. B. mit Firniss, Theer, Pech etc.;
- 4) durch Einpressung von Salzlösungen, welche fäulnisswidrig wirken, z. B. von Quecksilbersublimat (Kyanisiren), Kalksalzen (Incrustiren), Eisensalzen (Metallisiren) u. a. m.

sich auf die Atomgewichte S. 492. Danach ist also  $C = 12$  oder  $C_2 = 16$  oder  $O_2 = 16$ ,  $H = 1$ ,  $S = 32$  oder  $S_2 = 32$ ,  $H_2O = 18$  oder  $2H_2O = 36$  etc.

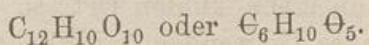
Die mit denselben dargestellten Formeln lassen sich sonach ohne Schwierigkeit dadurch auf die alten Formeln zurückführen, dass man die Atomzahlen der durchstrichenen Symbole verdoppelt, die undurchstrichenen dagegen unverändert lässt. Das Essigsäurehydrat z. B. hat

die neue empirische Formel: die neue typische Formel: die alte Formel:



Das Wasser erhält in den Fällen, wo es nicht der organischen Verbindung zugerechnet wird, die Bezeichnung  $H_2O$ .

### I. Pflanzenfaser oder Cellulose.

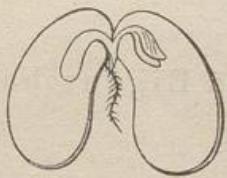


#### Keimen der Samen.

**556. Keimen.** In dem Samenkorne schlummert die Lebensfähigkeit; durch Feuchtigkeit und Wärme bringen wir sie zum Erwachen.

**Keimen von Bohnen.** *Versuch.* Man übergiesse einige Bohnen mit Wasser und lasse sie so lange an einem mässig warmen Orte stehen, bis die Keime hervorbrechen und die aufgeschwollenen Samen sich in zwei Hälften theilen. Betrachtet man

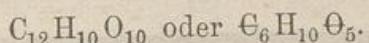
Fig. 163.



sie jetzt genauer, so bemerkt man an der Spitze, wo der Keim erscheint, zwei zarte, weisse Blättchen; aus diesen entwickeln sich bei weiterem Wachsthum Stengel und Blätter, während der Keim sich zur Wurzel ausbildet. Die feste Masse, woraus diese jungen Organe bestehen, heisst Pflanzenfaser; sie hat

die Form von manichfach gestalteten, theils kugeligen, theils schlauchartig in die Länge gezogenen, an einander gereihten, hohlen Blasen oder Zellen, die mit einer farblosen Flüssigkeit, dem Saft oder Vegetationswasser, angefüllt sind. Kann das

## II. Stärke oder Amylum.



**594. Vorkommen.** Aus dem Safte, welcher die Zellen der Pflanzen erfüllt, setzt sich in den meisten Gewächsen, hauptsächlich in der Periode des Reifens, eine Art von Mehl ab, welches unter dem Namen Stärke oder Amylum bekannt ist. Was man mit blossen Augen für Mehlstäubchen hält, das erkennt man durch das Vergrösserungsglas als kleine, rundliche oder eiförmige Körnchen oder Kügelchen. Wie diese in den Pflanzen liegen, kann man aus Fig. 173 ersehen, die einige Zellen aus einer durchschnittenen Kartoffel darstellt.

Fig. 173.



Wird eine frische Pflanze mit Wasser zerquetscht und die Flüssigkeit dann abgepresst, so geht ein grosser Theil der Stärke mit dem Saft aus der Pflanzenfaser heraus und setzt sich bei ruhigem Stehen aus der Flüssigkeit als ein mehlartiger Schlamm ab. Hieraus erklärt sich der Name Satzmehl, mit dem man früher die Stärke bezeichnete. Sehr reich an Stärke sind die Kartoffeln, die Getreidekörner und die Hülsenfrüchte. Als

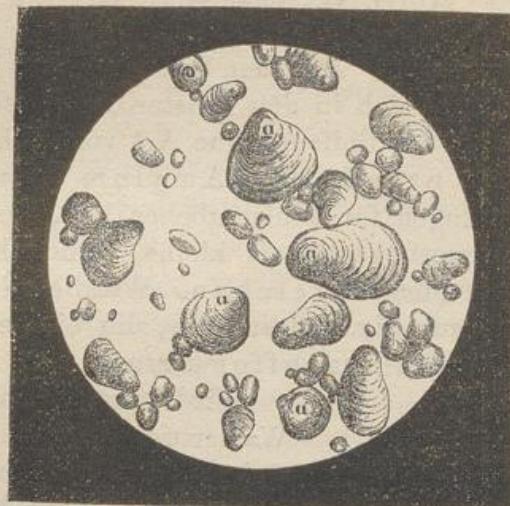
stärkereiche Substanzen sind ausserdem noch aufzuführen: der Mais, der Reis und das Haidekorn. Unter dem Namen Arrowroot oder Kraftmehl wendet man in der Heilkunde ein Stärkemehl an, welches in Ost- und Westindien aus den Wurzeln einiger Sumpfpflanzen dargestellt wird.

## Kartoffeln und Kartoffelstärke.

**595. Bereitung. Versuch.** Man zerreibe einige Kartoffeln auf einem Reibeisen, knete den erhaltenen Brei mit etwas Wasser durch einander, und drücke ihn durch ein Leinwandläppchen: der Faserstoff der Zellen, noch mit Stärke gemengt, bleibt

zurück, der Saft, mit dem grössten Theile der Stärkekörnchen läuft durch. Lässt man die trübe Flüssigkeit eine Stunde lang

Fig. 174.



ruhig stehen, so wird sie klar, weil die schwerere Stärke sich am Boden ablagert. Man giesst nun das Flüssige ab, reinigt die Stärke durch mehrmaliges Aufgiessen von frischem Wasser und Wiederabsetzen, und trocknet sie an einem nicht zu heissen Orte.

Die Kartoffelstärke hat unter dem Vergrösserungsglase (Fig. 174) die Form eiförmiger Kugelchen, die aus vielen, um den Punkt *a*, den sogenannten Nabel, herum abgelagerten Schalen bestehen und von einer feinen Hülle von Cellulose umgeben sind; sie glänzt in der Sonne, fühlt sich hart an und hat immer eine mehr pulvige als klümprige Beschaffenheit.

**Pflanzenweiss in den Kartoffeln. Versuch.** Die von der Stärke abgegossene klare Flüssigkeit wird in einem Kochfläschchen erhitzt; sie trübt sich, wenn die Hitze sich dem Siedepunkte nähert, und lässt nach mehrmaligem Aufwallen einen flockigen, grauweissen Körper fallen, den man abfiltrirt. Es ist derselbe Körper, der schon in 557 erwähnt wurde, Pflanzeneiweiss, ausgezeichnet durch seine Aehnlichkeit mit dem Eiweiss der Eier und des Blutes, wie insbesondere durch seine Eigenschaft, im kalten und warmen Wasser sich aufzulösen, durch Kochen aber zu gerinnen. Er enthält Stickstoff, die Stärke nicht.

*Versuch.* Von dem geronnenen Eiweiss streiche man etwas auf ein Platinblech und erhitze es durch eine Lampe: es wird mit einem sehr unangenehmen, brenzlichen Geruche verbrennen. Stärke auf gleiche Weise behandelt, riecht zwar auch brenzlich, aber bei weitem weniger unangenehm. Alle stickstoffhaltigen Körper verhalten sich in dieser Beziehung wie das Eiweiss, alle stickstofffreien wie die Stärke; daher verbreitet ein wollener Lappen beim Versengen einen viel widrigeren Geruch, als ein baumwollener oder leinener; in der Wolle ist nämlich Stickstoff enthalten, in der Baumwolle und dem Leinen nicht.

*Farbstoff in den Kartoffeln.* Eine frisch durchschnitten Kartoffel hat eine weisse Farbe, diese geht aber bei langerem Liegen an der Luft in Braun über; eine gleiche Veränderung geht mit der aus den zerriebenen Kartoffeln ausgepressten Flüssigkeit vor sich: sie ist im Anfange farblos, wird aber allmälig dunkler. Der noch nicht genau untersuchte Stoff, welcher diesen Farbenwechsel bewirkt, wird mit dem allgemeinen Namen Farbstoff bezeichnet; er ist im Wasser löslich, wie wir aus dem zuletzt angegebenen Verhalten desselben sehen.

*Conservirung der Kartoffeln.* *Versuch.* Man mische 20 Tropfen Schwefelsäure mit 100 Grm. Wasser und giesse dieses Sauerwasser auf eine in dünne Scheiben zerschnittene Kartoffel; nach 24 Stunden werden die Scheiben herausgenommen, so lange gewässert, bis sie nicht mehr sauer schmecken, und getrocknet. Mit dem Saft verlieren die Kartoffeln hierbei Eiweiss und Farbstoff und bilden nach dem Trocknen eine feste, mehlige, weisse und geschmacklose Masse, die mit kochendem Wasser übergossen wieder aufschwollt und erweicht. Ohne diese Behandlung getrocknete Kartoffeln werden grau und hornartig und bekommen einen unangenehmen Geschmack.

#### Erbsen und Erbsenstärke.

**596. Bereitung.** *Versuch.* Man übergiesse eine Handvoll Erbsen in einem geräumigen Topfe mit Wasser und lasse sie einige Tage in der warmen Stube stehen: ein grosser Theil des Wassers wird von den Erbsen eingesogen und diese quellen dadurch auf und werden endlich so weich, dass sie sich mit den

Fingern zerdrücken lassen. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so zerquetscht man dieselben in einem Mörser, setzt so viel Wasser

Fig. 175.



hinzu, dass ein dünner Brei entsteht, und presst diesen mittelst eines Leinwandläppchens aus. Auch hier erhält man, wie bei den Kartoffeln: 1) Faserstoff, der in dem Läppchen zurückbleibt; 2) Pflanzeneiweiss, wenn die abgegossene Flüssigkeit bis zum Kochen erhitzt wird; 3) Stärke, die sich beim Stehen aus der trüben Flüssigkeit absetzt. Die Erbsenstärke besteht aus eiförmigen, in der Mitte länglich-sternförmig ausgehöhlten, zum Theil an einander hängenden Körnern. In der vergrösserten Abbildung (Fig. 175) sind die mit *a* bezeichneten Körnchen aus trocknen Erbsen, die mit *b* bezeichneten dagegen aus grünen. Von gleicher Form sind auch die Stärkekügelchen der Bohnen, Wicken und Linsen. Die Samen der Lupine, obgleich auch zu den Hülsenfrüchten gehörend, enthalten kein Stärke-mehl, sondern an dessen Stelle gallertartige Körper (Pectinverbindungen).

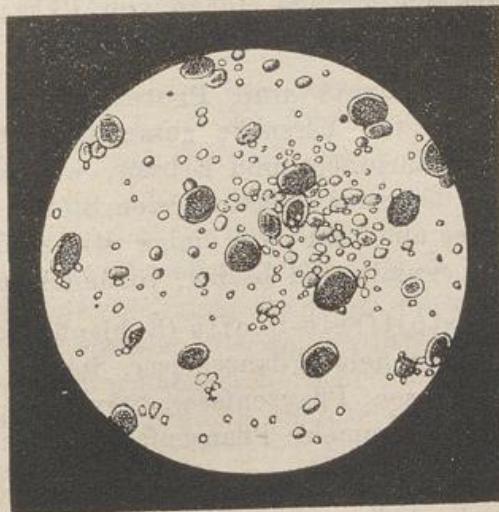
Pflanzencasein in den Erbsen. *Versuch.* Hat man aus der eben erwähnten Flüssigkeit das Pflanzeneiweiss durch Kochen und Filtriren entfernt, so versetze man sie mit einigen Tropfen Essig: es wird sich abermals ein flockiger, weisser Kör-

per abscheiden; dieser heisst Legumin oder Pflanzencasein (Käsestoff), weil er sowohl in seiner Zusammensetzung als in seinen Eigenschaften die grösste Aehnlichkeit mit dem in der Milch enthaltenen Käse (Thiercasein) hat. Das Pflanzencasein ist, wie das Pflanzeneiweiss, reich an Stickstoff, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, dass es nicht durch Kochen, wohl aber durch Säuren zum Gerinnen gebracht wird. Es findet sich in dem Saftre sehr vieler Pflanzen, am reichlichsten in dem Samen der Hülsenfrüchte; auch die Kartoffeln enthalten eine kleine Menge davon.

#### Weizenmehl und Weizenstärke.

597. Bereitung. *Versuch.* Eine Handvoll Weizenmehl wird mit so viel Wasser besprengt, dass daraus beim Durchstossen in einem Mörser ein steifer Teig entsteht; diesen bindet man in ein Läppchen von dichter Leinwand und knetet ihn unter öfterem Aufgiessen von Wasser so lange durch, bis das Wasser nicht mehr milchig davon abläuft. Aus dem trüben Wasser setzt

Fig. 176.



sich nach einiger Zeit ein weisses Mehl ab, es ist Stärke. Die Weizenstärke besteht aus glanzlosen, linsenförmigen grösse-

ren und zahlreichen kleineren Körnchen (Fig. 176), die in feuchtem Zustande sich gern an einander hängen, weshalb die im Handel vorkommende Weizenstärke immer zu lockeren Klumpen zusammengebacken ist. Zu Pulver zerrieben ist sie unter dem Namen Puder bekannt. Ein ganz gleiches Ansehen zeigt auch die Stärke der Roggen-, Gersten- und Haferkörner unter dem Vergrösserungsglase, nur nimmt man auf der Oberfläche der letzten, der Haferstärkekugelchen, eine schwache, netzförmige Zeichnung wahr.

**Kleber und Eiweiss in dem Weizen.** Die Stärke ist der eine Hauptbestandtheil des Weizenmehls, wie aller Mehlarthen, der zweite bleibt, mit Pflanzenfaser gemengt, in dem Tuche als eine klebrige, zähe, graue Masse zurück, die den Namen Kleber (Pflanzenfibrin und Pflanzenleim) erhalten hat. Der Kleber quillt in Wasser nur auf, ohne sich vollständig zu lösen; in seiner Zusammensetzung kommt er ganz mit dem Pflanzeneiweiss und Legumin überein, er ist, wie diese, reich an Stickstoff (629).

Bringt man das von der Stärke abgegossene Wasser zum Kochen, so trübt es sich und giebt, wenn es etwas eingedampft ist, einen schwachen, flockigen Niederschlag; das Weizenmehl enthält also auch eine geringe Menge von Pflanzeneiweiss.

**598. Kohlenhydrate und Proteinstoffe.** Werden die Resultate der letzten Versuche zusammengestellt, so findet man, dass in den Kartoffeln und Erbsen, wie in dem Weizenmehl, sich neben den zwei stickstofffreien Stoffen: Pflanzenfaser und Stärke, immer auch ein oder einige stickstoffhaltige Stoffe: Pflanzeneiweiss, Legumin und Kleber, vorfinden, nämlich:

Stickstofffreie Stoffe (Kohlenhydrate)  
in den Kartoffeln: Pflanzenfaser, Stärke;  
in den Erbsen: Pflanzenfaser, Stärke;  
in dem Weizenmehl: Pflanzenfaser, Stärke.

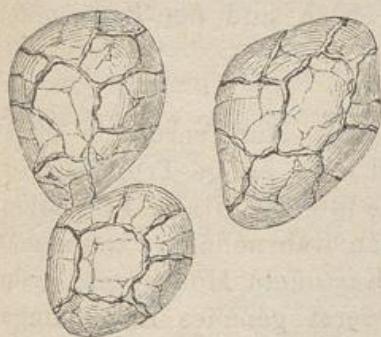
Stickstoffhaltige Stoffe (Proteinstoffe)  
in den Kartoffeln: Pflanzeneiweiss, Legumin (wenig);  
in den Erbsen: Pflanzeneiweiss, Legumin (viel);  
in dem Weizenmehl: Pflanzeneiweiss, Kleber (viel).

Die stickstofffreien Pflanzenbestandtheile Cellulose und Stärke fasst man, nebst dem Dextrin und Zucker, unter dem Collectivnamen **Kohlenhydrate**, die drei genannten stickstoffhaltigen dagegen unter dem Namen **Proteinstoffe** oder eiweissartige Stoffe zusammen. Kleine Quantitäten des einen oder anderen finden sich in dem Saft jeder Pflanze.

#### Verhalten der Stärke gegen Wasser und Jod.

**599.** Durch starkes Reiben mit Wasser, sowie durch Einwirkung von Speichel, wird ein Theil der Stärke löslich (Granulose). Wird angefeuchtete Stärke erhitzt, so bildet sie hornartige Krümelchen, die mit kochendem Wasser übergossen aufschwellen und gallertartig und durchscheinend werden; man nennt diese Krümelchen **Sago**. Der ächte Sago kommt aus Indien und wird daselbst aus dem Stärkemehl bereitet, welches man in dem Marke mancher Palmbäume findet.

Fig. 177.



Durch Wasser aufgequollen finden wir die Stärkekörnchen auch in den gekochten Kartoffeln. In 100 Pfund roher Kartoffeln sind ungefähr 70 bis 75 Pfund wässriger Saft und 18 bis 22 Pfund Stärke enthalten; bei der Hitze des kochenden Wassers oder Wasserdampfes wird dieser Saft von der Stärke eingesogen und die angeschwollenen Körnchen füllen nun die Zellen, welche dadurch eine abgerundete Gestalt bekommen, ganz aus. Die netzförmige Zeichnung der vergrösserten Zellen (Fig. 177) führt von dem geronnenen Eiweiss des Saftes her, welches die Fugen zwischen den einzelnen Körnchen ausfüllt. Alle unsere Backwaaren enthalten Stärke als Hauptbestandtheil und verdecken derselben ihre krümliche und lockere Beschaffenheit.

**600. Stärkekleister. Versuch.** Man erhitze in einem Schälchen 1 Thl. Stärke mit 20 Thln. Wasser unter stetem Umrühren bis zum Kochen: das Gemisch wird erst schleimig, end-

lich dick wie eine Gallerte. Die Stärkekörnchen saugen Wasser ein und schwollen dadurch so auf, dass die einzelnen Schalen derselben zerreißen. Unter dem Namen Kleister wird die aufgequollene Stärkemasse bekanntlich als Klebstoff, unter dem Namen Papp als Verdickungsmittel der Druckfarben vielfach angewendet. Zieht man Wäsche und andere gewebte Waaren durch dünnen Stärkebrei, so erlangen sie nach dem Trocknen Steifigkeit und durch Plätzen oder starkes Reiben und Pressen ein glänzendes Ansehen (Appretur). Das starke Aufquellen vieler unserer bekanntesten Nahrungsmittel, als des Reisses, des Griesses, der Gräupchen, der Bohnen, Erbsen und Linsen etc., wenn wir sie mit Wasser kochen, erklärt sich nun leicht durch die grosse Reichhaltigkeit derselben an Stärke.

**Milchsäure aus Stärke.** *Versuch.* Lässt man Stärkekleister längere Zeit an einem warmen Orte stehen, so wird er nach und nach dünnflüssig und sauer: er geht hierbei in eine eignethümliche Säure über, die den Namen Milchsäure erhalten hat. Dieselbe Säure wird beim Sauerwerden der Milch erzeugt und ertheilt der geronnenen Milch und der Buttermilch den bekannten sauren Geschmack.

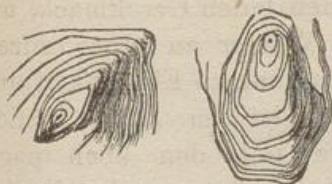
**601. Stärke und Jod.** *Versuch.* Man verdünne etwas Stärkekleister mit vielem Wasser und setze einige Tropfen Jodtinctur (178) hinzu: es entsteht eine intensiv blaue Flüssigkeit (Jodstärke). Dieselbe Farbe kann man wahrnehmen, wenn man einen Tropfen Jodtinctur auf Mehl, Kartoffeln, Möhren etc. tropft; wir haben in dem Jod ein äusserst genaues Erkennungsmittel des Stärkemehls.

#### Veränderung der Stärke durch Röstung und Säuren.

**602. Geröstete Stärke.** *Versuch.* Wird Stärke in einem Löffel durch eine kleine Spirituslampe erhitzt und während der Erhitzung (Röstung) fortwährend umgerührt, damit sie nicht an der heissen Bodenfläche anbacken und anbrennen kann, so nimmt sie nach einiger Zeit eine gelbe, weiterhin eine braun-

gelbe Farbe an und hat nun die neue Eigenschaft, sich in kaltem und heissem Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit aufzulösen.

Fig. 178.



(Gewöhnliche Stärke löst sich in kaltem Wasser gar nicht, in heissem Wasser aber quillt sie nur auf.) Unter dem Vergrösserungsglase haben die Stärkekügelchen nun ein aufgeblähtes und aufgeblättertes Ansehen und zeigen die concentrischen Schichten, aus denen sie bestehen, recht deutlich.

Man nennt die auf diese Weise ver-

änderte Stärke: geröstete Stärke oder Stärkegummi. Sie wird jetzt häufig im Grossen, gewöhnlich durch Rösten in grossen Kaffeetrommeln, dargestellt, da sie sich sehr gut zum Verdicken der Farben und Beizen in den Zeugdruckereien eignet.

**603. Stärkegummi. Versuch.** Man vermengt in einem Schälchen 20 Grm. Stärke genau mit 5 Grm. Wasser und 6 Tropfen Salpetersäure, lasse das Gemenge an der Luft trocken werden und stelle es sodann auf die Platte eines geheizten Ofens, welche so heiss ist, dass sie schwach zischt, wenn man sie mit einem feuchten Finger berührt. Nach einigen Stunden wird alle Salpetersäure entfernt sein und eine Probe der Stärke sich in kaltem Wasser ziemlich, in heissem vollständig auflösen. Das so bereitete Stärkegummi hat eine weisse oder höchstens eine schwach gelbliche Farbe und führt den Namen Leïosome.

**Versuch.** Man bereite sich aus Kartoffelstärke durch Kochen mit Wasser einen Kleister, und versetze diesen, während er noch heiss ist, in einer Untertasse unter fortwährendem Rühren mit einigen Tropfen Schwefelsäure. Dass diese Säure eine Veränderung der Stärke bewirkt, ergiebt sich schon durchs blosse Auge, denn die kleistrige Masse wird sehr bald dünnflüssig werden. Die Tasse wird nun auf einen Topf gestellt, in welchem Wasser gelind kocht (Dampfbad), und in den heissen Wasserdämpfen, die den Inhalt der Tasse nicht ganz bis zum Sieden bringen, so lange gelassen, bis die darin befindliche Flüssigkeit eine durchsichtige Beschaffenheit erlangt hat. Ist dies geschehen, so setzt man zu der Flüssigkeit messerspitzenweise so lange ge-

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

schlemme Kreide, bis sie nicht mehr sauer reagirt, und lässt sie dann, nachdem der entstandene Gyps abfiltrirt worden, an

Fig. 179.



einem warmen Orte eintrocknen. Der Rückstand hat ein amorph-glasartiges Ansehen, einen faden Gesckmack, und löst sich im Wasser zu einer durchsichtigen, schleimigen Flüssigkeit auf; in Weingeist ist er nicht löslich. Pflanzenstoffe mit den eben angeführten Eigenschaften werden im Allgemeinen Gummi genannt; das hier aus der Stärke gewonnene Gummi hat den besonderen Namen Dextrin erhalten. Mit dem Namen Amydulin bezeichnet man eine noch nicht genau untersuchte Uebergangsstufe zwischen Stärke und Dextrin.

**604. Stärkezucker.** *Versuch.* Der vorige Versuch wird mit folgender Abweichung wiederholt. Man bringe 100 Grm. Wasser, zu dem man 40 Tropfen Schwefelsäure gegossen hat, zum lebhaften Sieden und setze dann 30 Grm. mit wenig Wasser zu einem Brei angerührte Stärke hinzu, aber nur in kleinen Portionen auf einmal, so dass die Flüssigkeit nicht aus dem Kochen kommt. Ist alle Stärke eingetragen, so lasse man das Gemisch noch einige Zeit gelind kochen, neutralisire die Säure dann durch Kreide und dampfe die von dem gebildeten Gyps abfiltrirte Flüssigkeit so weit ein, bis sie zu einem dicklichen Syrup geworden ist. Dieser hat einen sehr süßen Geschmack und besteht aus einer Auflösung von Zucker in Wasser. Der so dargestellte Stärkesyrup, wie der daraus leicht darzustellende weisse, feste Stärkezucker, beide bilden jetzt eine allgemein gebräuchliche Handelswaare. Der starke, weichlich-widrige Geruch, der sich bei diesem Versuche entwickelt, röhrt von dem in der Kartoffelstärke enthaltenen natürlichen Fuselöle her, welches durch die Schwefelsäure ausgetrieben wird. Bei der Branntweinbereitung ändert sich dieses in Fuselgeist oder Amylalkohol um (686).

**605. Katalyse oder Contactwirkung.** Die Stärke wird, wie diese Versuche zeigen, durch Schwefelsäure bei schwächerer

Erhitzung in Gummi, bei stärkerer in Zucker umgewandelt. Auch in letzterem Falle entsteht erst Dextrin, welches aber nach und nach in Zucker übergeht. Man kann hiernach die Einwirkung der Schwefelsäure in zwei Acte theilen:

im ersten Acte wird die Stärke zu Dextrin,  
im zweiten Acte wird das Dextrin zu Zucker.

Wie diese Einwirkung erfolgt, darüber kann man sich noch keine genaue Rechenschaft geben; man ersieht nur aus den Formeln

für Stärke =  $C_{12}H_{10}O_{10}$  ( $C_6H_{10}O_5$ )  
und für Krümelzucker =  $C_{12}H_{12}O_{12}$  ( $C_6H_{12}O_6$ )

dass bei der Verwandlung der Stärke in Zucker eine chemische Bindung der Elemente von Wasser stattgefunden hat, und dass es jedenfalls die Schwefelsäure gewesen ist, welche diese Bindung bewirkte.

Nun ist aber von der Schwefelsäure nichts zersetzt und nichts gebunden worden, denn man findet in dem gebildeten Gypse genau dieselbe Menge von Schwefelsäure wieder, die man angewendet hatte; sie wirkt sonach hier auf eine ganz andere Weise, als gewöhnlich, ähnlich wie der Platinschwamm, der auch in anderen Körpern eine chemische Thätigkeit hervorzurufen vermag, ohne sich selbst dabei zu verändern. Diese eigenthümliche Wirkungsweise der Schwefelsäure und des Platins wird mit dem Namen Wirkung durch Contact (Berührung), oder Wirkung durch Katalyse (Umwandlungskraft) bezeichnet.

#### Veränderung der Stärke durch Malz.

**606. Malz und Diastas. Versuch.** Man übergiesse 10 Grm. gröblich zerstossenes Gerstenmalz (555) mit 80 Grm. lauem Wasser, lasse das Gemenge einige Stunden in der Nähe eines Ofens oder in der Sonne stehen und giesse es dann durch ein Leinwandläppchen; in der durchgelaufenen Flüssigkeit (Malzauszug) findet sich ein noch nicht genau bekannter Stoff, Diastas genannt, aufgelöst, durch den die Stärke auf dieselbe Weise in Gummi und Zucker umgewandelt werden kann, wie durch Schwefelsäure.

*Versuch.* Ein Viertheil des Malzauszuges wird unter heissen Stärkekleister gerührt, den man sich aus 10 Grm. Kartoffelstärke und 100 Grm. Wasser bereitet hat, und mit demselben so lange gelind erhitzt (aber nicht höher als 65° C.), bis der Kleister dünnflüssig und durchsichtig geworden ist. Nun kocht man die Flüssigkeit bei verstärkter Hitze einigemal auf, giesst sie durch ein Läppchen und lässt sie an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrig bleibende Masse ist der bei 603 erhaltenen gleich, sie besteht aus Dextrin oder Stärkegummi (Gommeline).

*Versuch.* Mit den übrigen drei Viertheilen des Malzauszuges verfahre man auf ganz gleiche Weise, nur setze man die Erwärmung einige Stunden fort, was am bequemsten auf der Stelle eines Ofens geschieht, welche der Flüssigkeit nur eine Wärme von 70 bis 75° C. mittheilen kann. Auch hier wird sich zuerst Dextrin bilden; dieses wandelt sich aber bald noch weiter in Stärkezucker um, wie man durch den Geschmack leicht wahrnimmt. Durch Abdampfen erhält man, wie bei 604, Stärkesyrup.

**607. Maischprocess.** Die auffallende Veränderung, welche die Stärke durch das Malz erfährt, ist dem in dem Malze enthaltenen Diastas zuzuschreiben. Wie man sieht, wirkt dieser Stoff ganz ähnlich wie die Schwefelsäure, es ist jedoch ebenfalls noch unbekannt, auf welche Weise seine Wirkung vor sich geht. Bei 100° C., also beim Aufkochen der Flüssigkeiten, wird die Wirkung des Malzes vernichtet. Von grosser Wichtigkeit ist dieser Zuckerbildungsprocess durch das Diastas des Malzes für den Brauer und Branntweinbrenner, denn wenn diese aus Gerste oder Weizen Bier, oder aus Korn und Kartoffeln Branntwein erzeugen wollen, so muss jederzeit das Stärkemehl dieser Substanzen zuvor in Zucker umgewandelt werden, ehe Gährung, und durch diese Weingeistbildung erfolgen kann. In beiden Fällen ist es das Diastas des zum Brauen und Branntweinbrennen unentbehrlichen Malzes, welches bei dem sogenannten Maischprocesse diese Umwandlung bewirkt.

#### Veränderung der Stärke durch den Vegetationsprocess.

**608. Keimen der Gerste.** Der Geschmack des Malzes ist schleimig und süß, weil schon während des Keimens die Um-

bildung der Stärke in Dextrin und während des Kauens die in Zucker beginnt, deren weiteres Fortschreiten man aber in diesem Falle durch Trocknen und Darren verhindert. Lässt man die gekeimte Gerste fortwachsen, wie es auf den Feldern geschieht, so verschwindet nach und nach die ganze Stärke aus dem Korne und geht als Dextrin und Zucker in den Saft der jungen Pflanze, wie man schon an dem süßen Geschmacke der letzteren und an ihrer schleimigen Beschaffenheit beim Zerreiben zwischen den Fingern bemerkt.

**609. Keimen der Kartoffeln.** Auch an den Kartoffeln ist eine gleiche Umänderung deutlich wahrzunehmen. In 100 Pfd. einer und derselben Kartoffelsorte hat man Stärke gefunden: im August 10 Pfund, September 14, October 15, November 16, December 17, im Januar 17, Februar 16, März 15, April 13, Mai 10 Pfund.

Im Herbst nimmt also der Stärkegehalt der Kartoffeln zu, im Winter bleibt er sich gleich, im Frühjahr, wenn die Keimkraft erwacht, nimmt er ab. Es ist eine bekannte Thatsache, dass mit dem Keimen die Kartoffeln weich, schleimig und später süß werden; das aus der Stärke sich bildende Dextrin macht sie schleimig, der aus dem Dextrin sich bildende Zucker macht sie süß. In der Erde schreitet dieser Umwandlungsprocess noch weiter fort, die Kartoffel wird immer weicher und wässriger, und wenn alle Stärke zum Wachsthum der jungen Pflanze verbraucht ist, tritt als Fortsetzung der Verwesungsprocess ein, dessen Producte: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure, als Nahrungsmittel für die schon etwas ältere Pflanze angesehen werden müssen.

**610. Reifen der Früchte.** Unreife Äpfel und Birnen werden durch Jodtinctur blau, sie enthalten sonach Stärke; vollkommen gereift zeigen sie diese Reaction meist nicht mehr, die Stärke ist also beim Reifen verschwunden. Was aus ihr geworden, das verräth uns der Geschmack dieser Früchte; derselbe ist süß, wir müssen daher annehmen, dass auch hier eine Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker stattgefunden habe. Wie es scheint, vermag auch der Frost eine gleiche Wirkung auf die stärkereichen Pflanzenstoffe auszuüben; ist es doch be-

kannt genug, dass gefrorene Kartoffeln, Aepfel, Mispeln etc. nach dem Wiederaufthauen einen süßen Geschmack haben.

**Lichenin, Inulin und Glycogen** (Moos-, Alant- und thierische Stärke).

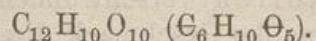
**611.** Als eigenthümliche, von der gewöhnlichen Stärke in mehreren Eigenschaften abweichende, jedoch gleich zusammengesetzte Stärkearten pflegt man noch zu unterscheiden: das **Lichenin**, welches in den Flechten, namentlich in dem sogenannten isländischen Moose vorkommt und diesem die Eigenschaft ertheilt, durch Kochen mit Wasser eine Flüssigkeit zu liefern, die beim Erkalten zu einer kleisterähnlichen Gallerte gerinnt. Die getrocknete Gallerte stellt die Moosstärke (Lichenin) dar; sie wird durch Jodtinctur nicht blau, sondern gelblich gefärbt.

Das **Inulin** kommt, ausser in den Alantwurzeln, in den meisten Wurzeln der Pflanzen aus der Syngenesia, namentlich in den Georгиненknollen und sonst noch häufig im Pflanzenreiche vor und ist dadurch ausgezeichnet, dass es sich in kochendem Wasser vollkommen auflöst, beim Erkalten aber als ein zartes, weisses Pulver aus der Lösung abscheidet. Durch längeres Kochen verwandelt es sich in Zucker. Von Jod wird es ebenfalls nicht blau, sondern bräunlich gefärbt.

Auch im Thierkörper hat man Stärkemehl gefunden, thierische Stärke oder **Glycogen**, namentlich in der Leber, als weisses amorphes Pulver, welches sich mit Jod roth färbt. Der stete Gehalt der Leber an Traubenzucker erklärt sich daraus, dass diese Stärke nach dem Tode des Thieres sich rasch in Traubenzucker oder Glycose umwandelt.

---

### III. Dextrin und Gummi.



**612. Dextrin oder Dextringummi.** Von diesem ist schon in 603, 606 und den folgenden Nummern die Rede gewesen, ebenso auch davon, dass dasselbe auf einer Mittelstufe zwischen

Stärke und Zucker steht, und welche Arten von Pflanzensaften man mit dem allgemeinen Namen „Gummi“ zu belegen pflegt. Das Dextrin ist einer der verbreitetsten Stoffe im Pflanzenreiche, denn grössere oder geringere Mengen davon finden wir in dem Saft jeder Pflanze.

In manchen Pflanzen giebt es aber noch besondere Gummiarten, und zuweilen in so reichlicher Menge, dass sie in Gestalt einer zähen Auflösung aus der Rinde hervordringen und daran zu einer glasähnlichen, getropften Masse erhärten, wie wir dies an unseren Pflaumen- und Kirschbäumen sehen. Der Name Harz, mit dem man diese getrockneten Pflanzensaftes oft bezeichnet, ist um deswillen falsch, weil wir unter Harzen uns Pflanzensaftes zu denken haben, die sich nicht in Wasser auflösen oder aufweichen, wohl aber in Weingeist. Mit dem Gummi verhält es sich umgekehrt, dieses ist in Weingeist unlöslich, wird aber vom Wasser erweicht und aufgelöst. Von dem Dextrin unterscheiden sich diese Gummiarten dadurch, dass sie sich durch Kochen mit Salpetersäure nicht in Kleesäure, sondern in eine eigenthümliche Säure, Schleimsäure genannt, umwandeln.

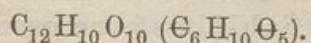
**613. Gummi arabicum (Arabin).** Die bekannteste unter den besonderen Gummiarten ist das arabische Gummi, oder Mimosengummi, welches in Afrika aus mehren acacienähnlichen Pflanzen freiwillig ausschwitzt. Die feineren Sorten davon haben eine weisse, die geringeren eine gelbe oder braune Farbe. Gut ausgetrocknet wird es so hart und spröde, dass es sich zu Pulver zerstossen lässt.

*Versuch.* 1 Thl. Gummi arabicum wird mit 2 Thln. kaltem Wasser übergossen und das Gemenge von Zeit zu Zeit umgekührt: das Gummi wird sich nach einigen Tagen vollständig in dem Wasser zu einem dicken, durchsichtigen Schleime auflösen, der sich beliebig mit Wasser verdünnen lässt. Dieser Schleim hat eine grosse Klebrigkei, man benutzt ihn deshalb häufig statt des Kleisters oder Leims, um Papier etc. zusammenzuleimen oder auch um pulverige Körper in eine zusammenhängende Masse zu verwandeln (Pastellfarben, Räucherkerzen etc.); er hat ferner eine dicke Consistenz, deshalb findet er vielfache Anwendung in den Druckereien als Verdickungsmittel der Farben.

und Beizen, wie als Appreturmittel. Zu letzterem Zwecke eignet sich besonders eine Sorte Gummi, die an den Ufern des Senegals gesammelt wird und hiervon den Namen Gummi-Senegal führt, weil sie einen dickeren Schleim giebt als das gewöhnliche Gummi arabicum.

**Gummi und Weingeist.** *Versuch.* Man giesse von dem erhaltenen Gummischleim einige Tropfen in Weingeist: sie vermischen sich nicht damit, denn das Gummi ist unlöslich in Weingeist. Vermischt man den Gummischleim zuvor mit Wasser, so dass daraus eine dünne, klare Flüssigkeit entsteht und setzt zu dieser Weingeist hinzu, so erfolgt eine Trübung und später ein flockiger Niederschlag; man hat also in dem Weingeist ein Mittel, um aus gummihaltigen Flüssigkeiten das Gummi zu entfernen.

#### IV. Pflanzenschleim (Bassorin).



**614.** Den Pflanzenschleim rechnete man sonst mit unter die Gummiarten; er unterscheidet sich aber von diesen wesentlich dadurch, dass er mit Wasser keine vollkommene, durchsichtige und gleichartige Auflösung giebt, sondern darin nur zu einer trüben und klebrigen, dem Stärkekleister ähnlichen Flüssigkeit aufquillt. Bei der Stärke findet diese Aufquellung nur in heißem Wasser statt, bei dem Pflanzenschleim schon in kaltem. Versetzt man die schleimige Flüssigkeit mit etwas Schwefelsäure oder Salzsäure, so erhält man nach einiger Zeit eine vollkommene Lösung, indem der Pflanzenschleim sich in Zucker und Gummi umwandelt; ausserdem finden sich Kalksalze in der Lösung. Mit Salpetersäure behandelt liefert er, wie das Gummi, hauptsächlich Schleimsäure.

Kleinere Mengen von Pflanzenschleim finden sich fast in jeder Pflanze; besonders reichhaltig sind:

**Tragant** (Gummi-Tragant), der eingetrocknete Saft mehrerer in Griechenland und der Türkei wachsenden Astragalus-Arten. Derselbe kommt im Handel in Gestalt von durchscheinenden weissen, gewundenen, sehr zähen Fäden und Bändern

vor und enthält, neben wenig Gummi und Stärke, nur festen Pflanzenschleim.

**Trag anthschleim.** *Versuch.* Man lasse ein Stückchen Trag anth mit kaltem Wasser einige Tage stehen: es wird erweichen und zu einer steifen, schlüpfrigen Gallerte aufquellen; ein Gramm davon reicht hin, um 250 Grm. Wasser in einen dicken Schleim zu verwandeln, der als Kleb- und Steifungsmittel vielfach benutzt wird. Kocht man den aufgequollenen, trüben Schleim, so erlangt er zwar eine grössere Gleichförmigkeit, aber eine vollständige Auflösung wird dadurch nicht erreicht.

**Kirsch- und Pflaumengummi.** *Versuch.* Uebergiesst man sogenanntes Kirsch- oder Pflaumengummi mit einer grossen Menge Wasser, so löst sich bei längerem Stehen ein Theil (etwa  $\frac{1}{5}$ ) davon auf, die klare Lösung enthält Gummi; der grössere Theil aber bleibt als eine aufgequollene Masse zurück, diese besteht aus Pflanzenschleim. Diese beiden Pflanzensaft sind so nach als Gemenge von Gummi und Pflanzenschleim anzusehen. Salep, die Knollen verschiedener Orchisarten, und Carragheen (sogenanntes Carragheen-Moos), eine gelblichweisse Meeresalge, bestehen fast ganz aus Pflanzenschleim. Ersterer wird als Arzneimittel, letzteres als Weberschlichte und Klebmittel verwendet. Von einheimischen, an Pflanzenschleim reichen, und deshalb medizinisch und technisch benutzten Pflanzen und Pflanzenteilen sind noch anzuführen: die Blätter der Malven und des Huf-lattigs, die Altheawurzeln, die Samen von *Plantago Psyllium*, von Lein und Quitten u. a. An den Quittenkernen kann man den Schleim recht deutlich wahrnehmen, denn er umgibt die Samen als ein weisslicher, durchscheinender Ueberzug; wie ergiebig dieser ist, geht daraus hervor, dass 1 Thl. Quittenkerne hinreicht, um 100 Thle. Wasser dickschleimig zu machen.

#### Anhang.

#### Pectin oder Pflanzengallert.

**615.** Die Säfte vieler fleischigen Früchte und Wurzeln, z. B. der Johannis- und Stachelbeeren, Kirschen, Aepfel, Rüben etc.

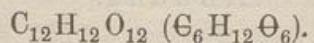
enthalten eine eigenthümliche Art von Schleim, durch den sie die Fähigkeit erlangen, beim Erkalten, besonders nach vorherigem Aufkochen mit Zucker, zu einer gallertartigen Masse (Gelée) zu gestehen. Man hat diesem farb- und geschmacklosen Körper, dem das Gerinnnen der Fruchtsäfte zuzuschreiben ist, den besonderen Namen Pectin (Pflanzengallerte) gegeben und unterscheidet mehrfache Modificationen davon, als z. B. Parapectin, Metapectin, Pectose, Pectinsäure, deren chemische Zusammensetzung jedoch noch nicht genau ermittelt ist. Bei längerem Stehen an einem kühlen Orte verlieren die Fruchtsäfte die Eigenschaft, zu gelatiniren; davon macht man Anwendung, wenn man flüssig bleibende Fruchtsyrup, z. B. Himbeer- oder Kirschsyrup, bereiten will.

---

#### V. Zucker (Saccharum).

616. Mit dem Namen Zucker belegte man sonst alle süß schmeckenden und in Wasser leicht löslichen Pflanzenstoffe. Jetzt beschränkt man diese Bezeichnung auf solche Saftbestandtheile, welche ausser einem süßen Geschmack und einer den Kohlenhydraten entsprechenden chemischen Zusammensetzung die Fähigkeit haben: a) mit Hefe versetzt in Gährung überzugehen und dabei in Weingeist und Kohlensäure zu zerfallen, b) als Lösung die Ebene des polarisirten Lichtstrahles abzulenken. Im Pflanzenreiche kommen als ganz allgemein verbreitete Bestandtheile die folgenden drei Zuckerarten vor: Traubenzucker, Krümelzucker, Rohrzucker und Schleimzucker. Im Thierreiche tritt der Milchzucker als ein Hauptbestandtheil der Milch auf.

#### Traubenzucker, Krümelzucker oder Glycose.



617. Wie die Stärke (auch Cellulose, s. 563) in Zucker umgewandelt werden kann, ist schon bei dieser angeführt worden (604. 606). Diese Zuckerbildung liess sich auf zweierlei Wegen

hervorufen: entweder durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (Stärkesyrup), oder durch Digeriren der Stärke mit Malz oder Diastas (Malzsyrup). Beide Syrupe sind als concentrirte Lösungen von Zucker in Wasser anzusehen. Lässt man stark eingedampften Stärkesyrup längere Zeit ruhig stehen, so sondert sich daraus ein krümlicher Bodensatz aus, während ein Theil der Zuckerlösung flüssig und zähe bleibt. Der so gewonnene feste Zucker, welcher aus feinen, krystallinischen Körnern besteht, wird Stärkezucker oder wegen seiner krümlichen Beschaffenheit Krümelzucker genannt; der flüssige Theil aber, der immer wieder Feuchtigkeit anzieht und zerfliesst, auch wenn er zur Trockne abgedampft wurde, Schleimzucker.

Zucker im Honig. Etwas Aehnliches wie beim Stärkezucker sehen wir beim Honig. Wird dieser nach dem Auslassen längere Zeit aufbewahrt, so theilt sich die erst gleichförmige Masse ebenfalls in zwei Theile, in einen krümlichen festen Bodensatz und eine syrapartige Flüssigkeit; der erstere besteht aus Krümelzucker, die letztere aus Schleimzucker.

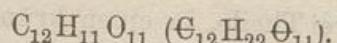
Zucker in Früchten. Dieselbe Zuckerart (Krümelzucker) wird auch, mit Schleimzucker gemengt, in vielen Pflanzen gebildet und sammelt sich insbesondere in reichlicher Menge in den Früchten an, z. B. in den Pflaumen, Birnen, Feigen, Weintrauben etc. (Fruchtzucker). Der weisse Beschlag der gebackenen Pflaumen und die weissen süßen Körner in den getrockneten Trauben (Rosinen) bestehen daraus. Man nennt nach dieser Abstammung den Krümelzucker am häufigsten Traubenzucker.

Glycoside. In vielen Pflanzen finden sich besondere selbstständige Stoffe, welche zwar keinen fertig gebildeten Krümelzucker enthalten, aus deren Elementen aber unter Aufnahme von Wasserstoff und Sauerstoff Krümelzucker erzeugt wird, wenn sie mit gewissen starken chemischen Körpern behandelt werden. Man fasst diese weiter unten näher zu betrachtenden Pflanzestoffe unter dem Namen Glycoside zusammen.

618. Eigenschaften des Traubenzuckers. Kostet man ein getrocknetes Zuckerkörnchen aus einer Rosine und dann ein Krümelchen von gewöhnlichem Zucker, so wird man leicht bemerken, dass das erstere viel weniger süß schmeckt als das

letztere; 5 Grm. Krümelzucker geben nur so viel Süßigkeit als 2 Grm. gewöhnlicher Zucker. Ebenso verschieden ist auch die Löslichkeit dieser beiden Zuckerarten im Wasser, der Krümelzucker löst sich viel schwerer und langsamer darin auf als der gewöhnliche Zucker. Während 1 Thl. kaltes Wasser im Stande ist, 3 Thle. gewöhnlichen Zucker (Rohrzucker) aufzulösen, vermag es von dem Krümelzucker nur  $\frac{2}{3}$  Thl. aufzunehmen; die aus ersterem dargestellte Zuckerlösung (Syrup) hat demnach eine viel stärkere und zähre Consistenz als die aus Krümelzucker bereitete. Die weiteren Eigenschaften sind in den nächstfolgenden zwei Abschnitten mit angegeben.

#### Rohrzucker oder Rübenzucker.



619. Von der vorigen Zuckerart verschieden ist unser gewöhnlicher weisser Zucker, den man entweder in den tropischen Ländern aus dem Saft des Zuckerrohrs, oder bei uns aus dem Saft der Runkelrüben darstellt; man nennt ihn deshalb Rohrzucker oder auch Rübenzucker.

Gewinnung. Die Operationen, wodurch man diesen Zucker im Grossen gewinnt, sind folgende:

1) Ausziehen des Saftes aus dem Zuckerrohr oder aus den zu einem Breie zerriebenen Runkelrüben durch starke Pressen oder durch Auslaugen mit Wasser.

2) Einkochen des Saftes mit Zusatz von etwas Kalk, durch den mehre fremdartige Stoffe niedergeschlagen werden, bis zur starken Syrupsconsistenz; daraus setzt sich beim Erkalten der rohe Zucker in braungelben, krystallinischen Körnern ab (Rohzucker oder Moscovade). Der nicht krystallisirende Schleimzucker, welcher davon abgelassen wird, bildet den bekannten braunen Syrup (Melasse).

3) Raffiniren des Rohzuckers, d. h. Entfernung der demselben noch anhängenden braunen Syruptheilchen. Dies geschieht a) durch Wiederauflösen des Rohzuckers in wenig Wasser; b) durch Filtriren der braunen Auflösung durch grobgestossene Knochenkohle, welche den Farbstoff zurückhält; c) durch Ein-

kochen der entfärbten Lösung in luftleer gemachten Kesseln (Vaccumpfannen). Lässt man den concentrirten Zuckersaft dann in den Zuckerhutformen unter öfterem Umrühren erkalten, so erhält man in Folge der gestörten Krystallisation eine aus lauter kleinen, zerbrochenen Krystallchen bestehende feste Masse, den gewöhnlichen Hutzucker, aus dem man den letzten Rest von Schleimzucker dadurch verdrängt, dass man eine concentrirte Lösung von krystallisirbarem Zucker allmälig hindurchsickern lässt (Decken). Der aufs Vollständigste gereinigte, blendend weisse Zucker heisst Raffinade, der weniger vollständig raffinirte, gelbliche, Melis.

**620. Candiszucker.** *Versuch.* Man löse 20 Grm. Zucker in 10 Grm. heissem Wasser auf: die erhaltene dickliche Lösung führt den Namen weisser Syrup. Wird dieser in einer Tasse an einen warmen Ort gestellt, so scheidet sich daraus beim langsamem Verdunsten des Wassers der Zucker, in geschobenen sechseitigen Säulen krystallisiert, aus. Auf ähnliche Weise bereitet man im Grossen aus raffinirtem Zucker den weissen Candis,

Fig. 180.

aus Rohzucker den braunen Candis. Da die Krystalle sich viel lieber an Körpern mit rauher Oberfläche, als an solchen mit glatter absetzen, so spannt man oft dünne Fäden oder Holzstäbchen in den Krystallisationsgefassen auf, die sich sehr bald mit Krystallkrusten überziehen.

Die weiteren Eigenschaften sind in den folgenden zwei Abschnitten mit angegeben.

#### Unterscheidung des Rohr- und Krümelzuckers und Zuckerbestimmung.

**621. Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker.** Der Rohrzucker schmeckt, wie angegeben, viel süsser als der Traubenzucker, er hat daher als versüssendes Mittel einen weit höheren Werth als der letztere. Unter dem jetzt im Handel vorkommenden Farinzucker und Syrup trifft man nicht

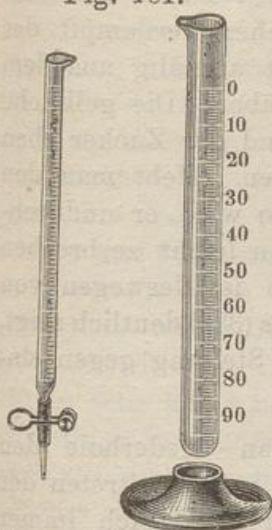
selten Sorten an, die ganz oder theilweise aus Stärkezucker oder Stärkesyrup bestehen. Nach folgenden Methoden lassen sie sich von einander unterscheiden.

**Verhalten gegen Schwefelsäure und Kali.** *Versuch.* Man übergiesse in einem Probirgläschen ein Stückchen Rohrzucker, in einem anderen einige Zuckerkrümel aus einer Rosine mit starker Schwefelsäure: der Rohrzucker wird bei gelindem Erwärmten schwarz, er verkohlt unter Erhitzung und Bildung von Ameisensäure; der Traubenzucker geht in Zuckerschwefelsäure über und wird nicht geschwärzt.

**Verhalten gegen alkalische Kupferlösung.** *Versuch.* Zu den Zuckerlösungen bringe man zuerst einige Tropfen von aufgelöstem Kupfervitriol, dann Kalilauge bis zum gelinden Ueberschuss und stelle beide Gläschen in heißes Wasser: die Flüssigkeit mit dem Krümelzucker wird in wenigen Minuten rothgelb werden, die mit Rohrzucker dagegen blau bleiben. Der Traubenzucker ist im Stande, dem Kupferoxyd die Hälfte seines Sauerstoffs zu entziehen, wodurch rothgelbes Oxydul gebildet wird (447). Der Zucker verwandelt sich durch den aufgenommenen Sauerstoff zum Theil in Ameisensäure und Kohlensäure. Selbst in tausendfach verdünnten Lösungen lässt sich auf diese Weise der Traubenzucker (ebenso auch der Schleimzucker und Milchzucker) noch deutlich erkennen. Rohrzucker und Dextrin, auf gleiche Weise behandelt, liefern erst bei längerem Kochen Kupferoxydul; Gummi giebt einen blauen Niederschlag.

**622. Zuckerbestimmung durch Titiren.** Das angegebene Verhalten lässt sich selbst zur quantitativen Bestimmung des Zuckers nach der Titrirmethode benutzen. Eine hierzu besonders geeignete Probeflüssigkeit bereitet man sich aus 20 Grm. krystallisirtem kohlensauren Natron, 20 Grm. gestossenem Weinstein (Cremor tartari), 15 Grm. Aetzkali und 100 Grm. Wasser, die man in einem Schälchen bis zum Kochen erhitzt; ebenso bereitet man sich eine Lösung aus 10 Grm. Kupfervitriol und 60 Grm. Wasser, und mischt dann beide Lösungen unter einander. Die so dargestellte tiefblaue Flüssigkeit lässt sich in verschlossenen Gefäßen längere Zeit, ohne sich zu än-

dern, aufbewahren. Erhitzt man eine bestimmte Menge davon (etwa 40 bis 50 Grm.) in einem Porzellanschälchen bis zum Fig. 181.



Kochen und setzt aus einer Bürette eine sehr dünne Traubenzuckerlösung, deren Zuckergehalt man genau weiss, so lange, zuletzt tropfenweise zu, bis die über dem Niederschlage von Kupferoxydul stehende Flüssigkeit eben ihre blaue Farbe völlig verloren hat, so erfährt man die zur Zersetzung der angewendeten Probeflüssigkeit nöthig gewesene Zuckermenge und kann nun die auf diese Weise titirte Flüssigkeit zur quantitativen Prüfung anderer zuckerhaltiger Flüssigkeiten benutzen.

Eine Normallösung von Traubenzucker erhält man, wenn man 10 Grm. trocknen, weissen Candiszucker in der vierfachen Menge Wasser löst, die Lösung mit 5 Tropfen englischer Schwefelsäure versetzt, einige Minuten kocht und mit so viel Wasser verdünnt, dass das Ganze 500 Cubikcentimeter beträgt. 10 Cubikcentimeter der Flüssigkeit enthalten dann genau  $\frac{1}{5}$  Grm. in Traubenzucker verwandelten Rohrzucker aufgelöst. Will man Flüssigkeiten, welche Rohrzucker enthalten, z. B. den Saft der Zuckerrüben, auf diese Weise untersuchen, so muss man auch diesen vorher mit einigen Tropfen Schwefelsäure kochen (624).

Eine andere, überaus scharfe Methode der Zuckerbestimmung wird mittelst eines optischen Instruments durch die sogenannte Circularpolarisation ausgeführt, sie gründet sich auf die Eigenschaft des Rohrzuckers und Traubenzuckers als Lösung die Polarisationsebene nach rechts zu drehen und eine Reihe von regenbogenfarbigen Ringen zu erzeugen. Der Schleimzucker lenkt die Polarisationsebene nach links ab.

#### Veränderungen des Zuckers.

**623. Veränderung durch Hitze. Versuch.** Man kochte in einem Schälchen 20 Grm. Zucker mit 5 Grm. Wasser so lange, bis die zähe Auflösung eben anfängt, eine gelbliche Farbe anzunehmen, dann giesse man die letztere auf ein Blech aus, auf

dem man vorher einen Tropfen Baumöl verrieben hat. Die glasähnliche, spröde Masse ist geschmolzener Zucker in amorphem Zustande (Gerstenzucker oder Bonbons). Durch das Wasser wird der Zucker erst gelöst, beim Kochen verdampft das Wasser aber wieder, und der Zucker geht allmälig aus dem aufgelösten Zustande in den geschmolzenen über. Die gelbliche Farbe zeigt an, dass alles Wasser fort ist und der Zucker eben auf dem Punkte steht, brenzlich zu werden. Hebt man den durchsichtigen Zucker einige Wochen auf, so wird er undurchsichtig und krystallinisch und lässt sich dann leicht zerbrechen und zerkaufen (er stirbt ab); dieses Verhalten ist deswegen von wissenschaftlichem Interesse, weil es abermals (393) deutlich zeigt, dass auch die Moleküle fester Körper ihre Stellung gegen einander ändern können.

**Gebrannter Zucker.** *Versuch.* Man wiederhole den vorigen Versuch, jedoch ohne das Erhitzen beim Auftreten der gelben Farbe zu unterbrechen: der Zucker wird sich immer dunkler, endlich braunschwarz färben und dabei einen eigenthümlichen brenzlichen Geruch verbreiten. Beim Erkalten erhält man ihn jetzt als eine fast schwarze, harte Masse, die an der Luft bald zu einem dunklen Syrup zerfliesst und gebrannter Zucker oder Caramel genannt wird. Ein Paar Tropfen davon geben einem grossen Glase voll Wasser das Ansehen von Rum; dieser starkfärbenden Kraft wegen ist der gebrannte Zucker sehr in Gebrauch gekommen, um damit Liqueuren, Essig, Weingeist etc. eine gelbe oder braune Farbe mitzutheilen.

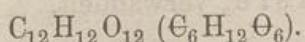
**Verbrennen des Zuckers.** *Versuch.* Noch stärker erhitzt, verkohlt der Zucker und verbrennt endlich, ähnlich wie Holz, wie man leicht sehen kann, wenn man ein Stückchen davon auf einem Platinbleche über eine Weingeistlampe hält. Die dabei erscheinende Flamme zeigt zugleich an, dass sich brennbare Gase entwickeln. Reiner Zucker darf keinen Rückstand hinterlassen; ist er kalkhaltig, so bleibt eine weisse Asche auf dem Bleche zurück, die sich auch bei starkem Glühen nicht verflüchtigt.

**624. Veränderung durch Säuren.** *Versuch.* Bringt man zu einer dicken, kochenden Zuckerlösung einige Tropfen

Citronensaft oder ein wenig Weinsäure, so wird diese so gleich dünnflüssig und giebt beim Abdampfen keine Krystalle mehr; hieraus erklärt es sich, warum die süßen Fruchtsäfte, in denen immer organische Säuren vorhanden sind, beim Einkochen nur einen dicken Syrup, nicht aber einen festen Zucker liefern. Untersucht man die Zuckerlösung mittelst der Kupferprobe (622), so findet man eine starke Ausscheidung von Kupferoxydul; der rechtsdrehende Rohrzucker ist durch das Kochen mit Säuren in linksdrehenden Invertzucker, eine Verbindung von Traubenzucker und Schleimzucker, umgeändert worden. Diese Verwandlung erfolgt auch durch blosses langes Kochen von Zuckerlösungen, durch kürzeres Kochen derselben mit verdünnter Schwefelsäure, durch Gährung etc. Wird Zucker bei Luftzutritt sehr lange mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so geht er endlich in braune, humusähnliche Körper über. Mit Salpetersäure und anderen Säuren, die Sauerstoff abgeben, gekocht, oxydirt er sich stufenweise erst zu Zuckersäure, dann zu Kleesäure, endlich zu Kohlensäure und Wasser.

625. Veränderung durch Basen. Rohrzucker und Traubenzucker verbinden sich auf nassem Wege, als ob sie Säuren wären, mit Salzbasen in bestimmten Verhältnissen und verlieren dabei ihren süßen Geschmack (Saccharate). Hierauf beruht die Eigenschaft der Zuckerlösungen, grosse Mengen von unlöslichen Basen, z. B. Kalkhydrat, Baryterdehydrat, Bleioxyd aufzulösen. Auf trocknem Wege wird der Zucker durch Kalihydrat in derselben Weise in organische Säuren u. a. übergeführt, wie bei der Cellulose angegeben worden (569).

#### Schleimzucker oder Syrupzucker.

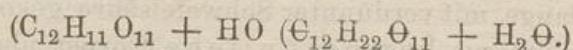


626. Mit diesem unbestimmten Namen bezeichnet man gemeinhin alle diejenigen Zuckerarten, die beim Abdampfen keine feste, krystallinische oder körnige, sondern eine glasartig-amorphe Masse geben, welche beim Liegen an der Luft wieder Wasser anzieht und zerfliesst. Der Schleimzucker findet sich in Verbindung mit Traubenzucker im Honig und dem Saft der reifen

Früchte, man nennt ihn daher auch **Fruchtzucker**. Dass beide Zuckerarten auch durch Einwirkung verdünnter Säuren aus Rohrzucker gebildet werden, wurde schon in 624 bemerkt. Dieselbe Umwandlung findet auch beim Reifen der Früchte statt, denn die unreifen Früchte enthalten Rohrzucker, die reifen dagegen ein Gemenge von Traubenzucker und Schleimzucker.

Der Schleimzucker ist leicht in Wasser und wasserhaltigem Weingeist löslich und verhält sich gegen alkalische Kupferlösung wie der Traubenzucker, weicht aber dadurch von ihm ab, dass er die Polarisationsebene nach links ablenkt, z. B. Lävulose.

#### Milchzucker.



**627.** Diese besondere, nur in der Milch vorkommende Zuckerart wird hauptsächlich in der Schweiz durch Abdampfen der nach Abscheidung des Käses sammt der Butter durch Lab verbleibenden süßen Molken erhalten; sie stellt harte, farblose Krystallmassen (vierseitige Prismen) dar, die noch viel weniger süß schmecken als der Traubenzucker, und 6 Thle. kaltes Wasser brauchen, um sich aufzulösen. Wie dieser lenkt der Milchzucker die Polarisationsebene nach rechts ab und scheidet aus alkalischer Kupferlösung rothes Kupferoxydul ab. Mit Hefe wird er, dem Rohrzucker ähnlich, erst dann in Gährung versetzt, wenn er durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure sich in eine Art Krümelzucker, Lactose genannt, umgewandelt hat.

Bekanntlich wird süsse Milch sauer, wenn sie einige Tage steht; dieses Sauerwerden röhrt von dem Milchzucker her, der sich, unter dem Einfluss des Käses, allmälig in eine eigenthümliche Säure, Milchsäure, verwandelt.

#### Zuckerähnliche Pflanzenbestandtheile.

**628. Mannit.** Den Kohlenhydraten nahe stehend ist noch der Mannit oder Mannazucker. Dieser sehr süß schmeckende, in farblosen Prismen krystallisirende und in Wasser und Weingeist lösliche Stoff macht den Hauptbestandtheil der Manna, des

eingetrockneten Saftes einiger, vornehmlich in Italien wachsenden Eschenarten, aus. In kleineren Mengen kommt er noch in vielen Pflanzen, z. B. im Sellerie, in Seegräsern, in Schwämmen, im Splint des Lärchenbaums vor. Auch aus Zucker kann er sich bilden, wenn dieser der sogenannten schleimigen Gährung unterliegt. In geistige Gährung kann der Mannit durch Hefe nicht versetzt werden, wohl aber ist er darin dem Traubenzucker ähnlich, dass er sich mit Basen und mit Schwefelsäure (Mannit-schwefelsäure) verbindet. Nitromannit krystallisiert in feinen Nadeln, die durch einen Schlag mit heftigem Knall explodieren.

Dem Mannit ähnliche, süß schmeckende und krystallisirbare Stoffe hat man weiter gefunden: in den Vogelbeeren (Sorbit), in den Eicheln (Quercit), in den unreifen Bohnen und der Fleischflüssigkeit (Inosit) u. a. m.

#### Rückblick auf die bisher betrachteten Pflanzenstoffe.

(Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim und Zucker.)

1) Organische Stoffe sind solche chemische Verbindungen, die sich in Thieren und Pflanzen während des Lebens derselben erzeugen (Educte).

2) Wir bezeichnen mit diesem Namen aber auch noch die zahllosen chemischen Verbindungen, welche aus den natürlich vorkommenden Thier- und Pflanzenstoffen entstehen, wenn sie sich, mit oder ohne unser Zuthun, verändern (Producte).

3) Die organischen Stoffe verändern sich ungemein leicht. Wir bemerken solche Veränderungen:

- a) in den lebenden Pflanzen und Thieren (Keimen, Reifen etc. — Athmen, Verdauung etc.);
- b) in den todteten Pflanzen und Thieren (Gährung, Fäulniss, Verwesung etc.);
- c) beim Erhitzen der Thier- und Pflanzenstoffe (Verkohlen, Verbrennen etc.);
- d) bei der Behandlung derselben mit Säuren, Basen etc.

4) Bei allen diesen Veränderungen vergeht nur die Gestalt der organischen Körper: die Grundstoffe, aus denen sie bestehen, sind unveränderlich, sie verschwinden deswegen nur oft für unser Auge, weil sie luftförmige Gestalt annehmen.

5) Es ist neuerdings gelungen, viele natürliche organische Verbindungen künstlich zusammenzusetzen und nachzubilden, doch nur solche, welche keine organische Structur besitzen.

6) Die vier Organogene: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, sind die Hauptbestandtheile (Elementar-Bestandtheile) von Allem, was da lebt und gelebt hat. Hierzu treten nur noch einige wenige unorganische Stoffe, als: Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium etc.

7) Die genannten vier Elemente, zumal der vierwertige Kohlenstoff, besitzen die Fähigkeit, sich in unbegrenzter Weise unter einander zu verbinden, ja nicht nur unter einander, sondern auch ausserdem mit vielen unorganischen Stoffen; die Zahl der organischen Verbindungen geht daher ins Unendliche.

8) Die Verschiedenheit der organischen Stoffe liegt hiernach nicht, wie bei den unorganischen Stoffen, in der Mannichfaltigkeit der Bestandtheile, sondern in der Fähigkeit der Atome der Organogene, in den verschiedensten Mengen zu sehr complicirten Molekülen und isomeren Verbindungen zusammenzutreten.

9) Unter den im Pflanzenreiche vorkommenden Atomgruppen oder näheren Bestandtheilen gehören Pflanzenfaser, Stärke, Gumm i (Dextrin), Schleim und Zucker zu den am allgemeinsten verbreiteten; sie finden sich in jeder Pflanze vor.

10) Dieselben haben weder saure noch basische Eigenschaften; man nennt sie deshalb indifferente Pflanzenstoffe.

11) In ihrer Zusammensetzung zeigen sie eine sehr grosse Aehnlichkeit; sie bestehen nämlich nur aus den drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (sie sind stickstofflos, NI), und zwar enthalten sie Sauerstoff und Wasserstoff immer in demselben Verhältnisse, wie im Wasser, nämlich zu gleichen Aequivalenten, daher die gemeinschaftliche Bezeichnung Kohlenhydrate. Die Futterchemie unterscheidet sie noch in lösliche (Extractstoffe) und unlösliche (Pflanzenfaser oder Rohfaser).

12) Genaueres über ihre eigentliche chemische Constitution und die ihnen zu Grunde liegenden Radicale ist noch nicht erforscht, man drückt ihre Zusammensetzung daher nur durch empirische Formeln aus.

13) Diese näheren Bestandtheile des Pflanzenreichs machen einen Hauptbestandtheil aller unserer vegetabilischen Nahrungsmittel aus; sie spielen daher eine sehr wichtige Rolle bei dem thierischen Lebensprocesse.

---

## VI. Eiweissartige Stoffe oder Proteinstoffe (Nh).

**629. Proteinstoffe.** Eiweiss, Legumin (Pflanzen-casein) und Kleber. Bei der Pflanzenfaser und der Stärkebereitung ist bereits gezeigt worden, was man unter Pflanzen-Eiweiss, -Casein und Kleber zu verstehen habe, und dass alle Pflanzen in ihrem Safte einen oder mehre dieser Körper enthalten, die dadurch ausgezeichnet sind, dass sie einen löslichen und einen unlöslichen Zustand annehmen können und bei fast gleicher Zusammensetzung sehr reich an Stickstoff, nächst dem an Schwefel sind. Man kann das Eiweiss als den Typus derselben ansehen und sie als eiweissartige Stoffe zusammenfassen, mit etwa folgender procentischer Zusammensetzung: Stickstoff 16, Kohlenstoff 53, Wasserstoff 7, Sauerstoff 22,5, Schwefel 1,5 nebst einer kleinen Menge Phosphor. Mit dem Namen Proteinstoffe belegte man sie, weil man glaubte, es sei in ihnen ein gemeinschaftliches organisches Radical (Protein) enthalten; dieser Name mag daran erinnern, dass sie die ersten und wichtigsten Nährstoffe für Menschen und Thiere darstellen (631). Die von Natur unlöslichen oder durch Coagulirung unlöslich gewordenen Proteinstoffe lösen sich beim Erhitzen in schwacher Kalilauge, von welchem Verhalten man bei der Futteranalyse Gebrauch macht. Der Kleber löst sich auch in verdünnter Essigsäure auf; auf diese Weise entfernt man denselben in den Stärkefabriken aus der rohen Weizenstärke. Bei der mikroskopischen Untersuchung erkennt man die Proteinstoffe dadurch, dass sie durch starke Salpetersäure gelb, durch salpetersaure Quecksilberlösung roth, durch Kali und schwefelsaures Kupferoxyd schön violett gefärbt werden.

**Eiweiss.** Das Pflanzeneiweiss (Albumin) ist im Wasser löslich, wird aber durch Kochen unlöslich, es coagulirt oder gerinnt. Es findet sich besonders reichlich in den jungen Gemüsepflanzen und in den ölreichen Samen, z. B. in den Mandeln, Raps-, Lein-, Mohnsamen etc. (595).

**Casein.** Das Legumin oder Pflanzencasein ist in alkalischem Wasser löslich, es gerinnt jedoch nicht durch Kochen, wohl aber, wenn man vorsichtig etwas Säure zu einer Auflösung davon hinzubringt. Sehr reich daran sind die Hülsenfrüchte, als Erbsen, Bohnen, Linsen etc. (596).

**Kleber.** Der Kleber (Gluten) verhält sich geronnenem Eiweiss und Casein ähnlich, ist unlöslich in Wasser und macht einen Hauptbestandtheil der Getreidekörner aus (597). Durch Kochen mit Weingeist lässt er sich in unlösliches Pflanzenfibrin und löslichen Pflanzenleim trennen. Das erstere ist noch weiter in Glutenfibrin und Glutencasein oder Paracasein, der letztere in Gliadin und Mucin oder Mucedin geschieden worden.

Das bei dem Keimen der Samen sich erzeugende Diastas und die bei der geistigen Gährung derselben sich erzeugende Hefe sind als veränderte Proteinstoffe anzusehen.

**630. Schwefel der Proteinstoffe.** *Versuch.* Man kochte einige zerklöpfte Erbsen mit schwacher Kalilauge und zwar so lange, bis ein Tropfen der Flüssigkeit auf Bleipapier (Papier, welches man mit einer Bleizuckerlösung bestrichen hat) einen braunen Fleck hervorbringt. Die dunkle Farbe des Bleipapiers röhrt von Schwefelblei her; sie zeigt also an, dass durch das Kali etwas Schwefel (als Schwefelkalium) aus den Erbsen auflöslich gemacht worden ist. Setzt man jetzt zu der Flüssigkeit einige Tropfen Schwefelsäure oder Salzsäure hinzu, so giebt sich die Gegenwart des Schwefels auch durch den Geruch zu erkennen; es entwickelt sich nämlich Schwefelwasserstoffgas. Ganz ähnlich verhalten sich Pflanzeneiweiss und Kleber, wenn man sie auf gleiche Weise behandelt. Das Anlaufen von silbernen Löffeln, wenn sie längere Zeit in gekochten Erbsen etc. stecken bleiben, erklärt sich einfach daraus, dass sich auf der Oberfläche derselben etwas Schwefelsilber bildet.

**631. Proteinstoffe als Nahrungsmittel.** Genaue Versuche haben gelehrt, dass die Hauptbestandtheile des Körpers der Thiere dieselbe Zusammensetzung haben, wie die genannten Proteinstoffe des Pflanzenreichs, und man hat daraus den Schluss gezogen, dass diese letzteren es sind, woraus bei denjenigen Thieren, welche sich lediglich durch Pflanzen ernähren, die Bestandtheile ihres Körpers gebildet werden. In der That wird dieser Schluss auch durch die Zusammensetzung des Blutes aufs Vollständigste bestätigt, denn auch dessen Hauptbestandtheile sind eiweissartige Stoffe (Eiweiss und Thierfibrin). Da nun das Blut der Vermittler der Ernährung ist, indem aus den Nahrungsmitteln zuerst Blut, aus dem Blute aber sodann alle übrigen Theile des Thierkörpers entstehen, so liegt die Folgerung sehr nahe: dass aus dem Eiweiss Legumin und Kleber, die wir in der Gestalt von Kartoffeln, Erbsen, Brot etc. geniessen, die eiweissartigen Stoffe des Blutes, aus diesen aber die der übrigen Körpertheile gebildet werden. Aus diesem Grunde können die erwähnten stickstoffhaltigen Stoffe (Nh) auch mit dem Namen Blutbildner bezeichnet werden, und deswegen lässt sich auch die Nährfähigkeit der Nahrungsmittel annähernd nach ihrem Gehalte an Stickstoff abschätzen. Der Landwirth nennt die proteinreichen Futtermittel **Kraftfutter**.

#### Veränderung der Proteinstoffe durch Fäulniss

und Verwesung.

**632. Fäulniss oder Ammoniakbildung. Versuch.** Man übergiesse Kleber, oder statt dessen etwas Schwarzmehl oder einige Erbsen in einer Flasche mit Wasser, verbinde die Flasche durch ein Glasrohr mit einer zweiten, in welcher sich ein Querfinger hoch Wasser befindet, und stelle sie an einen mässig warmen Ort. In die erste Flasche klemmt man ausserdem noch einen Streifen Bleipapier zwischen dem Korken und Glashalse fest, so dass er ein Stück ins Glas herabhängt. Man wird, bei warmer Temperatur schneller, bei kühler Temperatur langsamer, folgende Veränderungen wahrnehmen:

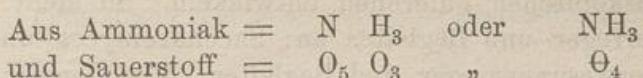
- a) aus dem Glasrohre entweichen Gasblasen; sie bestehen aus Kohlensäure (Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffen), wie man an der Trübung sieht, welche entsteht, wenn man etwas Kalkwasser in das zweite Gläschen schüttet;
- b) das Bleipapier wird dunkel gefärbt, ein Zeichen von Schwefelwasserstoff-Erzeugung;
- c) aus der über dem Kleber etc. stehenden Flüssigkeit entwickelt sich ein stechender, ammoniakalischer Geruch, wenn man etwas davon mit Kalk oder Kali erwärmt; es ist also auch Ammoniak erzeugt worden.

Vergleicht man diesen Zersetzungspocess mit dem, welcher bei der Fäulniss stickstoffreier Körper (586. 587) eintritt, so ergiebt sich als Hauptunterschied: bei der Fäulniss der eiweissartigen Stoffe verbindet sich deren Stickstoff, Schwefel und Phosphor mit Wasserstoff zu Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff. Diese luftförmigen Stoffe hauptsächlich verursachen den höchst unangenehmen Geruch, den wir beim Verwesen oder Faulen der stickstoffhaltigen Körper, namentlich der Thierstoffe, wahrnehmen. Beim Fortschreiten dieser fauligen Zersetzung, welche einen Reductionsprocess darstellt, entstehen auch hier, wie bei der Holzfaser, braune, humusartige Stoffe.

**633. Verwesung oder Salpeterbildung. Versuch.** Man menge Leinmehl mit Holzasche und Sand zusammen und lasse dieses Gemenge zur Sommerzeit einige Monate an der Luft stehen, indem man es von Zeit zu Zeit mit Wasser anfeuchtet und durchsticht. Zieht man nach dieser Zeit das Gemenge mit heissem Wasser aus und verdampft die Lösung, so werden sich aus der letzteren beim Abkühlen säulenförmige Krystalle bilden, die auf glühenden Kohlen lebhaft verpuffen; sie sind Kalisalpeter.

Auch hierbei bildet sich aus dem Stickstoff des in dem Leinmehl in reichlicher Menge vorhandenen Pflanzeneiweisses durch die Fäulniss zuerst Ammoniak, allein dieses wird durch den prädisponirenden Einfluss starker Basen und die Gegenwart von Luft dazu bestimmt, in Verwesung überzugehen, d. h. Sauerstoff aus der Luft anzuziehen, wodurch aus seinem Wasserstoff Wasser,

aus seinem Stickstoff Salpetersäure gebildet wird, welche letztere sich mit dem Kali und Kalk der Holzasche vereinigt.



werden Salpetersäure u. Wasser =  $\text{NO}_5 + 3\text{HO}$  od.  $\text{HN}\Theta_3 + \text{H}_2\Theta$

Auf gleiche Weise erzeugen sich durch die Verwesung, welche einen Oxydationsprocess darstellt, kleine Mengen von Salpeter in der Ackererde aus den stickstoffhaltigen organischen Stoffen (Humus) und den vorhandenen mineralischen basischen Bestandtheilen (Kali, Kalk etc.). Da die salpetersauren Salze stark düngend (treibend) wirken, so muss ein Boden um so fruchtbarer werden, je mehr sich solche Salze in ihm erzeugen können. Ist mehr Salpeter im Boden, als zu dem Pflanzenwachsthum verbraucht wird, so geht dieser unzersetzt in den Saft der Pflanzen; so ist es bekannt, dass Runkelrüben, Taback und Borreretsch auf sehr stark gedüngtem Boden, wie gleicherweise die auf Schutthaufen üppig wachsenden Pflanzen, als Bilsenkraut, Stechapfel etc., oft so reich daran sind, dass sie getrocknet auf glühenden Kohlen unter Funkensprühen verbrennen.

Wie ekelhaft uns die Producte der Verwesung und Fäulniss auch erscheinen mögen, so tragen sie doch nichtsdestoweniger den Keim der prächtigsten Verbindungen in sich; die schönste Pflanze ist aus solchen Verwesungsstoffen entstanden. Gerade die am widerlichsten riechenden, faulenden, stickstoffhaltigen Körper sind für unsere Felder und Gärten die kräftigsten Beförderungsmittel der Fruchtbarkeit, — die besten Düngemittel.

**634. Ursachen der Fäulniss und Verwesung.** Die ausserordentliche Leichtigkeit, mit welcher die Proteinestoffe in Zersetzung übergehen, wenn sie im feuchten Zuge der Luft ausgesetzt, oder auch nachher ohne Luftzutritt aufbewahrt werden, erklärte man bisher aus den zusammen gesetzten Atomverhältnissen derselben (552), denen zufolge ihre Elemente das Bestreben haben, sich zu einfacheren Verbindungen umzusetzen. Mikroskopische Forschungen haben aber erwiesen, dass Gährung und Fäulniss durch die in der Luft immer enthaltenen Keime oder Sporen von Infusorien und Pflanzen eingeleitet werden, welche die Proteinestoffe zu ihrer Ernährung

verwenden und auf deren Kosten mit unglaublicher Schnelligkeit sich zu mikroskopischen Pflänzchen (Hefe, Schimmel, Pilze) oder mikroskopischen Thierchen entwickeln. So sieht man als Gährungerreger und Begleiter an: *Saccharomyces* und *Mycoderma*, als Verwesungerreger und Begleiter: *Mycoderma*, *Mucor*, *Penicillium*, *Oidium* etc., als Fäulnisserreger und Begleiter: *Micrococcus*, *Vibrio*, *Bacillus*, *Bacterium* etc., — die keinen Sauerstoff zu ihrer Existenz zu bedürfen scheinen und sich ohne Luftzutritt in Flüssigkeiten und der normalen Ernährung entzogenen Pflanzenzellen zu entwickeln vermögen. Die Fähigkeit der Luft, Gährung, Verwesung und Fäulniss einzuleiten, wird durch starke Erhitzung oder Filtration derselben durch eine starke Schicht Baumwolle vernichtet. Während ihrer Umbildung in Pilze oder Infusorien wirken die Proteinstoffe selbst als Fermente (636), gleichsam ansteckend, d. h. sie sind im Stande, auch solche Körper zum Zersetzen oder Zerfallen zu disponiren, welche für sich gar keine Neigung haben, in Gährung oder Fäulniss überzugehen. Der folgende Abschnitt handelt von einem solchen Zerfallen des Zuckers.

#### Rückblick auf die Proteinstoffe.

(Eiweiss, Casein, Kleber.)

1) Die Proteinstoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie ausser Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff auch noch Stickstoff und Schwefel (nebst kleineren Mengen von Phosphor) enthalten. Ihre nähere chemische Constitution ist noch nicht ermittelt.

2) Wegen dieser complicirten Beschaffenheit zersetzen sie sich sehr leicht; charakteristisch für sie sind die meist durch aus der Luft hinzugetretene Pilzkeime und Sporen (Fermente) eingeleiteten Zersetzung, welche man unter den Namen Gährung, Fäulniss und Verwesung begreift.

3) Kommen die Proteinstoffe, während sie gären, faulen oder verwesen, mit anderen organischen Stoffen zusammen, so bewirken sie häufig, dass diese ebenfalls eigenthümliche Zerlegungen erfahren (Fermente).

4) Alle Pflanzen enthalten, wenn auch nicht immer in grosser Menge, einen oder mehrere dieser Stoffe; wir schliessen aus dieser allgemeinen Verbreitung auf eine wichtige Bestimmung derselben.

5) Diese Bestimmung besteht ohne Zweifel darin, dass durch sie die Ernährung und das Wachsthum der Thiere vermittelt werden soll.

6) Bei dieser Verwendung dienen die Proteinstoffe (Nh) zur Erneuerung und Vermehrung der Körpertheile (plastische Nährmittel), während den Kohlenhydraten (Nl) die Aufgabe zufällt, die Wärme des Thierkörpers durch den Athmungsprocess zu unterhalten (Respirationsmittel).

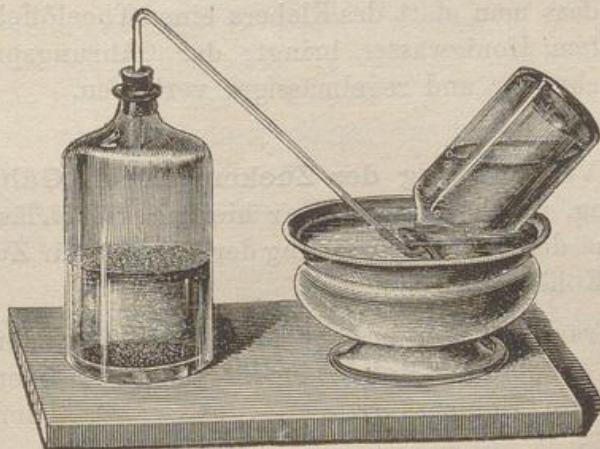
---

## VII. Verwandlung des Zuckers in Weingeist.

(Geistige Gährung.)

635. Gährung von Honig. Versuch. 30 Grm. Honig werden in  $\frac{1}{4}$  Liter Wasser gelöst und zu der Lösung etwas von

Fig. 182.



dem in Zersetzung begriffenen Kleber oder Casein aus dem Versuche 632 gebracht: die Flüssigkeit wird an einem mässig

warmen Orte (bei 18 bis 24° C.) bald in Gährung gerathen und eine reichliche Menge von Gas entwickeln. Stellt man den Versuch in einem mit einer gebogenen Glasröhre versehenen Fläschchen an und leitet die Glasröhre in ein zweites, mit Wasser gefülltes Gläschen, welches verkehrt in einer pneumatischen Wanne aufgestellt ist, so lässt sich das Gas leicht auffangen; es besteht aus Kohlensäure. Schmeckt die Flüssigkeit nach dem Aufhören der Gasentwickelung noch süß, so setzt man noch eine neue Portion von dem Kleber hinzu, wodurch die Gährung von Neuem hervorgerufen wird. Am Ende wird aller Zuckergeschmack verschwunden sein und die Flüssigkeit dafür einen branntweinartigen (geistigen) Geschmack angenommen haben. Man nennt die gegohrene Flüssigkeit Meth; sie enthält statt des Zuckers Weingeist, und dieser ist Ursache, dass ihr Genuss berauschend wirkt. Von dem Kleber findet man einen Theil, in einen bräunlichen Schlamm umgeändert, am Boden des Gefäßes.

Wie der faulende Kleber, so wirken alle in Zersetzung begriffenen eiweissartigen Stoffe, z. B. alter Käse, faulendes Fleisch, Blut etc.; am stärksten aber besitzt diese gährungerregende Kraft der veränderte Kleber der Gerste, den man in grosser Menge als Nebenproduct bei dem Brauen des Bieres erhält, die Hefe.

*Versuch.* Man wiederhole den vorigen Versuch mit der Abänderung, dass man statt des Klebers einen Theelöffel voll Bierhefe zu dem Honigwasser bringt; der Gährungsprocess wird jetzt viel schneller und regelmässiger verlaufen.

**636. Veränderung des Zuckers durch Gährung.** Die Veränderung, welche der Zucker hierbei erfährt, lässt sich recht deutlich aus der Zusammenstellung der Formeln für Zucker, Weingeist und Kohlensäure ersehen.

1 Mol. Traubenzucker besteht aus .  $C_{12}H_{12}O_{12}$  oder  $C_6H_{12}O_6$ , daraus entstehen 2 Mol. Weingeist  $C_2H_{12}O_4$  oder  $C_4H_{12}O_2$  und 2 Mol. Kohlensäure . . . .  $C_2O_4$  oder  $C_2O_2$

Weingeist und Kohlensäure zusammenaddirt, drücken die Zusammensetzung des Zuckers aus. Der Traubenzucker zerfällt also bei der Gährung in Weingeist und Koh-

lensäure. Ausserdem erzeugen sich hierbei immer noch kleine Mengen von Glycerin und Bernsteinsäure.

Weingeist und Kohlensäure waren vorher nicht fertig gebildet im Zucker, sondern sie sind neue Producte einer eigenthümlichen Zerlegung desselben; eigenthümlich deswegen, weil sie sich ausschliesslich auf die Elemente des Zuckers beschränkt, ohne dass von diesen etwas weggeht oder etwas hinzutritt.

**Fermente.** Auch der faulende Kleber wirkt auf dieselbe eigenthümliche Art, denn er ruft eine Zersetzung des Zuckers hervor, ohne sich doch mit dem Zucker zu verbinden oder ihm etwas zu nehmen oder zu geben; seine Wirkungsweise hat Aehnlichkeit mit der der Schwefelsäure, wenn diese Stärke in Zucker umgewandelt (605). Von der eben gedachten Wirkung der Schwefelsäure ist aber die des Klebers wieder deswegen verschieden, weil er selbst nicht unverändert bleibt, sondern während der Gährung in Folge aus der Luft hinzutretener Keime oder Sporen zu mikroskopischen Pilzen verschiedener Arten oder Formen (*Saccharomyces cerevisiae*, *S. conglomeratus*, *S. exiguum*, *S. Pastorius* etc.) auswächst, welche die Hefe darstellen.

Man hat sonach in der gährenden Flüssigkeit zweierlei neben einander vor sich gehende Veränderungen: 1) die vegetative Umwandlung des gelösten stickstoffhaltigen Klebers in Hefenzellen, 2) die chemische Zerspaltung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure. Neuere Untersuchungen machen es jedoch wahrscheinlich, dass beide Vorgänge in einem organischen Zusammenhange mit einander stehen, und zwar so, dass der Zucker erst zu einem Bestandtheile der Hefenzellen werde und dass Kohlensäure und Weingeist als Ausscheidungsproducte der letzteren zu gelten haben. Bei Abschluss von Sauerstoff wächst die Hefe nicht weiter und nur diese nicht wachsende Hefe vermag Gährung zu erregen. Hiermit steht im Einklange, dass durch eine begrenzte Hefemenge nur eine bestimmte Menge von Zucker zerlegt und durch eine begrenzte Zuckermenge nur eine bestimmte Menge von Hefe gebildet wird. Die Gährung kann in dem einen Falle wegen Mangels an stickstofffreiem Material (Zucker) zum Stillstand kommen, in dem anderen wegen Mangels an stickstoffhaltigem Material (Kleber etc.). Nach dem lateinischen Worte für Gährung: *fermentatio*, nennt man solche Körper, welche im Stande sind,

Gährungen hervorzurufen, Fermente. Die Hefe ist das kräftigste Weingeistferment (641).

Gährung von Rohrzucker. Bringt man statt des Honigs eine Lösung von weissem Zucker (Rohrzucker) mit Hefe zusammen, so tritt die Gährung erst später ein, weil der Rohrzucker zuvor in Invertzucker (624) übergehen muss, ehe seine Zerlegung in Weingeist und Kohlensäure beginnen kann. Dieser Uebergang erfolgt unter Einwirkung des Ferments einfach durch Aufnahme von 1 Mol. Wasser.

### Wein.

637. *Bereitung.* Alle süßen Pflanzensaft gehen von selbst in Gährung über, ohne dass man ihnen ein Ferment zusetzen braucht, weil sie immer Zucker und einen der eiweissartigen Stoffe, also Eiweiss, Legumin oder Kleber, enthalten.

*Versuch.* Man bringe frisch gepressten Möhrensaft in eine Temperatur von ungefähr 20 bis 25° C.: der Saft wird bald brausen, Hefe absetzen und in eine geistige Flüssigkeit (Möhrenwein) übergehen. Auf gleiche Weise bereitet man sich aus Johannis- oder Stachelbeeren den Johannis- oder Stachelbeerwein, aus Aepfeln den Aepfelwein oder Cider, aus Kirschen durch Gährung und nachherige Destillation das sogenannte Kirschwasser etc.

*Traubenwein.* Am bekanntesten unter den Gährungen dieser Art ist die Gährung des Traubensaftes und das dadurch erzielte Product: der Wein. Um blanken Wein zu gewinnen, presst man die Trauben aus, füllt den Saft (Most) in Fässer und lässt ihn darin in dem Keller liegen. Da die Temperatur hier eine ziemlich niedrige ist, so geht die Gährung so langsam von Statten, dass sie erst in einigen Monaten vollendet ist. Der von der Hefe abgezogene junge Wein kommt in frische Fässer; er enthält noch eine kleine Quantität von Zucker und eiweissartigem Stoff, welche beide sich allmälig noch weiter, der erstere in Weingeist und Kohlensäure, der letztere in Hefe verwandeln (Nachgährung). Bei der Bereitung des Rothweins lässt man die zerquetschten blauen Trauben mit Schalen und Stielen zusammen abgären, wobei sich aus den Schalen rother Farbstoff, aus den Stielen und Kernen aber Gerbstoff auszieht, welcher letztere

diesem Weine den beliebten zusammenziehenden Geschmack ertheilt. Moussirende oder brausende Weine (Champagner) werden dadurch erzeugt, dass die Nachgährung in verstopften Flaschen erfolgt, wobei die gebildete Kohlensäure in dem Wein zurückgehalten wird.

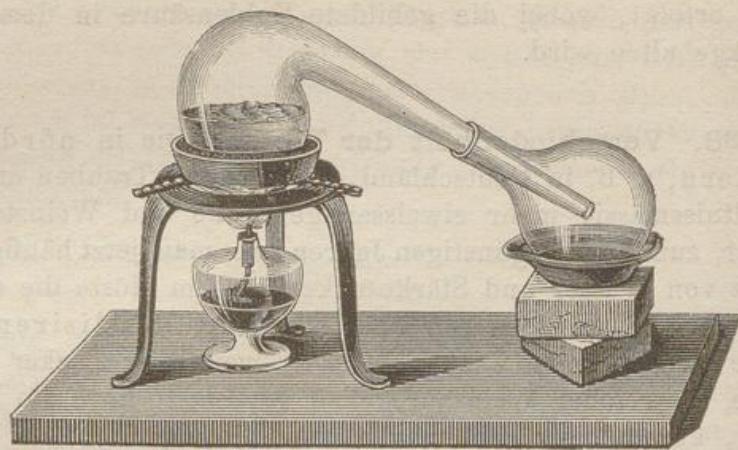
**638. Verschiedenheit der Weine.** Die in nördlichen Ländern, z. B. in Deutschland, wachsenden Trauben enthalten, verhältnissmässig mehr eiweissartige Stoffe und Weinstein, als Zucker, zumal in ungünstigen Jahren, wo man jetzt häufig durch Zusatz von Wasser und Stärkezucker zu dem Moste die ersteren vermindert, den letzteren aber vermehrt (Gallisiren). Die Weine dieser Länder sind nicht süß, weil aller Zucker zerlegt wurde, ihr reicher Weinsäuregehalt veranlasst aber die Bildung feiner, ätherartiger Parfüms (Blume, Bouquet). Als die Ursache des eigenthümlichen, allen Weinen gemeinsamen Weingeruches sieht man den Oenanthaläther und Caproyläther an, welche man aus dem Fuselöl der Weintreber dargestellt hat.

In den Trauben südlicher Länder, z. B. Spaniens, wird in Folge der höheren Temperatur viel Zucker, dagegen weniger Weinstein und eiweissartiger Stoff gebildet. Hier reicht der letztere nicht hin, um bei der Gährung die Verwandlung des ganzen Zuckers zu bewirken, ein Theil davon bleibt deshalb unzerlegt und der gebildete Wein schmeckt süß. Ferner entstehen hierbei, weil es an der genugsmamen Menge von Weinstein fehlt, keine besonderen Aetherarten oder Parfüms und deswegen besitzen die Weine dieser Art kein eigentliches Bouquet.

**639. Spiritus aus Wein. Versuch.** Wird Wein in eine Retorte gebracht und bei gelinder Erhitzung der Destillation unterworfen, so geht zuerst der flüchtigere Weingeist nebst dem Oenanthaläther, einem Gemisch verschiedener Aetherarten, über. Man erhält auf diese Weise einen sehr angenehm riechenden Spiritus, welcher im Handel unter dem Namen Cognac, Sprit oder Franzbranntwein bekannt ist. — In der Regel benutzt man in den Weinländern hierzu die beim Ziehen der Weine übrigbleibende Hefe, da diese in dem aufgequollenen, breiartigen

Zustande, wie sie sich in den Fässern ablagert, eine grosse Quantität von Wein mechanisch zurückhält.

Fig. 183.



Bier.

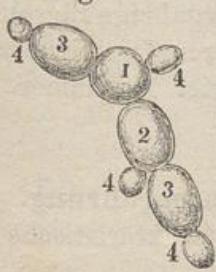
**640. Bereitung.** Nächst dem Wein sind Bier und Branntwein die wichtigsten gegohrenen Getränke. Die Darstellung derselben unterscheidet sich von der des Weins wesentlich dadurch, dass hierzu Materialien angewendet werden, welche keinen fertig gebildeten Zucker, sondern statt dessen Stärkemehl enthalten, als: Gerste, Weizen, Roggen, Kartoffeln etc. Das Stärkemehl kann nicht, wie der Zucker, direct in Weingeist und Kohlensäure zerfallen; um es zur Weingeistbereitung zu benutzen, muss es vorher in Zucker umgewandelt werden. Dies geschieht in den vorliegenden Fällen immer durch das Diastas des Gerstenmalzes (556) bei dem sogenannten Maischprocesse der Brauer und Branntweinbrenner.

**Versuch.** 20 Grm. zerquetschtes Malz werden mit einem Gemenge von 60 Grm. kaltem und 80 Grm. kochendem Wasser übergossen und einige Stunden an einen warmen Ort gestellt, wo die Mischung ungefähr eine Temperatur von 65 bis 70° C. erlangt; man erhält eine süsse Flüssigkeit, die aus Dextrin und Zucker besteht und in der sich zugleich etwas von dem im Malz enthaltenen Kleber, welcher hierbei auflöslich wird, befindet. Der Brauer nennt diese Flüssigkeit Würze. Man presst sie durch ein

Läppchen und kocht sie einige Zeit, bis sie klar und durchsichtig geworden ist, lässt sie dann bis 30° C. abkühlen und versetzt sie mit einem Theelöffel voll Bierhefe: sie wird bald in Gährung gerathen und nach einigen Tagen sich wieder klären; die klare, gegohrene Flüssigkeit ist Bier. Auf diese Weise bereitet man die nicht bitteren, sogenannten Weissbiere. Setzt man der Würze während des Kochens etwas Hopfen (Fruchtzapfen der Hopfenpflanze hinzu, so löst sich daraus ein aromatisch-bitterer Stoff (Lupulin) auf, der dem Bier nicht nur einen angenehmen und kräftigen Geschmack, sondern auch grössere Haltbarkeit giebt.

**641. Obergährung und Oberhefe.** Was bei der erwähnten Gährung (Obergährung) besonders auffallen muss, das ist die grosse Menge von Hefe, welche sich dabei ausscheidet. Sie röhrt von dem Kleber der Gerste her, der während des Maischprocesses aufgelöst, während des Gährungsprocesses aber, als unlösliche Hefe, wieder niedergeschlagen wird. Diese Hefe heisst Oberhefe, weil sie in Folge der starken Kohlensäureentwicklung in die Höhe gehoben, und wenn die Fässer voll sind, oben aus dem Spundloche ausgestossen wird; sie ist das beste Ferment und die hier erhaltene Menge reicht hin, um die Würze aus einem ganzen Punde Malz zur vollständigen Gährung zu bringen. Ihre gährungerregende Kraft geht verloren, wenn man sie scharf austrocknet, oder kocht, oder sehr fein zerreibt; ebenso durch Zusatz von faulnisswidrigen Substanzen, z. B. von Weingeist, Holzessig, schwefliger Säure, Salicylsäure, flüchtigen Oelen etc. Unter dem Vergrösserungsglase giebt sich die Oberhefe als ein einfaches, aus einzelnen runden oder ovalen Zellen oder Bläschen bestehendes Pflänzchen (636) zu erkennen; auch erfolgt ihre Vermehrung in der Würze auf dieselbe Weise wie bei den einfach-

Fig. 184.



sten Pflanzen durch Knospung, so nämlich, dass sich an jedes Bläschen der alten Hefe, welches eine Mutterzelle (1) darstellt, fortschreitend neue Generationen von Zellen oder Knospen (2, 3, 4 etc.) ansetzen. Diese Bläschen bestehen aus einer Hülle von Cellulose und sind mit einer stickstoffhaltigen anfangs dünnen, später dicker und körnig werdenden Masse angefüllt. Mit ihrem

Wachsen und Absterben geht die Zerlegung des Zuckers in Kohlensäure und Weingeist Hand in Hand.

**Nachgärung.** Das frische Bier enthält noch etwas Zucker und Kleber aufgelöst, es erfährt daher, ebenso wie der Wein, beim Aufbewahren eine zweite, schwache Gärung (Nachgärung). Lässt man diese in verstopften Flaschen vor sich gehen, so dass die Kohlensäure nicht entweichen kann, so erhält man, ähnlich wie bei der Champagnerbereitung, moussirendes Bier (Flaschenbier). Aller Kleber wird aber auch durch die zweite Gärung nicht ausgeschieden, deshalb verändert sich das obergärrige (leichte) Bier noch weiter, wenn es an der Luft stehen bleibt; jetzt ist es aber der Weingeist, der durch den in Zersetzung begriffenen Proteinstoff mit verändert wird; derselbe geht in Essig über und das Bier wird sauer (667).

**642. Untergärung und Unterhefe. Versuch.** Wiederholt man den vorigen Versuch mit der Abänderung, dass man die Würze bis unter 10° C. abkühlt, ehe man Hefe zusetzt, und lässt man dann die Flüssigkeit an einem kühlen Orte stehen, so tritt ein sehr langsames Wachsen der Hefenzellen und eine sehr langsame Gärung ein, welche erst in einigen Wochen, ja Monaten, ihr Ende erreicht. Dabei entwickelt sich die Kohlensäure in sehr kleinen Bläschen und die Hefe lagert sich am Boden des Gefässes ab (Untergärung, Unterhefe). Diese Art von Hefenzellen pflanzt sich durch Sporen fort. Das so bereitete Bier enthält nur noch sehr kleine Mengen von Kleber oder Hefe und hält sich deshalb lange Zeit ohne sauer zu werden; ferner ist dasselbe reicher an Kohlensäure als das durch Obergärung gewonnene, weil es bei der niedrigen Temperatur und bei der allmäßigen Entwicklung des kohlensauren Gases mehr davon zurückhalten konnte. Auf diese Weise stellt man allgemein die stärkeren Biersorten (baierische, Lager- oder untergärrige Biere) dar. Die hierbei sich abscheidende dichte Unterhefe wirkt zwar auch gegen Zucker gärungserregend, aber viel langsamer und schwächer als die schaumige Oberhefe.

**643. Vergleichung der Ober- und Untergärung.** Die nachstehende Zusammenstellung wird das Charakteristische der beiden Gärungsmethoden deutlicher machen.

Obergährung:

- a) erfolgt bei höherer Temperatur (12 bis 20°);
- b) erfolgt schnell (in 3 bis 4 Tagen);
- c) dabei unvollständige Abscheidung der Hefe durch Ausstossen;
- d) Oberhefe ist feinzertheilt und schaumig;
- e) Oberhefe ist schnell Gährung erregend;
- f) obergähriges Bier wird bald sauer;
- g) obergähriges Bier enthält weniger Kohlensäure;
- h) dient zur Darstellung schwacher Biere;
- i) durch Erniedrigung der Temperatur kann die Obergährung in Untergährung verwandelt werden.

Untergährung.

- bei niedrigerer Temperatur (5 bis 10°);
- langsam (in 6 bis 8 Wochen);
- dabei vollständige Abscheidung der Hefe durch Absetzen;
- Unterhefe compact und schwerer;
- Unterhefe langsam Gährung erregend;
- untergähriges Bier nicht;
- untergähriges Bier mehr;
- dient zur Darstellung starker Biere;
- durch Erhöhung der Temperatur kann die Untergährung in Obergährung verwandelt werden.

**644. Bestandtheile der Biere.** *Versuch.* Man unterwerfe eine gewogene oder gemessene Menge Bier der Destillation (Fig. 183): es wird zuerst, nebst der Kohlensäure, ein dünner Weingeist, zuletzt nur eine wässrige Flüssigkeit übergehen. Der Rückstand liefert, eingetrocknet, eine braune Masse (Bier-extract), die hauptsächlich aus Dextrin, Zucker und Hopfenbitter besteht. Bestimmt man die Stärke und Menge des erhaltenen Weingeistes und das Gewicht des gewonnenen Extractes, so hat man die zwei wichtigsten Factoren zur Bestimmung der Beschaffenheit und Güte eines Biers.

**Bierstein.** Unter dem Namen Bier- oder Getreidestein hat man ein aus Bierwürze und Hopfen dargestelltes und zur Trockne eingekochtes Extract in den Handel gebracht, aus dem

man sich durch Auflösen und Versetzen mit Hefe an jedem Orte schnell Bier erzeugen kann.

### Branntwein.

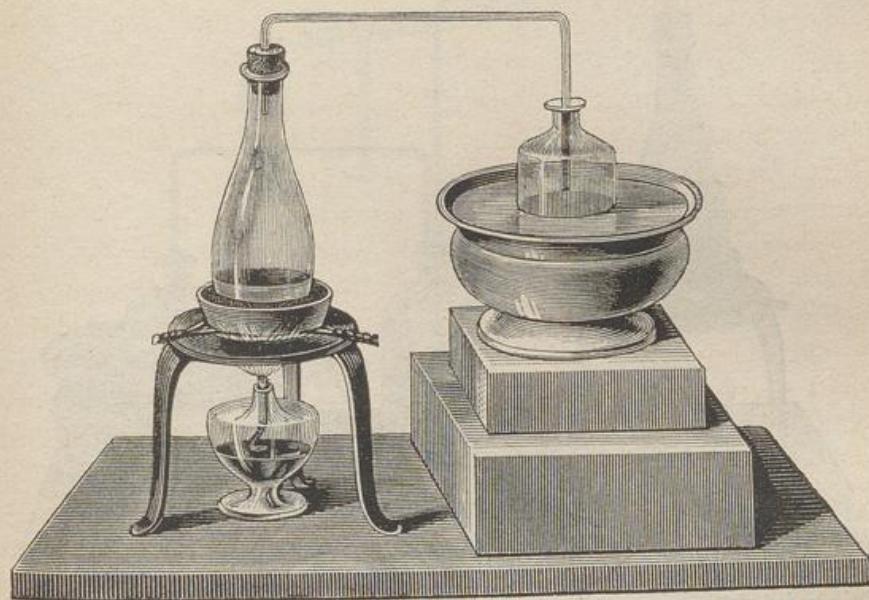
**645. Bereitung.** Diese hat insofern Aehnlichkeit mit der Bereitung von Bier, als man dazu ebenfalls stärkehaltige Substanzen anwendet, deren Stärke vor der Gährung erst in Zucker umgewandelt werden muss. Dies geschieht, wie dort, durch den Maischprocess, d. h. durch die Einwirkung des Diastases des Malzes auf die Stärke. Zu dem Ende röhrt man entweder gekochte und zerriebene Kartoffeln oder Roggenschrot mit zerkleinertem Gerstenmalz und heissem Wasser zu einem Breie an und erhält diesen so lange bei einer Temperatur von 70° C., bis eine vollständige Zuckerbildung erfolgt ist; dann setzt man Bierhefe oder sogenannte künstliche Gährmittel zu der süßen, zuvor abgekühlten Maischflüssigkeit, wodurch sie in Gährung geräth. Bei Roggen kann man hierbei aus der neuerzeugten Hefe durch Abschöpfen, Absetzen und Abpressen die teigartige Presshefe gewinnen. Ist die Gährung beendigt, so bringt man die Masse in eine kupferne Blase und destillirt den flüchtigen Weingeist von den nichtflüchtigen Theilen ab. Was zurückbleibt, ist ein Gemenge von Hülsen, Faserstoff, Kleber, Stärke, Dextrin, Zucker, Milchsäure etc., und wird unter dem Namen Schlempe oder Branntweinspülicht als ein äusserst nahrhaftes Futtermittel benutzt. In früherer Zeit wendete man zu dieser Destillation einfache Destillirblasen an und erhielt einen dünnen Weingeist (Branntwein oder Lutter), der ungefähr aus  $\frac{1}{3}$  Weingeist und  $\frac{2}{3}$  Wasser bestand; jetzt aber sind allgemein zusammengesetzte Brennapparate im Gebrauch, mittelst deren man einen noch einmal so starken Weingeist gewinnt (rectificirter Weingeist). Die Principien, worauf diese Apparate beruhen, werden durch folgende Versuche klar werden.

**646. Einfache Rectification. Versuch.** Man bringe 100 C.C. gewöhnlichen Branntweins in ein geräumiges Kochfläschchen und destillire behutsam die Hälfte davon in ein Glas über, welches durch sehr kaltes Wasser, besser noch durch Schnee abgekühlt

VII. Verwandlung des Zuckers in Weingeist. 597

wird. Hatte der Branntwein  $30^{\circ}$ , so werden die zuerst übergehenden 50 CC. Weingeist wenigstens  $50^{\circ}$  zeigen. Der Wein-

Fig. 185.

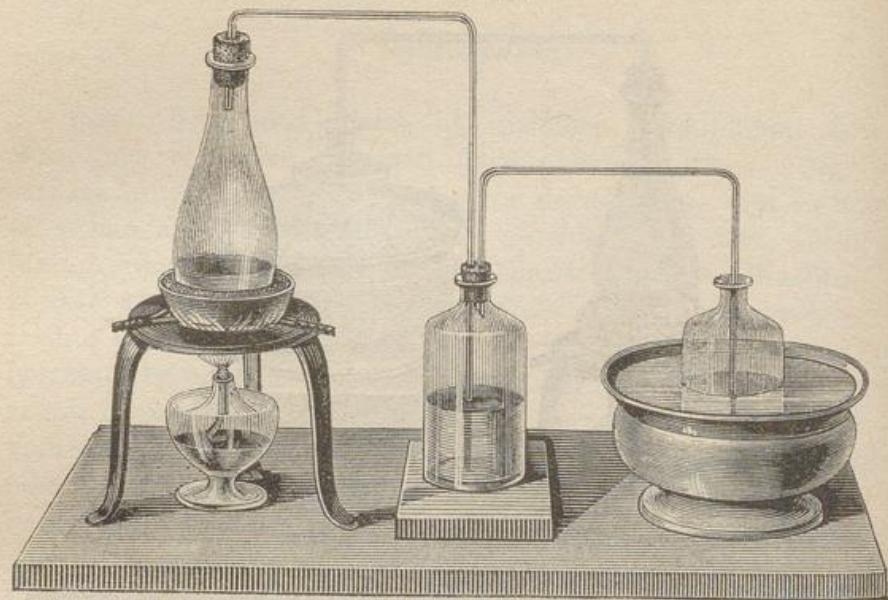


geist ist flüchtiger als Wasser, er destillirt daher, in Gemeinschaft mit einer geringeren Quantität von letzterem, zuerst über, während die grössere Quantität des Wassers nebst dem im Branntwein etc. enthaltenen Fuselöle in dem Kochfläschchen zurückbleibt (Phlegma).

**647. Doppelte Rectification. Versuch.** Bringt man mit dem Kochfläschchen und der Vorlage ein Zwischengefäß, z. B. ein grösseres Opodiodglas, in Verbindung, was mittelst zweier rechtwinklig gebogener Glasröhren und eines doppelt durchbohrten Korkes leicht zu bewerkstelligen ist, und wiederholt man dann den eben beschriebenen Destillationsversuch, so verdichten sich die übergehenden Weingeistdämpfe zuerst in dem Mittelgefäß. Da dieses Gefäß nicht abgekühlt wird, so geräth die darin condensirte Flüssigkeit endlich auch ins Kochen, und die hierbei sich bildenden Dämpfe strömen in die mit kaltem Wasser umgebene Vorlage und verdichten sich darin zum zweiten Male. Man bewirkt also auf diese Weise eine doppelte Destillation

(Rectification). In dem Kochfläschchen ist kochender Branntwein (von 30°); in dem Zwischenglase kochender rectificirter

Fig. 186.



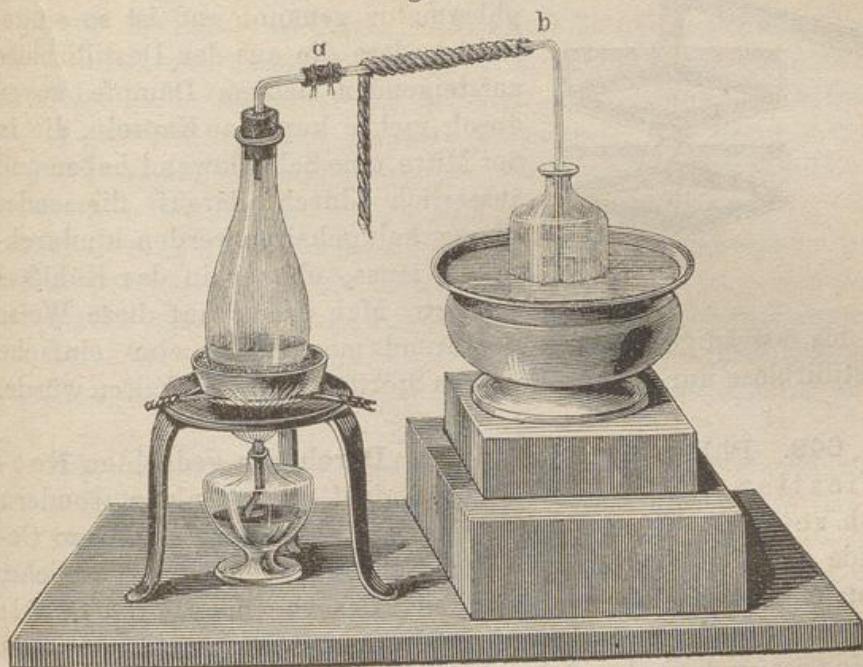
Weingeist (von ungefähr 50°). Nach Beendigung des Versuches findet man in dem ersten Gefäss Phlegma, in dem zweiten schwachen Weingeist, in dem dritten Gefäss sehr starken, höchstrectificirten Weingeist, sogenannten Alkohol (von 70 bis 80°).

Kochpunkt des Weingeistes. Befestigte man in den Korken der beiden ersten Gefäss ein Paar Thermometer, die bis in die Flüssigkeit hinabreichen, so würde man finden, dass die Flüssigkeit in dem Kochfläschchen zu Anfange des Versuchs bei 85° C., zu Ende des Versuches bei 95 bis 100° C., die des zweiten Gefässes aber zuerst bei 80° C., zuletzt bei 85 bis 90° C. siedet. Man ersieht hieraus, dass starker Spiritus bei viel niedrigerer Temperatur kocht, als schwacher. Der allerstärkste Weingeist (absoluter) kocht schon bei 78° C., also um 22 Grade leichter als Wasser.

**648. Rectification durch partielle Abkühlung. Versuch.** Mit einem Kochfläschchen verbinde man eine ziemlich weite Glasröhre, welche so gebogen ist, dass ihr mittlerer Theil etwas aufwärts steigt, wie es die Figur 187 zeigt; von *b* an wird diese

Röhre mit einem angefeuchteten Dochte umwickelt, dessen Ende bei *a* herabhängt. Bei *b* binde man einen mehrfach zusammen-

Fig. 187.

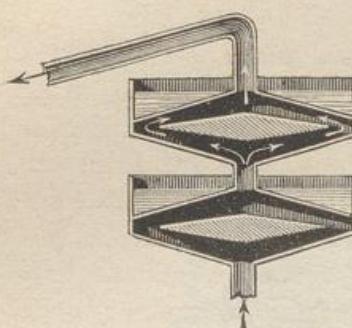


gelegten und mit einigen Tropfen Baumöl eingeriebenen Tuchstreifen fest, damit das Wasser aus dem Dochte nicht auf das Kochfläschchen herablaufe. Nun destillire man, wie früher, 100 CC. Branntwein, tröpfle aber während der Destillation fortwährend kaltes Wasser bei *b* auf den Docht, um dadurch den Branntweindampf unterwegs etwas abzukühlen. Das während des Herablaufens erwärmte Wasser fängt man in einem unter das Dochtende gestellten Gefäße auf. Die Destillation wird unterbrochen, wenn ungefähr  $\frac{1}{3}$  der Flüssigkeit übergegangen ist; man wird einen weit stärkeren Spiritus in der Vorlage haben, als bei dem Versuche 647, weil durch die theilweise Abkühlung des Branntweindampfes hauptsächlich der schwer flüchtige Wasserdampf verdichtet wurde und daher ein weingeistreicherer Dampf in die Vorlage gelangte. Das unterwegs verdichtete Wasser ist in das Kochfläschchen zurückgeflossen.

Beckenapparat. Mit dem schönsten Erfolge hat man das Prinzip der partiellen Abkühlung auf die Destillation des

Branntweins im Grossen angewendet. Der bekannteste hierzu

Fig. 188.



70- bis 80grädigen Spiritus, während man durch eine einfache Destillirblase nur einen schwachen Spiritus von 30° erhalten würde.

**649. Phlegma und Fuselöl.** Durch die gedachten Rectificationen wird der Weingeist nicht nur stärker, sondern auch reiner. Neben dem Weingeist bildet sich aus dem Getreide und den Kartoffeln bei der Gährung auch eine ölahnliche, unangenehm riechende Flüssigkeit, das sogenannte Fuselöl; ausserdem auch etwas Essig. Beide sind schwerer flüchtig als Weingeist und werden daher bei der letztgedachten Rectification mit dem zurückfliessenden Wasser zum grössten Theile verdichtet. Was man, wie oben erwähnt, Phlegma nennt, ist hiernach ein Gemisch von Wasser mit etwas Weingeist, Fuselöl und Essig. Vollständig von dem Fuselöl reinigen lässt sich der Weingeist dadurch, dass man ihn mit frisch ausgeglühter Holzkohle einige Zeit stehen lässt und dann abfiltrirt, oder besser abdestillirt; das Fuselöl bleibt hierbei in den Poren der Kohle zurück (114). Noch vortheilhafter ist es, die Weingeistdämpfe vor ihrer Verdichtung bei der Destillation durch einen über dem Beckenapparate angebrachten, mit Holzkohle gefüllten Cylinder streichen zu lassen.

Die genauere Untersuchung des Fuselöls hat ergeben, dass es in gereinigtem Zustande nicht eine Oelart, sondern vielmehr eine Alkoholart ist (Amylalkohol oder Amyloxydhydrat), die in ihrer Zusammensetzung und ihren Verbindungen sich dem Weingeist und Holzgeist ganz ähnlich verhält und daher richtiger Fuselgeist genannt werden sollte. Sie ist brennbar wie diese, schwimmt auf Wasser, ohne sich darin zu lösen, und hat einen

## VII. Verwandlung des Zuckers in Weingeist. 601

widrigen, erstickenden Geruch und einen brennenden Geschmack.  
Näheres hierüber in 686.

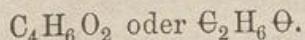
**650. Arrak und Rum.** Auf ähnliche Weise, wie bei uns, aus dem Getreide und den Kartoffeln Branntwein gebrannt wird, bereitet man in Ostindien aus dem Reis durch Einmaischen, Gährung und Destilliren eine geistige Flüssigkeit, die durch Zusatz von Catechupalmen-Samen einen eigenthümlichen, rumähnlichen Geschmack und Geruch erhält und Arrak genannt wird. Die durch Gährung von Zuckersaft und Zuckersyrup gewonnene geistige Flüssigkeit liefert den Rum, dessen Geruch von einem dem Zuckerrohr eigenthümlichen Stoffe herrührt. Zu Nachbildungen von Arrak und Rum benutzt man Weingeist, Cedernholz und gebrannten Zucker, unter Zusatz von Butteräther, Ameisenäther u. a.

**651. Geistige Getränke.** Alle gegohrenen Getränke enthalten Weingeist; diesem verdanken sie ihre berauschende Kraft. Wie gross die Menge ist, die sich davon in den bekanntesten geistigen Getränken findet, wird sich aus folgender Zusammensetzung ergeben:

### Reiner Weingeist.

In 100 Maass von gewöhnlichem Bier sind enthalten:	1½	bis	2	Maass;
" " " Lagerbier . . . . .	"	"	3	" 5 "
" " " Porter oder Ale . . .	"	"	6	" 8 "
" " " Wein . . . . .	"	"	10	" 15 "
" " " Madeirawein . . . .	"	"	18	" 24 "
" " " Branntwein u. Franzbranntw.,	"	"	40	" 45 "
" " " Liqueur . . . . .	"	"	45	" 50 "
" " " Rum oder Arrak . . .	"	"	50	" 60 "
" " " rectificirtem Weingeist	"	"	60	" 70 "
" " " Sprit . . . . .	"	"	70	" 75 "
" " " höchstrectificirtem Weingeist oder Alkohol				
sind enthalten . . . . .	86	"	90	"

### Aethylalkohol oder Weingeist.



**652. Wasserfreier oder absoluter Weingeist.** Die Gährung des Zuckers ist bis jetzt der einzige Weg, auf dem wir

Weingeist im Grossen erzeugen können. Im Kleinen ist es gelungen, ihn mittelst des Acetylens künstlich aus seinen Elementen zusammenzusetzen (674). Wie der auf ersterem Wege gebildete Weingeist abgeschieden, wie er verstärkt, wie er gereinigt wird, davon ist schon in den vorigen Abschnitten die Rede gewesen. Dies geschieht durch partielle Destillation oder durch partielle Abkühlung, da der Weingeist leichter zu verflüchtigen, der Weingeistdampf aber schwerer zu verdichten ist als Wasser oder Wasserdampf. Alles Wasser lässt sich indessen auf diese Weise nicht von dem Weingeist trennen, weil der Weingeist  $\frac{1}{10}$  Wasser so fest hält, dass er ihm weder durch Destillation noch durch Abkühlung entzogen werden kann. Um ihn ganz wasserfrei zu erhalten, muss man einen Körper hinzubringen, der grössere Affinität zu dem Wasser hat und dieses so fixirt, dass es beim Siedepunkte des Weingeistes nicht mit verdampfen kann. Ein solcher Körper ist der gebrannte Kalk.

*Versuch.* Man schütte in ein Kochfläschchen 50 Grm. gebrannten und in kleine Stücke zerklöpften Kalk und darauf 50 CC. ganz starken Alkohol, verbinde mit dem Fläschchen, wie bei dem Rectificationsversuch 646, eine Vorlage und lasse das Gemenge einen Tag lang ruhig stehen. Der Kalk verbindet sich allmälig mit dem Wasser des Alkohols (er löscht sich), und man erhält den letzteren wasserfrei, wenn man ihn bei gelinder Wärme, am besten im Wasserbade (165), abdestillirt. Der wasserfreie Weingeist führt auch den Namen: absoluter Weingeist oder Alkohol. Man darf bei diesem Versuche die anzuwendenden Gefässer nicht etwa vorher mit Wasser ausspülen, sondern dies muss mit starkem Weingeist geschehen, weil ausserdem die in den ersten hängenbleibende Feuchtigkeit den wasserfreien Alkohol wieder zu wasserhaltigem machen würde.

**653. Eigenschaften des Alkohols.** Der Alkohol hat einen brennenden Geschmack und einen durchdringenden, angenehmen Geruch. Starker Weingeist, voraus absoluter, wirkt giftig, wenn er verschluckt wird; der verdünnte dagegen wirkt, wie bekannt, belebend und berauschend.

**Weingeist in der Kälte und Wärme.** Der starke Weingeist ist bis jetzt noch nie, selbst nicht durch eine Kälte von  $-100^{\circ}$  C., zum Gefrieren gebracht worden; er eignet sich

deshalb vortrefflich zur Anfertigung von Thermometern, mit denen hohe Kältegrade gemessen werden sollen. Ebenso leistet er aus diesem Grunde bei der Gasbeleuchtung gute Dienste, um zur Winterszeit das Gefrieren des in den Gasleitungsröhren sich absetzenden Wassers, und somit das Verstopfen dieser Röhren, zu verhindern. Man lässt nämlich das aus den Gasometern kommende Leuchtgas durch Alkohol streichen ehe es weiter fortgeleitet wird, wodurch dem Gase einerseits Wasserdämpfe entzogen, anderseits Weingeistdämpfe mitgetheilt werden. Die sich nunmehr in den Röhren verdichtende Flüssigkeit enthält so viel Weingeist, dass sie bei der Kälte unserer Winter nicht gefriert.

Wird gewöhnlicher Weingeist in einem offenen Gefässе hingestellt, so verdunstet der Weingeist schneller als das dabei befindliche Wasser. Starker Weingeist vermag auch Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Hieraus erklärt es sich, warum alle geistigen Flüssigkeiten in unverstopften Gefässen schwächer und wasserreicher werden müssen. Durch die Spirituslampen wird der Anfänger oft genug an diesen Vorgang erinnert: sie wollen nicht anbrennen, wenn sie einige Zeit ohne Kapsel an der Luft gestanden haben. Warum nicht? Der Spiritus aus dem Dochte ist verflogen, das Phlegma darin zurückgeblieben.

Von dem Kochen und Verdampfen des Weingeistes ist schon bei 646 und 647, von dem Verbrennen desselben aber bei 127 und 133 die Rede gewesen. Der Weingeist enthält so wenig Kohlenstoff, dass bei seiner Verbrennung kein Russ ausgeschieden wird; deshalb leuchtet auch die Weingeistflamme nur schwach. Die geeignetste Stärke für den Brennspiritus ist die von 75° bis 80° Tralles; wendet man ihn schwächer an, so verdampft nicht alles Wasser während des Verbrennens und es bleibt Phlegma übrig.

**654. Weingeist und Wasser.** Mit dem Wasser lässt sich der Weingeist in jedem Verhältnisse vermischen, und er wird in dem Maasse specifisch schwerer, als er mehr Wasser enthält; man hat daher in dem specifischen Gewichte ein sehr einfaches und zugleich sicheres Kennzeichen für die grössere oder geringere Stärke des Weingeistes. Am bequemsten ermittelt man diese durch das Aräometer (Alkoholometer, Spirituswage). Der absolute Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,792, d. h.

ein Gefäss, in welches 1000 Grm. Wasser gehen, wird schon von 792 Grm. absoluten Weingeistes vollgefüllt; er ist also ungefähr

Fig. 189. um  $\frac{1}{5}$  leichter als Wasser. In diesem Weingeist sinkt das Weingeistaräometer bis zur obersten Spitze der Scala, bis zu  $100^{\circ}$ , ein, während es in reinem Wasser bis zu dem unteren Anfange der Scala, der mit 0 bezeichnet ist, emporsteigt (18). Die bekanntesten Scalen sind die von Tralles und Richter, die sehr stark von einander abweichen, weil Tralles die Mischungen von Weingeist und Wasser, aus denen er die Grade bestimmte, dem Maasse oder Volumen nach, Richter aber dem Gewichte nach machte. Der Erstere z. B. nannte einen Weingeist 50grädig, welchen er aus 1 Maass absolutem Weingeist und 1 Maass Wasser mischte; der Letztere aber gab diese Zahl einem Gemische, welches er sich aus 1 Pfund absolutem Weingeist und 1 Pfund Wasser darstellte. In der zuletzt gedachten Mischung muss natürlich mehr Weingeist sein als in der ersteren, weil 1 Pfund Weingeist ein grösseres Volumen einnimmt als 1 Pfund Wasser, und es erklärt sich hieraus, warum ein und derselbe Weingeist an der Tralles'schen Senkwage mehr Grade zeigt, also stärker scheint, als an der Richter'schen. Der letzteren sehr nahe steht die Stopani'sche Wage, die früher häufig im Gebrauche war. In Deutschland ist jetzt die Tralles'sche gesetzlich eingeführt; ihre Grade repräsentieren demnach Volumprocente. Ueber den Einfluss der Temperatur auf das specifische Gewicht s. 19.

**Verdichtung.** Mischt man 50 Maass Weingeist und 50 Maass Wasser, so erhält man nicht 100 Maass, sondern nur ungefähr 97; es findet also hierbei, ebenso wie beim Vermischen der Schwefelsäure mit Wasser (212), eine Verdichtung statt. Hieraus erklärt sich die Erwärmung, welche man wahrnimmt, wenn Wasser und Weingeist gemischt werden. Für die Kaufleute, die jetzt häufig den Branntwein durch Verdünnung von starkem Spiritus mit Wasser darstellen, ist die Kenntniss dieser Thatsache von ökonomischer Wichtigkeit, da diese Flüssigkeit gewöhnlich dem Maasse nach verkauft wird.



655. Benutzung des Weingeistes. Der Weingeist ist, wie das Wasser, ein Lösungsmittel für viele Stoffe, und zwar löst er nicht nur manche Stoffe auf, die auch im Wasser löslich sind, z. B. Gerbstoff, Zucker etc., sondern auch manche andere, die sich im Wasser nicht oder kaum lösen, z. B. Harze, flüchtige Oele etc.

Galläpfeltinctur. *Versuch.* Man übergiesse in einem Gläschen 5 Grm. zerklopfte Galläpfel mit 40 Grm. Wasser, in einem anderen eben so viel Galläpfel mit 40 Grm. Weingeist, überbinde beide Gläser mit feuchter Blase, in die man mit einer Stecknadel einige Löcher sticht, und stelle sie einige Tage an einen warmen Ort (Digestion). Man erhält in beiden Fällen eine dunkelgefärbte, sehr zusammenziehend schmeckende Flüssigkeit (Tinctur), die durch Filtriren geklärt wird. Was sich darin aufgelöst hat, ist ein eigenthümlicher Stoff der Galläpfel, der Gerbstoff oder Gerbsäure heisst. Bei längerer Aufbewahrung wird die wässerige Tinctur unter Bildung von Schimmelpflanzen sich zersetzen, die geistige aber nicht, weil der Weingeist die Fähigkeit hat, das Eintreten der Fäulniss zu verhindern. Dieser Fähigkeit wegen wendet man den Weingeist auch zur Conservirung von anatomischen Präparaten und zoologischen Naturalien an.

Zimmtinctur. *Versuch.* Auf die eben angegebene Weise bereite man sich aus 5 Grm. zerstossener Zimtrinde und Wasser einen Auszug oder eine Tinctur. Man erhält eine schwach gefärbte Flüssigkeit, die, auf einem warmen Ofen verdampft, ein fast geschmackloses Gummi hinterlässt, welches sich durch zugegossenes Wasser leicht wieder auflöst. Der übrig gebliebene Zimmt wird nun mit Weingeist übergossen und einige Tage damit digerirt; man wird eine dunkelbraune, feurig, gewürhaft und zusammenziehend schmeckende Tinctur Zimmtinctur, erhalten. Dampft man von dieser etwas zur Trockne ab, so bleibt eine braune, glänzende Masse (Harz) zurück, die sich nicht im Wasser, wohl aber im Weingeist wieder auflöst. Ausser mehreren anderen Stoffen hat also das Wasser hauptsächlich Gummi, der Weingeist hauptsächlich Harz (und flüchtiges Oel) aus der Zimtrinde aufgelöst.

Diese Beispiele werden genügen, um anzudeuten, wie manchfach der Weingeist als Auflösungs- und Conservationsmittel

benutzt werden kann. Von den damit bewirkten Auflösungen sind die bekanntesten:

- a) die Tincturen der Pharmacie, geistige Auszüge von medicinischen Kräutern, Wurzeln, Rinden etc.;
- b) die Lackfirnisse, Auflösungen von Harzen in Weingeist;
- c) die sogenannten wohlriechenden Wasser, z. B. Eau de Cologne, Auflösungen von flüchtigen Oelen in Weingeist;
- d) die Liqueure, mit Zucker versüßte Auflösungen von flüchtigen Oelen (Kümmelöl, Pfeffermünzöl etc.) oder von bitteren und aromatischen Stoffen (Calmuswurzel, Nelken, Pomeranzen etc.) in Weingeist.

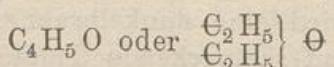
Von den vielfachen Veränderungen, welche der Aethylalkohol erleiden kann, sind besonders zwei wichtig geworden, nämlich seine Umwandlung in Aether und Essig, deren Betrachtung zunächst folgt.

Weitere Alkoholarten sind: Aethylenalkohol, Methylalkohol, Amylalkohol. Näheres über diese folgt in den Abschnitten IX, XIII, XIV, XV.

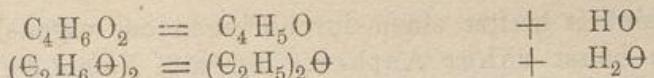
---

### VIII. Verwandlung des Weingeistes in Aether.

#### Aethyläther oder Aethyloxyd.



**656. Aethylschwefelsäure.** *Versuch.* Man vermische 40 Grm. starken Alkohols von 90° unter Umrühren mit einem Glasstabe mit 50 Grm. englischer Schwefelsäure: es tritt eine Erhitzung ein und eine chemische Veränderung, welche sich schon an der bräunlichen Farbe und dadurch zu erkennen giebt, dass das Gemisch einen eigenthümlichen, vom Weingeist verschiedenen Geruch zeigt. Es zerfällt hierbei der



Weingeist in Aether (Aethyloxyd) und Wasser

und der erzeugte Aether tritt mit 2 Aeq. Schwefelsäure zu Aethylschwefelsäure =  $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  +  $\text{HO}$ ,  $\text{SO}_3$  oder  $\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{H}\cdot\text{SO}_4$  zusammen, welche Verbindung auch als saures schwefelsaures Aethyloxyd angesehen werden kann. Die Aethylschwefelsäure verhält sich wie eine selbstständige Säure und giebt mit Kalk und Baryt leichtlösliche Salze, während der schwefelsaure Kalk schwerlöslich und der schwefelsaure Baryt ganz unlöslich ist. Sonst nannte man die Aethyl- oder Aetherschwefelsäure, die in dem *Elix. acid. Hall.* und der *Mixt. sulph. acid.* der Apotheken enthalten ist, Schwefelweinsäure. Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten dieser Säure in der Kochhitze. Wird sie mit Wasser gekocht, so zerfällt sie in Alkoholdampf und Wasser; wird sie für sich oder mit einer geringen Menge von Alkohol gekocht, so zerfällt sie in Aetherdampf und Wasserdampf. In ersterem Falle bleibt verdünnte, in letzterem concentrirte Schwefelsäure zurück. Auf das letzterwähnte Verhalten gründet sich die Darstellung des Aethers.

657. Aether oder Aethyloxyd,  $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}$  oder  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ .

*Versuch.* Man bringe das aus Alkohol und Schwefelsäure dargestellte Gemisch in ein mit einer Glasröhre und einer Vorlage verbundenes Kochfläschchen (s. Fig. 99), verschliesse die zwischen dem Halse der Vorlage und der Glasröhre gebliebene Oeffnung durch Umwickeln mit feuchter Blase, in die einige feine Löcher gestochen werden, und erhitze das Kochfläschchen behutsam in einem Sandbade, bis der Inhalt desselben in wallende Bewegung geräth. Das Kochen der Flüssigkeit wird so lange unterhalten, bis ungefähr 20 bis höchstens 30 Grm. Flüssigkeit überdestillirt sind. Unerlässlich nothwendig ist bei diesem Versuche eine sehr gute Abkühlung des Destillates, weil dieses eine ausserordentliche Flüchtigkeit besitzt; es ist daher am rathsamsten, diesen Versuch im Winter anzustellen und die Vorlage mit Schnee zu umgeben. Ferner muss man sich hüten, den übergehenden Dämpfen oder der übergegangenen Flüssigkeit mit brennenden Körpern zu nahe zu kommen, da beide sich mit grosser Leichtigkeit entzünden. Die überdestillirte farb-

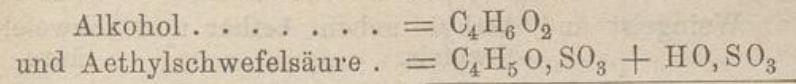
lose Flüssigkeit besitzt einen durchdringenden, angenehmen Geruch; sie heisst *roher Aether*. Der alte Name *Schwefeläther* ist unrichtig, denn in dem reinen Aether ist weder Schwefelsäure noch Schwefel überhaupt enthalten.

Um diesen zu reinigen, schüttelt man ihn in einem kleinen Gläschen mit 20 Grm. Wasser und 5 Grm. Kalilauge durch einander, verstöpselt das Gefäss und stellt es eine Stunde lang verkehrt bei Seite, so dass der Stöpsel nach unten kommt. Der rohe Aether enthält Beimengungen von Wasser, Weingeist, oft auch, namentlich wenn die Destillation zu lange fortgesetzt wurde, von schwefliger Säure; diese Stoffe treten an das zugesetzte Wasser und Kali und bilden damit die schwerere Flüssigkeitsschicht, die sich in dem Gläschen zu unterst absetzt. Die auf dieser schwimmende, sehr dünne und leicht bewegliche Flüssigkeit ist *Aether*, welcher sich ausscheidet, weil er sich gegen Wasser ähnlich wie Oel verhält und von diesem nur in geringer Menge ( $\frac{1}{10}$ ) aufgelöst wird, wogegen hinwiederum Aether etwa  $\frac{1}{36}$  Wasser aufzulösen vermag. Lüftet man nun den Stöpsel des umgekehrten Gläschens ein wenig, so kann man die wässrige Flüssigkeit herauslaufen lassen, den Aether aber zurückhalten. Soll der letztere ganz rein werden, so muss man ihn noch einmal destilliren oder rectificiren. Der reine Aether hat ein specif. Gewicht von 0,725.

Im Grossen stellt man den Aether am vortheilhaftesten auf die Weise dar, dass man zu einer Mischung aus 9 Thln. Schwefelsäure und 5 Thln. Alkohol während des Kochens allmälig immer so viel Alkohol hinzutropfen lässt, als Aether und Wasser überdestilliren. Ein einziges Pfund Schwefelsäure reicht dann hin, um nach und nach über 30 Pfund Alkohol von 90°, von absolutem Weingeist aber unbegrenzte Mengen, in Aether umzuwandeln.

**658. Erklärung der Aetherbildung.** Der erste Act der Aetherbildung ist schon in 656 erklärt worden, den Vorgang im zweiten Acte denkt man sich wie folgt: Kommt *Aethylschwefelsäure* in der Kochhitze (bei 140° C.) mit Alkohol zusammen, so setzen sich die Bestandtheile beider in der Weise um, dass der neu hinzukommende Alkohol ebenfalls in *Aethyloxyd* und Wasser zerfällt und das letztere die Stelle des *Aethyloxyds*

in der Aetherschwefelsäure einnimmt, wonach also Schwefelsäurehydrat wieder hergestellt wird. Aus

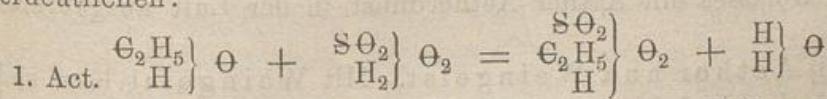


bildet sich 2 Aether . . . .  $2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})$   
und 2 Schwefelsäurehydrat . . . .  $\text{HO}, \text{SO}_3 + \text{HO}, \text{SO}_3$ .

Die Schwefelsäure beginnt mit einer frischen Menge von Alkohol das Spiel des ersten Actes, d. h. die erneute Bildung von Aethylschwefelsäure und Wasser (656); sie stellt also, ähnlich wie das Stickstoffoxyd bei der Erzeugung von Schwefelsäure in den Bleikammern (210), den Vermittler der Aetherbildung dar, ohne in die Zusammensetzung des Endproducts selbst mit einzutreten. Da dieses wechselseitige Bilden und Zerlegen von Aethylschwefelsäure, oder das wechselseitige Binden und Freiwerden von Aether, gleichzeitig in der kochenden Flüssigkeit stattfindet und bei stetig zutröpfelndem starkem Alkohol stetig andauert, so ist es nicht befreudlich, dass durch 1 Pfd. Schwefelsäure viele Pfunde von starkem Alkohol nach und nach in Aether umgewandelt werden können.

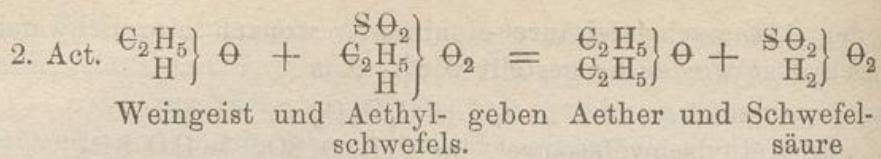
Wendet man einen schwächeren oder wasserreicheren Alkohol zur Aetherbereitung an, so verdunstet nicht das ganze abgeschiedene Wasser mit dem Aether, sondern ein Theil desselben bleibt in der Flüssigkeit der Retorte zurück, welche nun unter  $140^\circ$  C. kocht. Ist hierdurch die Verdünnung so stark geworden, dass der Kochpunkt unter  $130^\circ$  C. sinkt, so zerfällt die Aetherschwefelsäure nicht mehr in Aether und Wasser, sondern in Alkohol und Wasser (656). Aus diesem Grunde erneuert man bei der zuletzt angegebenen Aetherbereitungs-Methode die Schwefelsäuremischung, wenn die Menge des zugeflossenen Alkohols etwa das 6- bis 8fache der angewendeten Schwefelsäure beträgt.

Nach der typischen Schreibweise lassen sich die Vorgänge in den zwei Acten der Aetherbildung sehr übersichtlich wie folgt verdeutlichen:



Weingeist und Schwefel- geben Aethyl- und Wasser  
säure schwefels.

Stöckhardt, die Schule der Chemie.



659. Eigenschaften des Aethers. Die wichtigsten der selben mögen aus folgenden Versuchen erhellen.

a) Flüchtigkeit des Aethers. Man giesse einige Tropfen Aether auf die Hand: er wird in wenig Augenblicken verdunsten und dabei die Hand merklich abkühlen (40). Der Aether ist so leichtflüchtig, dass er schon ins Kochen geräth, wenn man ihn zur Sommerzeit in die Sonne stellt (bei 35,5° C.); man muss ihn daher immer in gut verschlossenen Gefässen und an kühlen Orten aufbewahren. Der eingehathmete Aetherdunst bewirkt Gefühl- und Bewusstlosigkeit.

b) Brennbarkeit des Aethers. Man tauche einen Holzspan in Aether, einen anderen in Weingeist und halte beide an eine Lichtflamme: der Aether brennt viel leichter an (124) und verbrennt mit ungleich grösserer Lebhaftigkeit und zugleich mit einer viel stärker leuchtenden und etwas Russ absetzenden Flamme; er ist sehr feuergefährlich. Seine stärkere Leuchtkraft erklärt sich einfach aus seinem grösseren Gehalte an Kohlenstoff. Der Vorgang beim Verbrennen ist derselbe wie bei dem Weingeist; auch der Aether verwandelt sich dabei in Kohlensäure und Wasser.

c) Explosionen durch Aether. Giesst man einige Tropfen Aether in ein Trinkglas und nähert diesem nach einigen Augenblicken, wenn der Aether sich in Dampf verwandelt hat, einen brennenden Span, so erfolgt eine plötzliche, von einem Geräusche begleitete Entzündung. Der Aetherdampf bildet, ähnlich wie Wasserstoffgas oder Sumpfgas, mit atmosphärischer Luft gemengt, eine Art Knallgas, und es sind schon heftige Explosionen dadurch veranlasst worden, dass man Locale mit einem brennenden Lichte betrat, in denen sich durch das Zerbrechen eines Gefässes mit Aether Aetherdunst in der Luft ausgebreitet hatte.

d) Aether und Weingeist. Mit Weingeist lässt sich der Aether in jeder beliebigen Menge vermischen. Der mit drei Theilen Weingeist versetzte Aether wird unter dem Namen

Hoffmann'scher Geist, Liquor oder schmerzstillender Spiritus vielfach als ein belebendes Arzneimittel angewendet.

e) Aether als Auflösungsmittel. Man schüttle ein Stückchen Talg oder einige Tropfen Baumöl in einem Probirgläschen mit Aether: beide Fette werden sich vollständig darin lösen. In Weingeist oder Wasser sind selbige nicht löslich. Der Aether kann daher sehr gut zur Auflösung und Trennung solcher Stoffe benutzt werden, die sich in ihm, nicht aber in anderen Flüssigkeiten auflösen. Ausser den Fetten sind namentlich auch viele Harze und das sogenannte Gummi elasticum (Kautschuk) in Aether löslich.

#### Zusammengesetzte Aetherarten.

660. Die Atomgruppe  $C_4H_5$  oder  $C_2H_5$ , Aethyl, verhält sich wie ein zusammengesetztes Radical (Ae), die Gruppe  $C_4H_5O$  oder  $(C_2H_5)_2O$ , Aethyloxyd, wie ein basisches Oxyd dieses Radicals (Ae O). Der Alkohol ist dieser Vorstellung gemäss als Aethyloxyd-Hydrat, die Aetherschwefelsäure als ein saures Aethyloxydsalz, als eine Verbindung des Aethyloxyds mit 2 Aeq. Säure, anzusehen. Den neutralen Salzen werden hiernach die Verbindungen des Aethyloxyds mit 1 Aeq. Säure entsprechen; man nennt diese gewöhnlich zusammengesetzte Aetherarten. Nach der neueren Ansicht über die Constitution chemischer Verbindungen gelten sie als Salze, in welchen das Radical  $C_4H_5$  die Stelle des Metalles einnimmt.

Diese Verbindungen lassen sich nicht direct durch Vermischen des Aethers mit Säuren hervorbringen. Die Neigung, sich mit Säuren zu verbinden, hat der Aether nur in dem Zeitpunkte, wo er eben gebildet oder aus einer anderen Verbindung freigemacht wird (167); der einmal zur Freiheit gelangte Aether zeigt keine Spur mehr von jener Neigung. Man stellt dieselben gewöhnlich durch Destillation der betreffenden Säure mit Alkohol dar. Starke Säuren sind allein im Stande, Aethyloxyd aus letzterem abzuscheiden, bei schwächeren Säuren wird diese Abscheidung durch Zusatz von Schwefelsäure befördert. Die meisten zusammengesetzten Aether sind flüssig, sehr brennbar, und besitzen einen flüchtigen, erfrischenden Geruch. Die in der Heilkunde benutzten nannte man sonst Naphthen.

661. Von den bekannteren zusammengesetzten Aethern mögen folgende hier Erwähnung finden:

Salpetrigsaures Aethyloxyd oder leichter Salpeteräther ( $AeO, NO_3$  oder  $C_2H_5, N\Theta_2$ ) riecht obstartig und findet sich, mit Weingeist verdünnt, in dem als Arzneimittel bekannten *Spir. nitr. aeth.* der Apotheken.

Salpetersaures Aethyloxyd oder schwerer Salpeteräther ( $AeO, NO_5$  oder  $C_2H_5, N\Theta_3$ ), riecht angenehm aromatisch und schmeckt süßlich-brennend.

Essigsaures Aethyloxyd oder Essigäther ist eine flüchtige, lieblich und erfrischend riechende Flüssigkeit, die in der Heilkunde häufig Anwendung findet.

Buttersaures Aethyloxyd oder Butteräther, riecht angenehm obstartig und kommt, mit anderen Fettsäure-Aethern gemengt, concentrirt oder mit Weingeist verdünnt, unter den Namen Ananasöl, Rumäther oder Rumessenz im Handel vor, und dient insbesondere zur Bereitung des künstlichen Rums. Zu gleichem Zwecke dient auch der Ameisenäther (ameisen-saures Aethyloxyd).

Den Haloidsalzen entsprechende zusammengesetzte Aetherarten sind:

Chloräthyl oder Salzäther ( $AeCl$  oder  $C_2H_5Cl$ ), eine höchst flüchtige und angenehm riechende Flüssigkeit, ist, in Weingeist gelöst, in dem *Spir. muriat. aeth.* der Apotheken enthalten. Angezündet giebt sie eine grünlich gesäumte Flamme und entwickelt saure Dämpfe von Chlorwasserstoff.

Jodäthyl ( $AeJ$  oder  $C_2H_5J$ ), eine farblose, schwere, ätherisch riechende Flüssigkeit, wird durch die gemeinschaftliche Einwirkung von Jod und Phosphor auf Alkohol erhalten und ist dadurch für die organische Chemie sehr wichtig geworden, dass sich ihr Aethyl sehr leicht auf andere Elemente übertragen lässt. Gleiches gilt vom Bromäthyl ( $AeBr$ ).

Um die zusammengesetzten Aetherarten zu zerlegen, kocht man sie mit Kalilauge, sie verwandeln sich dabei in Alkohol und Säure, welche letztere mit dem Kali in Verbindung tritt. Manche derselben erfahren eine solche Zerlegung schon durch längere Aufbewahrung, indem sie Sauerstoff und Wasser anziehen und durch die erzeugte freie Säure sauer werden.

Da es noch zahlreiche andere zusammengesetzte Radicale giebt, welche sich wie das Aethyl verhalten und mit Sauerstoff Aether bilden (Methyläther, Amyläther etc.), so hat man bei der Benennung die Aetherart mit anzugeben. Man bezeichnet daher den leichten Salpeteräther als „Salpetrigsäure-Aethyläther“, den Essigäther als „Essigsäure-Aethyläther“ u. s. f.

Anderweite Aethylverbindungen.

662. Von den vielen Verbindungen, welche von dem Aethyl weiter bekannt sind, seien hier nur noch die mit Schwefel und Metallen und die Aethylammoniak ange deutet. Mit Schwefel bildet dasselbe Einfach- und Zweifach-Schwefeläethyl, mit Schwefelwasserstoff Aethylsulhydrat oder Mercaptan, farblose Flüssigkeiten von sehr widerwärtigem Geruch.

**Metalläthyle.** Die meisten Metalle lassen sich mit dem Aethyl zu ganz eigenthümlichen Verbindungen vereinigen, wenn sie *in statu nascendi* mit dem letzteren zusammenkommen. Am häufigsten stellt man sie aus Jodäethyl dar, indem man Metalle, oder Legirungen derselben mit Kalium oder Natrium auf dasselbe einwirken lässt, wobei sich einerseits Jodmetalle, andererseits Aethylmetalle erzeugen. So bildet das Aethyl

mit Zink Zinkäethyl,  $Zn(C_4H_5)$ , oder  $Zn(E_2H_5)_2$ , eine selbstentzündliche Flüssigkeit,

mit Zinn Stannediäethyl,  $Sn(C_4H_5)$ , oder  $Sn(E_2H_5)_2$ , eine farblose, ölartige Flüssigkeit, und

Stanneteträethyl,  $Sn(C_4H_5)_2$  oder  $Sn(E_2H_5)_4$ , eine farblose, ätherähnlich riechende Flüssigkeit,

mit Arsen Arsendiäethyl,  $As(C_4H_5)_2$  oder  $As^V(E_2H_5)_2$ , flüssig, knoblauchartig riechend, selbstentzündlich, und

Arsentriäethyl,  $As(C_4H_5)_3$  oder  $As^V(E_2H_5)_3$ , an der Luft rauchend, ohne sich zu entzünden,

mit Antimon Stibäethyl,  $Sb(C_4H_5)_3$  oder  $Sb^V(E_2H_5)_3$ , eine zwiebelähnlich riechende, an der Luft rauchende und in Flamme ausbrechende Flüssigkeit u. a. m.

Die ungesättigten Verbindungen dieser Art (544) verhalten sich wie Doppel- oder gepaarte Radicale und können sich noch weiter mit Sauerstoff, Chlor, Schwefel etc. verbinden.

663. Aethylamine. Mit dem Namen Amine bezeichnet man solche Stickstoffverbindungen, welche man als Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ansehen kann, in welchen der Wasserstoff theilweise oder ganz — Aequivalent für Aequivalent — durch ein Alkoholradical vertreten ist (Substitution). Das Aethyl liefert folgende Amine:



Das Aethylamin ist eine mit dem Ammoniak fast ganz übereinstimmende stark basische Flüssigkeit und giebt mit Basen bestimmt characterisirte Salze. Auch die beiden anderen Verbindungen lassen die Familienähnlichkeit mit dem Ammoniak nicht erkennen, reagiren alkalisch und bilden mit Basen besondere Salze. Dieselben erzeugen sich, wenn man Bromäethyl oder Jodäethyl auf Ammoniak einwirken lässt.

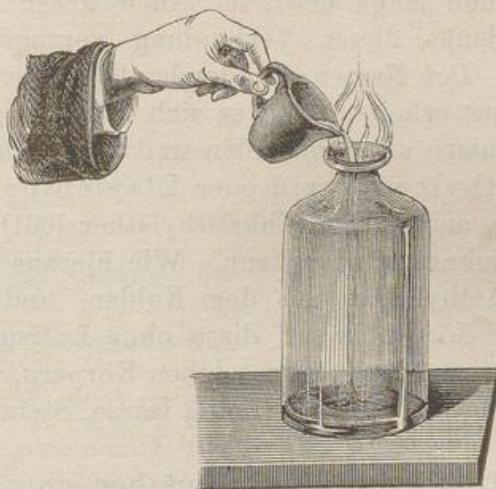
## IX. Verwandlung des Weingeistes in Aethylen.

( $\text{C}_2\text{H}_4$  oder  $\text{C}_2\text{H}_4$ .)

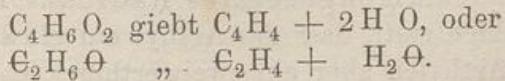
664. Versuch. Zu 15 Grm. starken Weingeistes werden ganz allmälig und unter stetem Umrühren 60 Grm. englische Schwefelsäure gemischt; die Erhitzung, welche bei dem Zusammenkommen dieser zwei Flüssigkeiten entsteht, ist noch grösser als die bei dem Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser. Wenn das Gemenge erkaltet ist, giesst man es in ein Kochfläschchen, schüttet so viel Sand hinzu, dass kaum noch etwas Flüssiges zu bemerken ist, und erhitzt das Gefäss in einem Sandbade (Fig. 190): es entwickelt sich eine Luftart, die man auf die bekannte Weise in mit Wasser gefüllten Flaschen auffängt. Durch den Sandzusatz verhindert man das sonst leicht eintretende Aufblähen und Uebersteigen der flüssigen Masse. Man zündet das in einer Flasche befindliche Gas an und giesse schnell Wasser hinzu: es brennt mit stark leuchtender Flamme; es ist

Aethylengas, welches sich aus dem Weingeist gebildet hat. Der Weingeist zerfällt in Aethylengas und Wasser, welches

Fig. 190.



letztere sich mit der zurückbleibenden Schwefelsäure vereinigt:



Bei der Bereitung der Aethylschwefelsäure wurde dem Weingeist durch die geringere Menge von Schwefelsäure die Hälfte seines Sauerstoffs, nebst dem zur Bildung von Wasser erforderlichen Wasserstoff, entzogen; hier bewirkt die grössere Schwefelsäuremenge, dass auch noch die andere Hälfte des Sauerstoffs erst mit Wasserstoff zusammen- und dann als Wasser an die Schwefelsäure tritt. Im ersten Falle wird der Aethylalkohol durch Entziehung von H und O zu Aethyläther und Wasser, im zweiten geht die gleiche Zerlegung weiter und erstreckt sich auch auf den Aethyläther.

Gegen das Ende der Gasentwicklung bilden sich, ausser Aethylen und Wasser, auch noch schweflige Säure und Kohlensäure, von denen man die erstere leicht durch den Geruch wahrnehmen kann; sie entstehen, weil der Kohlenstoff von einem Anteil Alkohol zersetzend auf einen Anteil Schwefelsäure wirkt und dieser Sauerstoff entzieht. Um das Aethylengas von diesen beiden flüchtigen Säuren zu reinigen, braucht man es nur durch Kalkmilch zu leiten, ehe man es auffängt.

665. Unter dem Namen ölbildendes Gas oder schweres Kohlenwasserstoffgas ist das Aethylengas als der eigentlich leuchtende Bestandtheil, also der Hauptbestandtheil unserer Leuchtgase schon lange bekannt. Auch unser Kerzen- und Lampenlicht verdankt dieser Verbindung vorzugsweise seine Leuchtkraft (120). Den Namen ölbildendes Gas oder Elaylgas hat das Aethylengas erhalten, weil es sich mit Chlorgas zu einer ölahnlichen, in Wasser untersinkenden und ätherisch riechenden Flüssigkeit, zu Aethylenchlorid oder Elaylchlorid ( $C_2H_4Cl_2$ ) verdichtet, welche, analog dem Chloräthyläther (661), als Chloräthylenäther bezeichnet werden kann. Wie hieraus erhellt, erzeugt sich auch Aethylengas aus dem Kohlen- und Wasserstoff vieler organischer Körper, wenn diese ohne Luftzutritt erhitzt werden, in reichlichster Menge aus solchen Körpern, welche reich sind an Kohlen- und Wasserstoff (Fette, Harze, Steinkohlen etc.).

666. Aethylenalkohol, Aethylenäther etc. Die Gruppe  $C_2H_4$  verhält sich gegen andere Elemente wie die Atomgruppe  $C_2H_5$ , wie ein zusammengesetztes Radical. Darin nur findet ein Unterschied statt, dass das Aethyl ein einwerthiges Radical ( $C_2H_5$ ), das Aethylen aber ein zweiwerthiges ( $C_2H_4$ ) darstellt. Während das Aethyl sich mit 1 Aeq. Sauerstoff, Chlor, Schwefel etc. verbindet, verbindet sich das Aethylen mit je 2 Aeq. dieser Elemente, wie schon oben durch das Aethylenchlorid angedeutet wird, welches  $Cl_2$  enthält. Dem entsprechend tritt es auch mit  $O_2(\Theta)$  zu Aethylenoxyd, mit  $S_2(S)$  zu Schwefeläthylen zusammen, und hinwiederum das Oxyd mit  $H_2O_2(H_2\Theta)$  zu Oxydhydrat oder Aethylenalkohol, oder mit  $\bar{A}_2$  zu Essigsäure-Aethylenäther.

Der Aethylenäther (Glycoläther),  $C_2H_4O_2$  oder  $C_2H_4\Theta$ , ist eine höchst flüchtige Flüssigkeit, welche sich, einer kräftigen Basis gleich, direct mit Säuren zu zusammengesetzten Glycoläthern, wie auch direct mit Wasser zu Aethylenalkohol verbinden lässt.

Der Aethylenalkohol (Glycol),  $C_2H_6O_4$  oder  $C_2H_4 \cdot 2H\Theta$ , ist eine süßschmeckende, dickliche, farb- und geruchlose Flüssigkeit. Wie Aethylalkohol durch Oxydation nur eine Säure liefert, Essigsäure, und daher zu den einsäurigen Alkoholen gezählt wird, so liefert der Aethylenalkohol, der Zweiwerthigkeit seines Radicals entsprechend, zwei Säuren, nämlich durch Zutritt

von  $O_2$  ( $\Theta$ ) und Austritt von  $H_2$  Glycolsäure, und durch Zutritt von  $O_4$  ( $\Theta_2$ ) und Austritt von  $H_3$  Oxalsäure. Der Aethylenalkohol gehört daher in die Abtheilung der zweisäurigen Alkohole. Weitere Alkohole s. 683 ff.

---

X. Verwandlung des Weingeistes in Essig.

(Essigsäure,  $C_4H_4O_4$  oder  $C_2H_4\Theta_2$ , s. 263.)

**667. Essig aus Branntwein, Wein etc. Versuch.** Man vermische in einem Glashafen 40 CC. starken Branntwein mit 250 CC. Flusswasser, lege in die Flüssigkeit ein Scheibchen Schwarzbrot, das man vorher mit starkem Essig getränkt hat, oder statt dessen ein wenig Sauerteig, bedecke das Gefäss mit einem durchlöcherten Pappdeckel und stelle es an einen warmen Ort, wo es ungefähr 30 bis 40° C. warm wird: die geistige Flüssigkeit wird nach einigen Wochen in Essig verwandelt sein. In einem verstopften Glase erfolgt diese Umwandlung nicht, weil der Sauerstoff der Luft dazu unentbehrlich ist; von diesem wird eine grosse Menge verzehrt, denn die Essigbildung besteht in einer Oxydation des Weingeistes durch den Sauerstoff der Luft. Lässt man das Brot oder den Sauerteig weg, so entsteht ebenfalls kein Essig. Wie Zuckerlösung allein nicht in Weingeist übergeht, so geht auch Weingeist allein nicht in Essig über. Wie aber ein leicht zersetzbarer Körper (Ferment, Hefe etc.) den Zucker dazu disponirt, sich gleichzeitig mit ihm zu zersetzen, so vermögen auch leicht zersetzbare saure Substanzen, als Brot, Sauerteig, fertiger Essig u. a. m., den Weingeist dahin zu bringen, dass er Sauerstoff absorbirt. Die Wirkungsweise dieser Stoffe, die man Essigfermente nennt, kommt ganz mit der des Stickstoffoxyds in den Schwefelsäurekammern überein; sie bilden, wie dieses, den Ueberträger, d. h. sie ziehen den Sauerstoff aus der Luft an und geben ihn an den verdünnten Weingeist wieder ab. Am kräftigsten wirkt in dieser Art

die Essighefe, ein mikroskopisches Pilzpflänzchen (*Mycoderma aceti*), das sich in ähnlicher Weise ausbildet wie die Bierhefe (641).

Wie verdünnter Weingeist, so können auch alle anderen weingeisthaltigen Flüssigkeiten, als Bier, Wein, Malzwein, Cider etc., durch Aufnahme von Sauerstoff in Essig übergehen, und es ist bekannt genug, dass man sie häufig zur Darstellung von Essig benutzt. Enthalten sie, wie es gewöhnlich der Fall ist, noch etwas Kleber oder Hefe aufgelöst, so vertreten diese Substanzen die Stelle des Essigferments und die Säuerung erfolgt von selbst, wenn man die Flüssigkeit in lose bedeckten Gefässen einer Temperatur von 30 bis 40° C. aussetzt. Am leichtesten tritt diese ein unmittelbar nach einer geistigen Gährung, welche bei einer zu hohen Temperatur vor sich ging; daher haben die Bierbrauer und Branntweinbrenner in den heissen Sommertagen oft Mühe, das Sauerwerden der gährenden Würze und Maische zu verhindern, was nur durch schnelle und starke Abkühlung geschehen kann.

**Essig aus Stärke, Zucker etc.** Auch Stärke und Zucker enthaltende Flüssigkeiten können in Essig übergehen, jedoch nur dann, wenn sie vorher durch Gährung in Weingeist umgebildet worden sind. Hieraus erklärt es sich, warum man Essig erhält, wenn man die Schalen und Abgänge vom Obst, mit Wasser übergossen, längere Zeit in der Nähe des Ofens stehen lässt; warum gekochte Speisen, eingemachte Früchte etc. mit der Zeit sauer werden etc. In Folge der zuerst eintretenden geistigen Gährung entsteht in diesen Fällen immer ein Brausen oder Gähren, weil die mit dem Weingeist zugleich aus dem Zucker gebildete Kohlensäure entweicht. Hiervon röhrt der Name Essiggährung her, mit dem man in früheren Zeiten den Prozess der Essigbildung bezeichnete, weil man dieses Brausen als eine zur Essigerzeugung nothwendige Erscheinung ansah. Jetzt weiss man aber, dass irgend eine Entwicklung von Gasarten bei der Umwandlung des Weingeistes in Essig nicht stattfindet.

**668. Beschleunigung der Essigbildung. Versuch.** Man fülle zwei Trinkgläser locker mit Rosinenstengeln an und giesse das eine ganz, das andere nur halb voll mit Wein, Bier oder

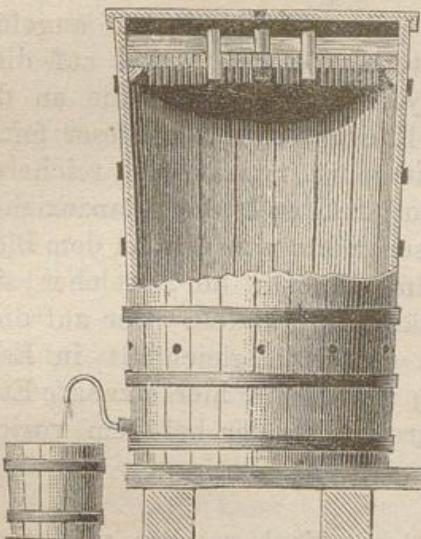
einer Essigmischung, die man sich diesmal aus 1 Thl. Branntwein, 1 Thl. Bier und 6 Thln. Wasser bereiten mag. Beide Gefässer bringt man an einen warmen Ort und füllt ihren Inhalt täglich ein- bis zweimal um, so dass jedes Gefäss abwechselnd einmal ganz, dann wieder nur halb mit Flüssigkeit angefüllt ist. Der im Branntwein enthaltene Weingeist wird auf diese Weise viel schneller zu Essig oxydiert werden, weil die an den Rosinenstielen hängen bleibende Flüssigkeit, die in dieser feinen Vertheilung ringsum von Luft umgeben ist, in viel reicherem Maasse Gelegenheit findet, Sauerstoff aus der letzteren anzugreifen. Das zu Anfang eintretende Brausen röhrt von dem in dem Biere und den Rosinenstielen enthaltenen Zucker her, welcher sich zuerst in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Der auf diese Weise gebildete Weingeist geht späterhin gleichfalls in Essig über, und hierin liegt der Grund, warum der hier erzeugte Essig saurer, d. h. reicher an Essigsäure ist, als der bei dem vorigen Versuche gewonnene.

**669. Schnellessigfabrikation.** Noch rascher erfolgt der Uebergang des Weingeistes in Essigsäure, wenn man den ersteren noch mehr zertheilt oder ausbreitet und ihm noch mehr atmosphärische Luft zuführt, als dies auf die eben angegebene Weise geschah. Man erreicht dies auf folgende Art:

Ein 4 bis 5 Ellen hohes Fass wird mit gekräuselten Hobelspanen aus Buchenholz angefüllt und etwas unter der oberen Oeffnung mit einem Boden versehen, in dem sehr viele feine Löcher eingebohrt sind; in jedes dieser Löcher kommt der obere Theil eines Strohhalms oder ein Stück Bindfaden, welches oben einen Knoten hat, um es am Durchfallen zu verhindern. Hierdurch erreicht man eine ausserordentlich grosse Vertheilung des Weingeistes, denn wird dieser oben aufgegossen, so läuft er nur tropfenweise an den Strohhalmen oder Bindfäden durch den Siebboden hindurch und breitet sich dann während des weiteren Herabsickerns auf den Hobelspanen zu einer überaus dünnen Flüssigkeitsschicht aus, die der Luft eine viel tausendmal grössere Oberfläche darbietet als nach den früheren Methoden. Am unteren Theile des Fasses werden im Umkreise mehre grössere Löcher eingebohrt, ebenso auch in dem schon erwähnten Siebboden; in die letzteren kittet man Glasröhren ein, damit die

oben aufgegossene Flüssigkeit nicht durch sie ablaufe. Hierdurch wird ein Luftzug hervorgebracht; unten strömt kühlere Luft

Fig. 191.



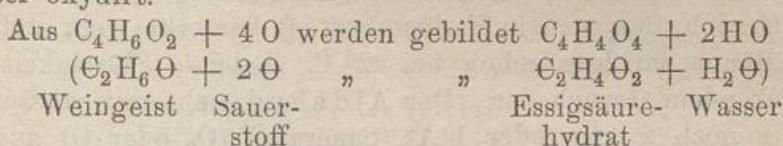
durch die Oeffnungen in das Fass ein, diese giebt an den auf den Spänen ausgebreiteten Weingeist Sauerstoff ab, und in Folge dieser Oxydation oder langsamen Verbrennung entwickelt sich im Innern des Fasses so viel Wärme, dass die Temperatur darin bis zu  $40^{\circ}$  C. steigen kann. Die Luft wird hierdurch wärmer und somit auch leichter, sie zieht demnach, und zwar um  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  ärmer an Sauerstoff, durch die oberen Glasröhren wieder aus dem Fasse heraus. Als Ferment wird

hierbei fertiger, starker Essig angewendet, mit dem man zuvor das Fass und die Späne tränkt, und von dem man auch jederzeit der Branntweinmischung, die in Essig verwandelt werden soll, eine bestimmte Quantität zusetzt. In einem solchen Fasse (Essigbildner) kann man erwärmten Branntwein oder Bier, Wein etc. durch drei- bis viermaliges Durchlaufen innerhalb weniger Stunden in Essig umwandeln; daher der Name Schnellessigfabrikation.

**670. Bildung von Essigsäure durch Platinschwarz.** In Nro. 491 ist schon erwähnt worden, dass das poröse Platinschwarz (Platinmohr) ein äusserst kräftiger Sauerstoffsauger ist und dass aufgetropfelter starker Weingeist von demselben unter Ermüden mit dem condensirten Sauerstoff verbunden und in starke Essigsäure verwandelt wird. Auch der Weingeistdunst erfährt diese Veränderung, wie man leicht durch Geruch und Lackmuspapier nachweisen kann, wenn man über einem Schälchen mit Weingeist ein Schälchen mit Platinmohr aufstellt, und beide mit einer tubulirten Glasglocke überdeckt. Der Platinmohr stellt

hiernach das kräftigste Essigferment dar, es nötigt den starken Weingeist zur Oxydation, während die vorher besprochenen Fermente nur den sehr stark mit Wasser verdünnten Weingeist zur Aufnahme von Sauerstoff zu disponiren vermögen. Aehnlich wie Platinschwarz wirken Chromsäure (511) und andere sauerstoffreiche Körper.

**671. Erklärung der Essigbildung.** Wenn Weingeist in Essig übergehen soll, so müssen zu demselben 4 Aeq. Sauerstoff hinzutreten; der Weingeist wird dann zu Essigsäurehydrat und Wasser oxydirt.

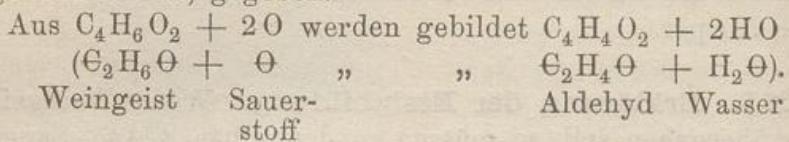


Man kann diesen Process als eine langsame und unvollständige Verbrennung ansehen, und findet auch hier wieder bestätigt, was bei der Verbrennung von Holz an der Luft (132) und bei der Verbrennung des Zuckers durch Salpetersäure (259) angeführt wurde: dass nämlich der leicht verbrennliche und leicht oxydirlbare Wasserstoff sich eher mit dem Sauerstoff verbindet als der schwerer verbrennliche Kohlenstoff. Hier wird, wie man sieht, von dem Kohlenstoff des Weingeistes nichts, von seinem Wasserstoff aber  $\frac{1}{3}$  verbrannt oder durch den Sauerstoff der Luft oxydirt, ausserdem werden aber noch  $\text{O}_4 = 4$  Aeq. Sauerstoff aus der Luft aufgenommen.

**Essigbildung aus Holz.** Ein Rückblick auf 572 mag noch erklärend andeuten, wie sich aus dem Holze durch trockne Destillation Essig erzeugen kann. Der Hauptbestandtheil des Holzes, die Cellulose, besteht aus:  $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}_{10}$ , die wasserfreie Essigsäure aus  $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_3$ , oder dreifach genommen aus  $\text{C}_{12}\text{H}_9\text{O}_9$ ; es braucht also der Cellulose nur 1 Aeq. Wasserstoff und Sauerstoff entzogen zu werden, um sie in Essigsäure überzuführen.

**672. Aldehyd (Acetaldehyd).** Bis jetzt haben wir nur den Ausgangspunkt (Weingeist) und den Endpunkt (Essigsäure) des Essigbildungsprozesses betrachtet; zwischen beiden aber befindet sich gerade in der Mitte noch eine eigenthümliche Verbindung, die man als halb verwandelten Weingeist oder als halb fertigen

Essig ansehen kann. Sie entsteht aus dem Weingeist, wenn zu diesem 2 Aeq. Sauerstoff getreten und dadurch 2 Aeq. Wasserstoff desselben zu Wasser oxydiert sind. Man hat ihr den Namen Aldehyd, d. h. Al-, Alkohol, de-, von dem, hyd-, Wasserstoff weggenommen ist, gegeben.



Diese Verbindung entsteht jederzeit in der ersten Periode der Essigbildung und verursacht den eigenthümlichen, ersticken-den Geruch, den man in Essigstuben oft bemerkt; rein stellt sie eine dünne, farblose, schon bei  $22^{\circ}$  C. siedende Flüssigkeit von erstickendem Geruch dar. Der Aldehyd zieht mit grosser Be-gierde noch 2 Aeq. oder 1 At. Sauerstoff ( $O_2$  oder  $\Theta$ ) aus der Luft an und verwandelt sich dadurch einfach in Essigsäurehydrat,  $C_4H_4O_4$  oder  $HO, C_4H_3O_3$ . Dies geschieht in der zweiten Periode der Essigbildung, und zu dieser Zeit herrscht in den Essigstuben ein saurer Geruch.

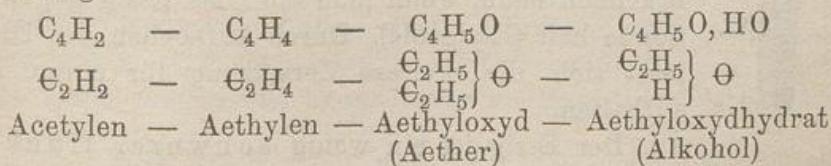
Sehr leicht lässt sich Aldehyd erzeugen und an seinem charakteristischen Geruche erkennen, wenn man, wie in 124 angegeben ist, einen glühenden Platindraht in Weingeistdampf hält, oder noch leichter, wenn man eine Weingeistflamme durch ein Drahtnetz niederdrückt. In beiden Fällen bildet er sich, nebst Essigsäure, Acetylen und anderen gasförmigen Producten, weil ein Theil des Weingeistdampfes in Folge der erniedrigten Temperatur nur 2 Aeq. Sauerstoff aufnimmt. Ebenso kann es nun nicht mehr befremdlich erscheinen, dass Aldehyd und Essigsäure in allen Fällen gebildet werden, wo Weingeist mit Körpern zusammenkommt, welche reich an Sauerstoff sind und ihn leicht abgeben, z. B. mit Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure etc. Auf solche Weise bereiteter Aldehyd findet seiner reducirenden Eigenschaften wegen Anwendung in der Technik.

Unter Aldehyden im weiteren Sinne begreift man überhaupt solche organische Verbindungen, welche eine Uebergangsstufe zwischen den Alkoholen und deren Säuren darstellen und aus ersteren durch oxydirende Stoffe in der Weise gebildet werden, dass diese ihnen 2 Aeq. H entziehen. Sie ziehen mit Begierde Sauerstoff an und oxydiren sich dadurch zu eigenthüm-

lichen Säuren; sie wirken daher als kräftige Reductionsmittel. Man benennt sie nach den Säuren, welche aus ihnen entstehen. Sie sind meist flüssig und flüchtig und geben mit Ammoniak, wie auch mit sauren schwefligsäuren Alkalien, krystallisirbare Verbindungen, mit Kali behandelt aber sogenannte Aldehydharze.

**673. Acetysäure.** Mit diesem Namen bezeichnet man die Essigsäure, wenn man die Gruppe  $C_4H_3O_2$  als das Radical derselben, Acetyl, ansieht. Acetyl und O geben dann wasserfreie Acetyl- oder Essigsäure (Anhydrid), Acetyl und O + HO geben Acetyl- oder Essigsäurehydrat ( $HO, C_4H_3O_3$ ). Durch Elektrolyse wird die Essigsäure in Kohlensäure und Methyl (683) zerlegt; es ist auch gelungen, durch Synthese diese zwei Verbindungen wieder zu Essigsäure zu vereinigen.

Acetylen ( $C_4H_2$  oder  $C_2H_2$ ), wird ein gasförmiger, übelriechender Kohlenwasserstoff genannt, welcher halb so viel Wasserstoff enthält als das Aethylen (664) und sich beim unvollständigen Verbrennen organischer Körper, beim Durchleiten von Alkohol oder Aetherdampf durch glühende Röhren u. a. erzeugt. Das Leuchtgas enthält kleinere Mengen davon. Unter den zahllosen Kohlenwasserstoffen ist er bis jetzt der einzige, welchen man (mit Hülfe eines starken galvanischen Stromes) direct aus Kohle und Wasserstoff zusammenzusetzen vermag. In theoretischer Beziehung ist derselbe aus dem Grunde von besonderem Interesse, weil es mit seiner Hülfe möglich geworden ist, Alkohol künstlich aus seinen Elementen darzustellen. Acetylen verbindet sich nämlich mit mehr Wasserstoff zu Aethylen ( $C_4H_4$ ), dieses aber giebt mit concentrirter Schwefelsäure Aetherschwefelsäure, welche mit Wasser gekocht in Alkohol und Schwefelsäure zerfällt. Es tritt also (unter Wasserbindung) die nachstehende Reihenfolge ein:



Aceton, eine angenehm riechende, leichte Flüssigkeit, entsteht, wenn man essigsäure Salze mit einer starken Basis (Kalk) trocken destillirt. Die Essigsäure der ersteren zerfällt dabei in

Kohlensäure und Aceton. Aus 2 Essigsäure =  $C_8H_6O_6$  werden  $C_6H_6O_2$  (Aceton) und  $2CO_2$ , welche von der Basis gebunden werden. Producte ähnlicher Art sind Butyron, Valeron u. a. (Ketone).

674. **Eigenschaften des Essigs.** Der Essig ist eine mit vielem Wasser verdünnte Essigsäure, oft noch gemengt mit fremd- artigen Stoffen, die er aus den Materialien (Malz, Obst, Wein etc.) aufnahm, aus denen er bereitet wurde. Die beliebte gelbe oder bräunliche Farbe ertheilt man ihm oft künstlich durch gebrann- ten Zucker oder Cichorienbrühe. Der jetzt unter dem Namen Essigsprit im Handel vorkommende Essig enthält in 100 Maass ungefähr 8 bis 12, der Weinessig 6 bis 8, der gewöhnliche Speise- essig nur 2 bis 5 Maass Essigsäure; das Uebrige ist Wasser. Um die Stärke des Essigs zu ermitteln, verfährt man auf ähnliche Weise, wie bei der Prüfung der Pottasche (272), d. h. man untersucht, wie viel eine bestimmte Menge davon von einer Basis, am

Fig. 192. besten von Ammoniak, zu neutralisiren vermag. Die hierzu eingerichteten, in Grade getheilten Cylinder heissen **Acetometer**. Bei dem Probiren damit giesst man bis zu  $\alpha$  Lackmustinctur, bis zum Anfang der Scala den zu prüfenden Essig und setzt nun titrirtre Ammoniakflüssigkeit zu, bis die rothe Farb $\beta$  der Flüssigkeit sich eben wieder in Blau umändert.

Lässt man Essig längere Zeit an der Luft ste- hen, so fängt er an sich zu zersetzen (zu verfaulen), und zwar um so leichter, je schwächer er ist. Dies zeigt sich bald durch eine Schimmelhaut (Kahm), bald durch Ausscheidung von gallertartigen Klum- pen (Essigmutter), bald durch Erzeugung von Infu- sionsthierchen, die man oft schon mit blossen Augen erkennen kann, wenn man ein Glas Essig gegen die Sonne hält (Essigaale). Durch Aufkochen des Essigs lässt sich die weitere Zersetzung für einige Zeit aufhalten.

Der Essig ist ein wenig schwerer flüchtig als Wasser. Destillirt man ihn, so geht zuerst ein schwächerer, zuletzt ein stärkerer, farbloser Essig über (destillirter Essig) und die fremden nicht flüchtigen Beimengungen bleiben zurück.



Wird Essig der Kälte ausgesetzt, so wird das in ihm enthaltene Wasser früher in Eis verwandelt als die Essigsäure; man kann daher schwachen Essig durch theilweises Gefrieren stärker machen. Ebenso verhält sich der Wein in der Kälte; er wird auch stärker, d. h. weingeistreicher, wenn man einen Theil seines Wassers herausfrieren lässt.

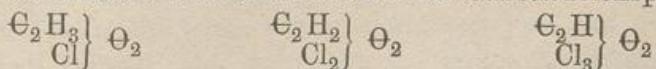
**675. Verfälschung des Essigs.** Um dem Essig eine stärkere Schärfe oder Säure zu ertheilen, setzt man demselben zuweilen scharfe Stoffe, z. B. spanischen Pfeffer, Bertramwurzeln, ja wohl gar Schwefelsäure zu. Die scharfen organischen Stoffe lassen sich auch dann noch durch den Geschmack wahrnehmen, wenn man denselben mit Pottasche oder Soda genau neutralisiert hat. Die Schwefelsäure lässt sich leicht auf folgende Weise entdecken.

*Versuch.* Man fülle einen Topf halb voll Wasser und setze eine Tasse darauf, in die man den zu prüfenden Essig, nebst

Fig. 193. einigen Krümelchen Zucker, bringt; dann lässt man den Topf so lange auf einem heissen Ofen stehen, bis der Essig verdampft ist. Zeigt der Rückstand eine schwarze Farbe, so war der Essig schwefelsäurehaltig. Beim Erhitzen durch heissen Wasserdampf wird nur der Essig verflüchtigt, die etwa vorhandene Schwefelsäure aber bleibt zurück und erlangt endlich, wenn alle wässerigen Theile weggegangen sind, eine solche

Stärke, dass sie zersetzend auf den beigemengten Zucker einwirkt und ihn verkohlt.

**676. Chloressigsäuren und Chloral.** Lässt man Chlor auf Essigsäure,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ , wirken, so wird nach einander 1 H, 2 H, 3 H durch Chlor ersetzt und es entstehen als Substitutionsproducte



Monochloressigsäure Dichloressigsäure Trichloressigsäure, welche sich als selbstständige Säuren verhalten und wie die Essigsäure Salze, Aether etc. bilden. Wie fest das Chlor in dem

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Radical derselben, dem Chloracetyl, gebunden ist, ersieht man daraus, dass in den Lösungen derselben das salpetersaure Silberoxyd keinen Niederschlag von Chlorsilber erzeugt. Auch Brom, Jod und Cyan geben ähnliche Verbindungen, Jodessigsäure etc.

Chloral ist der Aldehyd der Trichloressigsäure, oder Acetaldehyd,  $\text{C}_2\text{H}_4\Theta$ , in welchem 3 Atome H durch Chlor ersetzt sind,  $\text{C}_2\text{Cl}_3\Theta$ . Man erhält dasselbe durch sehr langes Einleiten von trocknem Chlorgas in Alkohol als eine farblose Flüssigkeit von durchdringendem, unangenehmem Geruch. Sein Name soll an diese Bildungsweise erinnern. Aus ihm entsteht durch Verbindung mit Wasser das wichtige Arzneimittel

Chloralhydrat,  $\text{C}_2\text{HCl}_3\Theta + \text{H}_2\Theta$ , welches fest ist und in farblosen oder weissen Krystallen in den Handel gebracht wird. Dasselbe löst sich leicht in Wasser, und diese Lösung übt, in den Magen gebracht, eine schlafmachende Wirkung auf den Menschen aus. Der Arzt verordnet das Chloralhydrat zu diesem Behufe in Gaben von 1,5 bis 3 Gm.

*Versuch.* Zu einer Lösung von Chloralhydrat in Wasser setze man etwas Kalilösung und überlasse die trüb gewordene Flüssigkeit einige Zeit der Ruhe; das Trübende geht allmälig zu Tröpfchen zusammen, die sich zu Boden senken und hier ein schweres, mit Wasser nicht mischbares Fluidum bilden, das sich schon durch seinen eigenthümlichen Geruch als Chloroform zu erkennen giebt. Alkalien bewirken ein Zerfallen des Chloralhydrats in Chloroform und Ameisensäure (ameisensaures Alkali).

$\text{C}_2\text{HCl}_3\Theta + \text{K} \Theta = \text{CHCl}_3 + \text{C}_2\text{H}_3\Theta \text{K} \Theta$ . Ohne Zweifel findet ein gleiches Zerfallen auch in den alkalischen Säften der Eingeweide statt und man kann demnach die medicinische Wirkung des Chloralhydrats als eine sehr langsame und schwache, aber anhaltende Chloroformirung ansehen. Das Nähere über Chloroform s. 684.

XI. Verwandlung des Zuckers in Milchsäure  
und Buttersäure (schleimige Gährung).

677. *Versuch.* Wird ausgespresster Möhrensaft in einem offenen Gefässe an einen warmen Ort gestellt, wo er ungefähr bis auf 30 bis 40° C. erwärmt wird, so geräth er zwar, ähnlich wie bei 637, in Gährung, nach Beendigung derselben aber findet man, obwohl aller Zucker verschwunden ist, keinen Weingeist in der gegohrenen Flüssigkeit, sondern eine eigenthümliche Säure, Milchsäure, ferner Mannit und einen schleimigen, gummiähnlichen Körper. Man hat diesen Zersetzungspocess schleimige oder Milchsäure-Gährung genannt; er zeigt recht augenscheinlich, wie höchst verschieden die Zersetzungswise eines und desselben organischen Körpers je nach der Temperatur sein kann, bei welcher die Zersetzung vor sich geht. Bei einer Wärme von 10 bis 20° C. geräth der Möhrensaft in geistige Gährung, und sein Zucker zerfällt in Kohlensäure und Weingeist; bei einer höheren Temperatur gährt er ebenfalls, dabei aber wird der Zucker in Kohlensäure, Milchsäure, Mannit und einige andere Producte umgewandelt. Dieselbe Veränderung erfährt auch eine Lösung von reinem Zucker, wenn man ihr als Ferment einen faulenden Thierstoff, z. B. alten Käse (nebst einer Basis), beimischt und bei 40° C. stehen lässt. Bei längerer Einwirkung erfährt auch die erzeugte Milchsäure eine Veränderung, sie wird in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff zerlegt.

678. Milchsäure,  $C_6H_6O_6$  oder  $2HO, C_6H_4O_4 \left( H_3O \right)$ .

Eine weitere Auflösung dieser Formel s. No. 551. Eine ähnliche Umwandlung in Milchsäure erfährt der in vielen Pflanzenstoffen enthaltene Zucker gleichfalls, wenn diese, mit Salz gemengt, in zusammengepresstem Zustande längere Zeit aufbewahrt werden. Der saure Geschmack, den wir an dem Sauerkohl, an den sauren Gurken und Bohnen etc. wahrnehmen, röhrt hauptsächlich von Milchsäure her, die sich in diesen Substanzen auf eine noch nicht genau erforschte Weise bildet. In reichlichster Menge erzeugt sich die Milchsäure beim freiwilligen Sauerwerden der

Milch aus dem in dieser enthaltenen Milchzucker, desgleichen beim Sauerwerden des Stärkekleisters (600). Fertig gebildet findet sie sich auch in anderen Körpertheilen, z. B. im Muskelfleisch, Magensaft etc. Die reine Milchsäure ist eine farblose, geruchlose, dickliche Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack. Mit Zinkoxyd und Kalk bildet sie krystallinische Verbindungen, deren man sich zur Darstellung der Milchsäure gewöhnlich bedient. Ihrer chemischen Constitution nach kann die Milchsäure auch als *Oxypropionsäure* angesehen werden. *Propionsäure* oder *Metacetonsäure* ( $C_6H_6O_4$  oder  $C_3H_5O_2 \cdot OH$ ) vom Geruche der Essig- und Buttersäure, kann in der Säurenreihe, welche mit der Ameisensäure beginnt, als die Uebergangsstufe zu den Säuren der Fette und fetten Oele gelten (690). Die in der Fleischflüssigkeit enthaltene und aus dem Fleischextract am leichtesten darzustellende isomere Milchsäure hat den Namen *Paramilchsäure* erhalten.

**679. Buttersäure**,  $C_8H_8O_4$  oder  $HO, C_8H_7O_3 (C_4H_7O \cdot OH)$ . Dass diese Säure sich aus der Milchsäure erzeugen kann, ist im Vorigen schon angegeben worden. Grössere Mengen davon erhält man aus dem sogenannten Johannisbrot (Isobuttersäure), oder auch aus Zucker (normale Buttersäure), wenn man sie mit Wasser und faulem Käse (und Kreide) bei  $30^{\circ} C.$  stehen (gären) lässt; auch aus dem Butylalkohol (688) kann sie durch Oxydation gewonnen werden. Die frische Butter enthält sie in gebundenem Zustande, die alte Butter in freiem; ebenso findet sie sich in der Fleischflüssigkeit, im Schweiße und anderen thierischen Flüssigkeiten. Die Buttersäure ist farblos, destillirbar, von saurem, etwas ranzigem, an alte Butter erinnerndem Geruch, brennendem, saurem Geschmack, und lässt sich mit Wasser und Weingeist mischen. Mit Basen bildet sie die buttersauren Salze, die in trocknem Zustande geruchlos sind; mit Aethyloxyd und Amyloxyd angenehm riechende Aetherarten (661. 686). Durch längeres Kochen mit Salpetersäure geht die Butter in Bernsteinäsüre über.

## XII. Bildung von Weingeist, Essigsäure und Milchsäure beim Brotbacken (Brotgährung).

**680. Mehl.** Die Samen der Getreidearten, die wir zur Bereitung von Mehl und Brot benutzen, enthalten als Hauptbestandtheile: Stärke und Kleber, ausserdem immer auch ein wenig Dextrin. Beim Zerkleinern derselben durch Mahlen entsteht aus ihrer Schale und den zunächst darunter liegenden, an Fett, Stickstoff und phosphorsaurem Kalk reichen Theilen die Kleie, aus der innern weisseren Masse, der Eiweisskörper genannt wird, das Mehl. Der Kleber ist zäher und demnach schwerer feinzureiben als die Stärke; hieraus erklärt es sich, warum das durch wiederholtes Absieben (Beuteln) gewonnene feinere Weissmehl stärkereicher, das gröbere und dunklere Schwarzmehl dagegen kleberreicher ist. Das eigentlich Nährende des Mehls ist dem stickstoffhaltigen Kleber zuzuschreiben; Schwarzbrot und Schwarzbrot sind hiernach nahrhafter, als Weissmehl und Weissbrot, gleichzeitig aber auch schwerer verdaulich (auflöslich).

**Mehlteig. Versuch.** Man rühre Weizenmehl mit lauem Wasser zu einem dicken Brei an und lasse diesen, mit einem Brettchen bedeckt, in einer Obertasse 8 bis 10 Tage lang an einem warmen Orte stehen. Der Brei verändert sich allmälig und zwar lassen sich zwei Perioden hierbei unterscheiden. Zuerst entwickeln sich, am dritten oder vierten Tage, daraus Luftsblasen von saurem, unangenehmem Geruche, und die Masse besitzt jetzt die Fähigkeit, Zucker in Milchsäure zu verwandeln, wie man leicht wahrnehmen kann, wenn man ein wenig davon zu Zuckerwasser setzt und dieses in die Wärme stellt. Nach 6 bis 8 Tagen riecht der Brei angenehm geistig, und wirkt nun, zu Zuckerlösung gebracht, wie Hefe, d. h. er bewirkt eine Zersetzung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure. Lässt man den Brei noch länger stehen, so nimmt er abermals einen sauren Geschmack an, der diesmal aber von Essigsäure herführt, in welche der vorher erzeugte Weingeist allmälig übergeht (Sauerteig). In diesem Zustande ruft derselbe in Zucker-

wasser zwar auch eine geistige Gährung hervor, welche aber ohne Aufenthalt in die saure, in Essigbildung übergeht. Dass diese drei verschiedenen Einwirkungen des in Zersetzung begriffenen Mehls auf den Zucker von dem eiweissartigen Stoffe desselben, dem Kleber, herrühren, ist aus dem Frühern klar; man könnte hiernach den wenig veränderten Kleber ein Milchsäureferment, den mehr veränderten ein Weingeistferment, den noch mehr veränderten ein Essigferment nennen.

**681. Brot.** Was hier langsam eintritt, erfolgt bei der Bereitung von Brot schnell, weil man zu dem mit Wasser angeührten Mehle absichtlich ein Ferment zusetzt.

Zur Darstellung von Weissbrot wendet man als Ferment die Oberhefe vom Bier an, die bekanntlich das kräftigste Weingeistferment ist; der aus dem Dextrin des Mehles sich rasch erzeugende Zucker wird dadurch in Weingeist und Kohlensäure zersetzt, welche zu entweichen streben und dabei die zähe Teigmasse auseinander treiben und locker und porös machen (Gehen oder Auflaufen des Teiges). Durch das schnelle Erhitzen im Backofen bis zu  $160^{\circ}$  bis  $180^{\circ}$  C. verflüchtigen sich diese Stoffe, nebst ungefähr der Hälfte des angewendeten Wassers, und die Zellenwände des Gebäckes erlangen eine solche Festigkeit, dass sie ihre Form und Stellung auch nach dem Erkalten behalten. Ist aber die Hitze des Ofens zu schwach oder der Teig zu wasserreich, so erhärten diese Wände zu langsam und fallen beim Entweichen der Kohlensäure zusammen oder fliessen in einander (Klantsch oder Schliff). Dieser Fall tritt am häufigsten bei dem Schwarzbrot ein, weil dieses in Folge seines grösseren Klebergehaltes das Wasser hartnäckiger zurückhält, und demnach langsamer austrocknet und erhärtet, als das stärkereichere Weissbrot.

Bei der Bereitung des Schwarzbrot wird gewöhnlich Sauerteig als Ferment angewendet. Neben dem Weingeist und der Kohlensäure bildet sich hierbei auch ein wenig Essigsäure und Milchsäure (wohl auch etwas Buttersäure), die dem Brot einen säuerlichen Geschmack mittheilen. Aus 3 Pfund Mehl erhält man ungefähr 4 Pfund Brot; mindestens  $\frac{1}{3}$  des Brotes besteht aus fixirtem Wasser. Das lockere, blasige Brot löst sich leicht im Magen auf, wir nennen es leicht verdaulich; das compacte, schliffige schwer, es ist schwer verdaulich.

Röstgummi. Aus 602 ist bekannt, dass Stärke durch Rösten in Dextringummi umgewandelt wird; dieselbe Verwandlung erleidet auch ein Theil der Stärke in der Hitze des Backofens, insbesondere auf der Oberfläche der Backwaaren, welche von dem Gewölbe des Ofens die stärkste Hitze empfängt. Wird die Rinde des heissen Brotes mit Wasser bestrichen und das Brot wieder einige Minuten in den Ofen gebracht, so löst sich etwas Dextrin auf und bildet nach dem Verdunsten des Wassers den glänzenden Ueberzug, den wir an dem Brote und der Semmel wahrnehmen.

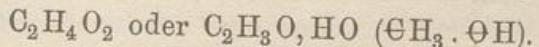
682. Künstliche Gährmittel. Mit mehr oder weniger Vortheil kann man die zum Auftreiben der Backwaaren dienende Kohlensäure auch auf andere Weise als durch Gährung des Zuckers erzeugen; ja es lassen sich hierzu auch ganz' andere Stoffe anwenden, welche in der Hitze luftförmig werden.

*Versuch.* Man menge 1 Decigr. feingeriebenes doppeltkohlensaures Natron recht genau mit 6 Grm. Mehl und knete dieses mit 4 Grm. Wasser, das man vorher mit 4 Tropfen Salzsäure vermischt hat, zu einem Teige zusammen. Der Teig wird erst einige Zeit an einen warmen Ort gestellt und dann in einer heissen Ofenröhre oder in einem Löffel über einer Weingeistflamme gebacken. Man erhält eine lockere Brotmasse, weil die Kohlensäure des Natronsalzes durch die Salzsäure verjagt wird und den noch weichen Teig auftriebt. Das entstandene Kochsalz bleibt in dem Brote zurück und ertheilt ihm einen kräftigen Geschmack. Zu gleichem Zwecke wird neuerlich das Backpulver empfohlen, welches, den getheilten Brausepulvern ähnlich, einerseits aus doppeltkohlensaurem Natron, andererseits aus saurem phosphorsaurem Kalk zusammengesetzt wird.

*Versuch.* 6 Grm. Mehl werden mit 2 Decigr. von kohlensaurem Ammoniak verrieben und dann mit lauem Wasser zu einem Teige geknetet und wie eben angegeben weiter behandelt. Auch hier wird die Masse nach dem Gehen und Backen blasig und locker sein, weil das kohlensaure Ammoniak (Hirschhornsalz) in der Hitze luftförmig wird und während seines Entweichens den Teig auseinander treibt. Auf diese Weise bereiten die Bäcker gewöhnlich ihre leichten und lockeren Waaren,

z. B. Pfefferkuchen etc. Aehnlich, obwohl schwächer, wirken auch Weingeist und Rum, die man nicht selten, um das Gehen zu befördern, unter den zu Backwaaren bestimmten Teig knetet.

### XIII. Methylalkohol oder Holzgeist.



683. Nachdem der Weingeist und seine Veränderungen, namentlich seine Umwandlung in Aether und Essigsäure, im Vorhergehenden betrachtet worden sind, mögen hier noch die auffallenden Familienähnlichkeiten, welche zwei andere Flüssigkeiten, die man als Geschwister des Weingesistes ansehen kann, der Holzgeist und Fuselgeist und einige andere zeigen, kurz berührt werden.

Der reine Methylalkohol, dessen beiläufige Gewinnung schon bei der trocknen Destillation des Holzes in Nro. 574 erwähnt worden, ist eine farblose, leichte (specif. Gew. 0,807), bei  $65^{\circ}$  C. siedende, brennbare Flüssigkeit von geistig-brenzlichem Geruch, brennendem Geschmack und berauschender Wirkung. Auch in seiner chemischen Constitution und seinen Verbindungen und Zersetzung verhält sich der Methylalkohol (Methyloxyhydrat) dem Aethylalkohol (Aethyloxyhydrat) ganz ähnlich, er liefert analoge Derivate: Methyläther, Methylätherschwefelsäure, zusammengesetzte Methylätherarten, Methylamine, Methylammoniak und durch Einwirkung von 40 oder  $2\Theta$  eine besondere Säure (Ameisensäure). Selbst das Radical ist qualitativ gleich, dagegen quantitativ verschieden und einfacher. Den Aethylverbindungen liegt der Kohlenwasserstoff  $\text{C}_4\text{H}_5$  ( $\Theta\text{H}_5$ ) zu Grunde, den Methylverbindungen der Kohlenwasserstoff  $\text{C}_2\text{H}_3$  ( $\Theta\text{H}_3$ ) oder das Methyl.

Solche Methylverbindungen sind beispielsweise:  
 $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$  oder  $(\Theta\text{H}_3)_2\Theta$ , Methyläther oder Methyloxyd, ein farbloses Gas;

$C_2H_3$ , H oder  $\text{CH}_3 \cdot H$ , Methylwasserstoff, entspricht dem Aethylen- oder Grubengase;

$C_2H_3$ , Cl oder  $\text{CH}_3 \cdot Cl$ , Chlormethyläther, giebt durch Substitution von  $H_2$  durch  $Cl_2$  das bekannte Chloroform u. a. m.

Von den Aminen ist das nach Heringslake riechende Trimethylamin,  $(\text{CH}_3)_3N$  in der letzteren, in *Chenopodium vulvaria*, in den Blüthen von *Crataegus oxyacantha*, im Leberthran und im Steinkohlentheer- und Knochenöl enthalten. Von den Metallverbindungen ist das Arsenidimethyl,  $As(\text{CH}_3)_2$ , unter dem Namen Kakodyl sehr bekannt geworden, weil es diese Verbindung war, welche zu der überraschenden Entdeckung führte, dass die Alkoholradicale sich mit Metallen verbinden können. Dasselbe trägt ebenfalls den Charakter eines Radicals.

**684. Chloroform,  $C_2HCl_3$  oder  $\text{CHCl}_3$ .** Diese Flüssigkeit, deren Dämpfe, eingeathmet, anästhetisch wirken, d. h. zeitweilige Betäubung und Gefühllosigkeit hervorbringen, kann, wie schon in voriger Nummer angedeutet worden, als ein Substitutionsproduct des Chlormethyls angesehen werden. Ebenso aber auch als Ameisensäure-Anhydrid, dessen Sauerstoff durch Chlor ersetzt worden (Formylchlorid). Es entsteht bei Einwirkung von Chlor nicht nur auf verschiedene Methylverbindungen, sondern auch auf Aethylverbindungen. Man bereitet es gewöhnlich durch Destillation von Weingeist, Wasser und Chlorkalk. Das Chloroform ist eine farblose, schwere (specif. Gew. 1,48), flüchtige Flüssigkeit von ätherisch-süsslichem Geruch und Geschmack; es stellt ein gutes Lösungsmittel nicht nur für Harze, sondern auch für Fette, Kautschuk, Schwefel, Phosphor u. a. dar. Ganz rein zersetzt es sich leicht und wird sauer oder chlorhaltig; kleine Mengen von Weingeist machen es haltbar. Mit Kalilauge gekocht bildet es Chlorkalium und ameisensaures Kali. Die Anwendung bei chirurgischen Operationen geschieht einfach so, dass man ein damit angefeuchtetes Tuch vor den Mund hält; bei vollkommner Reinheit des Chloroforms und sachverständiger Anwendung geht die Bewusstlosigkeit ohne nachtheilige Folgen vorüber.

Wird aller Wasserstoff in dem Chloroform durch Chlor ersetzt, so erhält man Chlorkohlenstoff,  $C_2Cl_4$  oder  $\text{CCl}_4$ , eine angenehm riechende, ätherartige Flüssigkeit, welche auch in der Heilkunde Anwendung findet.

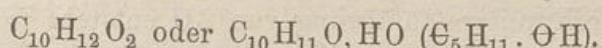
685. Ameisensäure,  $C_2H_2O_4$  oder  $HO, C_2HO_3$  ( $CH\Theta.\Theta H$ ).

Die Aehnlichkeit zwischen Aethyl- und Methylalkohol erstreckt sich auch auf den Uebergang in eine correspondirende Säure. Durch Entziehung von 2 Aeq. H wird der Methylalkohol zu Aldehyd (Formylaldehyd) und Wasser, durch Zutritt von 2 Aeq. O wird dieser Aldehyd zu Ameisensäure. Sie wird auch Formylsäure genannt, indem man die Gruppe  $C_2HO_2$  als das Säure-radical Formyl ansieht.

Diese Säure kommt natürlich in den Ameisen, den Brennesseln, Fichtennadeln etc. vor und lässt sich künstlich aus Zucker, Stärke, Weinsäure und vielen anderen organischen Stoffen darstellen, wenn man sie mit sauerstoffreichen Körpern, z. B. mit Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure etc., erhitzt. Da sie flüchtig ist, so destillirt sie hierbei über. Fast augenblicklich lässt sich der Methylalkohol in Ameisensäure umwandeln, wenn man ihn flüssig oder als Dunst mit dem porösen Platinmohr zusammenbringt (670). Wissenschaftlich interessant ist ihre Synthese aus Kohlenoxyd und Wasser ( $C_2O_2 + H_2O$  oder  $\Theta H + H_2\Theta$ ) durch längeres Erhitzen derselben mit Kali. Gegentheiliger Weise lässt sie sich durch concentrirte Schwefelsäure wieder in Kohlenoxyd und Wasser, durch Chlor, Salpetersäure oder die Oxyde der edlen Metalle aber in Kohlensäure und Wasser zerlegen.

Die Ameisensäure stellt in reinem Zustande eine der Essigsäure ähnliche, farblose Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack und durchdringendem, stechendem Geruch dar. Bis zum Eispunkte abgekühlt, erstarrt sie zu einer weissen, krystallinischen Masse. Auf die Haut getropft, röthet sie diese und zieht Blasen. Der durch Destillation von Weingeist über Ameisen gewonnene Ameisenspiritus der Apotheken enthält eine kleine Menge von dieser Säure in Auflösung. Mit Basen bildet die Ameisensäure Salze, welche in Wasser löslich sind und mit Schwefelsäure und Weingeist erwärmt angenehm riechenden Ameisenäther entwickeln.

## XIV. Amylalkohol oder Fuselgeist.



**686.** Das bei der Weingeistgährung sich mit erzeugende Fuselöl (649) besteht in der Hauptsache aus einer Alkoholart, welche sich mit Wasser nicht mischen lässt, sondern auf demselben schwimmt, da sie nur ein specif. Gew. von 0,818 hat. In reinem Zustande ist dieselbe eine farblose, brennbare Flüssigkeit von sehr unangenehmem, Husten erregendem Geruch und brennendem Geschmack. Da dieser Alkohol schwerer flüchtig ist als der Aethylalkohol (er kocht bei 130° C.), so erkennt man ihn im rohen Spiritus und Branntwein besonders deutlich durch den Geruch, wenn man einige Tropfen desselben zwischen den Händen verreibt. Man sieht den Kohlenwasserstoff  $\text{C}_{10}\text{H}_{11}$  oder  $\text{C}_5\text{H}_{11}$ , Amyl, als das Radical des Amylalkohols und ihn selbst sonach als Amyloxydhydrat an. Mit Schwefelsäure gekocht geht derselbe in Amyläther über, welcher mit Säuren die zusammengesetzten Amylätherarten darstellt, von denen folgende Anwendung finden:

Essigsäures Amyloxyd erhält man, wenn man 2 Thle. essigsäures Kali, 1 Thl. Amylalkohol und 1 Thl. englische Schwefelsäure in einem Probirgläschen kocht; es entwickelt sich dann ein lieblicher Birnengeruch. Leitet man die Dämpfe in ein anderes mit Wasser halb angefülltes Probirgläschen, so setzen sich auf dem Wasser ölahnliche Tropfen ab, die einen dem Essigäther analogen Amyläther darstellen. Unter dem Namen Birnenöl oder Birnenäther wird diese Flüssigkeit zur Darstellung von Fruchtbonbons und zur Parfümirung angewendet. Aehnliche wohlriechende, obwohl aus sehr übelriechenden Bestandtheilen zusammengesetzte Amylverbindungen sind das Aepfelöl (baldrianaes Amyloxyd) und das Cognacöl (buttersaures Amyloxyd).

**687.** Valeriansäure oder Baldriansäure,  $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$  oder  $\text{HO}, \text{C}_{10}\text{H}_9\text{O}_3$  ( $\text{C}_5\text{H}_9\text{O} \cdot \text{OH}$ ), die dem Amylalkohol entsprechende Säure, erzeugt sich aus diesem in ganz gleicher Weise, wie die

Essigsäure aus dem Aethylalkohol und die Ameisensäure aus dem Methylalkohol. Durch Zuführung von 2 Aeq. O, welche dem Amylalkohol 2 Aeq. H entziehen, entsteht Valeraldehyd und Wasser, durch weitere Zuführung von 2 O entsteht Valeriansäure, eine Verbindung des Säureradicals Valeryl mit Sauerstoff und Wasser.

Diese Säure, welche eine ölartige, farblose Flüssigkeit von durchdringendem, weichlich unangenehmem, käseartigem Geruch darstellt, kommt natürlich in der Baldrian- und Angelicawurzel vor und erzeugt sich ferner von selbst bei der Fäulniss von Käse und anderen thierischen Stoffen. In Nro. 678 ist schon angegeben, dass sie auch unter den Fäulnissproducten der vegetabilischen Proteinstoffe auftritt.

Der in den modernen Formeln der besprochenen Säuren vorkommenden Atomgruppe  $\Theta H$  oder  $H\Theta$  hat man den Namen Hydroxyl beigelegt.

## XV. Anderweite Alkohole.

688. Zu der Gruppe der Alkohole werden unter anderen noch gerechnet:

Propylalkohol, im Fuselöl der Weintreber, dem Aethylalkohol sehr ähnlich; liefert durch Oxydation die Propionsäure.

Butylalkohol, im Fuselöl der Kartoffeln und der Runkelrübenmelasse.

Caproylalkohol (Hexylalkohol) und Oenanthylalkohol (Heptylalkohol), im Fuselöl der Weintreber, auch aus dem amerikanischen Petroleum darstellbar.

Caprylalkohol (Octylalkohol) und Decatylalkohol, gleichfalls aus dem amerikanischen Petroleum darstellbar.

Cetyl-, Ceryl- und Myricylalkohol, sind fest und wachsähnlich; der erste wird aus dem Wallrath, der zweite aus dem vegetabilischen Wachs, der dritte aus dem Bienenwachs dargestellt (706).

Die diesen Alkoholen entsprechenden, als Derivate derselben anzusehenden Säuren finden sich insbesondere in den Fetten,

als: Capronsäure, Caprylsäure, Caprinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinäure (715).

Zweisäurige Alkohole sind: Aethylen-, Propylen-, Butylen-Alkohol; von ihnen werden die zweibasischen Säuren: Oxalsäure, Bernsteinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Citronsäure etc. abgeleitet. Wie ein dreisäuriger Alkohol verhält sich das Glycerin (719), wie ein sechssäuriger der Mannit (628), von welchem letzteren man die Zuckersäure und Schleimsäure ableitet.

Vergleichende Zusammenstellung der Alkoholradicale und Alkohole.

689. Ordnet man die Alkohole und ihre Radicale, von den einfachen zu den zusammengesetzteren fortschreitend, unter einander, so erhält man die nachstehende Reihenfolge:

Einwerthige.	Aequivalentformel.		Molecularformel.	
	Radical.	Alkohol.	Radical.	Alkohol.
Methylalkohol . . .	$C_2 H_3$	$C_2 H_4 O_2$	$E H_3$	$E H_4 \Theta$
Aethylalkohol . . .	$C_4 H_5$	$C_4 H_6 O_2$	$E_2 H_5$	$E_2 H_6 \Theta$
Propylalkohol . . .	$C_6 H_7$	$C_6 H_8 O_2$	$E_3 H_7$	$E_3 H_8 \Theta$
Butylalkohol . . .	$C_8 H_9$	$C_8 H_{10} O_2$	$E_4 H_9$	$E_4 H_{10} \Theta$
Amylalkohol . . .	$C_{10} H_{11}$	$C_{10} H_{12} O_2$	$E_5 H_{11}$	$E_5 H_{12} \Theta$
Caproylalkohol . . .	$C_{12} H_{13}$	$C_{12} H_{14} O_2$	$E_6 H_{13}$	$E_6 H_{14} \Theta$ etc.
Cetylalkohol . . .	$C_{32} H_{33}$	$C_{32} H_{34} O_2$	$E_{16} H_{33}$	$E_{16} H_{34} \Theta$
Cerylalkohol . . .	$C_{54} H_{55}$	$C_{54} H_{56} O_2$	$E_{27} H_{55}$	$E_{27} H_{56} \Theta$
Myricylalkohol . . .	$C_{60} H_{61}$	$C_{60} H_{62} O_2$	$E_{30} H_{61}$	$E_{30} H_{62} \Theta$ etc.
Zweiwerthige.				
Aethylenalkohol .	$C_4 H_4$	$C_4 H_6 O_4$	$E_2 H_4$	$E_2 H_6 \Theta_2$
Propylenalkohol .	$C_6 H_6$	$C_6 H_8 O_4$	$E_3 H_6$	$E_3 H_8 \Theta_2$
Butylenalkohol . .	$C_8 H_8$	$C_8 H_{10} O_4$	$E_4 H_8$	$E_4 H_{10} \Theta_2$
Amylenalkohol . .	$C_{10} H_{10}$	$C_{10} H_{12} O_4$	$E_5 H_{10}$	$E_5 H_{12} \Theta_2$ etc.

Nimmt man den Sauerstoff als festen Vergleichungspunkt an, so findet beim Aufsteigen von Stufe zu Stufe eine Vermehrung um 2 Aeq. Kohlen- und Wasserstoff ( $C_2H_2$ ) oder um 1 Atom Kohlenstoff und 2 At. Wasserstoff ( $CH_2$ ), oder aber um ein Mehrfaches davon statt. Wie sich hierdurch, ausser den chemischen Eigenschaften, auch die physikalischen ändern, zeigt der Siede- resp. Schmelzpunkt der Verbindungen der ersten Abtheilung; beide steigen mit der Vermehrung der Kohlenwasserstoffe. So kocht Methylalkohol bei  $65^{\circ}C$ , Aethylalkohol bei  $78^{\circ}$ , Amylalkohol bei  $132^{\circ}$  etc. So schmilzt Cetylalkohol bei  $20^{\circ}$ , Cerylalkohol bei  $79^{\circ}$ , Myricylalkohol bei  $85^{\circ}$ . Weiter lehren die obigen Formeln, dass die einwerthigen oder einatomigen Radicale durch Verlust von 1 H in zweiwerthige oder zweiatomige übergehen und dass die zweiatomigen Alkohole sich von den einatomigen durch einen Mehrgehalt von 2 Aeq. O unterscheiden. Man nennt Zusammenstellungen solcher Art übereinstimmende oder homologe Reihen. Eine besonders vollständige homologe Reihe bilden die aus den einatomigen Alkoholen entstehenden sogenannten fetten Säuren der folgenden Nummer.

Vergleichende Zusammenstellung der den Alkoholen  
zugehörigen Säuren (Hydrosäuren).

690. Die den einatomigen Alkoholen zugehörigen Säuren geben folgende (gekürzte) homologe Reihe:

	Aequivalent- Formel.	Molecular- Formel.	Siedepunkt.
Ameisensäure . . . .	$C_2 H_2 O_4$	$\text{€} H_2 \Theta_2$	100° C.
Essigsäure . . . .	$C_4 H_4 O_4$	$\text{€}_2 H_4 \Theta_2$	118
Propionsäure . . . .	$C_6 H_6 O_4$	$\text{€}_3 H_6 \Theta_2$	140
Buttersäure . . . .	$C_8 H_8 O_4$	$\text{€}_4 H_8 \Theta_2$	162
Valeriansäure . . . .	$C_{10} H_{10} O_4$	$\text{€}_5 H_{10} \Theta_2$	174
Capronsäure . . . .	$C_{12} H_{12} O_4$	$\text{€}_6 H_{12} \Theta_2$	199
Oenanthylsäure . . . .	$C_{14} H_{14} O_4$	$\text{€}_7 H_{14} \Theta_2$	219
Caprylsäure . . . .	$C_{16} H_{16} O_4$	$\text{€}_8 H_{16} \Theta_2$	236
Schmelzpunkt.			
Caprinsäure . . . .	$C_{20} H_{20} O_4$	$\text{€}_{10} H_{20} \Theta_2$	27° C.
Palmitinsäure . . . .	$C_{32} H_{32} O_4$	$\text{€}_{16} H_{32} \Theta_2$	62
Stearinsäure . . . .	$C_{36} H_{36} O_4$	$\text{€}_{18} H_{36} \Theta_2$	69
Cerotinsäure . . . .	$C_{54} H_{54} O_4$	$\text{€}_{27} H_{54} \Theta_2$	78
Melissinsäure . . . .	$C_{60} H_{60} O_4$	$\text{€}_{30} H_{60} \Theta_2$	80

Man bezeichnet die vorstehenden Säuren mit dem gemeinsamen Namen **fette Säuren**, und zwar die ersteren als **flüchtige**, die letzteren als **eigentliche**. Die eigentlichen fetten Säuren bilden die Hauptmasse der Fett- und Wachsarten (706. 710) und kommen im nächstfolgenden Abschnitte zur Besprechung. Aus der mitgetheilten homologen Reihe geht hervor, dass in aufsteigender Linie auch hier, wie bei den Alkoholen (689), immer eine Vermehrung um 2 Aeq. Kohlenstoff und Wasserstoff ( $C_2 H_2$ ) oder um 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Wasserstoff ( $\text{€} H_2$ ) stattfindet und dass mit dieser stufenweisen Vermehrung auch eine regelmässige Aenderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Säuren, d. h. die Umbildung einer Säure in eine neue, Hand in Hand geht. Weiter tritt die ausserordentlich grosse Verbindungsfähigkeit des Kohlenstoff's und Wasserstoffs durch diese Reihe in ein sehr helles Licht: in dem An-

fangsgliede derselben, der Ameisensäure, hat 1 Mol. nur 5 At. ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ ), auf 1 Mol. des Endgliedes, der aus dem Bienenwachs dargestellten Melissinsäure, kommen dagegen 92 At. ( $\text{C}_{30}\text{H}_{60}\text{O}_2$ ). Mit der Vermehrung der Atome in den Molekülen wächst hier, wie bei den Alkoholen, die Zusammenhangs- oder Cohäsionskraft der Moleküle, es sind daher steigende Wärmemengen erforderlich, um die letztere zu überwinden, d. h. um feste Säuren zum Schmelzen und flüssige zum Sieden zu bringen.

### Rückblick auf die Veränderungen des Zuckers und Weingeistes.

- 1) Der Zucker verwandelt sich:
  - a) durch Entziehung von Sauerstoff und Wasserstoff in braune, kohlenreiche (humose) Substanzen und Wasser;
  - b) durch Zuführung von Sauerstoff in Zuckersäure, Oxalsäure und Wasser, zuletzt in Kohlensäure und Wasser;
  - c) durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern, welche zu Hefenpilzen auswachsen, bei niedriger Temperatur in (wasserstoffreichen) Alkohol und (sauerstoffreiche) Kohlensäure (geistige Gährung);
  - d) unter gleichen Umständen bei etwas höherer Temperatur in Milchsäure, Propionsäure, Buttersäure u. a. Stoffe (Milchsäure-Gährung, schleimige Gährung).
- 2) Die Umwandlung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure und die Bildung von Hefenzellen erfolgt bei niedriger Temperatur langsam (Untergährung), bei höherer schnell (Obergährung).
- 3) Man benutzt zwar auch Stärke zur Erzeugung von Weingeist, diese muss aber jederzeit zuvor in Zucker verwandelt werden.
- 4) Der Weingeist konnte bis vor Kurzem nur auf diesem einzigen Wege, nämlich durch die Gährung des Zuckers dargestellt werden, jetzt ist es gelungen, ihn künstlich aus seinen Elementen darzustellen.
- 5) Der Weingeist, Aethylalkohol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ), verwandelt sich:

- a) durch Entziehung von 2 Aeq. Sauerstoff und 2 Aeq. Wasserstoff in **A ethylen** (ölbildendes Gas);
  - b) durch Entziehung von 1 Aeq. Sauerstoff und 1 Aeq. Wasserstoff in **A ether** (Aethyläther);
  - c) durch Entziehung von 2 Aeq. Wasserstoff in **Aldehyd** (Acetaldehyd), welcher durch Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff in **Essigsäure** übergeht.
- 6) Als die Grundlage (Radical) des Weingeistes und Aethers wird der Kohlenwasserstoff  $C_4H_5$  ( $C_2H_5$ ) angesehen und **Aethyl** genannt. Das Aethyl verbindet sich nicht nur, dem Ammonium ähnlich, mit Metalloiden (Chloräethyl etc.), sondern auch, dem Cyan ähnlich, mit Metallen (Stannäethyl etc.). Aether ist hiernach Aethyloxyd, Weingeist Aethyloxydhydrat.
- 7) Das Aethyloxyd verhält sich gegen Säuren wie eine Basis und lässt sich mit ihnen zu neutralen oder sauren Verbindungen vereinigen, welche sich den Sauerstoffsalzen ähnlich verhalten (zusammengesetzte Aetherarten und Aethersäuren).
- 8) In dem Ammoniak kann der Wasserstoff, Aequivalent für Aequivalent, durch Aethyl, Methyl etc. ersetzt (substituirt) werden (Aethylamine, Methylamine etc.).
- 9) Dem Aethylalkohol analog verhalten sich viele andere Verbindungen: sie erfahren die gleichen Veränderungen wie ersterer nach Nro. 5; sie enthalten auch Kohlenwasserstoffe, aber von anderer Zusammensetzung, als Radicale (Methyl-, Amylalkohol etc.).
- 10) Diese Radicale bilden eine homologe Reihe (689) und besitzen, wie die Elemente, eine verschiedene Werthigkeit oder Atomigkeit (544). Die meisten und bekanntesten sind einwertig oder einatomig.
- 11) Hiernach theilt man auch die Alkohole ein in einatomige, zweiatomige, dreiatomige oder -werthige etc.; die erstenen können als Alkohole mit 1 Aeq. Wasser, die zweiten als solche mit 2 Aeq. und die dritten mit 3 Aeq. Wasser angesehen werden.
- 12) Die aus den einatomigen Alkoholen durch Abgabe von 2 Aeq. H und Aufnahme von 2 Aeq. O entstehenden Säuren bilden ebenfalls eine homologe Reihe (690). Sie können als Verbindungen eines aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff bestehenden

Radicals (Acetyl, Formyl etc.) mit Sauerstoff angesehen werden (722).

## XVI. Fette und fette Oele.

**691. Oel, Schmalz, Talg. Versuch.** Man breche einen Mandelkern entzwei und drücke das weisse Fleisch mit dem Fingernagel zusammen: es dringen kleine Tröpfchen einer Flüssigkeit heraus, die sich schlüpfrig anfühlen und darauf gepresstes Fliesspapier fettig und durchsichtig machen. Diese Flüssigkeit heisst Mandelöl. Zerkleinert man die Mandeln vorher und presst sie dann, in ein Tuch gepackt, in einer Presse stark aus, so erhält man daraus über  $\frac{1}{4}$  ihres Gewichtes an Mandelöl. Sehr viele Pflanzen enthalten einen ähnlichen, ölichen Saft, insbesondere in ihren Samen, und aus vielen der letzteren werden durch Zerstampfen und Auspressen Oele gewonnen. Man hat dieser Art von Oelen den Namen fette Oele gegeben, weil sie dickflüssig sind und sich fettig anfühlen. In geringer Menge finden sie sich in allen Pflanzen, selbst in solchen, in denen man sie gar nicht vermuten sollte, z. B. in den Getreide- und Grasarten etc. In vereinzelten Fällen besitzen sie eine festere Consistenz; Cocos- und Palmöl sind schmalzähnlich, Cacao- und Muskatbutter talgähnlich.

**Schmalz. Versuch.** Man kuche etwas zerschnittenes fettes Schweinefleisch einige Zeit mit wenig Wasser und presse die weiche Masse noch heiss durch ein Leinwandläppchen; auf dem Wasser schwimmt gleichfalls ein fettes Oel, welches aber nur bei einer Temperatur von ungefähr  $30^{\circ}$  C. flüssig ist, darunter abgekühlt dagegen zu einem festen, jedoch weichen, weissen Körper gerinnt. Dass dieser sich auch schlüpfrig anfühlt und auf Papier Fettflecke hervorbringt, ist bekannt genug. Solche Fettarten, die bei gewöhnlicher Temperatur eine weiche,

salbenartige Consistenz haben, werden Schmalz oder schlechtweg Fett genannt, die in dem Läppchen zurückgebliebenen mit Fett durchdrungenen thierischen Zellen und Häute aber Griefen.

Talg. Fettes Rindfleisch, auf gleiche Weise behandelt, liefert ein Fett, welches in der Hitze zwar auch flüssig ist, wie Oel, aber schon bei einer Abkühlung bis zu ungefähr 36° C. gerinnt und dann eine noch härtere Masse als das Schmalz, den bekannten Talg, bildet. Durch Auskochen und Ausbraten können wir aus allen Thierstoffen Fette ausschmelzen, in reicherlicher Menge besonders aus dem Fleische der Haustiere, bei denen wir durch Mästung, d. h. durch reichliche Nahrung bei verhinderter Bewegung der Thiere, die Erzeugung von Fett oft auf das Unglaublichste zu vermehren im Stande sind. Die durch Auskochen mit Wasser gewonnenen Fette sind weiss, weil dabei die Erhitzung nicht über 100° C. steigen konnte; die durch Ausbraten ohne Wasser dargestellten haben dagegen eine gelbe oder braune Farbe (braune Butter, Bratenbrühe etc.), weil bei der hierbei stattfindenden stärkeren Erhitzung, die bis über 300° C. steigen kann, ein Theil des Fettes brenzlich wird. Die Thierfette würden streng genommen in die dritte Abtheilung dieses Werkchens gehören, sie stimmen aber in ihren Eigenschaften so genau mit den Pflanzenfetten überein, dass die Uebersicht eine deutlichere wird, wenn man sie gleich an die letzteren anreihet.

Die Fette der Pflanzen sind meistens flüssig (fette Oele), die der fleischfressenden Säugetiere und der Vögel weich (Schmalz), die der pflanzenfressenden Säugetiere hart (Talg).

#### Eigenschaften der Fette.

**692. Fette sind nicht flüchtig.** *Versuch.* Man reibe ein wenig Fett auf Papier und lege das letztere auf einen heissen Ofen: der Fettfleck wird nicht verschwinden, wenn auch das Papier noch so lange erwärmt wird, denn die Fette sind nicht flüchtig.

Wie in Papier, so ziehen die Fette sich auch mit grosser Leichtigkeit in alle anderen porösen Körper hinein, z. B. in Holz, Leder etc. Da die Fette im Innern dieser Körper lange

Zeit hindurch weich bleiben, so hat man in ihnen ein Mittel, um biegsame Körper geschmeidig zu machen und zu erhalten. Deswegen wird das lederne Pferdegeschirr und das Schuhzeug von Zeit zu Zeit eingefettet, deswegen knetet der Weissgerber seine Schafhäute mit Fischthran durch (Walken), wenn sie zu geschmeidigem Handschuhleder werden sollen etc. Besonders stark ist die Fett einsaugende Kraft in dem Thon und Lehm, wie man daran erkennt, dass diese Substanzen im Stande sind, das in Holz oder Papier eingedrungene Fett wieder herauszuziehen. Dünne Stoffe erlangen dadurch, dass ihre Poren statt mit Luft mit Fett ausgefüllt sind, eine grössere Durchsichtigkeit, gewöhnliches Papier wird auf diese Weise so durchscheinend, dass es zum Durchzeichnen und zu Transparentgemälden angewendet werden kann.

**693. Fette und Wasser.** Die Fette schwimmen auf Wasser, sie haben sonach ein geringeres specifisches Gewicht als das Wasser. Dieser Eigenschaft wegen kann man sie benutzen, um von anderen Körpern, die man damit übergiesst, die Luft abzusperren. Eine Eisenvitriolauflösung zieht an der Luft schnell Sauerstoff an und lässt basisches Eiseoxydsalz fallen (400); sie bleibt aber unverändert, wenn sie mit einer Oelschicht bedeckt ist. Frisch gepresster Citronensaft schimmelt bald an der Luft, unter einer Oeldecke schimmelt er nicht. Eingemachte Früchte halten sich viel länger, wenn sie mit geschmolzener Butter übergossen werden.

Die Fette sind im Wasser unlöslich, man kann daher durch sie andere Körper vor dem Eindringen von Wasser schützen. Durch Einschmieren mit Talg oder Fett verhindern wir das Durchgehen der Nässe durch unser Schuhwerk, durch Einölen das Rosten des Eisens an feuchter Luft, durch Anstreichen mit Leinöl oder Leinölfirniss das Eindringen von Feuchtigkeit in das Holz-, Segel- und Tauwerk der Schiffe, und damit das schnelle Vermodern und Verfaulen derselben. Mit Oel vollkommen durchdrungenes Bauholz hält sich in feuchter Erde unverändert, während gewöhnliches Holz oft schon innerhalb weniger Jahre durch Fäulniss zerstört wird.

**694. Emulsion. Versuch.** Man schüttle in einem Probirgläschen Oel und Wasser tüchtig durcheinander: das Oel vertheilt

sich in kleine Tröpfchen und macht das Wasser milchig, bei ruhigem Stehen setzt es sich aber bald wieder oben ab. Viel länger wird es dagegen im Wasser schwebend erhalten, wenn dieses schleimige Stoffe, z. B. Gummi oder Eiweiss, enthält, wie man leicht bemerkt, wenn man etwas Oel mit Eiweiss, Eidotter oder einer dickflüssigen Auflösung von Gummi arabicum zusammenreibt und dann erst nach und nach Wasser zubringt. In der entstandenen Milch, die den Namen Emulsion (Oelemulsion) führt, tritt erst nach mehren Tagen eine Trennung des Oels vom Wasser ein.

**Samenemulsion. Versuch.** Eine zweite Art der Bereitung von Emulsion besteht darin, dass man ölreiche Samen, z. B. Mandeln oder Mohn, in einem Mörser zerquetscht und allmälig Wasser zusetzt (Samenemulsionen). In allen diesen Samen sind schleimige und eiweissartige Stoffe vorhanden, die sich in dem Wasser auflösen und eine feine Zertheilung des Oels bewirken.

**Milch.** Eine natürliche Emulsion haben wir in der Milch der Säugethiere. Die Kuhmilch ist trübe, weil in ihr die Butter in kleinen, dem blosen Auge unsichtbaren Kugelchen umherschwimmt; diese Fettkugelchen werden schwebend erhalten, weil zugleich ein dem Eiweiss ähnlicher Körper, der Käsestoff, in der Milch aufgelöst ist. Bei längerem Stehen wird der Käsestoff unlöslich (er gerinnt) und die leichtere Butter sammelt sich, als Rahm, auf der Oberfläche der Milch an.

**695. Firnissöle und Schmieröle. Versuch.** Man verreibt auf einer Kupfermünze einen Tropfen Leinöl, auf einer zweiten einen Tropfen Baumöl, und lege beide einige Tage lang an einen warmen Ort: das Leinöl wird zu einer harzähnlichen, festen Masse eintrocknen, das Baumöl dagegen schmierig bleiben. Alle Oele saugen an der Luft Sauerstoff ein und werden dadurch dicker und unangenehm schmeckend und riechend (ranzig); darin aber findet eine wesentliche Verschiedenheit statt, dass manche Oele vollkommen hart und trocken werden, andere dagegen weich und klebrig bleiben. Hiernach zerfallen die Fette in zwei Klassen: in trocknende und nicht trocknende. Die ersten kann man auch Firnissöle nennen, weil sie sich vorzüglich zum Anstrich eignen; die letzteren Schmieröle, weil sie

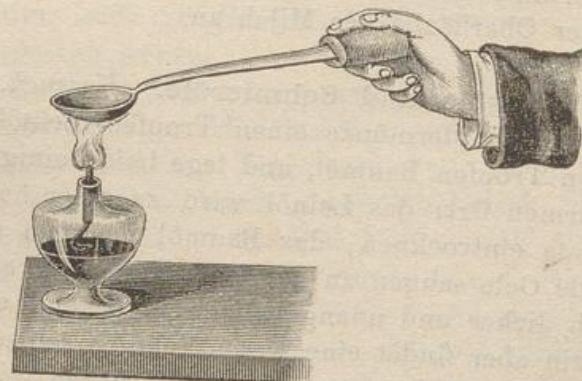
da, wo man die Reibung fester Körper an einander und die Erhitzung derselben durch Schmiermittel zu verhindern beabsichtigt, sich viel länger weich und schlüpfrig erhalten als die trocknenden Fette.

**Selbstentzündung geölter Stoffe.** Durch die beim Oxydiren der Oele stattfindende Einsaugung und Verdichtung von Sauerstoff muss, wie bei jeder Verdichtung eines luftförmigen Körpers zu einem flüssigen oder festen, Wärme frei werden. Diese kann unter Umständen, namentlich dann, wenn frisch geölte oder gefirnisste Zeuge, als Wolle, Leinwand etc. in grossen Massen fest zusammengepresst liegen, sich so steigern, dass eine Selbstentzündung eintritt; es ist daher der Vorsicht gemäss, derartige Stoffe, bevor sie vollständig trocken geworden sind, nicht zu dicht auf einander zu schichten.

#### Veränderung der Fette durch Hitze.

**696. Fette in der Hitze. Versuch.** Man erhitze etwas Leinöl über einer Weingeistlampe und untersuche die Temperatur desselben von Zeit zu Zeit mittelst eines Thermometers.

Fig. 194.



Zuerst steigt die Erwärmung rasch bis  $100^{\circ}$  C., und hält bei diesem Wärmegrade einige Zeit still, während das Oel gelinde siedet; dieses Verhalten erklärt sich daraus, dass in jedem rohen Oel wässrige Theile zugegen sind, die bei  $100^{\circ}$  C. verdampfen.

Sind diese entfernt, so erhöht sich die Temperatur wieder rasch, und zwar bis über 300° C., wo dann das Oel zum zweiten Male zu kochen beginnt, diesmal aber unter Ausstossung eines weissen Rauches von sehr unangenehmem Geruche. Dieser Dampf besteht aus zersetzen Oel, der Hauptache nach aus Leuchtgas, und brennt angezündet mit lebhafter Flamme; die Fette sind also brennbar, aber nur bei einem Hitzgrade, der hoch genug ist, um sie chemisch zu zersetzen.

**Oelgas.** Im Grossen bereitet man sich häufig Leuchtgas aus Fetten, indem man sie auf ein glühendes eisernes Gefäss tröpfeln lässt, aus dem das erzeugte Gas durch ein Abzugsrohr in ein Sammelgefäß (Gasometer) geleitet wird (Oelgas).

**697. Fette als Beleuchtungsmittel.** Jede Lampe, jedes Licht ist ein Leuchtgasapparat im Kleinen. Hierbei erfolgt

Fig. 195. aber die Verbrennung nur unter Beihilfe eines leicht brennaren Körpers, des Doctes. Wird ein frisches Licht angesteckt, so entzündet sich zuerst die Baumwolle des Doctes, und die dadurch entstandene Wärme reicht hin, den zunächst am Dochte befindlichen Talg zu schmelzen; der geschmolzene Talg steigt nun durch Capillarität (115) in den durch die neben einander liegenden Baumwollenfasern gebildeten Canälen in die Höhe, und erfährt in diesen, oben in der Flamme, eine bis über 300° C. gehende Erhitzung, derzu folge er in Leuchtgas zerlegt wird. Rüb- und Rapsöl, Dotteröl, Baumöl, Talg, Wachs und Stearinsäure werden am häufigsten als Beleuchtungsmaterialien angewendet. Paraffin, Photogen, Solaröl und Petroleum, welche zu gleichem Zwecke dienen, gehören zu den Kohlenwasserstoffen.

**698. Auslöschen brennender Fette. Versuch.** Auf das in dem Löffel brennende Oel lasse man von einem in Wasser getauchten Holzspäne einen Tropfen Wasser herabfallen: das Oel wird unter lebhaftem Grollen umhergespritzt, weil das schwerere Wasser in dasselbe einsinkt und sich plötzlich in Dampf verwandelt, welcher das Oel heraustreibt. Brennende Fette, als Firniss, Speck etc., dürfen daher nie mit Wasser gelöscht wer-



den; das Auslöschen erfolgt hingegen leicht und gefahrlos, wenn man das Gefäss mit einem Brettchen oder Blechstücke bedeckt und damit die zum Fortbrennen unentbehrliche Luft abschliesst.

**699. Brenzliche Fette.** Wie bei dem Holze (132), so verbrennt auch bei den Fetten der Wasserstoff rascher als der Kohlenstoff, und daher kommt es, dass das nach dem Verlöschen zurückbleibende, halbverbrannte Oel kohlenstoffreicher ist und eine dunklere Farbe besitzt. Ein brenzliches Oel dieser Art kommt in den Apotheken unter dem Namen Ziegelöl oder Philosophenöl vor. Bei noch weiterer Erhitzung wird das Leinöl immer schwärzer und zugleich dicker, so dass es endlich die Consistenz eines zähen Breies erlangt; in dieser Gestalt bildet es den künstlichen Vogelleim, mit Russ vermengt aber die wichtige Druckerschwärze.

#### Nähere Bestandtheile der Fette.

Wir haben die Fette nicht, wie die Holzfaser oder den Zucker, als gleichartige Körper anzusehen, sondern, wie Chevreul zuerst gezeigt, als Gemenge von mehren einfacheren Fettarten, in welche sie sich, ohne chemisch zersetzt zu werden, trennen lassen.

**700. Palmitin (Tripalmitin).** *Versuch.* Stellt man zur Winterszeit ein Gefäss mit Baumöl oder Rüböl in die Kälte, so erstarrt ein Theil davon zu einer festen, talgartigen Masse, während der andere Theil flüssig bleibt; das Oel wird also durch die Kälte in zwei Fette, ein festes und ein flüssiges, geschieden. Das feste Fett hat den Namen Palmitin erhalten (sonst nannte man es Margarin), das flüssigbleibende den Namen Olein oder Elain. Durch wiederholtes Erkalten kann der grösste Theil des Palmitins aus dem Oel ausgeschieden und durch Pressen mit Fliesspapier noch weiter vom Olein, welches sich in das Papier zieht, befreit werden. Löst man es nun in kochendem Alkohol auf, so scheidet es sich beim Erkalten bis  $0^{\circ}$  in weissen, perlmuttenglänzenden Blättchen ab, während das Olein gelöst bleibt.

Das Palmitin ist in Wasser unlöslich, in Aether leicht löslich, es hat einen wechselnden Schmelzpunkt (46° und 62° C.) und erstarrt beim Erkalten zu einer amorphen Masse. Es macht den festen Hauptbestandtheil des Palmöls, Cocosöls, wie der weichen und flüssigen Fette aus, doch enthalten auch die festeren Fette kleinere Mengen davon.

**701. Stearin (Tristearin).** *Versuch.* Man lege um ein Opodeldocgläschen einen Draht, so dass er ein Paar Handhaben bildet, mittelst deren das Gläschen in ein Töpfchen gehangen werden kann, welches man halb mit Wasser füllt und auf einem Dreifusse erhitzt. In das Gläschen kommen 5 Grm. Talg und so viel absoluter Weingeist, dass es bis zu  $\frac{3}{4}$  voll wird. Kocht der Inhalt des Gläschens, so entfernt man die Lampe, lässt das Gläschen noch so lange in dem Wasserbade, bis der geschmolzene Talg sich wieder zu Boden gesetzt hat, und giesst dann den obenauf schwimmenden

Fig. 196.



heissen Weingeist in ein Becherglas. Dieses Auskochen wird noch drei- bis viermal mit frischem Weingeist wiederholt. Den gesammten Weingeist lässt man bedeckt einige Stunden in kaltem Wasser stehen und filtrirt später das Flüssige von dem ausgeschiedenen grieslichen Pulver ab, welches noch einige Male mit kaltem Weingeist ausgewaschen und an einem luftigen Orte getrocknet wird. Diese weisse Masse ist das Stearin des Rindstalgens. Durch Umkrystallisiren mit warmem Aether oder kochendem Alkohol erhält man das Stearin in glänzenden, schuppigen, dem Palmitin ähnlichen Blättchen, die bei 60° C. (unter Umständen schon bei 53°) schmelzen und beim Erkalten zu einer amorphen Masse erstarren. Es macht den Hauptbestandtheil der Talgarten aus, kleinere Mengen davon finden sich aber in fast allen Fetten.

Kühlt man den vom Stearin abfiltrirten Alkohol bis auf 0° ab, so scheidet sich noch etwas festes Fett, hauptsächlich aus Palmitin bestehend, aus. Ueberlässt man ihn dann an einem warmen Orte der Verdunstung, so hinterlässt er den dritten

näheren Bestandtheil des Talges, das Olein, in der Form eines dicklichen Oeles.

**702. Olein oder Elaïn (Triolein).** Dieses macht den vorwaltenden Bestandtheil der flüssigen Fette oder fetten Oele aus. In reinem Zustande stellt dasselbe ein farbloses Oel dar, das erst bei  $-5^{\circ}$  C. zu erstarren anfängt. In Wasser ist es unlöslich, in kaltem Alkohol schwer-, in heissem Alkohol und Aether leicht löslich. Das Elaïn des Handels hat eine bräunliche Farbe. An der Luft nimmt es einen widrigen (ranzigen) Geruch und eine saure Beschaffenheit an und verdickt sich allmälig zu einer klebrigen Masse (Schmieröle). Mit salpetriger Säure behandelt, geht es in eine isomere feste Fettart, Elaïdin genannt, über. Anders verhält sich der flüssige Bestandtheil gewisser Oele, namentlich des Leinöls und Mohnöls; dieses Olein geht nicht in Elaïdin über und verändert sich an der Luft sehr schnell in der Weise, dass es unter Einsaugung von Sauerstoff zu einer festen, glänzenden amorphen Masse eintrocknet (Firnissöle). Man nennt dasselbe zum Unterschied von ersterem Olin, Olanin oder Leinolein.

Die genannten Hauptbestandtheile der Fette sind ohne Farbe, wie ohne Geruch und Geschmack; Gleiches gilt also auch für die aus ihnen gebildeten reinen Fette. In natürlichem Zustande enthalten aber die Fette und fetten Oele noch fremde Beimischungen, welche ihnen meist eine gelbliche Farbe wie einen charakteristischen Geschmack und Geruch ertheilen, sowie besondere Fette, z. B. Butyrin, Caprin, Capron u. a.

Die entfernteren Bestandtheile der Fette kommen weiter unten, nach der Seifenbildung, bei welcher eine Trennung derselben stattfindet, zur Betrachtung.

#### Bekanntere Pflanzenfette.

**703. Firnissöle oder eintrocknende Oele: Leinöl.** Der bekannte Leinsamen giebt beim Pressen  $\frac{1}{5}$  eines gelben Oels, welches durch längeres Ausstellen an das Sonnenlicht allmälig gebleicht werden kann. Es wird am häufigsten zu Oelfirniss benutzt.

*Versuch.* Zu 30 Grm. Leinöl schütte man 1 Grm. Blei-glätte und  $1\frac{1}{2}$  Grm. Bleiessig, und lasse das Gemenge unter öfterem Umschütteln einige Tage an einem warmen Orte stehen. Die durch Absetzen geklärte Flüssigkeit trocknet jetzt ungleich schneller, als vorher, sie ist der bekannte Leinölfirniss, den man, mit Farben verrieben, allgemein zum Anstreichen von Holz, Metall etc. anwendet. Das sogenannte Wachstuch ist mit Firnissfarbe angestrichener Kattun, der Wachstaffet gefirnisstes Seidenzeug. Im grossen wird dieser Firniss gewöhnlich so bereitet, dass man 100 Pfund Leinöl mit 1 Pfund Blei glätte erwärmt und 1 Stunde lang bei einer Temperatur von 100 Graden erhält. Stärkere Hitze macht den Firniss dunkler und dicker, kann auch leicht zum Uebersteigen und somit zu Feuersgefahr Veranlassung geben. Was nach beiden Methoden als schlammiger, weisslicher Bodensatz zurückbleibt, ist eine Verbindung von schleimigen und eiweissartigen Stoffen mit Bleioxyd. Alle Oele enthalten im ungereinigten Zustande schleimige (gummi- und eiweissartige) Theile, die das Trocknen verzögern; durch Bleioxyd werden diese unlöslich gemacht. Der Firniss ist hiernach schleimfreies Leinöl.

Wird Leinölfirniss mit Kreide zusammengeknetet, so erhält man einen plastischen Teig, den vielgebrauchten Glaserkitt.

Hanföl, aus Hanfsamen, gelblichgrün, wird ebenfalls zur Bereitung von Firniss, ausserdem auch zum Brennen und zur Darstellung der grünen Seife benutzt.

Mohnöl, aus Mohnsamen, dient als Speiseöl und zur Anfertigung eines sehr hellen Firnisses.

Ricinusöl, aus den Samen der Ricinusstaude, ist ein purgirendes Arzneimittel.

Oel aus Kürbiskernen, Wallnüssen, Leindottersamen etc.

**704. Schmieröle** oder klebrig bleibende Oele, Fett- und Talgarten: Brennöl wird hauptsächlich aus den Samen der Rübsen- und Rapspflanze ausgepresst. Soll es, ohne Kohle an dem Dochte abzusetzen, brennen, so muss es raffinirt, d. h. von den mitausgepressten Eiweiss- und Schleimtheilen befreit werden. Dies geschieht hier nicht durch Bleioxyd, sondern durch Schwefelsäure.

Raffiniren des Brennöls. *Versuch.* 30 Grm. rohes Brennöl werden mit 8 Tropfen englischer Schwefelsäure

versetzt und öfters geschüttelt; nach  $\frac{1}{2}$  Stunde mischt man 30 Grm. Wasser hinzu, schüttelt das Gemenge abermals einige Zeit tüchtig durch, und stellt es dann einige Tage bei Seite: das nach dieser Zeit obenauf schwimmende Oel ist schleimfrei (raf-finirt). Die schleimigen Theile findet man, durch die Schwefelsäure verkohlt und unlöslich gemacht, in dem am Boden des Gläschens abgelagerten Wasser. Durch mehrmaliges Waschen mit Wasser entzieht man dem Oele die ihm noch anhängende Schwefelsäure. Die Schwefelsäure verkohlt bekanntlich fast alle organischen Körper (213), manche leichter, andere schwerer, den Schleim leichter, das Oel schwerer; setzt man daher nur so viel Schwefelsäure zum Oele, als zur Verkohlung des Schleims erforderlich ist, so wird nur dieser zerstört und das Oel bleibt unzersetzt. Bei einer grösseren Quantität Schwefelsäure würde auch das Oel angegriffen werden.

**Oelkuchen.** Die von den Raps-, Lein-, Mohn- und anderen Samen nach dem Abpressen des Oels übrig bleibenden, sehr stickstoffreichen Samenkuchen, in denen noch 6 bis 8 Proc. Oel zurückgehalten werden, stellen ein vortreffliches Viehfutter oder auch Düngemittel dar.

**Baumöl (Olivenöl)** wird aus dem Fleische der Oliven, der Früchte des Oelbaums, ausgepresst. Das feinste, kalt ausgepresste Provenceröl ist hellgelb, das heiss gepresste, gewöhnliche Baumöl grünlich; diese beiden Sorten werden bekanntermaassen allgemein zur Bereitung von Speisen und zum Einschmieren von Maschinen angewendet. Aus einer dritten, geringeren und dunkleren Sorte bereitet man in Frankreich und Italien die sogenannte Venetianische oder Marseiller Seife. Auch das Sesamöl dient jetzt als Speiseöl.

**Andere Schmieröle:** Mandelöl erhält man durch Auspressen der süßen Mandeln. Auch die bitteren Mandeln geben bei kalter Pressung ein gutes Mandelöl, durch heisses Pressen dagegen kann dasselbe blausäurehaltig werden.

**Oel aus Haselnüssen, Bucheckern, Pflaumen-, Kirsch- und Aepfelkernen etc.**

**Cocosöl**, aus den Kernen der Cocosnusse, ist bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Schweinefett, und auch von weisser Farbe, aber von anderen, nicht angenehmem Geruche.

Palmöl, ein gelbes, butterähnliches Fett, kommt ebenfalls von den Früchten einer Palmenart. Durch Erhitzen bis 130° C. wird der gelbe Farbstoff desselben zerstört (Bleichen durch Hitze).

Cocosöl und Palmöl werden jetzt in ausserordentlichen Mengen zu Seife verarbeitet. Auch der chinesische Pflanzentalg ist jetzt Handelswaare.

In der Pharmacie finden von Pflanzenfetten noch Anwendung:

Cacaobutter, das talgartige, weisse oder gelbliche Fett der Cacaobohnen, die Ursache der Fettaugen auf der gekochten Chocolade;

Muskatbutter, das gelbe, butterähnliche, angenehm riechende Fett der Muskatnüsse;

Lorbeeröl (Loröl), das schön grüne, schmalzartige Fett der Früchte des Lorbeerbaums.

#### Bekanntere Thierfette.

**705. Rindstalg.** Die bekannten Zuchthiere, Kühe, Ziegen und Schafe, liefern uns mancherlei Arten von Fett: ein härteres, weisses (Talg oder Inselt), das sich in und über dem Fleische derselben absondert; ein weicheres, gewöhnlich gelb gefärbtes, welches sich aus ihrer Milch ausscheidet (Butter); ausserdem noch das Markfett und Klauenfett.

Hirschtalg ist weiss und hart, wie Ziegen- und Schöpstalg.

Schweineschmalz, Gänseeschmalz etc. sind bekannt genug. In früheren Zeiten, wo man glaubte, dass jedes einzelne Thierfett besondere Kräfte in sich berge, wurden in den Apotheken zahllose Arten von dergleichen Fetten vorrätig gehalten; jetzt vertritt das ehrliche Schweinefett die Stelle aller anderen. Butter s. unter den Thierstoffen (823).

Fischthran wird aus dem Speck von Wallfischen, Delphinen, Seehunden und anderen Fischen ausgebraten. Der in gelinder Wärme ausgeschmolzene Thran hat eine gelbe Farbe, und nur einen schwachen, eben nicht unangenehmen Geruch, der durch starke Hitze oder aus bereits faulig gewordenen Fischen gewonnene dagegen ist dunkelbraun und sehr übelriechend. Als der

beste gilt der aus der Leber des Dorschfisches freiwillig ausgelaufene. Der Fischthran ist das beliebteste Einschmiermittel für Leder; ausserdem wird er auch als Arzneimittel und zur Bereitung der schwarzen Schmierseife gebraucht. Er enthält meist ganz kleine Mengen von Jod.

#### Wallrath und Wachs.

**706. Wallrath** (*Spermaceti*) ist weiss, glänzend, blättrig-krystallinisch und so hart, dass er zu Pulver zerrieben werden kann, er findet sich, in besonderen Höhlungen eingeschlossen, in dem Kopfe des Pottfisches. Der Hauptbestandtheil desselben ist eine dem Palmitin ähnlich zusammengesetzte Substanz (Cetin), doch ist in dieser die Palmitinsäure nicht mit Glyceryloxyd, sondern mit Cetyloxyd verbunden, welches letztere sich gleichfalls wie eine Basis oder Aetherart, und mit Wasser verbunden wie ein Oxydhydrat oder eine Alkoholart (Aethal) verhält. Er dient zur Anfertigung von Kerzen und mit Oel verrieben zur Bereitung von Salben, Handpasten u. a.

**707. Wachs** (*Cera*) findet sich in geringer Menge in allen Pflanzen, insbesondere in den glänzenden Ueberzügen der Blätter, Stengel und Früchte, z. B. in den Aepfelschalen, namentlich auch in dem Blüthenstaube. Einige Pflanzen Japans und Südamerikas enthalten so viel davon, dass man es durch Auskochen mit Wasser und Pressen daraus abscheidet und unter dem Namen vegetabilisches oder japanisches Wachs in den Handel bringt. Die Lieferanten unseres gewöhnlichen Wachses dagegen sind die Bienen, die es aus den Pflanzen aufsaugen und zum Baue ihrer Zellen verwenden. Zum Theil mögen diese Insecten ihr Wachs wohl auch aus den zuckerigen Säften der Pflanzen, durch die sie sich ernähren, erzeugen, denn genaue Versuche haben gezeigt, dass die Bienen die Fähigkeit haben, den Zucker, mit dem man sie füttert, in Wachs verwandelt, aus ihren Bauchringen wieder auszuschwitzen. Das gelbe Wachs wird zu weissem, wenn man es fein geschabt an die Sonne stellt und öfters mit Wasser begiesst. Das gelbe Wachs schmilzt schon bei  $62^{\circ}$ , das weisse erst bei  $70^{\circ}$  C. Ausser zum Haltbarmachen des Zwirns und zur Be-

leuchtung wird das Wachs, in Kalilauge aufgelöst, als sogenannte Wachsseife zum Glänzen des bunten Papiers und zum Bohnen der Fussböden, mit Oelen vermischt aber zu Pflastern und Salben (Ceraten) angewendet. Mit heissem Wachs getränktes Papier ist ein gutes Material, um Gefäße damit zu überbinden, von denen man die Feuchtigkeit abhalten will. Soll das Wachs biegsamer und zäher werden, wie wir es in den Wachsstöcken und dem Baumwachs finden, so setzt man ihm etwas Terpentin zu. Das Bienenwachs giebt an kochenden Weingeist Cerotinsäure ab; das Unlösliche ist Myricin, eine Verbindung von Palmitinsäure mit Myricyloxyd (Myricyläther). Das vegetabilische Wachs enthält als wesentliche Bestandtheile Cerotinsäure, verbunden mit Ceryloxyd (Ceryläther). Künstlich lässt sich aus dem Wachs noch die Melissinsäure darstellen, welche das letzte Glied der Reihe der fetten Säuren bildet (690). Cetyl-, Ceryl- und Myricylalkohol s. 688 und 689.

#### Bildung von Seifen und Pflastern aus Fetten.

708. Natronseife aus Talg. *Versuch.* Man bereite sich 1) aus 4 Grm. Aetznatron, wie es jetzt im Handel vorkommt,

Fig. 197.



und 30 Grm. Wasser eine starke Natronlauge, und 2) aus 4 Grm. Aetznatron und 60 Grm. Wasser eine schwache Lauge. Die letztere kocht man mit 40 Grm. Rindstalg in einem Töpfchen, das von dem Gemenge nur halb angefüllt wird,  $\frac{1}{2}$  Stunde gelind und setzt dann nach und nach unter fortdauerndem Kochen die starke Lauge zu. Oel und Lauge vereinigen sich allmälig zu einer gleichförmigen Masse

(Seifenleim), die mit der Zeit dick und schaumig wird. Giebt ein Tropfen davon, zwischen den Fingern gedrückt, feste, weisse Blätter, so setzt man  $\frac{1}{2}$  Loth Kochsalz hinzu, kocht noch einige

Minuten, und lässt dann das Ganze ruhig erkalten. Man erhält eine feste Masse (Seife) und eine wässrige Flüssigkeit, in der das Kochsalz und noch etwas unverbundenes Natron aufgelöst bleiben (Unterlauge). Giebt die erhaltene Seife, mit Wasser gekocht, eine trübe Lösung, so enthält sie noch unverseiften Talg; in diesem Falle übergiesst man sie noch einmal mit etwas schwacher Lauge und unterhält das Sieden so lange, bis eine Probe davon sich in Regenwasser klar löst; dann setzt man wieder Kochsalz zu und lässt erkalten. Die auf diese Weise dargestellte Seife hat dieselbe Zusammensetzung wie die gewöhnliche Hausseife. In neuerer Zeit ersetzt man jedoch häufig den Talg ganz oder theilweise durch Palmöl oder Cocosöl; durch Palmöl, weil dieses billiger ist als Talg; durch Cocosöl, weil dieses Fett der Seife die Eigenschaft ertheilt, sehr stark zu schäumen.

**Natronseife aus Oel. Versuch.** Man wiederhole den vorigen Versuch, nur mit der Abänderung, dass man statt des Talges Baumöl anwendet: man wird ebenfalls eine harte Seife gewinnen (Oel- oder Marseiller Seife). Durch Natron werden aus Fetten harte Seifen gebildet.

**709. Kaliseife. Versuch.** Man bereite noch einmal Oel-seife, nehme aber dazu statt der Natronlaugen Kalilaugen, die man sich aus Aetzkali und Wasser, wie oben angegeben, darstellt, und unterlasse den Zusatz von Kochsalz: der Seifenleim geht hierbei durch Einsieden nicht in eine harte Seife über, sondern giebt nach hinlänglicher Verdampfung des Wassers eine weiche Masse (Schmierseife oder Kaliseife). In den Kattunfabriken wendet man diese Art von Seife häufig zum Reinigen von gefärbten Zeugen an. Nimmt man statt Baumöl Fischthran, Hanföl oder Leinöl, so erhält man Schmierseife von dunkler Farbe, die man gewöhnlich durch Indig und Curcuma grün färbt (grüne und schwarze Seife). Durch Kali werden aus Fetten weiche Seifen gebildet.

**Ammoniakseife.** Das Ammoniak wirkt ungleich schwächer auf die Fette ein, als das Kali und Natron. Schüttelt man fette Oele mit Salmiakgeist zusammen, so erhält man milchähnliche, dickflüssige Mischungen, Linimente, die oft als Einreibungs-mittel angewendet werden.

710. **Process der Seifenbildung.** Die Fette bestehen, wie in 700 gezeigt worden, aus einem Gemenge von mehren einfachen, theils festen, theils flüssigen Fettarten, von denen das Stearin das verbreitetste feste, das Olein das bekannteste flüssige ist. Diese näheren Bestandtheile der natürlichen Fette können als salzhähnliche Körper angesehen werden. Jedes einfache Fett enthält eine besondere eigenthümliche Säure: das Stearin Stearinäure, das Olein Oleinsäure, das Palmitin Palmitinsäure etc.; fast alle aber enthalten eine und dieselbe basische Atomgruppe, welcher man den Namen Glycerin, Glyceryloxyd oder Lipyl-oxyd gegeben hat.

Stearin	ist sonach:	stearinsaures Glycerin.
Palmitin	" "	palmitinsaures "
Margarin	" "	palmitin- und stearinsaures Glycerin.
Olein	" "	oleinsaures Glycerin.
Talg	" "	ein Gemenge von viel stearinsaurem mit wenig oleinsaurem Glycerin.

Zur Bezeichnung der verschiedenen in den Fetten enthaltenen Säuren überhaupt wird in dem Folgenden immer der allgemeine Name „Fettsäuren“ gebraucht werden; Fette im Allgemeinen sind demzufolge als Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin oder Glyceryloxyd, oder gleichsam als fettsaure Glyceryloxydsalze anzusehen (Glyceride).

**Vorgang bei der Seifenbildung.** Der Process der Seifenbildung trägt nach dem Mitgetheilten den Charakter einer einfachen Wahlverwandtschaft: die stärkeren Basen, Natron und Kali, verdrängen das schwächere Glyceryloxyd und verbinden sich mit den Fettsäuren zu fettsaurem Natron (Natronseife), oder zu fettsaurem Kali (Kaliseife).

Aus Kali u. fettsaurem Glycerin	Aus Natron u. fettsaurem Glycerin
wird fetts. Kali u. freies Glycerin	wird fetts. Natron u. fr. Glycerin
(Kaliseife).	(Natronseife).

Das ausgeschiedene, in Wasser lösliche Glycerin geht in den beiden ersten Fällen in die Unterlauge; bei der Schmierseife aber, wo sich das überschüssige Wasser nicht flüssig von der Seife absondert, sondern durch Verdampfung entfernt wird, bleibt

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

es mechanisch gemengt in der Seife zurück. Noch grössere Aehnlichkeit, als mit den Sauerstoffsalzen, haben die Fette mit denjenigen salzhähnlichen Verbindungen, welche unter der Bezeichnung „zusammengesetzte Aetherarten“ in Nro. 660 betrachtet worden sind, da das Glycerin als eine Alkoholart (Glycerylalkohol) angesehen werden kann. Weiteres hierüber in Nro. 722.

**711. Wirkung des Kochsalzes.** a) auf Natronseife. Wie das Kochsalz wirkt, kann man sehen, wenn man harte Seife in Salzwasser aufzulösen versucht: es erfolgt keine Auflösung, selbst nicht beim Kochen, denn die Seife ist unlöslich in Salzwasser, ebenso auch in starker Lauge; man kann deshalb die Seife aus einer Auflösung in Wasser durch Zusatz von Kochsalz niederschlagen. Diese Scheidungsmethode wird im Grossen allgemein angewendet, weil sie eine reinere Seife liefert, als wenn man das Wasser durch Verdampfen entfernen wollte; denn in letzterem Falle bleiben Glyceryloxyhydrat, überschüssige Lauge und etwaige Verunreinigungen der Laugen oder Fette bei der Seife, während sie bei der erstenen Methode in der sich unten abscheidenden Flüssigkeit (Unterlauge) aufgelöst oder aufgeschwemmt bleiben.

b) auf Kaliseife. *Versuch.* Man löse etwas von der bei 709 erhaltenen Schmierseife in kochendem Wasser auf und streue Salz hinzu: die Seife wird ausgeschieden und sammelt sich auf der Oberfläche des Wassers an; sie wird aber nach dem Erkalten nicht mehr weich sein, sondern hart. Das Kochsalz wirkt hier noch auf eine zweite Weise; es veranlasst eine Austauschung der Bestandtheile, nämlich:

aus fettsaurem Kali (Kaliseife) und Chlornatrium wird Chlorkalium und fettsaures Natron (Natronseife).

Wie hier im Kleinen, so verfuhren die Seifensieder früher, ehe die Soda billig zu haben war, im Grossen; sie bereiteten sich aus Holzasche und Kalk (Aescher) Aetzkalilauge, verkochten diese mit Fetten, und wandelten zuletzt die erzeugte weiche Kaliseife durch Kochsalz in harte Natronseife um.

## Eigenschaften der Seifen.

**712. Waschen mit Seife.** Die Seifen haben zwei wichtige Eigenschaften: 1) sie lösen Fette und Oele auf, 2) sie zerfallen sehr leicht, schon durch blosse Vermischung mit vielem Wasser, in ein saures Salz und in freies Alkali; das letztere löst bekanntlich die meisten organischen Stoffe auf, das erstere aber bewirkt durch seine Schläfrigkeit ein leichtes Wegspülen der gelösten Stoffe von anderen Körpern. Auf diesen beiden Eigenschaften beruht die Anwendung der Seife zum Waschen. Das ausgeschiedene saure fettsaure Alkali mildert zugleich die Einwirkung des freien Alkalis und hält die Gegenstände, welche mit Seife gewaschen werden, geschmeidig, während sie spröde werden würden, wenn wir sie mit ätzenden Alkalien allein reinigen wollten. Die Fettsäuren sind hiernach als Einhüllungsmittel und Träger der Alkalien, wie zugleich als Schutzmittel gegen den Uebergang derselben in den kohlensauren Zustand anzusehen und können, im Hinblick auf ihr Verhalten gegen die Alkalien, gewissermaassen einem Schwamme verglichen werden, der grössere Mengen von Wasser aufnimmt, sie aber nur nach und nach wieder abgibt. Wollene Sachen, die nicht einlaufen sollen, wäscht man, statt mit Seife, mit einer dünnen Auflösung von Soda.

**713. Talgseife und Weingeist.** *Versuch.* 4 Grm. geschabte Talgseife werden mit 30 Grm. Weingeist übergossen; beim Erwärmen im Wasserbade löst sich die Seife vollständig auf, die Auflösung gerinnt aber beim Erkalten zu einer durchscheinenden Gallerie. Eine mit Kamphor und Salmiakgeist versetzte Seifengallerie heisst Opodeldoc. Die aus diesem sich abscheidenden weissen Sternchen bestehen aus krystallisirtem stearinsauren Natron. Aehnlich der Talgseife verhalten sich alle aus festen (stearinreichen) Fetten bereiteten Seifen.

**Oelseife und Weingeist.** *Versuch.* Man löse 4 Grm. venetianische Seife in 15 Grm. Weingeist; diese Lösung gerinnt nicht beim Erkalten; sie bildet den bekannten Seifenspiritus. Durch Verdampfen erhält man daraus eine durch-

sichtige Seife (Transparentseife). Aehnlich der venetianischen Seife verhalten sich alle aus flüssigen (oleinreichen) Fetten bereiteten Seifen.

**714. Unlösliche Seifen.** (Pflaster.) *Versuch.* Giesst man zu einer wässerigen Seifenlösung Kalkwasser, so entsteht ein Niederschlag von unlöslicher Kalkseife; hieraus erklärt sich, warum das meistens kalkhaltige Brunnenwasser (hartes Wasser) mit Seife keine Auflösung und keinen Schaum giebt, und sonach nicht zum Waschen gebraucht werden kann. Auch die übrigen Erden geben mit Seifenlösung unlösliche Kalkseifen.

**Bleiseife oder Bleipflaster.** *Versuch.* Zu einer Auflösung von venetianischer Seife in heissem Wasser tröpfle man so lange Bleiessig (438), als ein Niederschlag entsteht: man erhält durch doppelte Wahlverwandtschaft aus essigsaurem Bleioxyd und fettsaurem Natron essigsaueres Natron, welches gelöst bleibt, und fettsaures Bleioxyd, welches sich als eine weisse, klebrige Masse ausscheidet und mit nassen Händen geknetet (malaxirt) und zu Stangen ausgerollt werden kann (Bleiseife oder Bleipflaster). Auch die anderen Metalloxyde geben mit den Fettsäuren unlösliche Seifen, von denen einige als Kitte für Wasserleitungen und dergleichen Anwendung finden.

In den pharmaceutischen Officinen bereitet man das unter dem Namen weisser Theakel allgemein bekannte Bleipflaster auf eine andere Weise, nämlich durch Kochen von Bleiglätte mit Baumöl und etwas Wasser. Hierbei lässt sich als Nebenproduct das Glycerin leicht und in grösserer Menge gewinnen; man braucht nur das fertige Pflaster mit heissem Wasser auszuwaschen und das Wasser zu verdampfen, nachdem man das mitaufgelöste Bleioxyd vorher durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen hat. Wird statt Bleiglätte Bleiweiss (kohlensaures Bleioxyd) mit Oel und Wasser gekocht, so erhält man gleichfalls fettsaures Bleioxyd, indem die Kohlensäure durch die Fettsäuren ausgetrieben wird. Auf diese Weise bereitet man sich das Bleiweisspflaster, welches gewöhnlich eine weissere Farbe hat als das vorige, weil es noch etwas mechanisch eingemengtes Bleiweiss enthält. Kocht man Bleiglätte oder Mennige ohne Wasser, bis das Oel brenzlich und braun geworden, so erhält man das sogenannte Mutterpflaster.

## Entferntere Bestandtheile der Fette.

## Fettsäuren

**715. Abscheidung der Fettsäuren.** *Versuch.* Von der harten Natronseife löse man etwas in heissem Wasser auf und tröpfle so lange Essig oder eine andere Säure hinzu, als eine Trübung entsteht; diese Säuren sind stärker als die Fettsäuren, sie entziehen denselben daher die Basis, und die Fettsäuren werden ausgeschieden. Da die letzteren leichter als Wasser und zugleich in Wasser unlöslich sind, so sammeln sie sich oben auf dem Wasser an. Die hier erhaltene Fettsäure gleicht zwar äusserlich dem Talg, dass sie aber nicht Talg ist, ergiebt sich daraus, dass sie auch nach langem Auswaschen noch sauer reagirt (Talg nicht) und sich leicht in heissem Weingeist auflöst (Talg nur sehr schwer).  $\frac{3}{4}$  davon bestehen aus Stearinsäure,  $\frac{1}{4}$  aus Oleinsäure. Presst man sie zwischen Löschkpapier in einer starken Presse, so zieht sich die letztere ins Papier und die Stearinsäure bleibt zurück. Wird zu einer Auflösung von Palmölseife eine Säure gemischt, so erhält man ein Gemenge von Fettsäuren, in welchem die Palmitinsäure vorherrscht. Behandelt man die Lösung einer Oelseife auf gleiche Weise, so scheidet sich eine ölartige Flüssigkeit aus, die der Hauptsache nach aus Oleinsäure oder Oelsäure besteht.

**716. Stearinsäure,**  $\text{HO, C}_{36}\text{H}_{35}\text{O}_3$  oder  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ . Diese Säure macht, im Gemenge mit Palmitinsäure, den hauptsächlichsten Bestandtheil der festen Fettarten aus; sie ist härter und spröder als Wachs, blendend weiss, durchscheinend und schmilzt erst bei  $69^\circ\text{C}$ . Man hat jetzt grosse Fabrikanlagen, die sich mit der Darstellung derselben beschäftigen und daraus die so beliebt gewordenen Stearinsäurelichter (Milly- oder Brillantkerzen) giessen. Gewöhnlich kocht man dabei das abgepresste Stearin des Rindstalgcs mit gelöschem Kalk und Wasser, wodurch eine unlösliche Kalkseife (stearinsaurer Kalk) gebildet wird, während das Glycerin in Lösung bleibt. Die Kalkseife wird nachher durch Salzsäure zerlegt und das erzeugte lösliche Chlorcalcium von der

unlöslich abgeschiedenen Stearinsäure getrennt. Aehnlich wie Kalk wirken auch überhitzte Wasserdämpfe auf die Fette

Fig. 198.



und führen zu einer Trennung der Fett-säuren von dem Glycerin.

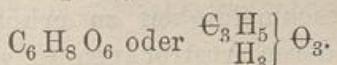
*Versuch.* Man erwärme 30 bis 40 Grm. Alkohol im Wasserbade, bringe zu demselben, wenn er kocht, nach und nach so viel von einer Stearinsäurekerze, als er aufzulösen vermag, und giesse die Hälfte der erhaltenen Auflösung in kaltes Wasser; die andere lasse man ruhig erkalten: im ersten Falle erhält man die Stearinsäure als eine lockere, seidenartig glänzende Masse, im letzteren in Gestalt zarter, krystallinischer Blättchen.

**717. Palmitinsäure**,  $\text{HO}, \text{C}_{32} \text{H}_{31} \text{O}_3$  oder  $\text{C}_{16} \text{H}_{32} \text{O}_2$ . In reinem Zustande bildet dieselbe feine, weisse Nadeln, die bei  $62^\circ \text{C}$ . schmelzen und beim Erkalten eine der Stearinsäure ähnliche, schuppig krystallinische Masse liefern. Sie löst sich, wie diese leicht in Aether und Alkohol auf, in Wasser sind beide unlöslich. Ihr Vorkommen ist schon beim Palmitin angegeben (700). Sie macht auch einen Bestandtheil des Wallrathes und Bienenwachses aus.

**718. Oleinsäure**, Elainsäure oder Oelsäure,  $\text{HO}, \text{C}_{36} \text{H}_{33} \text{O}_3$  oder  $\text{C}_{18} \text{H}_{34} \text{O}_2$ . Diese Säure unterscheidet sich von dem Baumöl dem Aeussern nach fast gar nicht, wohl aber dadurch, dass sie sauer schmeckt und reagirt (Baumöl nicht) und sich schon in kaltem Weingeist leicht auflöst (Baumöl nicht). An der Luft wird sie unter Sauerstoffaufnahme gelb, dick, schmierig und ranzig von Geruch und Geschmack; dabei erzeugt sich Pelargon-säure. Die aus dem Talg als Nebenproduct in den Stearin-säurefabriken gewonnene Oleinsäure kommt jetzt häufig im Handel vor und wird ihrer Billigkeit wegen zur Seifenbereitung und zum Einfetten der Wolle in den Wollspinnereien angewendet. Die in den trocknenden Oelen vorkommende flüssige Säure hat den Namen Olinsäure erhalten; sie absorbiert, an der Luft ausgebreitet, mit grosser Begierde Sauerstoff und trocknet dabei zu einer glänzenden, harzähnlichen, biegsamen Masse (Firniss) ein.

Besondere Fettsäuren. Ausser den genannten, allgemein verbreiteten Fettsäuren giebt es noch viele andere. So sind z. B. in dem Butyrin der Butter allein folgende vier flüchtige Fettsäuren gebunden: Buttersäure, Capronsäure, Caprinsäure und Caprylsäure; so in dem Muskatbalsam die Myristinsäure, in dem Lorbeerfett die Laurinsäure, in dem Ricinusöl die Ricinusölsäure u. a. m.

Glycerin, Propenylalkohol oder Oelsüss.



719. *Versuch.* Man zersetze die nach 709 erhaltene weiche Seife durch eine Auflösung von Weinsäure und lasse die durch Filtriren geklärte wässerige Flüssigkeit an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrigbleibende Salzmasse besteht aus saurem weinsauren Kali (Weinstein) und aus dem Glycerin der Fette. Wird diese Masse mit starkem Weingeist übergossen, so löst sich das letztere auf, während das weinsaure Kali ungelöst zurückbleibt. Das nach dem Verdunsten des Weingeistes übrigbleibende Glycerin hat das Ansehen eines farblosen Syrups. Bei der Bereitung von harter Seife geht es in die Unterlauge, bei der Bereitung von Stearinsäure in die Flüssigkeit, aus welcher sich der stearinsaure Kalk abgeschieden hat. Man gewinnt es hierbei als Nebenproduct. Ebenso wird es durch Behandlung der Fette mit überhitzten Wasserdämpfen als eine wässerige Lösung gewonnen, auf welcher die abgeschiedenen Fettsäuren schwimmen. In gegentheiliger Weise kann man einfache Fette aus Glycerin und Fettsäuren künstlich erzeugen, wenn man sie in einem verschlossenen Gefäss längere Zeit einer Temperatur von circa 200° C. aussetzt. Auch bei der Bereitung von Bleipflaster ist das abgeschiedene Glycerin leicht zu sammeln (714).

Das Glycerin ist eine farblose, unkristallisirbare, syrupartige, in Wasser und Weingeist leicht lösliche Flüssigkeit; es schmeckt angenehm süß wie Zucker und verhält sich gegen Säuren wie eine Basis, daher seine Bezeichnung als Glycerolxyd und die

der Fette als Glyceride (710). Der Menge nach macht es ungefähr den 10ten bis 12ten Theil der Fette aus; in 100 Thln. Talg sind höchstens 8 Thle. davon enthalten.

Lässt man eine Glycerinlösung mit Hefe bei 25° C. stehen, so geht das Glycerin in Propionsäure über (678), durch Gärung mit altem Käse und Kreide aber bei 40° in Weingeist und Buttersäure. Mit Schwefelsäure giebt es, ähnlich wie Cellulose, eine gepaarte Säure, Glycerinschwefelsäure.

Das Glycerin findet eine vielverzweigte Anwendung: in der Pharmacie als äusserliches und innerliches Arzneimittel, in der Technik als Verbesserungsmittel saurer Weine, als Zusatz zu Seifen, um deren Geschmeidigkeit zu erhöhen, als Zusatz zur Weberschlichte, um deren Austrocknen zu verhindern, zur Conservirung thierischer Stoffe und mikroskopischer Objecte u. a. m.

**720. Acrolein,  $C_6H_4O_2$  oder  $C_3H_4\Theta$ .** *Versuch.* Man wische die Schale, worin sich das wenige Glyceryloxyd, das man erhalten hat, befindet, mit weissem Löschpapier aus und erhitze das letztere in einem Löffel; es wird sich beim Verbrennen daraus ein höchst stechender, die Augen zu Thränen reizender Dampf entwickeln, der vom Glycerin herrührt, welches in der Hitze durch Austritt von Wasser in einen flüchtigen, überaus scharfen Körper (Acrolein oder Acrylaldehyd) zerlegt wird, der beim Abkühlen eine farblose, schon bei 52° siedende Flüssigkeit darstellt. Hieraus erklärt sich der stechende Geruch, den man beim unvollständigen Verbrennen aller Fettarten bemerkt. Recht auffallend zeigt sich dieser Geruch auch da, wo gefirnisste Gegenstände trocknen, z. B. in den Trockenkammern der Wachstuchfabriken; es kann sich dieser flüchtige Stoff also auch schon bei niedrigerer Temperatur aus dem Glycerin bilden. Aus den reinen Fettsäuren entwickelt sich beim Erhitzen kein Acroleingeruch. An der Luft verwandelt sich das flüssige Acrolein durch Aufnahme von Sauerstoff in Acrylsäure,  $C_6H_4O_4$  oder  $C_3H_4O_2$ , und nimmt dabei den Geruch der Essigsäure an.

Wie Acetaldehyd und Essigsäure Derivate des Aethylalkohols,  $C_2H_5\{H\}\Theta$ , sind, so sind Acrolein und Acrylsäure vom Allylalkohol,  $C_3H_5\{H\}\Theta$ , herzuleiten, einer farblosen, stechend riechenden Flüssigkeit, welche man aus Glycerin erhält, wenn man

dasselbe mit Oxalsäure bis über 200° erhitzt und als deren Radical die Atomgruppe  $C_3H_5$ , Allyl genannt, anzusehen ist.

721. Nitroglycerin, Trinitrin oder Sprengöl,  $(C_3H_5\{NO_2)_3\}O_3$ .

Setzt man Glycerin tropfenweise zu einem Gemisch von ganz starker Salpetersäure und Schwefelsäure, so erfährt es eine ähnliche Veränderung wie die Baumwolle (567), es verbindet sich mit  $N\Theta_2$  zu einem ölartigen, in Wasser unlöslichen Liquidum, welches durch Schlag oder einen energischen Funken mit der grössten Heftigkeit explodirt und deshalb als Sprengmittel — am besten als Dynamit, d. h. mit poröser Kieselerde gemengt — angewendet wird. Seine Anwendung erfordert aber die höchste Vorsicht. Lässt man schwächere Salpetersäure auf Glycerin einwirken, so oxydirt sich letzteres zu Glycerinsäure, welche keine explosiven Eigenschaften besitzt.

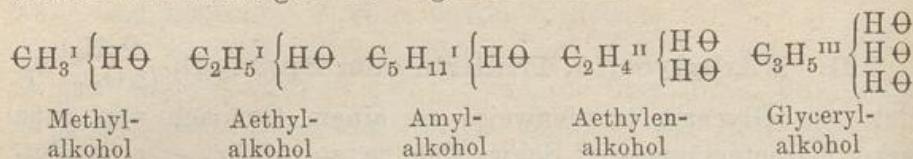
722. Glycerin, eine Alkoholart. Sieht man das Glycerin als einen Alkohol an (710), so ist  $C_6H_5$  oder  $C_3H_5^{III}$  das Radical desselben, Glyceryl, dieses Radical ist aber dreiwerthig, während das isomere Allyl einwerthig ist, es verbindet sich daher mit 3 Aeq.  $\Theta$ , S, Cl etc. und das Glyceryloxyd erfordert zur Bildung neutraler Salze, analog dem  $Fe_2O_3$ , 3 Aeq. Säure. Demnach würden sein:

$C_6H_5O_3$  = Glyceryläther,  $C_6H_5Cl_3$  = Chlorglyceryläther,  
 $C_6H_5O_3$  ( $H\Theta$ )<sub>3</sub> oder  $C_6H_8O_6$  = Glycerylalkohol oder Glycerin,  
 $C_6H_5O_3$  ( $NO_4$ )<sub>3</sub> = Salpetersäure-Glyceryläther od. Nitroglycerin,  
 $C_6H_5O_3$  ( $C_{36}H_{35}O_3$ )<sub>3</sub> = Stearinsäure-Glyceryläther oder Stearin,  
 $C_6H_5O_3$  ( $C_{32}H_{31}O_3$ )<sub>3</sub> = Palmitinsäure-Glyceryläther od. Palmitin,  
 $C_6H_5O_3$  ( $C_{36}H_{33}O_3$ )<sub>3</sub> = Oleinsäure-Glyceryläther oder Olein.

Die einfachen Fette tragen hiernach den Charakter von zusammengesetzten Aetherarten, analog den entsprechenden Aethyl-, Methyl-, Amyl- und Aethylenverbindungen.

Der Glycerylalkohol gleicht den Alkoholen der ebengenannten Alkoholradicale auch noch darin, dass er, wie diese, durch Abgabe von 2 Aeq. Wasserstoff und Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff in eine Säure, Glycerinsäure,  $C_6H_6O_8$  oder  $C_3H_6\Theta_4$ , übergeht.

Zu weiterer Verdeutlichung dieser Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten mögen die folgenden Formeln dienen:

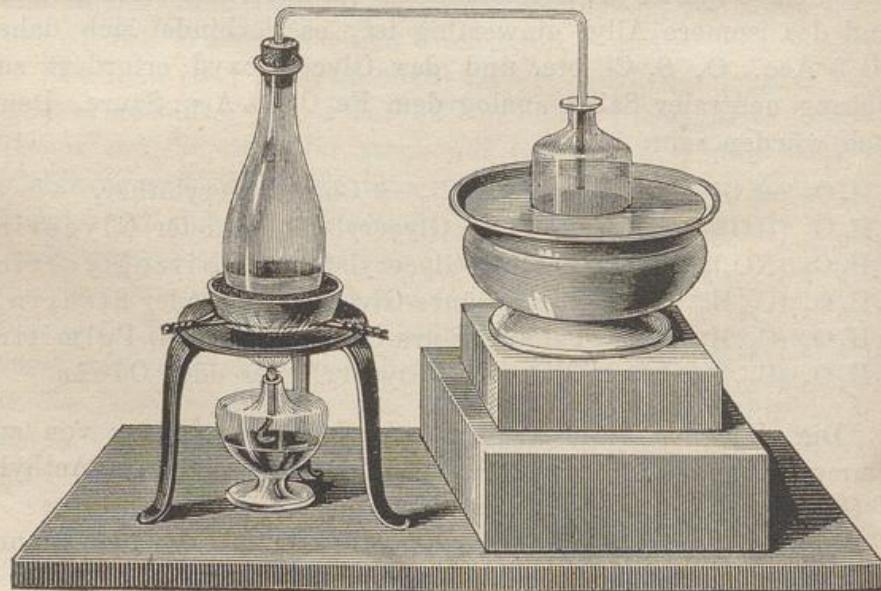


Der Atomgruppe  $\text{H}\Theta$  oder  $\Theta\text{H}$  hat man den Namen Hydroxyl beigelegt.

## XVII. Flüchtige oder ätherische Oele.

723. Gewinnung von Terpentinöl. Versuch. 30 Grm. Terpentin werden in einem Töpfchen an einen warmen Ort

Fig. 199.

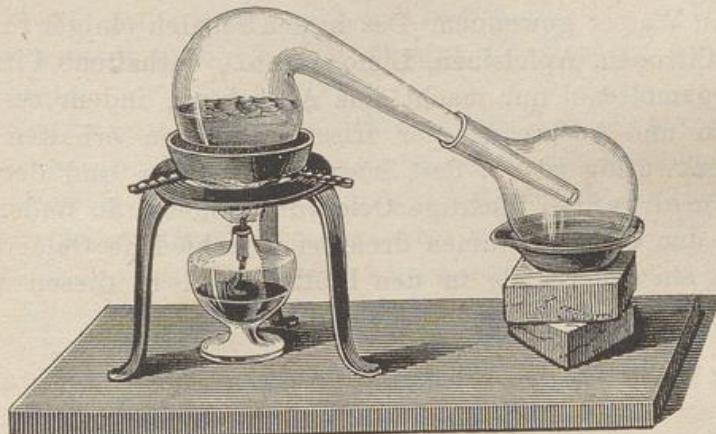


gestellt, und wenn sie dünnflüssig geworden, in ein geräumiges Kochfläschchen geschüttet, mit 120 CC. Wasser übergossen und

so lange destillirt, bis ungefähr  $\frac{3}{4}$  des Wassers übergegangen sind. Der Rückstand wird noch heiss in kaltes Wasser ausgegossen, worin der von dem Terpentin übrig gebliebene, nicht-flüchtige Theil zu einer festen Masse, zu Harz, erstarrt. Auf dem überdestillirten Wasser schwimmt eine starkkriechende, farblose Flüssigkeit, ein flüchtiges Oel, bekannt genug unter dem Namen Terpentinöl. Der Terpentin, ein Saft, der aus Fichten, Lärchenbäumen und anderen Nadelhölzern ausfliest, wenn man den Bast derselben durchschneidet, ist also ein Gemenge von Harz und Terpentinöl; das letztere wird durch die Hitze, zugleich mit dem Wasser, in Dampf verwandelt und durch Abkühlung wieder zu einer Flüssigkeit verdichtet.

724. Gewinnung von Kümmelöl. *Versuch.* Man destillire auf ähnliche Weise 20 Grm. Kümmelsamen, den man

Fig. 200.



vorher in einem Mörser zerquetscht hat, mit 150 CC. Wasser aus einer Retorte, bis etwa 80 CC. Wasser übergegangen sind. Die auf dem Wasser schwimmenden Tropfen sind gleichfalls ein flüchtiges Oel, Kümmelöl. Bei der Bereitung im Grossen wendet man statt der Destillirblasen weite und hohe Cylinder von Eisenblech an, durch welche man heisse Wasserdämpfe hindurchleitet, welche schliesslich in einem Kühlfasse verdichtet werden. Aus dem trüben Wasser scheidet sich beim Stehen das Oel ab und wird nachher von ersterem getrennt. Das Kümmelöl hat

den Geschmack und Geruch des Kümmelsamens in verstärktem Maasse, während der in der Retorte gebliebene Rückstand kaum noch danach schmeckt und riecht. Alle flüchtigen Oele besitzen einen brennenden Geschmack und fühlen sich rauh an (die fetten Oele schmecken mild und sind schlüpfrig anzufühlen).

**725. Vorkommen der flüchtigen Oele.** Wo immer wir an einer Pflanze Geruch bemerken, können wir annehmen, dass darin ein flüchtiges Oel vorhanden ist, welches allmälig verdampft. Wie unglaublich vertheilt und verdünnt dieses aber in manchen Gewächsen sein müsse, lässt sich daraus schliessen, dass aus 100 Pfund frischer Rosen- oder Orangenblüthen kaum 7 bis 8 Grm. flüchtiges Oel erhalten werden. Am häufigsten finden wir die flüchtigen Oele in den Blumen und Samen, ausserdem aber auch in den Stengeln und Blättern, seltener in den Wurzeln. Sie werden fast ohne Ausnahme auf dieselbe Weise, wie das Terpentinöl und Kümmelöl, durch Destillation der Pflanzentheile mit Wasser gewonnen. Das in den Schalen einiger Früchte, als der Citronen, Apfelsinen, Limonen etc., enthaltene Citronen- und Bergamottenöl nur macht eine Ausnahme, indem es durch Aufritzen und Auspressen der frischen Schalen erhalten wird. Sehr merkwürdig ist es, dass zuweilen in einer und derselben Pflanze mehrerelei flüchtige Oele vorkommen. So finden sich z. B. in den Orangenbäumen dreierlei verschiedene Oele: in den Blättern ein anderes als in den Blüthen und in diesen wieder ein anderes als in den Schalen der Früchte.

#### Bekanntere flüchtige Oele.

**726.** Von diesen mögen hier folgende Erwähnung finden.

a) Aus Blüthen:

Rosenöl, gelblich, dickflüssig, mit darin schwimmenden, talgähnlichen Blättchen (Stearopten).

Orangenblütöl (Neroliöl), farblos; wird am Lichte röthlich. Chamillenöl, dunkelblau, dickflüssig; wird durch Alter und Licht grün, endlich braun.

Lavendel- oder Spieköl, gelblich, dünnflüssig; enthält keinen Sauerstoff.

Gewürznelkenöl, gelblich, bräunt sich bald; etwas dickflüssig, schwerer als Wasser; enthält eine besondere Säure (Nelkensäure).

Spiräaöl, enthält salicylige Säure.

Thymianöl, enthält einen festen, alkoholähnlichen Bestandtheil, Thymol.

b) Aus Samen und Früchten:

Kümmelöl, farblos; wird mit der Zeit gelblich, endlich braun.

Römisches Kümmelöl, besteht aus dem Kohlenwasserstoff Cymol und dem aldehydähnlichen Cuminol.

Anisöl, gelblich; ist so reich an Stearopten, dass es schon bei + 12° C. fest und krystallinisch wird.

Fenchelöl, farblos oder gelblich; gesteht ebenfalls leicht zu einer festen Masse.

Dillöl, gelb; bräunt sich am Lichte.

Muskatöl, blassgelb, dünnflüssig; vom Geruche der Muskatnüsse.

Bittermandelöl, gelb, schwerer als Wasser; enthält Blausäure und ist daher sehr giftig; durch Einsaugung von Sauerstoff aus der Luft verwandelt es sich in Benzoesäure, als deren Aldehyd es angesehen werden kann. Es erzeugt sich erst bei Gegenwart von Wasser aus dem Amygdalin der bitteren Mandeln (767). Künstliches Bittermandelöl s. Nitrobenzol (578).

Senföl, gelblich, von äusserst scharfem, die Augen zu Thränen reizendem Geruche; enthält Schwefel. Es erzeugt sich ebenfalls erst bei Gegenwart von Wasser aus der Myronsäure des schwarzen Senfsamens (767). Verhält sich wie Rhodanallyl (730).

Wachholderbeeröl, farblos; enthält keinen Sauerstoff.

Lorbeeröl, weiss oder gelblich, dickflüssig.

Sadebaumöl, farblos oder gelblich, dünnflüssig; enthält keinen Sauerstoff.

Petersilienöl, blassgelb; trennt sich beim Schütteln mit Wasser in ein leichtes, flüssiges und in ein schweres, festes, krystallinisches Öl.

Citronenöl, aus der Schale der Citronen, ist sauerstofffrei. Pomeranzenschalenöl, enthält ebenfalls keinen Sauerstoff. Bergamottenöl, aus der Schale der Bergamotten, blassgelb, sehr dünnflüssig; sauerstofffrei.

c) Aus Blättern und Zweigen:

Krausemünzöl, wasserhell oder gelblich; wird mit der Zeit braun.

Pfeffermünzöl, wasserhell oder gelblich, sehr dünnflüssig; kommt jetzt häufig sehr schön aus Amerika.

Melissenöl, blassgelb; von citronenähnlichem Geruche.

Majoranöl, gelblich oder bräunlich.

Thymianöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Salbeiöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Wermuthöl, dunkelgrün; wird am Lichte bald braun oder gelb und dickflüssig.

Rosmarinöl (Anthosöl), wasserhell, sehr dünnflüssig; ist nächst dem Terpentinöl das billigste flüchtige Oel.

Cajaputöl, aus den Blättern eines molukkischen Baumes; das reine ist farblos, das rohe gewöhnlich grün und oft kupferhaltig, der Geruch kamphorartig.

Rautenöl, blassgelb oder grünlich.

Zimmtöl, gelb, bräunt sich bald an der Luft, schwerer als Wasser; sein Hauptbestandtheil ist Zimmtaldehyd.

Terpentinöl, das gemeinste der flüchtigen Oele, ist in allen unseren Nadelhölzern enthalten und fliesst aus diesen, mit Harz gemengt, als Terpentin aus (741). Gereinigt ist es farblos, dünnflüssig und riecht eigenthümlich durchdringend; es enthält keinen Sauerstoff, sondern nur den Kohlenwasserstoff,  $C_{20}H_{16}$  oder  $C_{10}H_{16}$ . Eine ordinäre, unangenehm brenzlich riechende Sorte davon, die bei der Pechbereitung aus dem Fichtenharze gewonnen wird, ist das bekannte Kienöl.

Kamphor,  $C_{10}H_{16}\Theta$ , kommt als eine feste, weisse, krystallinische, starkkriechende Masse im Handel vor, die man aus dem Holze des in Japan und Ostindien wachsenden Kamphorbaumes durch Destillation mit Wasser oder durch Sublimation darstellt. (Als eine thierische Kamphorart kann das blasenziehende Cantharidin der spanischen Fliegen gelten.)

## d) Aus Wurzeln:

Kalmusöl, gelb oder bräunlich. Baldrianöl, blassgelb oder grünlich; wird an der Luft schnell braun und dickflüssig.

**727. Gährungsöle.** *Versuch.* Wird Tausendgüldenkraut mit Wasser übergossen und so lange an einen mässig warmen Ort gestellt, bis eine Gährung eingetreten ist, so entwickelt sich aus dem zuvor geruchlosen Kraute ein sehr durchdringender Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt, welches sich bei der Gährung erzeugt. Auf ähnliche Weise bekommen die frisch geruchlosen Blätter der Tabackspflanze durch das sogenannte Schwitzen den bekannten Tabacksgeruch. Man nennt die Oele dieser Art, die sich auch aus vielen anderen geruchlosen Pflanzen durch Gährung erzeugen lassen, Fermentolea. Auch das Bittermandelöl und Senföl werden durch einen eigenthümlichen Gährungsprocess erzeugt.

Fuselöl. Die bei der Gährung von Kartoffeln und Korn in den Branntweinbrennereien sich entwickelnde, unangenehm riechende, ölahnliche Flüssigkeit, das sogenannte Fuselöl; verhält sich zwar ihren äusseren Eigenschaften nach auch wie ein Oel, muss aber, ihrer chemischen Constitution wegen, zu den Alkoholarten gezählt werden (686).

**728. Brenzliche Oele.** Endlich erzeugen sich auch ölartige flüchtige Körper bei der trocknen Destillation von Pflanzen- und Thierstoffen; aus dem Holze z. B. Holztheeröl, aus den Steinkohlen Steinkohlentheeröl, aus den Braunkohlen und Torf Photogene oder Mineralöl, aus den Knochen ätherisches Stink- oder Thieröl, aus dem Bernstein, Bernsteinöl etc. Sie zeichnen sich sämmtlich durch einen höchst unangenehmen Geruch aus und sind Gemenge von vielerlei flüchtigen Stoffen. Man nennt sie flüchtige brenzliche oder empyreumatische Oele.

Steinöl. Aehnlicher Art ist auch das schon in 582 besprochene Steinöl oder Petroleum (*Oleum petrae*), ein Gemenge zahlreicher, durch ihren Siedepunkt sich unterscheidender Kohlenwasserstoffe, als  $C_6H_{14}$ ,  $C_7H_{16}$ ,  $C_8H_{18}$ ,  $C_{10}H_{22}$  u. a. Die rothe Farbe, die dieses Oel zuweilen im Handel hat, erhält es durch Zusatz von Alkannawurzel.

## Nähere Bestandtheile der flüchtigen Oele.

729. Alle im Vorigen besprochenen Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, mit Ausnahme des Kamphors, der erst bei  $175^{\circ}$  C. schmilzt, unter dieser Temperatur aber eine weisse, feste, krystallinische Masse bildet. Kühlte man die flüchtigen Oele ab, so scheidet sich aus ihnen, oft schön krystallisiert, ein fester, weisser, kamphorartiger Stoff ab, den man Stearopten genannt hat, im Gegensatz zu dem flüssig bleibenden Theile, welcher Elaeopten heisst. Hiernach bestehen auch die flüchtigen Oele, ähnlich wie die fetten, aus zwei näheren Bestandtheilen, von denen der eine fest und krystallisirbar ist, der andere aber nur als eine Flüssigkeit erhalten werden kann. Manche Oele, z. B. das Rosenöl und Anisöl, sind so reich an Stearopten, dass sie bei der Aufbewahrung in kühlen Gewölben zu einer gallertartig-krystallinischen Masse gerinnen.

## Elementarbestandtheile der flüchtigen Oele.

730. Die flüchtigen Oele zerfallen nach den Elementen, woraus sie zusammengesetzt sind, in drei Classen:

- Sauerstofffreie (zweielementige) Oele, Terpene oder Camphene. Diese bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, meist in isomerischen Verbindungen von der Formel  $C_{10}H_8$  ( $C_5H_8$ ) oder als Multipla derselben, so dass man sie als verdichtetes Leuchtgas ansehen könnte. Hierher gehören: Terpentin-, Wachholder-, Sadebaum-, Lavendel-, Citronen-, Apfelsinen-, Bergamott-, Pomeranzen-, Copaiva-, Kautschuk-, Steinöl und andere;
- Sauerstoffhaltige (dreielementige) Oele. Sie enthalten ausser Kohlenstoff und Wasserstoff auch Sauerstoff. Diese allgemeine Zusammensetzung haben die meisten übrigen flüchtigen Oele, während sie in ihrem besonderen chemischen Verhalten sehr von einander abweichen und als Gemenge von Kohlenwasserstoffen mit Säuren,

Aldehyden, Phenolen u. a. anzusehen sind. Sie haben in der Regel ein höheres specifisches Gewicht und einen höheren Kochpunkt als die sauerstofffreien Oele.

c) Schwefelhaltige Oele. Diese sind aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel (theils mit theils ohne Stickstoff) zusammengesetzt. Die hierher gehörigen Oele zeichnen sich durch einen sehr heftigen, zu Thränen reizenden Geruch und durch eine grosse Schärfe aus, derzufolge sie, auf die Haut gebracht, Blasen ziehen. Sie stellen Verbindungen des Kohlenwasserstoffs Allyl,  $C_6H_5$  ( $C_3H_5$ ) mit Schwefel oder Schwefelcyan dar. Hierher gehören: Senföl (Rhodanallyl), Knoblauchöl (Schwefelallyl), Meerrettigöl, Löffelkrautöl u. e. a.

Von diesen Elementen ist gewöhnlich (der Atomzahl nach) der Wasserstoff vorherrschend; man zählt die flüchtigen Oele deswegen zu den wasserstoffreichen organischen Substanzen.

#### Eigenschaften der flüchtigen Oele.

**731. Verdunstung. Versuch.** Man tröpfle einen Tropfen irgend eines flüchtigen Oels auf ein Blatt Papier und lasse letzteres an der Luft liegen: das Papier bekommt erst einen scheinbaren Fettfleck, dieser verschwindet aber mit der Zeit wieder, weil das Oel allmälig verdunstet. Der Name flüchtige oder ätherische Oele erklärt sich hieraus von selbst; ebenso das Verschwinden des Kamphors beim Liegen an der Luft.

Legt man das geölte Papier auf einen warmen Ofen, so geht die Verdunstung viel schneller vor sich. Auf diese Weise werden wohlriechende Oele benutzt, um die Zimmerluft zu parfümiren. Gewöhnlich benetzt man ein Gemenge von fein geschnittenen Blumen, Hölzern und Rinden mit den Oelen und streut dieses als Räucherpulver auf den warmen Ofen.

**732. Kochen. Versuch.** Man erhitze etwas Terpentinöl in einem Töpfchen bis zum Kochen: ein eingetauchtes Thermometer wird darin ungefähr  $150^{\circ}C.$  zeigen; das Terpentinöl braucht demnach  $\frac{1}{2}$  mal mehr Wärme zum Sieden als das Wasser. Andere Oele kochen oft noch schwerer. Durch einen brennenden

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Holzspan lässt sich der Dampf entzünden und brennt mit einer intensiven, russenden Flamme; durch Zudecken des Gefäßes mit einem Brettchen wird diese leicht wieder ausgelöscht, keineswegs aber darf man Wasser zum Löschen brennender Oele anwenden. Das Oel wird nun vom Feuer entfernt, nach dem Erkalten mit etwas Wasser vermischt und abermals erhitzt; so lange noch Wasser zugegen ist, wird die Hitze der Flüssigkeit nicht über 100° C. steigen. Der aufsteigende Dampf ist ein Gemenge von luftförmigem Wasser und luftförmigem Oele; es tritt hierbei der schon oben erwähnte Fall ein: das schwer flüchtige Oel verdampft mit dem leichter flüchtigen Wasser. Bei dem Kochpunkte des Wassers bleiben die Oele unverändert, bei ihrem eignen Kochpunkte dagegen (bei 140° bis 200° C.) werden sie nicht selten etwas brenzlich; dies der Grund, warum man bei der Gewinnung von Oelen, wie beim Umdestilliren (Rectificiren) derselben, immer Wasser zusetzt.

**733. Brennbarkeit.** *Versuch.* Einige Tropfen Terpentinöl werden auf einen Holzspan gebracht und einer Lichtflamme genähert; ein Stückchen Kamphor wird auf Wasser gelegt und mit einem brennenden Holzspan berührt: beide Körper werden sich entzünden und mit stark leuchtender und russender Flamme verbrennen. Die flüchtigen Oele sind ungleich leichter brennbar als die fetten Oele, welche, um mit Flamme zu brennen, bis auf 350° C. erhitzt werden müssen. In dem Terpentinöl hat man hiernach ein bequemes Mittel, um Oellampen schnell anzuzünden; man hat dann nur nöthig, den Docht der letzteren mit einigen Tropfen Terpentinöl zu bepinseln. Das durch Rectification über Kalk oder Soda vollkommen harz- und wasserfrei dargestellte Terpentinöl bildete früher unter dem Namen Camphine ein Beleuchtungsmaterial, welches in besonders hierzu eingerichteten Lampen verbrannte.

*Versuch.* 16 Grm. absoluter Weingeist werden mit 2 Grm. Terpentinöl vermischt und in eine Spirituslampe gegossen; das Gemisch giebt angezündet eine stark leuchtende, aber nicht mehr russende Flamme, da aller Kohlenstoff des Terpentinöls durch die Hitze des brennenden, wasserstoffreichen Weingeistes zuerst in Leuchtgas, dann in Kohlensäure (und Wasser) verwandelt wird. Man wendete dieses Gemenge früher zur Beleuchtung

an und bediente sich dazu eigenthümlicher Lampen, die so eingerichtet waren, dass die Flüssigkeit darin verdampfte und der aus mehren feinen Oeffnungen ausströmende Dampf angezündet wurde. Hiervon erhielten sie den Namen Oelgaslampen.

**734. Flüchtige Oele und Wasser.** *Versuch.* Man tröpfle einige Tropfen Kümmelöl auf Wasser: das Oel schwimmt oben auf, ohne sich mit dem Wasser zu vermischen, denn die meisten flüchtigen Oele sind leichter als Wasser; man hat aber auch einige, namentlich das Zimmt-, Nelken- und Bittermandelöl, die schwerer sind als Wasser und daher darin untersinken.

Wird das Gemisch tüchtig durchgeschüttelt, so trübt sich das Wasser, weil das Oel sich dadurch in kleine unsichtbare Tröpfchen zerheilt, die in dem Wasser schwebend erhalten werden. Durch Filtriren kann man das Wasser wieder klären, es behält aber den Geruch und Geschmack des zugesetzten Oels, da eine kleine Quantität davon aufgelöst bleibt. In den Apotheken werden viele solcher Auflösungen unter dem Namen medicinische oder destillirte Wässer als Heilmittel vorrätig gehalten. Es ist gut, sie gegen das Licht geschützt und in vollen Gefässen aufzubewahren, da Licht und Luft zersetzend auf die flüchtigen Oele einwirken. Gewöhnlich bereitet man sich dieselben durch Destillation der ölhaltenden Pflanzentheile mit Wasser, weil dadurch eine innigere Verbindung des Wassers mit dem Oele erhalten wird, als durch blosses Schütteln. Das Terpentinöl verbindet sich selbst chemisch mit dem Wasser, wenn es lange mit säurehaltigem Wasser in Berührung bleibt; das Hydrat bildet farblose Krystalle, Terpin oder Terpentinkamphor genannt.

**735. Flüchtige Oele und Weingeist.** *Versuch.* Zu 30 Grm. starken Weingeistes bringe man einen Tropfen Kümmelöl; es löst sich leicht und vollständig. Alle flüchtigen Oele sind in Weingeist löslich, die meisten schon in 80grädigem, die sauerstofffreien, wie Terpentin-, Citronenöl etc., nur in absolutem. Wird die Lösung mit 30 Grm. Wasser versetzt, in dem man zuvor 15 Grm. Zucker gelöst hat, so erhält man Kümmelliqueur. Auf diese Weise bereitet man sich jetzt allgemein mit Hülfe der verschiedenen gewürzhaften Oele die zahllosen im Handel vorkommenden Liqueure (Liqueurbereitung auf kaltem

Wege). Früher stellte man sich dieselben aus den gewürzhaften Samen, Blüthen, Kräutern etc. in Substanz dar, indem man diese mit Branntwein übergoss und den Branntwein wieder abdestillirte oder abzog, wobei gleichfalls eine geistige Lösung von ätherischem Oele gewonnen wurde. Hiervon schreibt sich der alte Name „abgezogene Branntweine“ her.

**Parfüms. Versuch.** In 10 Grm. starken Weingeistes werden einige Tropfen Bergamott-, Orangenblüth-, Lavendel- und Rosmarinöl aufgelöst; man erhält einen Spiritus von sehr angenehmem Geruche. Auf ähnliche Weise werden die unzähligen Parfümerieartikel zusammengesetzt, an deren Spitze das bekannte *Eau de Cologne* steht. Auch der Räucherspiritus, der oft statt des Räucherpulvers auf eine warme Ofenplatte gesprengt wird, hat eine ähnliche Zusammensetzung. Der als äusseres Heilmittel viel gebrauchte Kamphorspiritus ist gleichfalls eine Lösung von Kamphor in Weingeist.

**Riechessig.** Ausser vom Weingeist werden die flüchtigen Oele auch von Aether und concentrirter Essigsäure aufgelöst. Eine Lösung von Nelken-, Zimmt-, Bergamott- und Thymianöl in Essigsäure findet ihres erfrischenden Geruches wegen als Riechessig Anwendung.

**736. Flüchtige Oele und Fette.** Ebenso lassen sich die flüchtigen Oele mit fetten Oelen, wie mit Talg- und Schmalzarten vermischen; man kann durch sie daher den letzteren, wie z. B. bei Haarölen, Pomaden etc., einen angenehmen Geruch ertheilen, oder auch Fettflecke aus Zeugen auflösen und entfernen. Mit Weingeist versetzte flüchtige Oele geben, mit Baumöl geschüttelt, eine trübe, milchige Flüssigkeit, weil der Weingeist sich in dem Baumöle nicht auflöst; dies Verhalten kann benutzt werden, um käufliche Oele auf ihre Reinheit zu prüfen.

**737. Oelzucker. Versuch.** Man reibe ein Stück Zucker einige Zeit an der Schale einer frischen Citrone: der harte Zucker zerreißt die Zellen, in denen das Citronenöl eingeschlossen ist, und das Oel zieht sich in die Poren des Zuckers ein. Das aus letzterem erhaltene Pulver wird Oelzucker (*Elaeosaccharum*) genannt. In der Pharmacie bereitet man sich solche Mischun-

gen gewöhnlich durch inniges Verreiben von Zuckerpulver mit flüchtigen Oelen.

738. Flüchtige Oele und Jod. *Versuch.* Bringt man einige Tropfen Terpentinöl auf Jod, so entsteht ein lebhaftes Aufsprühen, indem ein Theil Wasserstoff ausgetrieben wird, an dessen Stelle Jod tritt. Dieselbe Verpuffung erfolgt durch alle sauerstofffreien Oele, nicht aber durch die sauerstoffhaltigen; man kann dieses Verhalten daher als eine, obwohl nicht sehr genaue Probe benutzen, um zu erfahren, ob die Oele der letzten Classe etwa mit Terpentinöl verfälscht worden sind.

739. Verharzen der flüchtigen Oele. *Versuch.* Man lasse etwas Terpentinöl in einer mit Papier bedeckten Tasse einige Wochen an der Luft stehen, und stelle die Tasse nachher an einen warmen Ort, um das Oel zu verdampfen: es wird sich nicht mehr vollständig verflüchtigen, sondern einen anfangs klebrigen, später glasähnlichen Rückstand hinterlassen. Dieser Rückstand ist Harz. Alle flüchtigen Oele verharzen, weil sie an der Luft allmälig Sauerstoff einsaugen, welcher, ähnlich wie bei der Umwandlung des Weingeistes in Essig, sich zuerst mit einem Theile des Wasserstoffs der Oele zu Wasser verbindet, dann aber zu dem Oel selbst tritt. Der Weingeist wird an der Luft durch Wasserstoffentziehung zu Aldehyd, dann durch Sauerstoffaufnahme zu Essigsäure; die flüchtigen Oele werden auf ähnliche Weise an der Luft erst zu Terpentin (Gemenge von flüchtigem Oel und Harz), dann zu Harzen.

Terpentinöl hat die Formel . . .  $C_{20}H_{16}$  oder  $C_{10}H_{16}$

Harz kann angesehen werden als  $C_{20}H_{15}O_2$  oder  $C_{10}H_{15}O$

Differenz. —  $H + O_2$  oder —  $H + O$ .

Das Terpentinöl braucht also nur 1 Aeq. Wasserstoff abzugeben und 2 Aeq. oder 1 At. Sauerstoff aufzunehmen, um sich in Harz umzuwandeln. In der Wirklichkeit bilden sich neben dem Harz noch etwas Ameisensäure und Essigsäure. Hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum die flüchtigen Oele bei längerer Aufbewahrung, und zwar in grossen und nur theilweise angefüllten Gläsern schneller als in kleinen, nach und nach zähe und geruchlos werden, und warum die an den Standgefässen derselben äusserlich herablaufenden Tropfen zu einer erst klebrigen,

dann harzigen Masse eintrocknen. Altes Terpentinöl taugt aus diesem Grunde nicht zum Fleckausmachen, da es zwar das auf den Zeugen eingetrocknete alte Fett oder Harz auflöst, dafür aber neue Harzflecke zurücklässt. Altes Terpentinöl enthält zugleich Ozon und reagirt wie dieses (160); dasselbe hat sich aus dem aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff erzeugt.

Sehr schnell werden die flüchtigen Oele in nichtflüchtige, harzartige Körper durch Vermischung mit der sauerstoffreichen Salpetersäure verwandelt. Gleichzeitig entstehen dabei zuweilen eigenthümliche organische Säuren, z. B. aus Terpentinöl Terpentinsäure, aus Kamphor Kamphorsäure etc. Manche solcher Säuren erzeugen sich auch neben dem Harze und anderen eigenthümlichen Stoffen von selbst bei langem Stehen der Oele an der Luft, z. B. in dem Zimmtöl die Zimmtsäure, in dem Bittermandelöl die Benzoesäure etc.

**740. Geruch der flüchtigen Oele.** Das metallische Arsen riecht nicht; das mit Sauerstoff verbundene Arsen (arsenige Säure) riecht ebenfalls nicht: wir bemerken den auffallenden Knoblauchgeruch nur in dem Momente, in welchem das Arsen sich eben mit dem Sauerstoff verbindet. Aehnlich scheint es sich mit dem Geruche der flüchtigen Oele zu verhalten, so dass man annehmen kann, er entstehe dadurch, weil und während die Oele sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Frisch und bei Abhaltung der Luft destillirte Oele und alte verharzte Oele riechen entweder gar nicht oder ganz anders als gewöhnlich.

## XVIII. Terpentine, Harze und Gummiharze.

### Terpentine und Balsame.

**741. Terpentine.** Wer einmal in einem Kiefern-, Fichten- oder Tannenwalde gewesen ist, der hat gewiss den gelben, durch-

sichtigen Saft, der honigähnlich aus diesen Bäumen tropft, bemerkt, vielleicht auch gefunden, dass er zwischen den Fingern klebt und sich durch blosses Wasser nicht wieder von letzteren wegwaschen lässt. Dieser Saft ist Terpentin. Durch Einschnitte, die man in die Bäume macht, erhält man ihn in grösserer Menge. Der aus unseren Fichtenarten gewonnene ist trübe und sehr dickflüssig und führt im Handel den Namen gemeiner Terpentin; mit dem Namen *venetianischer* Terpentin dagegen bezeichnet man die durchsichtigere und dünnere Sorte, die man von den Lärchenbäumen gewinnt. Eine noch feinere Qualität, die von der amerikanischen Balsamfichte herstammt, hat den Namen *canadischer* Balsam bekommen. Die durchsichtigen Harzsäfte der Coniferen, wie die durch Verdickung daraus entstandenen Terpentine, sind als Auflösungen von Fichtenharz in Terpentinöl anzusehen. Durch Destillation mit Wasser werden sie in diese zwei Bestandtheile geschieden, wie durch Versuch (723) nachgewiesen wurde.

**742. Balsame.** Mit diesem Namen hat man die Harzsäfte oder Terpentine belegt, welche aus gewissen Bäumen der heissen Zone ausfliessen oder ausgekocht werden. Die bekanntesten davon sind:

**Copaivabalsam**, gelblich, dickflüssig, besteht aus einem krystallisirbaren Harze (Copaivasäure) und einem sauerstofffreien ätherischen Oele (Copaivaöl). Wird als Arzneimittel benutzt.

**Perubalsam**, braunschwarz, dickflüssig, enthält Zimmtsäure und Zimmtäher und wird seines vanilleartigen Geruches wegen als Gewürz benutzt.

**Tolubalsam**, frisch gelb und dünnflüssig, alt braun und zähe, angenehm aromatisch riechend, besteht aus einem sauerstofffreien ätherischen Oele (Tolen) und zwei Harzen; enthält ebenfalls Zimmtsäure.

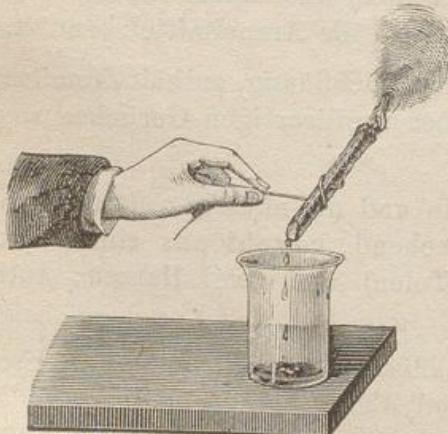
**Storax**, graubraun, dickflüssig, enthält ein aromatisches Oel (Styrol), mehrere Harze und Zimmtsäureverbindungen. Man verwendet ihn zur Anfertigung von Räucherkerzchen, Ofenlack etc.

Harze (*Resinae*).

**743. Harzgewinnung. Versuch.** Man streiche ein wenig Terpentin auf ein Brettchen und lege das letztere einige Tage in die Nähe eines geheizten Ofens: das Terpentinöl verdunstet, das Harz bleibt als eine amorphe, spröde Masse zurück. Auf ähnliche Weise lässt man an vielen Orten in Nadelholzwaldungen den aus angehauenen Stellen der Bäume ausfliessenden Terpentin an den Bäumen selbst eintrocknen, kratzt das feste Harz ab und bringt es, nachdem man es durch Schmelzen und Durchgiessen durch einen Durchschlag von den anhängenden Holztheilen gereinigt hat, unter dem Namen Fichtenharz, weisses Pech oder Fassspech, in den Handel. Von solchem Harze werden jetzt grosse Quantitäten aus den Waldungen Amerikas zu uns gebracht (amerikanisches Harz). Beim Eintrocknen des Terpentins wirken zweierlei Ursachen; ein Theil des darin befindlichen flüchtigen Oels verdunstet und verursacht den eigenthümlichen Geruch der Nadelholzwälder, ein anderer Theil aber zieht Sauerstoff aus der Luft an und verharzt (739).

Wie aus unseren Fichten, so tröpfeln auch aus vielen anderen Bäumen und Sträuchern, insbesondere aus denen heißer Länder,

Fig. 201.



in den Bäumen an den Stellen ab, wo Äste aus dem Stämme

der, entweder freiwillig oder durch absichtlich gemachte Einschnitte, harzige Säfte aus, die an der Luft erst zu weichen (Weichharze) zuletzt zu festen Harzen (Hartharze) erhärten. Die meisten der im Handel vorkommenden Harze werden auf diese Weise gewonnen.

**744. Harzgewinnung durch Ausschmelzen. Versuch.** Am reichlichsten setzt sich das Harz

hervordringen; man nennt solches mit Harz durchdrungenes Holz Kienholz. Wird ein Stückchen Kienholz an dem oberen Ende angebrannt und in schräger Richtung mit einem Drahte über ein Wassergefäß gehalten, so verbrennt ein Theil des Harzes mit russender Flamme, während ein anderer Theil davon durch die Wärme schmilzt und in das untergesetzte Gefäß abfliesst. Harz ist im Wasser nicht löslich, es erhärtet daher in letzterem, ohne sich damit zu vermischen. Auch auf diese Weise, durch Ausschmelzen oder Ausbraten, kann man sich Harze aus manchen Pflanzen darstellen; die Farbe derselben ist dann aber gewöhnlich dunkel, weil etwas Harz während des Ausschmelzens brenzlich und damit kohlenstoffreicher geworden ist, nach dem allgemeinen Gesetze, dass der Wasserstoff immer früher verbrennt als der Kohlenstoff.

**745. Harzgewinnung durch Auflösen. Versuch.** Man übergiesse etwas Kienholz mit starkem Weingeist und lasse es einen Tag lang an einem warmen Orte stehen: das Harz löst sich auf, die Holzmasse bleibt zurück. Die Auflösung wird in die achtfache Menge Wasser gegossen, welches sich dadurch in eine Milch umwandelt, weil das Harz, aber so fein zertheilt, niedergeschlagen wird, dass es in Gestalt feiner Kugelchen im Wasser herumschwimmt. Erhitzt man diese Milch zum Kochen, so erweichen die Harztheilchen und vereinigen sich mit einander zu Klümpchen, die sich abnehmen und zu grösseren Stücken zusammendrücken lassen. Dies ist eine dritte Methode, um Harze aus Vegetabilien auszuziehen.

**746. Zusammensetzung der Harze.** Soweit man die Harze bis jetzt untersucht hat, sind sie als Gemenge verschiedener eigenthümlicher Harzarten erkannt worden, welche sich durch abwechselnde Behandlung der rohen Harze mit kaltem oder heissem, schwachem oder starkem Weingeist oder mit Aether von einander trennen lassen. Häufig sind ihnen auch noch kleinere Mengen von ätherischen Oelen beigemengt. Zur Unterscheidung dieser besonderen Harze von einander legte man ihnen die griechischen Buchstaben  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  etc. bei und nannte sie Alpha-harz, Betaharz, Gammaharz etc. Weitere gründlichere Untersuchungen einzelner Harze lehrten, dass diese besonderen Harze

sich wie schwache Säuren verhalten und dass manche derselben regelmässige Krystallgestalt annehmen können. Solche genauer charakterisirte Harze führt man jetzt als Säuren (Harzsäuren) auf. So besteht das Fichtenharz aus *Sylvinsäure* oder *Abietinsäure* ( $C_{20}H_{30}O_2$ ), welche in farblosen Blättchen krystallisiert und in schwachem Weingeist nicht löslich ist, und aus amorpher *Pininsäure*, von gleicher Zusammensetzung, welche durch schwachen Weingeist gelöst wird. So das Galipotharz aus kry-stallisirbarer *Pimarsäure* und amorpher *Pininsäure* u. a.

Von Elementen finden sich nur die bekannten drei in den Harzen vor: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Dass sie etwas weniger Wasserstoff enthalten als die flüchtigen Oele, wurde schon in Nro. 739 erwähnt, immerhin aber gehören sie doch, wie die Oele und Fette, zu den wasserstoff- und kohlenstoffreichen und sauerstoffarmen organischen Verbindungen.

#### Verschiedene Arten von Harzen.

**747. Bekanntere Harze.** Die wichtigsten Harze sind: Fichtenharz (burgundisches Harz, weisses Pech, Fasspech), das Harz unserer Nadelhölzer, ist ein Gemenge von *Sylvin*- oder *Abietinsäure* und *Pininsäure*.

Galipot, ist eine sehr helle, gelblichweisse Sorte von Fichtenharz, die aus Frankreich zu uns gebracht wird.

Birkenharz (Betulin), ein farbloses Harz der Birkenrinde, welches bei langsamer Erhitzung der letzteren als eine wollartige Masse ausblüht.

Copal, gelblichweiss bis braun, sehr hart; kommt oft mit Sand und Erde bedeckt zu uns, von denen man ihn durch Abwaschen mit Lauge und Abfeilen befreit. Der aus Westindien und Afrika stammende Copal hat eine glatte Oberfläche, der ost-indische dagegen sieht runzlich und genarbt aus. Ist in gewöhnlichem Weingeist nicht, in absolutem unvollständig, in Aether aber vollkommen löslich; am leichtesten der ostindische.

Dammarharz (Cowdee), farblos oder gelblich, ziemlich hart, dem Copal ähnlich, aber in heissem Alkohol vollkommen löslich, kommt aus Ostindien.

Mastix, gelbliche, durchsichtige kleine Tropfen, die aus einer hauptsächlich in Griechenland wachsenden Pistazienart ausschwitzen.

Sandarak, dem vorigen sehr ähnlich, nur noch spröder, wird von einigen immergrünen Bäumen Afrikas gesammelt.

Gummilack quillt in Ostindien aus mehren Arten von Feigenbäumen hervor, wenn diese von einem kleinen Insect, der Lackschildlaus, angestochen werden.

a) Stocklack wird der an den Zweigen angetrocknete Saft genannt,

b) Körnerlack, wenn er von den Zweigen abgekratzt ist,

c) Schellack, wenn er geschmolzen und zur Entfernung der Unreinigkeiten durch ein Tuch gegossen wurde. Gewöhnlich lässt man das geschmolzene Harz auf grossen Baumblättern breitlaufen und erkalten, wodurch es die Gestalt dünner Blätter annimmt. Das bessere hat eine orangene, das geringere eine braunschwarze Farbe. Es ist das zähste Harz und dabei sehr hart und wird dieser Eigenschaften wegen zur Siegellackbereitung und zum Poliren der Holzmeubles angewendet.

Benzoë wird aus einem ostindischen Baume durch Einschnitte gewonnen. Das in den ersten drei Jahren ausfliessende Harz bildet milchweisse, getropfte Stücke, das später gewonnene dagegen ist gelb oder braun. Beide Sorten werden zusammengeknetet, daher das mandelartige Ansehen der gewöhnlichen Benzoë. Ihr angenehmer, vanilleartiger Geruch hat sie zu einem beliebten Räucher- und Schönheitsmittel gemacht. Sie besteht aus drei verschiedenen Harzen und circa zu  $\frac{1}{6}$  aus Benzoësäure, welche beim Schmelzen in Dämpfen entweicht. Manche Sorten enthalten auch noch Zimmtsäure.

Drachenblut ist ein durch einen rothen Farbstoff braunroth gefärbtes Harz, welches aus einigen ostindischen Palmenarten erhalten wird; Alkohol giebt damit eine rothe Lösung (Goldlack).

Guajak, ein braungrünes Harz, das man durch Ausbraten des westindischen Guajak- oder Pockenholzes gewinnt, findet als Arzneimittel häufige Anwendung. Das Pulver davon wird an der Luft unter Anziehung von Sauerstoff blaugrün, die alkoholische Lösung (Guajactinctur) durch Ozon, Chromsäure, salpetrige Säure,

Chlor u. a. dunkelblau. Der Hauptbestandtheil desselben ist ein krystallisirbares Harz (Guajakharzsäure) und liefert bei der trocknen Destillation Guajakol, das sich auch im Buchenkreosot findet. Xanthorrhoeaharz, ein gelbes australisches Harz, giebt bei der Behandlung mit Salpetersäure eine grosse Ausbeute von Pikrinsäure und bei der trocknen Destillation von Carbolsäure (Steinkohlenkreosot).

Jalappenharz wirkt stark purgirend und wird durch Ausziehen der Jalappenwurzel mit Alkohol gewonnen; es löst sich in kochendem Terpentinöl und Aether nicht auf und unterscheidet sich dadurch von dem sogenannten Jalappenstengelharz, dessen medicinische Wirkung schwächer ist.

In der Pharmacie sind noch viele andere Harze im Gebrauche, z. B. das Anime-, Tacamahak-, Elemiharz u. a. m.

**748. Erdharze und Brandharze.** Ausser den vorgenannten Harzen sind noch zwei zu erwähnen, die man aus der Erde gräbt oder aus dem Meere fischt, Bernstein und Asphalt.

Der Bernstein stammt wahrscheinlich aus den Wäldern einer früheren, durch Wasserfluten untergegangenen Schöpfung. Die Harze machen eine Ausnahme von der Regel: sie verfaulen und verwesen nicht, wie die übrigen organischen Körper. Das Bernsteinharz konnte sonach Jahrtausende in der Erde oder im Meere unverändert bleiben, während die vorweltlichen Bäume, aus denen es ausgeflossen, sich in Braunkohle oder Moor umänderten oder völlig zersetzen, d. h. in Kohlensäure, Wasser etc. zerlegt wurden. Am häufigsten findet man den Bernstein in der Ostsee und an den Ufern derselben und in manchen Braunkohlengruben. Seine Härte und Zähigkeit ist bekannt genug, da man Geräthschaften daraus schneiden und schleifen kann, die man sonst gewöhnlich aus Glas oder Horn ausarbeitet. Von den übrigen Harzen unterscheidet er sich dadurch, dass er beim Schmelzen Bernsteinsäure giebt und eine Veränderung erleidet, derzufolge er dann in Weingeist und Oelen, die den ungeschmolzenen kaum angreifen, löslich wird. Bei längerem Schmelzen wird er schwarz und heisst dann Bernsteincolophonium; zugleich giebt er dabei ein sehr unangenehm riechendes, brennliches Oel, Bernsteinöl, welches zuweilen als Arzneimittel gebraucht wird.

Asphalt oder Judenpech ist gleichfalls ein Erdharz, das man in manchen Seen Asiens, namentlich im todtten Meere, antrifft. Es hat eine schwarze Farbe und grosse Aehnlichkeit mit dem schwarzen Harze, welches man durch Einkochen von Steinkohlentheer erhält (künstlicher Asphalt). An anderen Orten findet man den Asphalt weich und terpentinartig in der Erde (Bergtheer); diese Art wird in neuerer Zeit, mit Sand und Kalk vermengt, zur Bereitung künstlicher Trottoir- und Dachsteine angewendet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich diese beiden Harze, wie gleicherweise das Steinöl, aus Steinkohlenlagern erzeugen, welche im Innern der Erde durch vulcanisches Feuer erhitzt werden.

**Brandharze.** Aehnliche harzartige Körper von schwarzer Farbe und unangenehmem Geruche entstehen auch künstlich, wo immer Pflanzen- und Thierstoffe bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt werden, also namentlich bei der trocknen Destillation derselben. In flüssiger Form werden diese (in ätherischen brenzlichen Oelen gelöst) Theer, in fester Form Brandharze (künstlicher Asphalt, Steinkohlenasphalt etc.) genannt.

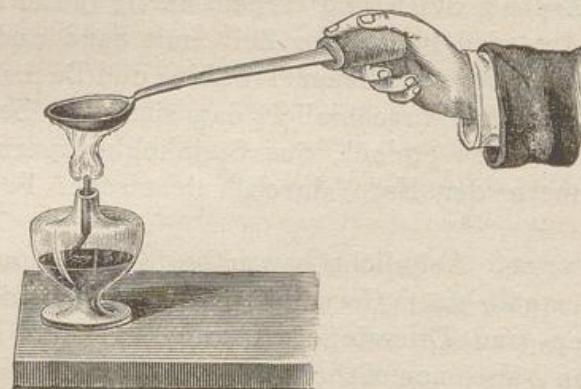
#### Eigenschaften und Benutzung der Harze.

**749. Harze an der Luft.** Wie beim Bernstein erwähnt worden, sind die Harze unverwesliche Körper, ja sie haben sogar die Kraft, andere Körper, die sehr leicht in Verwesung oder Fäulniss übergehen, z. B. Fleisch, vor dieser Zersetzung zu schützen: deswegen benutzte man sie sonst zum Einbalsamiren von Leichnamen, die wir jetzt noch nach Jahrtausenden, zu Mumiën eingetrocknet, in den ägyptischen Pyramiden antreffen.

**750. Harze und Wasser.** Die Harze sind im Wasser unlöslich und daher geschmacklos; nur einige können sich in ganz geringer Menge darin lösen und diese besitzen dann in der Regel einen bittern Geschmack. Wie die Harze im Handel vorkommen, halten aber viele etwas Wasser in feinzertheilter Gestalt eingeschlossen und werden dadurch trübe und undurchsichtig; das gewöhnliche Fichtenharz und der gekochte Terpentin sind hierher gehörige Beispiele.

*Colophonium. Versuch.* Man erhitze ein Stück von dem bei 723. erhaltenen festen Terpentin oder auch etwas Fichtenharz in einem Löffel, bis alles Wasser verdampft ist: das wasserfreie Harz wird nun vollkommen durchsichtig erscheinen;

Fig. 202.



man nennt es in diesem Zustande *Colophonium*, und zwar weisses, wenn es schwach erhitzt wurde, braunes dagegen, wenn die Erhitzung so weit stieg, dass ein wenig von dem Harze in Brandharz überging. Das *Colophonium* ist so spröde, dass es leicht zu Pulver zerrieben werden kann. Bestreicht man einen Geigenbogen damit, so bleibt das gebildete Harzpulver an den Haaren haften und diese haften dann wieder besser an den Saiten der Violine. Dasselbe geschieht mit den Gewichtsschnuren der Wanduhren, wenn man sie mit *Colophonium* einreibt, um das Herabrutschen derselben zu verhindern. Die Harze bringen sonach eine den Fetten entgegengesetzte Wirkung hervor; durch Harz erzeugt man eine rauhe, unebene Oberfläche, durch Fett eine glatte, schlüpfrige.

**751. Harze in der Wärme.** Der eben angestellte Versuch zeigt uns zugleich noch eine andere Eigenschaft der Harze, nämlich ihre leichte Schmelzbarkeit. Die meisten Harze brauchen zum Flüssigwerden eine Hitze, die etwas höher ist als die des kochenden Wassers. Giesst man das geschmolzene *Colophonium* auf ein Brettchen, so läuft es breit und bildet nach dem Erstarren einen festen, glänzenden Ueberzug auf dem Holze. Hierdurch

werden die Harze sehr geeignet, um Holz oder Metall gegen das Eindringen von Luft oder Wasser zu schützen. Deswegen überzieht man eiserne Geländer und Beschläge mit einer Rinde von Pech, damit sie durch den Sauerstoff der Luft nicht so schnell oxydiert werden; deswegen verpicht man Weinflaschen und Bierfässer, damit in die Weinflaschen keine Luft, in die Fassdauben des Holzes kein Bier eindringt; deswegen streicht man das Holz der Schiffe, Thorwege, Stackete etc. mit Theer an, um das Eindringen des See- oder Regenwassers zu verhindern; deswegen endlich benutzt man auch das Harz, namentlich den festen und zähen Schellack, als Schutzmittel wider die Neugierde, in der Form von Siegellack.

**Siegellack.** *Versuch.* Man schmelze in einem Löffel 10 Grm. hellen Schellack und 2 Grm. Terpentin und rühre 2 Grm. Zinnober und 1 Grm. geschlämme Kreide unter die flüssige Masse; kratzt man diese, während sie noch weich ist, heraus, so lässt sie sich zwischen den mit Wasser angefeuchteten Händen zu einer Stange ausrollen. Durch den Terpentin erhält das Siegellack eine leichtere Entzündlichkeit, durch den Zinnober die beliebte rothe Farbe. Andere Farben ertheilt man ihm durch Chromgelb, Lasurblau, Berggrün, Russ, Bronzepulver u. s. w.

**752. Verbrennen der Harze.** *Versuch.* Wird das Colophonium stärker erhitzt, als zum Schmelzen nöthig ist, so entzündet es sich und verbrennt mit leuchtender und russender Flamme, unter Zurücklassung von etwas Kohle. Daher giebt auch das Colophoniumpulver, in eine Lichtflamme geblasen, eine lebhafte Feuererscheinung. An manchen Orten macht man Leuchtgas daraus, indem man dasselbe in geschmolzenem Zustande auf Coaks tröpfeln lässt, die in einem eisernen Cylinder bis zum Glühen erhitzt worden sind (Harzgas).

**Schwarzes Pech.** Wird das brennende Colophonium durch ein darüber gedecktes Brettchen ausgelöscht, nachdem es einige Zeit gebrannt hat, so findet man als Rückstand ein schwarzes Brandharz, Schiffs- oder Schusterpech, bekannt genug wegen seiner grossen Zähigkeit; man stellt dasselbe auch durch Einkochen von Holztheer dar (577). Auf gleiche Weise verwandeln die Böttcher das gewöhnliche weisse Pech dadurch in

schwarzes, dass sie es eine kurze Zeit in den Fässern, die damit ausgepeicht werden sollen, brennen lassen.

**Kienruss.** *Versuch.* Man halte über brennendes Kienholz eine aus Löschpapier zusammengerollte Papiertute in schräger Richtung: sie wird sich bald mit Russ überziehen. Im Grossen bereitet man sich den bekannten Kienruss nach einer ähnlichen Methode, nämlich durch Verbrennen von harzreichem Holz oder von Harz selbst bei unzureichendem Luftzutritte in Oefen, die mit langen Canälen oder einer Kammer verbunden sind, worin der Rauch beim Durchziehen seinen Kohlenstoff absetzt.

**Räucherung durch Harze.** *Versuch.* Wird etwas Bernsteingruss auf glühende Kohlen gestreut, so entwickelt sich daraus während des Verglimmens ein Dampf von angenehm balsamischem Geruch. Bernstein, Weihrauch, Benzoë und Mastix werden deshalb oft als Räuchermittel (Königsrauch) angewendet.

**753. Electrophor.** *Versuch.* Man reibe eine Stange Siegellack einige Minuten auf einem Tuchlappen und nähere sie dann einigen kleinen Schnitzeln von Löschpapier: diese werden in die Höhe hüpfen und einige Zeit an dem Siegellack hängen bleiben. Was dieses Anziehen bewirkt, ist Elektricität (Harz- oder negative Elektricität), die sich in den Harzen erzeugt, wenn man sie reibt, aber nicht weiter verbreitet, weil Harze Nichtleiter der Elektricität sind. Giesst man einen Blechteller mit einem Gemenge von Schellack und Colophonium aus, um eine grössere Harzfläche zu erhalten, so ist man im Stande, die Elektricität in Gestalt von Funken daraus auszuziehen und zu sammeln; ein solcher Harzkuchen wird deswegen Elektrophor (Elektricitätsträger) genannt. Ihren Namen erhielt diese geheimnisvolle Kraft von dem Bernstein, an dem man die elektrischen Erscheinungen zuerst bemerkte; der Bernstein heisst nämlich im Griechischen *elektron*.

**754. Harze und Weingeist.** *Versuch.* 10 Grm. Sandarak werden, in Papier eingepackt, mit einem Hammer zu kleineren Stücken zerschlagen, mit etwa 3 Grm. Sand, den man zuvor von dem feinen Pulver durch Schlämmen befreit und wieder vollständig getrocknet hat, gemengt, und in einem Gläschen mit 40 Grm. Alkohol übergossen. Das mit einer Blase überbundene

Gläschen bleibt einige Tage an einem warmen Orte stehen und wird während dieser Zeit öfters umgeschüttelt. Die erhaltene klare Harzlösung heisst *Lackfirniss*, weil sie, auf Metall, Holz oder Papier gestrichen, einen firnissartigen, glänzenden Ueberzug zurücklässt, nachdem der flüchtige Weingeist verdunstet ist. Uebergiesst man das Sandarakharz ohne Sand mit Weingeist, so backt das Harzpulver am Boden des Gefäßes zu einem zähen Harzklumpen zusammen, der sich viel langsamer auflöst. Lackirren heisst also so viel als mit Harz überziehen. Durch diesen Harzüberzug bekommen die Lackirten Gegenstände nicht nur einen schönen Glanz, sondern sie werden zugleich undurchdringlich für Luft und Wasser. Sollen papierne Sachen, z. B. Zeichnungen, Landkarten etc., einen Lacküberzug erhalten, so muss man dieselben zuvor einige Male mit Leimwasser oder Gummilösung überstreichen, weil die Harzlösung sonst ins Innere des Papiers eindringt und dasselbe grau und durchscheinend macht. Bei Holzsachen verhindert man dieses Einsaugen gewöhnlich durch vorheriges Einreiben mit Leinöl. Kommt der Lackfirniss auf feuchte Stellen, so entstehen daselbst weisse, undurchsichtige Flecken, weil das Harz durch das Wasser als ein weisses, mattes Pulver ausgeschieden wird.

*Schellack und Weingeist.* *Versuch.* 10 Grm. Schellack werden auf die angegebene Weise in starkem Weingeist aufgelöst: man erhält eine trübe Flüssigkeit, weil in dem Schellack ausser dem Harze noch kleine Mengen von Wachs und Schleim zugegen sind, welche in der Harzlösung ungelöst umherschwimmen. Auch diese Lösung wird als Lackfirniss angewendet, viel häufiger aber als sogenannte *Politur* der Tischler, d. h. als eine Harzlösung, die man, mit einigen Tropfen Leinöl versetzt, so lange mit einem Ballen von Leinwand ununterbrochen auf dem Holze einreibt, bis der Weingeist verflogen ist. Man bekommt auf diese Weise einen noch ebeneren und feineren Harzspiegel, als durch blosses Aufstreichen, bei welchem letzteren die Pinselstriche häufig sichtbar bleiben. Feinere Meubles werden gewöhnlich polirt, ordinäre lackirt.

**755. Harze und Oele.** *Versuch.* 10 Grm. Dammaharz werden mit etwas Sand gemengt und mit 40 Grm. Terpentinöl übergossen: man erhält nach einigen Tagen eine fast vollständige

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

44

Auflösung, denn die flüchtigen Oele sind ebenfalls im Stande die Harze aufzulösen. Auch diese Lösungen werden oft als Lackfirnisse angewendet; sie trocknen zwar langsamer, geben dafür aber einen zäheren, weniger leicht abspringenden Ueberzug als die spirituösen. Die helleren und feineren Arten von Lack stellt man hauptsächlich aus Bernstein, Copal, Dammar, Schellack, Sandarak und Mastix dar; die geringeren und dunkleren Sorten aus Bernsteincolophonum, gewöhnlichem Colophonum, Terpentin, Asphalt u. s. w. Durch Zusatz von Drachenblut und Gutti giebt man den hellen Lackfirnisen bisweilen eine gelbe Farbe (Goldlack).

In fetten Oelen sind die Harze gleichfalls löslich. Viele Salben und Pflaster der Pharmacie bestehen aus Gemengen von Fetten und Harzen, und diese letzteren sind es, welche den ersten die Fähigkeit geben, auf der Haut festzukleben. Am häufigsten wird der Terpentin zu diesem Zwecke verwendet.

**756. Harzseife.** *Versuch.* Man kuche in einem Töpfchen 10 Grm. Colophonum mit 40 Grm. starker Kali- oder Natronlauge und setze nach und nach theelöffelweise noch so viel Lauge hinzu, bis eine Probe davon sich in heissem Wasser zu einer klaren Flüssigkeit auflöst. Beim Erkalten erstarrt die Masse nun zu einer ziemlich festen Seife (harzsaures Kali oder Natron). Die Harze verhalten sich, wie schon früher bemerkt worden, gegen starke Basen wie schwache, den Fettsäuren ähnliche Säuren und finden deshalb gegenwärtig eine ausgebreitete Anwendung in der Seifensiederei, als Zusatzmaterialien zur Herstellung billiger Seifensorten.

**Unlösliche Harzseife.** *Versuch.* Man vermische eine Lösung von Harzseife mit einer Lösung von Alaun: es bildet sich eine unlösliche Verbindung von harzsaurer Thonerde. Auf diese Weise benutzt man die Harzseife zum Leimen des Maschinenpapiers, indem man zu dem Papierbrei, woraus das Blattpapier geformt werden soll, zuerst Harzseife, dann Alaunlösung schüttet. Es bildet sich dabei um jedes Papierfaserchen herum eine dünne Schicht von unlöslicher Thonerdeseife (harzsaurer Thonerde), die das Breitlaufen der Tinte verhindert. Nach der älteren Methode werden die bereits fertigen Bogen durch Leimwasser gezogen, wobei sich nur auf der Oberfläche eine

dünne Leimschicht bildet. Solches Papier lässt die Tinte breitlaufen, wenn man durch Radiren den Leimüberzug weggekratzt hat; man kann dies aber verhindern, wenn man auf der radirten Stelle etwas Harz, am besten Sandarak, breitreibt.

#### Gummiharze oder Schleimharze.

**757. Milchsäfte.** Schneidet man einen Stengel von Mohn, Salat, Schöllkraut oder Wolfsmilch durch, so dringt daraus eine weisse oder gelbe Milch hervor, die an der Luft oder durch Sonnenwärme zu einer gelben oder braunen, amorphen Masse eintrocknet. Dieser Milchsaft besteht aus einer Lösung von Gummi, Zucker, Schleim, Eiweiss etc. in Wasser, innig gemengt mit feinzertheilten Tröpfchen von Harzen, Kautschuk, Fetten, ätherischen Oelen etc., welche in Wasser unlöslich sind; er stellt also eine natürliche Emulsion dar. Nach den zuerst genannten Repräsentanten der löslichen und unlöslichen näheren Bestandtheile nennt man diese Art von getrockneten, halb harzigen, halb gummigen Pflanzensaften Gummiharze oder Schleimharze; ihr eigenthümlicher Geruch röhrt von einem ätherischen Oel her. Besonders reich an solchem Michsaft sind viele Pflanzen der heissen Länder, und aus ihnen hauptsächlich erhält man die im Handel vorkommenden Gummiharze, die in der Pharmacie vielfache Anwendung finden. Mehre derselben sind so zähe, dass sie nur in starker Winterkälte zu Pulver gestossen werden können.

Zu den bekannteren Gummiharzen gehören folgende:

**Ammoniak** (Gummi Ammoniak), der eingetrocknete Milchsaft einer afrikanischen Doldenpflanze, gelblich oder braun, von starkem, eigenthümlichem Geruch und Geschmack.

**Asa fótida** (Teufelsdreck), der Saft einer persischen Doldenpflanze von höchst unangenehmem, knoblauchähnlichem Geruch, welcher von einem schwefelhaltigen ätherischen Oele herröhrt; sieht auf frischem Bruche milchweiss aus, läuft aber an Luft und Licht rosenroth an.

**Aloë**, braun oder schwarz, als Pulver gelb, höchst bitter, von heftig purgirender (drastischer) Wirkung (Aloin). Stellt den

aus den abgeschnittenen Blättern ausgetropften und an der Sonne eingetrockneten Saft verschiedener Aloëpflanzen dar, welche in reichlicher Menge auf dem Cap der guten Hoffnung und den umliegenden Inseln wachsen.

**Euphorbium.** bräunlichgelbe Körner, kommt von der afrikanischen Wolfsmilch und enthält einen sehr scharfen Stoff, demzufolge es auf der Haut Blasen zieht, und als Staub eingesogen Entzündung und das heftigste Niesen erregt.

**Galbanum,** gelbliche Körner oder braune, zähe Kuchen, stark und eigenthümlich riechend; wird aus einer immergrünen persischen Pflanze gewonnen.

**Gutti** (Gummi Gutti), röthlichgelbe Klumpen oder Stangen, wird aus dem gelben Milchsaft mehrerer Pflanzen Ostindiens erhalten und hauptsächlich als gelbe Wasserfarbe in der Malerei benutzt. Innerlich genommen wirkt es drastisch purgirend.

**Myrrhe**, die besseren Sorten in hellen, gelbbraunen, die geringeren in dunklen, rothbraunen Stücken, schmeckt bitter und riecht balsamisch; fliesst durch Einschnitte aus einem arabischen Baume aus.

**Weihrauch** (Olibanum), gelblichweisse, spröde getropfte Körner; der an der Luft erhärtete Saft eines persischen Baumes. Giebt auf glühenden Kohlen einen angenehmen Geruch: daher viel gebraucht als Räuchermittel.

**Opium**, ein im Orient durch Einschnitte aus unreifen Mohnköpfen ausgeflossener und an der Luft eingetrockneter Milchsaft; grosse Klumpen von schwarzbrauner Farbe, bitterem Geschmack und widerlich betäubendem Geruch. Die schlaferregenden und betäubenden Wirkungen desselben sind bekannt genug (s. Opium-Alkaloide 783).

**Lactucarium** (Salatopium), braun und schwach opiumähnlich riechend, ist der eingetrocknete Milchsaft von *Lactuca virosa*.

**Opopanax, Sagapenum Scammonium u. a. m.**

**758. Eigenschaften der Gummiharze.** *Versuch.* Man zerreibe irgend eines dieser Gummiharze mit Wasser: das Gummi wird, nebst den sonstigen ähnlichen Stoffen, hierdurch aufgelöst, das Harz aufgeschwemmt; man erhält eine trübe,

milchartige Flüssigkeit (Emulsion). Kocht man diese einige Zeit, so backen die weich gewordenen Harztheilchen an einander und sondern sich als Klümpchen aus; die klar gewordene Flüssigkeit enthält nun nur noch das Gummi etc. in Auflösung.

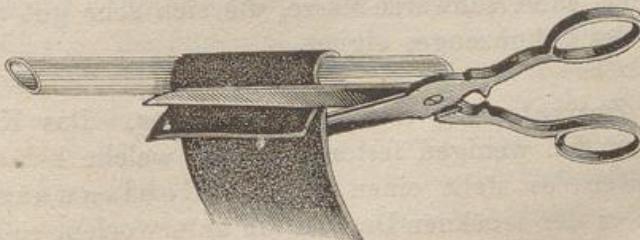
*Versuch.* Werden die Gummiharze mit starkem Weingeist übergossen und einige Zeit digerirt, so löst sich nur das Harz auf, während das Gummi etc. ungelöst zurückbleibt. Die bekannte Myrrhenessenz ist eine solche Auflösung der in der Myrrhe enthaltenen Harztheile in Weingeist.

#### Kautschuk (Gummi elasticum) und Gutta percha.

759. Kautschuk ist ein Kohlenwasserstoff, welcher als Milchsaft aus mehren amerikanischen Bäumen fliessst, wenn man deren Rinde und Bast durchschneidet, und an der Luft zu einer weissen, elastischen, in Wasser und Weingeist ganz unlöslichen Masse zu dem sogenannten Gummi elasticum oder Kautschuk eintrocknet. Schneller erfolgt das Trocknen, wenn man den Milchsaft auf hohle Thon- oder Lehmformen aufstreicht und letztere über freiem Feuer aufhängt. Entfernt man nach dem Trocknen den Thon oder Lehm durch Zerklopfen und Auswaschen, so erhält man hohle Gegenstände aus Kautschuk, die aber wegen des beigemengten Russes grau oder schwarz aussehen. Das zu compacten, dicken Massen ausgetrocknete Kautschuk führt den Namen „Speckgummi“.

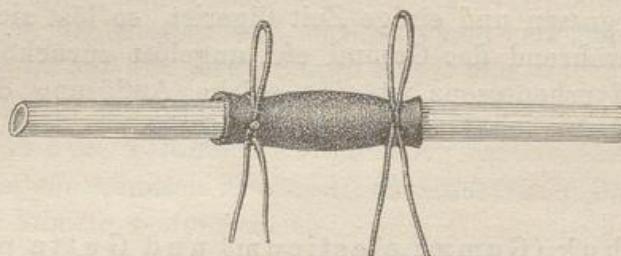
Kautschukröhren. *Versuch.* Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Kautschuk hart und steif, es wird aber weich, wenn es in heißes Wasser oder auf einen warmen Ofen gelegt wird. Man schneide sich aus einer durch Wärme erweichten dünnen

Fig. 203.



Kautschukflasche ein viereckiges Stück aus, lege dieses um die Enden zweier Glasröhren, und führe dann mit einer Scheere einen kräftigen Schnitt durch die beiden Endstreifen nach der in beistehender Figur angegebenen Richtung: die frisch durch-

Fig. 204.



schnittenen Flächen von Kautschuk kleben fest an einander (noch vollständiger, wenn man sie mit den Nägeln aneinander drückt, ohne jedoch die frische Schnittfläche zu berühren) und bilden eine Röhre, die, an beiden Enden festgebunden, die zwei Glasröhren luftdicht mit einander verbindet. Man macht auf diese Weise die bei chemischen Apparaten vorkommenden Glasröhren biegsam und beweglich und vermindert dadurch die leichte Zerbrechlichkeit derselben.

**Kautschuklösung. Versuch.** Man übergiesse etwas zerschnittenes Kautschuk mit Steinöl: es schwillt darin auf und kann dann zu einem gleichförmigen Brei zerrieben werden. Mit Schellack zusammengeschmolzen giebt dieser Brei einen sehr dauerhaften Kitt für Holz, Stein und Eisen (Schiffsleim). Auch in Aether erfolgt eine Aufquellung und partielle Auflösung des Kautschuks. Wird Kautschuk mit Chloroform, Terpentinöl, Stein-kohlentheeröl oder Kautschuköl stehen gelassen, so erhält man nach und nach eine vollständige Auflösung. Auflösungen dieser Art werden jetzt häufig angewendet, um Zeuge wasserdicht zu machen (Macintosh). Mit Leinöl stark erhitzt, giebt es eine gleichförmige, zähe, schwarze Masse, die sich sehr gut zum Einschmieren des Schuhzeuges eignet.

**760. Zersetzung des Kautschuks.** Das Kautschuk ist einer von den wenigen festen Körpern, welche keinen Sauerstoff enthalten, es stellt einen festen Kohlenwasserstoff dar. Wird es der trocknen Destillation unterworfen, so erzeugen

sich daraus flüssige Kohlenwasserstoffe, welche sich zu einer brenzlichen Flüssigkeit (Kautschuköl) verdichten. In brennendes Licht gehalten, entzündet sich das Kautschuk und brennt mit lebhafter, russender Flamme, ähnlich wie Steinöl oder Terpentinöl; dabei schmilzt es zu einer schwarzen, schmierig bleibenden Masse zusammen. Dieses geschmolzene Kautschuk leistet gute Dienste, um das Festkleben von Glasstöpseln in Gläsern, worin Lauge etc. aufbewahrt wird, zu verhindern, da der dünn damit bestrichene Stöpsel dann lange schlüpfrig bleibt.

**761. Vulcanisirtes Kautschuk.** Einen überaus hohen Grad von Elasticität, welche sich auch in der Kälte nicht vermindert, erlangt das Kautschuk durch inniges Vermengen mit Schwefel, entweder durch anhaltendes Zusammenkneten damit in der Hitze, oder durch Behandlung mit Chlorschwefel oder einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff. Das so dargestellte, etwa 10 Proc. Schwefel enthaltende, vulcanisirte Kautschuk findet die mannigfachste Anwendung für technische, chirurgische und andere Zwecke. Zu chemischem Gebrauche verarbeitet man es zu Röhren, Platten, Fäden, Stöpseln, tubulirten und luftdichten Verschlüssen. Durch Einkneten von mehr Schwefel, Kreide etc. geht es in eine schwarze, hornähnliche, in der Wärme formbare, harte Masse (Ebonit) über, welche vielfach zu Kämmen, Knöpfen, Federhaltern, Stockgriffen u. A. verarbeitet wird.

**762. Gutta percha.** Unter diesem Namen kommt eine ebenfalls nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende, röthlichbraune, kautschukähnliche Substanz im Handel vor, welche aus dem Milchsaft mehrerer ostindischer Bäume gewonnen wird. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Kautschuk dadurch, dass sie durch gelindes Erhitzen, z. B. durch Kochen in Wasser, ganz weich und plastisch, nach dem Erkalten aber hart und hornartig wird; sie kann daher in weichem, erhitztem Zustande leicht zu Bändern und Fäden ausgezogen oder durch Eindrücken in Formen zu Geräthschaften aller Art verarbeitet werden, welche den doppelten Vorzug haben, dass sie nicht zerbrechen und von Säuren, Laugen und anderen scharfen Flüssigkeiten nicht merklich angegriffen werden. Brauchbare Sachen dieser Art für das Laboratorium sind: Untersetzer und Deckel

für Säureflaschen, Säuretrichter, Hähne, Wassereimer und andere mehr. Die in Platten ausgewalzte und in Streifen geschnittene Gutta percha wird jetzt vielfach zu Treibriemen statt der Riemen von Leder benutzt. Sollen Stückchen davon mit einander verbunden werden, so bestreicht man sie mit einem heißen Eisen, wodurch sie oberflächlich in Schmelzung gerathen, und presst sie dann fest zusammen, bis sie erkaltet sind. Wasser, Weingeist und Aether lösen die Gutta percha nicht, wohl aber Schwefelkohlenstoff und Chloroform; eine Lösung in der letzteren Flüssigkeit lässt sich, wie Collodium, als Heftpflaster anwenden. Durch Erhitzen löst sie sich auch in Terpentinöl auf.

#### Rückblick auf die Fette, flüchtigen Oele und Harze.

- 1) Die Fette, flüchtigen Oele und Harze gehören zu den sehr allgemein verbreiteten Stoffen des Pflanzenreiches; die Fette verhalten sich wie salzhähnliche Verbindungen, die Harze wie Säuren, die ätherischen Oele tragen keinen bestimmten gemeinsamen Charakter.
- 2) Wie sie in der Natur vorkommen, sind die Gemenge von mehren einander ähnlichen Substanzen, nämlich:
  - a) die Fette: Gemenge von festen (Stearin, Palmitin) und flüssigen Fetten (Olein, Olin);
  - b) die flüchtigen Oele: Gemenge von festem Stearopten und flüssigem Elaeopten;
  - c) die Harze: Gemenge von mehren verschiedenen Harzarten oder Harzsäuren (Alpha-, Beta-, Gamma-Harz etc.).
- 3) Ihrer Elementarzusammensetzung nach bestehen sie nur aus den bekannten drei Grundstoffen: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff; bezeichnend aber für sie ist, dass sie immer arm an Sauerstoff und reich an Kohlenstoff und Wasserstoff sind. (Einige flüchtige Oele etc. enthalten gar keinen Sauerstoff [Kohlenwasserstoffe], andere enthalten Schwefel.)
- 4) Wegen des Vorherrschens von Wasserstoff
  - a) brennen sie erhitzt mit lebhafter Flamme und geben bei der Zersetzung durch Glühhitze viel brennbares Gas;
  - b) sind sie meist so leicht, dass sie auf Wasser schwimmen;

- c) lösen sie sich nur in Flüssigkeiten auf, die ebenfalls reich an Wasserstoff sind, z. B. in Alkohol und Aether, nicht aber im Wasser.
- 5) Sie sind entweder flüssig oder werden es leicht, schon bei geringer Erhitzung.
- 6) Die Fette der Thiere haben mit den Pflanzenfetten eine ganz gleiche Zusammensetzung.
- 7) Durch Zuführung von Sauerstoff werden manche Fettarten fest und hart (Firnissöle), andere dagegen ranzig, ohne zu erhärten (Schmieröle.)
- 8) Durch starke unorganische Basen werden die Fettarten in eigenthümliche, in Wasser unlösliche Säuren (Fettsäuren) und in eine lösliche organische Basis (Glycerin oder Glyceryloxyd) getrennt. Die abgeschiedenen fetten Säuren verbinden sich hierbei mit den unorganischen Basen zu Seifen. Die Alkalien bilden mit den fetten Säuren Seifen, welche sich in Wasser auflösen; die Oxyde der Erden und Metalle dagegen geben Seifen, die vom Wasser nicht gelöst werden.
- 9) Die einfachen Fette (Stearin, Palmitin, Olein etc.) sind sonach salzhähnliche Verbindungen von verschiedenen fetten Säuren mit der gleichen Basis Glyceryloxyd (Glyceride). Sie können aber auch, da sich das Glycerin wie eine Alkoholart verhält (722), als Aetherarten angesehen werden.
- 10) Die Fettsäuren schliessen sich den einfacher zusammengesetzten Säuren, welche durch Oxydation der Alkohole entstehen, als natürliche Glieder einer homologen Reihe an (690.) In diesem weiteren Sinne rechnet man auch die letzten Säuren zu den Fettsäuren oder zur Reihe der fetten Säuren.
- 11) Die flüchtigen Oele gehen durch Zuführung von Sauerstoff in Harze, oft auch zugleich in Säuren über.
- 12) Die Harze zeigen zum Sauerstoff keine grosse Affinität, mindestens verändern sie sich nicht, wenn sie auch lange an der Luft liegen.
- 13) Viele Harze vereinigen sich mit den Alkalien, ähnlich wie die Fettsäuren, zu im Wasser löslichen, mit Erden und Metalloxyden zu unlöslichen, seifenähnlichen Verbindungen (Harzseifen).

14) Balsame und Terpentine sind Gemenge von Harzen mit flüchtigen Oelen; Schleim- oder Gummiharze Gemenge von Harzen mit gummiähnlichen, in Wasser löslichen Stoffen.

## XIX. Glycoside und Bitterstoffe.

**763. Extracte.** Die bisher betrachteten natürlichen Pflanzenstoffe sind, wenn man die flüchtigen Oele und einige Harze ausnimmt, meistens ohne Geschmack und ohne auffallende medicinische Wirkung: die meisten derselben kommen sehr allgemein verbreitet im Pflanzenreiche vor und sind fast in allen Pflanzen anzutreffen. Nun bemerken wir aber an vielen Pflanzen einen eigenthümlichen Geschmack und, wenn sie eingenommen werden, eine eigenthümliche Wirkung auf unseren Körper, es müssen also noch eigenthümliche Stoffe darin enthalten sein, von denen Geschmack und Wirkung herrühren. Wermuth und Rhabarber schmecken bitter, Pfeffer und Bilsenkraut beissend und scharf, Quecken- und Süßholzwurzel süß; in den Magen gebracht, wirkt Wermuth magenstärkend, Rhabarber abführend, Pfeffer reizend, Bilsenkraut betäubend u. s. w. Diese und ähnliche Beobachtungen mussten schon in frühen Zeiten zu Versuchen anregen, diese schmeckenden und medicinisch wirksamen Stoffe aus den Pflanzen herauszuziehen (zu extrahiren), um sie als Heilmittel zu benutzen. Das Ausziehen geschah auf die einfachste Weise: bei saftreichen Pflanzenteilen durch Auspressen, bei trockneren durch Uebergiessen mit kaltem Wasser (Maceration), oder mit heissem (Infusion), oder durch längeres Kochen damit (Decoction). Da die Pflanzensaft oder Auszüge aber bald sauer oder schimmlich wurden, so verdampfte man das Wasser, und erhielt auf diese Weise daraus eine brei- oder teigartige, oder bei vollständiger Austrocknung eine feste, amorphe Masse, die mit dem Namen Extract (wässrigeres) bezeichnet wurde und sich nun Jahre lang unverändert und unzersetzt aufbewahren liess. Zuweilen wendete man auch Weingeist oder Aether statt des Wassers als Auflösungsmittel an (spirituöse und ätherische

Extracte). Viele dieser Extracte werden noch immer in den Apotheken als Heilmittel vorrätig gehalten und man hat oft in 1 Grm. davon eben so viele wirksame Stoffe als in 20, 40 oder noch mehr Grammen des Pflanzenstoffs, aus dem es dargestellt wurde. Die dunkle Farbe der Extracte erklärt sich aus der leichten Zersetzbarkheit der Pflanzenstoffe; bei längerer Einwirkung einer höheren Temperatur und des Sauerstoffs der Luft erzeugen sich, ähnlich wie bei der Verwesung, humusartige Verbindungen, und Hand in Hand damit geht gewöhnlich auch eine Geschmacksänderung. Der bekannte Lakritzenaft ist Süßholzwurzel-Extract; er giebt mit Wasser eine schwarzbraune Lösung von anderem Geschmack als der frische, weingelbe Aufguss von Süßholzwurzel, aus dem er durch Abdampfen entstanden. Bei den als Arzneimittel benutzten Extracten nimmt man das Abdampfen daher im Wasserbade, noch besser unter der Luftpumpe vor.

**764. Extractivstoffe.** Aus dem Früheren ist bekannt, dass die meisten Pflanzensaft bald grössere, bald geringere Mengen von Stärke (Satzmehl), Schleim, Gummi, Zucker, Gerbstoff, Chlorophyll, Pflanzeneiweiss, Salzen, Säuren etc. enthalten; es ist daher natürlich, dass alle diese Stoffe, da sie beim Verdampfen sich nicht verflüchtigen, auch in den wässerigen Extracten zu gegen sein müssen. Ebenso ist es klar, dass in den spirituosen und ätherischen Extracten alle diejenigen Stoffe vorhanden sein werden, welche aus den betreffenden Pflanzenstoffen durch diese beiden Flüssigkeiten aufgelöst werden können, z. B. Harze, Fette u. s. w. Die Extracte sind hiernach als Gemenge der verschiedenartigsten Pflanzenstoffe anzusehen, als Gemenge von bekannten Pflanzenstoffen mit unbekannten, von schmeckenden mit geschmacklosen, von wirksamen mit wirkungslosen, von ungefärbten mit gefärbten etc.

Bei näherer Untersuchung der Pflanzensaft oder Auszüge fand man, dass zuletzt, nachdem man die bekannten Stoffe, wie Stärke, Zucker, Eiweiss etc., daraus entfernt hatte, gewöhnlich eine braune oder schwarze, unkristallisirbare, lösliche Masse übrig blieb, die in der Regel den Geschmack und die medicinische Wirkung der Pflanze in verstärktem Grade zeigte, aus der man sie gewonnen hatte. Diese Masse nannte man Extractiv-

stoff, und unterschied nach den Eigenschaften: bittere (in Wermuth, Bitterklee, Aloë, Coloquinten etc.), aromatisch bittere (im Kalmus, Hopfen etc.), kratzende (in der Senegawurzel, Seifenwurzel etc.), süsse (in der Süssholzwurzel und Queckenwurzel), narkotische (im Schierling, Bilsenkraut etc.) und andere Extractivstoffe. Wie man sieht, war der Name überaus bequem, da er für alle die zahllosen, nicht genauer untersuchten Pflanzenstoffe passte, die eine dunkle Farbe besaßen und nicht krystallisirbar waren, mochten sie auch eine noch so verschiedene chemische Zusammensetzung haben. Wie gross diese Verschiedenheit sein kann, lässt sich schon daraus abnehmen, dass die meisten Pflanzenstoffe, z. B. Zucker, Gummi, wenn sie längere Zeit gekocht oder auch nur der Luft ausgesetzt werden, in braune, unkristallisirbare Verbindungen übergehen.

**765. Isolirte Extractivstoffe.** Den fortgesetzten Forschungen der Chemiker ist es gelungen, viele solche eigenthümliche Pflanzenstoffe in krystallinischer Gestalt, also als unzweifelhaft bestimmte und selbständige Verbindungen, andere zwar nur pulverig oder extractartig, aber doch als annähernd reine und feste Verbindungen darzustellen. Von diesen verhalten sich manche den unorganischen Basen (Kali, Natron, Ammoniak etc.) überaus ähnlich, sie sind nämlich im Stande, Säuren zu neutralisiren und damit Salze zu bilden; dies sind die organischen Basen (XXI). Andere verhalten sich als Säuren, noch andere, und zwar die meisten, als indifferente, also weder basische noch saure Verbindungen; diese pflegte man, wenn sie einen bitteren Geschmack hatten, Bitterstoffe, wenn sie gefärbt waren oder in farbige Verbindungen umgewandelt werden konnten, Farbstoffe oder Pigmente zu nennen (XX). So unwissenschaftlich eine solche Eintheilung ist, so kann sie doch als Nothbehelf so lange festgehalten werden, bis man das chemische Naturell und die innere Constitution dieser Körper näher erforscht und daraus ein besseres Classificationsprincip abgeleitet haben wird. Der Anfang hierzu ist dadurch gemacht, dass man bei einer grösseren Anzahl derselben die gemeinsame Eigenthümlichkeit, unter besonderen Umständen in Zucker und einen neuen Körper zu zerfallen, entdeckte und unter der Bezeichnung Glycoside zusammenfasste. Sie bilden mit den Bitterstoffen den

Inhalt des gegenwärtigen Abschnittes. Die Zahl der bis jetzt bekannten Pflanzen übersteigt 100,000, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass in den meisten derselben besondere eigenthümliche Stoffe anzutreffen sind; also ein hübsches Feld zu neuen Entdeckungen!

### Glycoside.

**766.** Die gemeinsame Aehnlichkeit der hier in eine Gruppe zusammengefassten eigenthümlichen Pflanzenstoffe besteht darin, dass dieselben sich durch Säuren, Alkalien oder Fermente in Zucker — meistens Traubenzucker oder Glycose — und andere Stoffe eigenthümlicher Art spalten lassen. Man bezeichnete sie daher auch als „gepaarte Zuckerverbindungen“, indessen enthalten sie keinen fertigen Zucker, sondern dieser erzeugt sich erst während der Zersetzung, gewöhnlich unter Bindung von Wasser. Die meisten Glycoside verhalten sich als indifferente Körper, doch haben manche derselben auch ein saures oder basisches Naturell. Gleiches gilt von den Spaltungsproducten, welche sich neben dem Zucker bilden. Eine besondere Gruppe derselben bilden, ihrer Familienähnlichkeiten halber, die Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

**767.** Die bekannteren Glycoside sind:

**Aesculin** (Schillerstoff),  $C_{15}H_{16}O_9$ , aus der Rinde der Rosskastanien und anderer Bäume; farblose Nadeln, die in kleinster Menge in Wasser gelöst dieses stark blauschillernd machen, (Fluorescenz); durch Säuren spaltbar in Aesculetin und Zucker.

**Amygda lin**,  $C_{20}H_{27}NO_{11}$ , aus den bitteren Mandeln, schwach bitter, in seidenglänzenden Schuppen krystallisirbar; sehr merkwürdig dadurch, dass es durch verdünnte Säuren, wie durch eine eigenthümliche Gährung in Bittermandelöl, Blausäure und Zucker zerfällt. Eine solche Gährung wird durch das als Ferment wirkende, eiweissähnliche Emulsin der bitteren Mandeln hervorgerufen, wenn man sie, zerstossen, mit Wasser einige Zeit stehen lässt. Destillirt man die Masse nachher, so gehen Bittermandelöl und Blausäure mit dem Wasser über (Bittermandelwasser, Kirschchlorbeerwasser, 726).

Myronsäure,  $C_{10}H_{19}NS_2O_{10}$ , aus dem schwarzen Senfsamen, seidenglänzende Nadeln; zerfällt, in ähnlicher Weise wie das Amygdalin, durch eine eigenthümliche Gährung in Senföl und Zucker. So bildet sich das Senföl, wenn man den zerstossenen schwarzen Senfsamen mit Wasser einige Zeit in Be- rührung lässt (Senfteig). Als Ferment wirkt in diesem Falle das in diesem Samen enthaltene Myrosin.

Populin, aus den Blättern und der Rinde der Zitterpappel, süß, in farblosen Nadeln krystallisirbar; durch verdünnte Säuren zerfällt es in Saliretin, Benzoësäure und Zucker, durch starke Basen in Benzoësäure und Salicin.

Phloridzin, aus der Rinde der Aepfel- und anderer Obstbäume, bitter, in seidenglänzenden Prismen krystallisirbar; zerfällt durch verdünnte Säuren in Phloretin und Zucker.

Salicin,  $C_{18}H_{18}O_7$ , aus der Weidenrinde, bitter, in farblosen prismatischen Krystallen; wird durch Schwefelsäure intensiv roth; zerfällt durch verdünnte Säuren in einen harzartigen Körper, Saliretin, und Zucker, durch Einwirkung von Speichel oder Mandeleimulsion aber in Saligenin und Zucker.

Saponin,  $C_{32}H_{54}O_{18}$ , oder Senegin, aus der Seifen- und Senegawurzel, eine farblose, amorphe Masse von kratzendem Geschmack; als Staub Niesen erregend; macht grosse Mengen von Wasser stark schäumend und zerfällt durch Kochen mit Säuren in Chinovin (ein eigenthümlicher Bitterstoff der Chinarinden) und Zucker.

Solanin,  $C_{43}H_{71}NO_{16}$ , in mehren Solanumarten, vorzüglich in den jungen, weissen Kartoffelkeimen; farblose Krystallchen, bitter, schwach basisch, narkotisch-giftig, doch nicht so stark, als man bisher glaubte; durch verdünnte Säuren spaltbar in Solanidin und Zucker.

Noch gehören hierher: Arbutin, aus den Blättern der Bärentraube; Convolvulin und Jalappin, aus der Jalappenwurzel; Daphnin, aus der Seidelbastrinde; Digitalin, aus dem Fingerhutkraut; Fraxin, aus der Eschenrinde; Glycyrrhizin, aus der Süssholzwurzel; Helleborin, aus der grünen und schwarzen Niesswurzel; Ononin, aus der Wurzel der Hauhechel und andere. Auch von den Bitterstoffen und Farbstoffen gehören einige zu den Glycosiden.

Die meisten Glycoside bestehen aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff; Amygdalin und Solanin enthalten aber auch noch Stickstoff und die Myronsäure Stickstoff und Schwefel in chemischer Verbindung.

### Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

**768. Gerbsäuren.** Gerbsäuren (Gerbstoff, Tannin) nennt man im Allgemeinen die ungemein häufig in den Pflanzen, besonders in den Rinden der Bäume, verbreiteten Stoffe, welche diesen den bekannten herben und zusammenziehenden Geschmack ertheilen. Man hat sie als schwache Säuren anzusehen, weil sie sauer reagiren und im Stande sind, sich mit Basen zu verbinden. Die meisten derselben lassen sich durch Säuren in Zucker und andere organische Verbindungen spalten und deshalb zählt man sie jetzt zu den Glycosiden. Sie sind in Wasser und Weingeist löslich, und gehen mit Leim und leimgebenden Gebilden unlösliche Verbindungen ein; Leimlösung wird deshalb durch sie gefällt und thierische Haut in Leder umgewandelt oder gegerbt. Ebenso geben sie mit Eiseoxyd unlösliche, meist blauschwarze oder grüne Verbindungen. Nach den Pflanzen, in welchen sie vorkommen, pflegt man zu unterscheiden: Gallusgerbsäure, Catechu-, China-, Kaffeegerbsäure, Pinitannsäure etc. Am genauesten bekannt ist die erste, der Galläpfel-Gerbstoff.

**769. Gallusgerbsäure oder Tannin,  $C_{14}H_{10}O_9$ .** Diese Säure findet sich besonders reichlich in den gewöhnlichen und den sogenannten chinesischen Galläpfeln, dem Sumach oder Schmack und anderen. In reinem Zustande bildet sie eine farblose amorphe Masse, die sich sehr leicht in Wasser und Weingeist auflöst. In der Galläpfeltinctur (655) macht sie den Hauptbestandtheil aus. Zwei Eigenschaften sind es hauptsächlich, welche diese Gerbsäure charakterisiren und zu einem für's gewerbliche Leben überaus wichtigen Körper gestempelt haben:

a) Sie giebt mit Eiseoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag von gerbsaurem Eiseoxyd (405) und wird deshalb allgemein zum Grau- und Schwarzfärben von Zeugen aller Art, zur Bereitung von Tinte etc. angewendet.

b) Weiter verbindet sie sich, wie auch die anderen Arten von Gerbsäure, mit der thierischen Haut zu einer im Wasser unlöslichen, der Fäulniss nicht mehr unterworfenen Verbindung, zu Leder; daher der Name Gerbstoff; daher die ausgedehnte Benutzung der gerbstoffhaltigen Pflanzenteile (Eichen-, Fichten-, Birkenrinde etc.) in den Lohgerbereien. Die alkalischen Salze saugen, gelöst, begierig Sauerstoff ein und färben sich roth und braun. Durch Kochen mit verdünnten Säuren spaltet diese Gerbsäure sich in Zucker und Gallussäure.

Die in der Eichenrinde neben der Gallussäure enthaltene Eichenrindengerbsäure erfährt durch verdünnte Säuren eine Spaltung in Zucker und Eichenroth, ähnlich wie die Chinagerbsäure der Chinarinden, welche bei gleicher Behandlung in Zucker und Chinaroth zerfällt.

Zu den Gerbsäuren gehören ferner: die Catechusäure und Catechugerbsäure, die Kinogerbsäure, die Moringerbsäure (776), die Ratanhiagerbsäure, die Kaffeegerbsäure und andere.

**770. Gallussäure,  $C_7H_6O_5$ .** Bleibt eine Auflösung von Gallusgerbsäure lange Zeit an der Luft stehen, so verwandelt sich die letztere in Gallussäure; ebenso, wie nur bemerkt, durch Einwirkung verdünnter Säuren. Die Gallussäure ist in weissen Nadeln oder Säulen krystallisirbar; ihre Lösung giebt, wie die der Gerbsäure, mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag, wirkt aber nicht gerbend auf die Thierhaut; auf Gold- und Silberlösung wirkt sie reducirend und scheidet die Metalle regulinisch daraus ab. Bis zum Schmelzen erhitzt, spaltet sie sich in Kohlensäure und Pyrogallussäure.

Pyrogallussäure,  $C_6H_6O_3$ , krystallisirt bei der Sublimation der Gallussäure, wie des Galläpfel-Gerbstoffs, in glänzenden Blättern. Sie besitzt die Eigenschaft, in alkalischer Lösung Sauerstoff einzusaugen, sowie Gold- und Silbersalze zu reduciren, in noch weit höherem Grade als die Gallussäure und findet deshalb bei Gasanalysen wie in der Photographie Anwendung.

**771. Gerbmaterien.** Als gerbstoffreiche Färbe- und Gerbmaterien kommen hauptsächlich folgende im Handel vor:

a) **Galläpfel.** Sie entstehen auf den Eichenblättern durch den Stich eines Insectes. Die besten kommen aus Kleinasien

(Aleppische) und bestehen beinahe zur Hälfte aus Gerbsäure; geringhaltigere Sorten beziehen wir aus Italien und Ungarn (Knopern). Die an unsren Eichen wachsenden Galläpfel enthalten nur wenig Gerbsäure.

b) Chinesische Galläpfel, hohle, knollenartige, grau röthliche Pflanzengebilde (aus erhärtetem Baumsaft gebildete Blattlausblasen), die bis zu 70 Proc. Gerbsäure enthalten; bilden erst in neuerer Zeit einen Handelsartikel.

c) Catechu, das braune, trockne Extract der indischen Catechu-Acacie, wird jetzt sehr häufig in den Färbereien und Druckereien zur Erzeugung von braunen Farben, zuweilen auch zum Gerben von Häuten benutzt.

d) Kino, das braunschwarze Extract eines ostindischen Baumes.

e) Sumach oder Schmack, die gemahlenen Blätter mehrerer Rhus-Arten; sehr wichtig für die Färberei.

f) Divi-Divi, die Samenkapseln einer afrikanischen Pflanze.

g) Bablah, die Schoten einer ostindischen Mimosenart.

h) Granatschalen, Wallnusssschalen etc. etc.

i) Baumrinden, als: von Eiche, Erle, Birke, Weide, Fichte etc.

### Bitterstoffe.

772. Die meisten bitteren Pflanzen und Pflanzentheile enthalten besondere Stoffe, in welchen die Ursache ihres bitteren Geschmackes zu suchen ist. Mehre dieser Bitterstoffe sind bereits in reiner, krystallisirter Gestalt dargestellt, sie treten dann als indifferente, ternäre, aus C, H und O bestehende Verbindungen auf. Die in Wasser unlöslichen zeigen den bitteren Geschmack erst dann deutlich, wenn man sie in Weingeist, Aether etc. aufgelöst hat.

Die bekannteren Bitterstoffe sind:

Aloin,  $C_{17}H_{18}O_7$ , der purgirend wirkende Bestandtheil der Aloe; farblose Krystallnadeln, die anfangs süßlich, später sehr bitter schmecken.

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

45

**Cantharidin**,  $C_6H_6O_2$ , der blasenziehende Bestandtheil der spanischen Fliegen; farblose Krystallblättchen, in Wasser unlöslich, in Aether leicht löslich, sehr giftig (726).

**Centaurin**, aus dem Tausendgüldenkraute; bis jetzt nur als Extract bekannt.

**Cetrarsäure**, aus dem sogenannten isländischen Moose; feine weisse Nadeln von intensiv bitterem Geschmack.

**Columbin**, aus der Columbowurzel; farblose Prismen von intensiv bitterem Geschmack.

**Gentianin** oder **Gentianasäure**, aus der Enzianwurzel; geschmacklose Krystallnadeln, also nicht die Ursache des bitteren Geschmacks dieser Wurzel.

**Imperatorin** oder **Peucedanin**, aus der Meisterwurzel; zerfällt beim Kochen mit Alkalien in **Angelikasäure** und **Oreoselin**.

**Pikrotoxin**, aus den Kokkelskörnern; farblose Nadeln und Blättchen; äusserst bitter und betäubend-giftig.

**Quassia**, aus dem Quassienholze; farblose, höchst bittere Krystallblättchen, die beim Schmelzen in eine harzähnliche Masse übergehen.

**Santonin**,  $C_{15}H_{18}O_3$ , oder **Santonsäure**, der wirksame Bestandtheil des Wurmsamens; sehr glänzende, farblose Prismen, welche am Lichte bald gelb werden und schwach bitter schmecken.

**Coniferin**, schwach bitter schmeckend, ist in weissen, seidenglänzenden Krystallen aus dem Cambialensaft der Coniferen zu erhalten und hat dadurch ein grosses Interesse gewonnen, dass es bei der Einwirkung von Emulsin sich in Traubenzucker (es ist also ein Glycosid) und eine krystallisirbare Substanz spaltet, welche sich durch Oxydation in **Vanillin**,  $C_8H_8O_3$ , den aromatischen Stoff der Vanilleschoten, überführen lässt. Der auf letzteren häufig vorkommende Nadelbeschlag besteht aus Vanillin und Vanillinsäure.

Noch gehören hierher: **Athamantin**, aus den Wurzeln und den Samen der Bergpetersilie; **Anthiarin**, einer der giftigen Bestandtheile des Upasgiftes; **Betulin**, aus der Birkenrinde (747); **Helenin**, aus der Alantwurzel; **Larixin**, aus der Rinde des Lärchenbaumes; **Olivil**, aus dem Gummi des Olivenbaumes; **Scoparin**, aus dem Besenpfriemenkraut; **Smilacin**, aus den Sarsaparillwurzeln und andere.

## XX. Farbstoffe oder Pigmente.

773. Wenn die eigenthümlichen Stoffe, die man, ähnlich wie die im vorigen Abschnitte besprochenen Glycoside und Bitterstoffe, in gewissen Pflanzen antrifft und aus ihnen abscheidet, gefärbt sind oder durch Einwirkung anderer Stoffe farbig werden, so nennt man sie Farbstoffe oder Pigmente. Von den Farben der Blumen sind die meisten so überaus vergänglich, dass sie beim Welken und Trocknen derselben verblassen und vergehen; besonders schnell dann, wenn sie zugleich dem Sonnenlichte ausgesetzt werden (Verschiessen). Dasselbe geschieht, wenn man den färbenden Stoff durch Auspressen oder auf andere Weise auszuziehen oder abzuscheiden versucht. Einige wenige Pflanzen nur enthalten farbige Säfte von solcher Beständigkeit, dass sie vom Lichte schwieriger und langsamer zerlegt werden und sich ausziehen und dann zum Färben anderer Stoffe benutzen lassen. Durch Chlor oder schweflige Säure werden jedoch auch diese Farben in Weiss umgeändert (gebleicht). Das Ausziehen kann in den meisten Fällen durch Wasser, zuweilen auch durch Weingeist oder andere Flüssigkeiten bewirkt werden. Wie bei den Glycosiden und Bitterstoffen, so ist es auch bei mehren Farbmaterien gelungen, den färbenden Stoff in krystallisirter Gestalt abzuscheiden; bei anderen dagegen kennt man ihn nur in der Form eines Extractes. Die Namen, welche man diesen Farbstoffen gegeben hat, endigen sich gleichfalls meistens in „in“; viele derselben verhalten sich wie schwache Säuren.

## Rothe und violette Farbmaterien.

774. Von den natürlich vorkommenden sind die bekannteren:

Krapp ist die gemahlene Wurzel der Färberröthe. Die frische Wurzel sieht gelb aus und enthält einen gelbrothen Farbstoff: Ruberythrinsäure oder Rubian, ein Glycosid, welches

durch ein in der Wurzel zugleich enthaltenes Ferment in Alizarin und Zucker zerfällt. Hierdurch färbt sich die Wurzel nach und nach roth und liefert nun das Material zur Herstellung ächter, rother Zeug- und Deckfarben, z. B. des brillanten Türkischroths, des Krapplacks u. a. Das Alizarin oder Krapproth,  $C_{14}H_8O_4$ , welches man jetzt aus Anthracen,  $C_{14}H_{10}$ , einem festen Kohlenwasserstoff des Steinkohlentheers, künstlich nachzubilden versteht, krystallisiert in gelbrothen Prismen, ist löslich in kochendem Wasser und wird durch Alaun mit schön rother Farbe aus der Lösung niedergeschlagen. Gleiches gilt von dem zweiten Farbstoff des Krapps, dem Purpurin, in welchen das Alizarin nach und nach übergeht. Der frische Krapp enthält Ruberythrinsäure, der ältere Ruberythrinsäure und Alizarin, der sehr alte Alizarin und Purpurin. Zur Erleichterung des Transportes und Beschleunigung der Alizarinbildung verkohlt man den Krapp häufig mittelst Schwefelsäure, welche den Farbstoff nicht angreift (Garancine).

**Rothholz** (Fernambuk- oder Brasilienspäne), das zerkleinerte Kernholz mehrer südamerikanischer Bäume, giebt auf Zeugen ein schönes, aber wenig dauerhaftes (unäcktes) Roth. Weiterer Gebrauch zur Bereitung der rothen Tinte, des Kugel- oder Wienerlacks etc. Farbstoff: Brasilin, krystallisirbar in gelbrothen Nadeln, leicht löslich in Wasser.

**Safflor**, die Blüthen des wilden Safrans, werden zur Erzeugung eines prächtigen Rosenroths (Tassenroth) benutzt, welches in der Seidenfärberei und als Schminke Anwendung findet. Farbstoff: Carthamin, löslich in Wasser.

Die Alkannawurzel enthält in ihrer Rinde einen harzähnlichen, also in Wasser nicht löslichen Farbstoff (Anchusin), mit dem man Zeuge violett, Weingeist, Oele, z. B. Steinöl, und Fette, z. B. Lippenpomade, aber rosenroth färbt.

**Sandelholz**, das zu Pulver zermahlene, blutrothe Holz eines ostindischen Baumes, enthält ebenfalls einen rothen, in Weingeist löslichen Farbstoff, Santalin oder Santalsäure.

Die in vielen Früchten, z. B. Kirschen, Himbeeren etc., vorkommenden rothen Pigmente besitzen eine sehr geringe Dauerhaftigkeit und werden nur zum Färben von Esswaaren, Liqueuren etc. angewendet.

Die Cochenille ist ein getrocknetes Insect, das aus Mexiko zu uns gebracht wird. Aus ihm wird der bekannte rothe Carmin und Carminlack, in den Färbereien aber ein ausgezeichnetes Scharlach- und Purpurroth dargestellt. Farbstoff: Carmin-säure, eine purpurrothe, amorphe Masse, welche durch verdünnte Säuren in Carminroth und Zucker gespalten wird.

Lac-Lac oder *Lac-dye*, eine schwarzrothe, harzige Masse, die bei der Bereitung des Schellacks (747) gewonnen wird, enthält einen der Carminsäure sehr ähnlichen, rothen Farbstoff.

775. Auf künstlichem Wege producirt rothe Farbmaterialien sind:

Anilinroth. Statt durch die theure Cochenille producirt man jetzt prachtvolle rothe und violette Farben, insbesondere auf Wolle und Seide, durch salzsäures und essigsäures Rosanilin und andere Verbindungen dieser merkwürdigen, aus dem Anilin des Steinkohlentheers künstlich erzeugten Basis (579).

Orseille und Persio. Diese gewöhnlich in Teigform, seltener als Pulver im Handel vorkommenden Färbemittel sind gleichfalls Kunstproducte, deren sich die Seidenfärberei zur Herstellung schöner rosarother und violetter Farben bedient. Sie werden aus mehreren unansehnlichen grauen Flechten, die in England, Frankreich und anderen Orten an Felsen wachsen, auf eigenthümliche Weise dargestellt, indem man diese, fein gemahlen, mit Urin an einem warmen Orte längere Zeit faulen lässt, bis sie eine Purpurfarbe angenommen haben. Farbstoff: Orcein, ein braunes, stickstoffhaltiges Pulver, welches von Ammoniak und Alkalien mit schön violettrother Farbe gelöst wird. Die Bildung desselben aus den Flechten geht in zwei Acten vor sich. Die Flechten enthalten verschiedene eigenthümliche, stickstofffreie, farblose Säuren: Erythrinsäure, Orselläure, Orselinsäure und andere, welche sich leicht zersetzen und als ein gemeinsames Zersetzungssproduct, neben anderen, Orcin liefern. Das Orcin,  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$ , krystallisiert in farblosen Prismen und ist ebenfalls stickstofffrei, es geht aber, bei Gegenwart von Ammoniak, Sauerstoff und Wasser, unter Stickstoffaufnahme, in Orcein,  $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_3$ , über. Nachdem man diese Vorgänge und die Wirkungsweise des Ammoniaks erkannt, benutzt man zur Orseille-

bereitung direct ammoniakhaltiges Wasser, statt das Ammoniak durch Faulen von Urin entstehen zu lassen.

### Gelbe Farbmaterialeien.

#### 776. Als solche kommen im Handel vor:

Gelbholz ist das zerkleinerte Stammholz eines in Westindien wachsenden Maulbeerbaumes. Farbstoff: Moringerbäure oder Maclurin, ein gelbliches, krystallinisches Pulver, in Wasser leicht löslich.

Quercitron, ein nankinggelbes, mit zerrissenen Fasern gemengtes Pulver, wird von der Rinde der nordamerikanischen Färbereiche gewonnen. Farbstoff: Quercitrin, ein gelbes, krystallinisches Pulver, durch Säuren spaltbar in Quercitin und Zucker.

Kreuzbeeren, Persiche, oder Gelbbeeren, sind die unreif abgenommenen Früchte des in warmen Ländern wachsenden Kreuzdorns. Farbstoff: Chrysorhamnin und Xanthorhamnin. Die chinesischen Gelbbeeren enthalten Melin.

Wau wird die nach dem Abblühen getrocknete, wilde Resedapflanze genannt. Farbstoff: Luteolin, krystallisirbar in gelben Nadeln, in Wasser löslich.

Die vier erwähnten Farbmaterialeien werden hauptsächlich zur Gelbfärberei benutzt; neuerdings auch die Pikrinsäure (580), das Anilingelb oder Chrysanilin und Anilinorange (579).

Orlean kommt als ein braunrother Teig vor, der aus den Früchten des Orleanbaumes dargestellt wird, und enthält zwei Farbstoffe, einen gelben und einen rothen. Der erstere löst sich auf, wenn man den Orlean mit Wasser kocht, der letztere beim Kochen desselben mit schwacher Lauge (Orellin).

Curcuma, die Wurzel einer amerikanischen Pflanze, ist sehr reich an einem harzigen, gelben Pigmente, welches durch Alkalien braunroth wird. Damit gefärbtes Papier kann deshalb, ebenso wie das rothe Lackmuspapier, zur Erkennung von Alkalien gebraucht werden. Farbstoff: Curcumin, eine amorphe, gelbe Masse.

Purrée, eine neuerdings aus China importirte gelbe Farbe, enthält Euxanthinsäure als Farbstoff und besteht in der Hauptsache aus euxanthinsaurer Magnesia.

Safran besteht aus den getrockneten Staubwegen der Crocusblume. Seine Anwendung zum Gelbfärben von Esswaaren und Liqueuren ist bekannt genug (Polychroit).

### Grüne Farbmaterialeien.

777. Blattgrün oder Chlorophyll. Dasselbe gehört zu den verbreitetsten Stoffen des Pflanzenreichs, da es in allen Pflanzenteilen vorkommt, welche eine grüne Farbe besitzen. So wie es in den mikroskopischen, grünen Chlorophyllkügelchen der Pflanzen angetroffen wird, ist es ein Gemenge von mehren noch nicht genau bekannten Farbstoffen, Proteinstoffen und Wachs. Dass es vom Wasser nicht aufgelöst wird, bedarf kaum der Erwähnung, denn ausserdem müsste das Wasser grün werden, wenn es über Wiesen hinwegfliesst. Die ausgepressten Kräutersäfte sind zwar grün, man kann aber an ihrer Undurchsichtigkeit schon erkennen, dass das Blattgrün darin nur mechanisch mit der Flüssigkeit gemengt ist; noch deutlicher erfährt man dies durch das Ausscheiden desselben, wenn sie einmal aufgekocht werden oder einige Zeit ruhig stehen bleiben. Giesst man dagegen Weingeist, Aether oder dünne Lauge auf grüne Blätter, so erhält man grüne Auflösungen; daher haben auch alle aus Blättern oder Stengeln dargestellten Tincturen der Pharmacie eine grüne Farbe. Die grüne Farbe zeigt sich nur in den Pflanzenteilen, welche dem Lichte ausgesetzt sind; wir sehen daraus, dass die chemische Verbindung, welche wir Chlorophyll nennen, sich nur unter Mitwirkung des Lichtes erzeugt. Aus den Pflanzen abgeschieden, wird dieser Farbstoff sehr bald zersetzt; er eignet sich daher gar nicht dazu, um andere Körper, ausser etwa Liqueure und andere Flüssigkeiten, damit zu färben. Durch Behandlung mit starker Salzsäure und Aether trennt er sich in einen gelben Farbstoff (Phylloxanthin), der sich in Aether löst, und in einen blauen (Phyllocyanin), der von der Salzsäure aufgenommen wird. In den Blättern selbst wird das Blattgrün im Herbste, wahr-

scheinlich durch einen Oxydationsprocess, in Blattgelb- oder Blattrot umgeändert.

Saftgrün ist ein aus dem Saft der Kreuzbeeren mit Zusatz von Alaun dargestelltes Extract. Anilingrün s. 579.

### Blaue Farbmaterialeien.

**778. Indigo.** Mehre Pflanzen heißer Klimate enthalten einen farblosen Saft, aus dem sich beim Stehen an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff, ein blauer Schlamm absetzt, welcher nach dem Trocknen den bekannten Indigo darstellt. Man erhält diesen wissenschaftlich und technisch sehr wichtigen Körper im Handel gewöhnlich in schwarzblauen, lose zusammenhängenden Stücken, die beim Reiben mit dem Fingernagel einen kupferrothen Glanz annehmen. Der prächtig blaue Farbstoff desselben wird Indigblau (Indigotin) genannt; durch vorsichtige Sublimation lässt er sich in glänzenden, kupferfarbigen Prismen darstellen. Ausser diesem enthält der rohe Indigo noch andere fremdartige Stoffe, als: Indig-Leim, -Braun, -Roth etc.

Der Indigo ist in Wasser, Weingeist, Aether etc. ganz unauflöslich; unter den bekannteren Flüssigkeiten giebt es nur eine, die ihn aufzulösen vermag, die rauchende Schwefelsäure (213). Dabei vereinigt das Indigblau sich chemisch mit der Schwefelsäure zu einer blauen, in Wasser löslichen Verbindung, die den Namen Indigblauschwefelsäure (Sulfindigsäure) erhalten hat. Was wir Indigntinctur nennen, ist also der Hauptsache nach ein Gemenge von Wasser, Indigblauschwefelsäure und freier Schwefelsäure. Auf Zeugen stellt man in den Färbereien mit solcher Indiglösung das sogenannte sächsische Blau dar.

Die Indigblauschwefelsäure verbindet sich, ganz auf dieselbe Weise wie eine einfache Säure, mit Basen zu Salzen; man sah diese Verbindung daher als eine gepaarte an (568). Das bekannteste von diesen Salzen ist das indigblauschwefelsaure Kali (blauer Carmin), welches man als einen tiefblauen Niederschlag erhält, wenn die Indigschwefelsäure mit Kali neutralisiert wird. Der blaue Carmin ist zwar in reinem Wasser auflöslich, nicht aber in salzhaltigem.

Zersetzung des Indigos. Durch Einwirkung starker Agentien liefert der Indigo sehr verschiedene Zersetzungspoducte, welche das manichfachste wissenschaftliche Interesse bieten. So erhält man aus ihm durch Salpetersäure, Chromsäure und andere Sauerstoff leicht abgebende Körper: Isatin, Pikrinsäure u. a.; so durch Behandlung mit Kali: Anilin, Salicylsäure u. a.; so durch Behandlung mit Chlor: Chlorisatin, Chloranil u. a.

Indigweiss. Auf eine andere Weise, als oben angegeben, gelangt man dahin, den Indigo löslich und zugleich farblos zu machen, wenn man ihn bei Gegenwart einer Basis mit Wasserstoff *in statu nascendi*, oder überhaupt mit reducirenden Körpern, z. B. mit Eisenoxydul, Zinnoxydul etc., zusammenbringt. Das Indigblau,  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ , wird dann durch Aufnahme von Wasserstoff zu Indigweiss,  $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$ .

Kalte Küpe. Versuch. Man reibe 1 Grm. feingepulverten Indigo mit 2 Grm. Eisenvitriol und 3 Grm. gelöschem Kalk zusammen, schütte das Gemenge in ein Glas von circa 80 CC. Inhalt, das man nachher voll Wasser füllt und gut zustöpselt und lasse es einige Tage stehen: der Indigo verliert allmälig seine blaue Farbe und löst sich zu einer klaren, gelblichen Flüssigkeit auf. Der die Entfärbung bewirkende Körper ist das Eisenoxydul, welches durch den Kalk aus dem Eisenvitriol ausgeschieden wird. Dieses nimmt von einem Theil Wasser Sauerstoff auf, während der Wasserstoff des Wassers mit dem Indigblau zu Indigweiss zusammentritt, welches sich in Kalkwasser auflöst (in reinem Wasser ist es unlöslich). So wie die klare Flüssigkeit an die Luft kommt, zieht sie Sauerstoff an und wird blau, indem das Indigweiss durch Wasserstoffentziehung wieder in Indigblau übergeht. Taucht man ein Stückchen Fliesspapier in dieselbe, so zieht es sich voll Indiglösung, und wird beim Trocknen an der Luft erst grün, dann blau, und das entstandene Blau haftet ganz fest, da es nicht auf, sondern in den Fasern des Papiers festsitzt. In den Färbereien heisst eine solche Indiglösung kalte Küpe.

Warm Küpe. Ein dritter Weg, den Indig löslich zu machen, ist der, dass man ihn zu einem Gemenge von Kleie, Waid und Krapp etc. mit heissem Wasser bringt, welches (unter Zusatz von Pottasche und Kalk) in Gährung übergegangen ist. Die Gährung ist theilweise eine saure, theilweise eine faulige;

zum Verlauf beider Processe wird Sauerstoff gebraucht, welcher zum Theil von dem Wasser entnommen wird, dessen Wasserstoff, wie oben, an das Indigblau tritt. Das erzeugte Indigweiss löst sich in der alkalischen Flüssigkeit auf (warme Küpe).

Waid ist eine bei uns einheimische Pflanze, die einen durch Säuren oder Gährung in Indigblau übergehenden Farbstoff (Indican) enthält und deshalb in der Wollfärberei Verwendung findet.

**779. Weitere blaue Farbmaterien: Anilinblau und Anilinviolett s. 579.**

Blauholz oder Campechenholz. Das unter diesen Namen vorkommende rothbraune Kernholz eines amerikanischen Baumes gehört zu den bekanntesten zum Blau-, Violett- und Schwarzfärben von Zeugen angewendeten Farbmaterien. Auch das an Ort und Stelle daraus bereitete Extract bildet einen Handelsartikel. Farbstoff: Hämatoxylin,  $C_{16}H_{14}O_6 + 3$  aq., in Wasser, Weingeist und Aether lösliche, gelbe Prismen von süßlichem Geschmack, welche von der geringsten Menge Ammoniak roth und später violett gefärbt werden, indem sich Hämatin-Ammoniak bildet. Thonerde giebt damit eine violette, Eisenoxyd eine blauschwarze, unlösliche Verbindung (Copirtinte).

Lackmus. Die unter diesem Namen vorkommenden blauen Würfel werden, ähnlich wie die Orseille, aus gewissen Flechten durch Faulenlassen mit Urin, unter späterem Zusatz von Kalk, Pottasche u. a. dargestellt. Durch diese basischen Zusätze wird der erst erzeugte rothe Farbstoff in einen blauen umgewandelt, der in Wasser leicht löslich ist und zur Bereitung der Lackmustinctur und des blauen Probirpapieres (48), wie als blaue Kalkfarbe, Verwendung findet. Säuren stellen durch Neutralisation der ersteren die ursprüngliche rothe Farbe wieder her.

**Versuche mit Farbstoffen.**

**780. In Weingeist lösliche Farbstoffe. Versuch a.** Man schütte eine Messerspitze voll Sandelholz auf ein Filtrum und giesse Weingeist darüber: der ablaufende Weingeist hat eine

rothe Farbe und färbt, auf einen Holzspan gegossen, diesen intensiv blutroth. Die Tischler wenden eine solche Lösung häufig zum Färben (Beizen) von Möbeln an. Eine rosenrothe Farbe bekommt der Weingeist, wenn man in ihn ein wenig Rinde von der Alkannawurzel wirft. Wasser zieht weder aus dem einen noch aus dem anderen dieser Materialien das rothe Pigment aus. Solche nur in Weingeist lösliche Farbstoffe werden harzartige genannt.

In Wasser lösliche Farbstoffe. *Versuch b.* Man kochte in einem Töpfchen 1) Gelbbeeren, 2) Rothholz und 3) Blauholz, jedes für sich, mit der zwölffachen Menge Wasser einige Zeit; die abgegossene Brühe wird bei 1. gelb, bei 2. röthlichgelb, bei 3. braunroth aussehen; Beweis genug, dass die in den gedachten Pflanzenteilen enthaltenen Farbstoffe sich in Wasser aufgelöst haben. Die Färber nennen solche Farbebrühen Flotten.

Lackfarben. *Versuch c.* Die erhaltenen Farbebrühen werden in zwei Hälften getheilt. In der einen Hälfte löse man in jedweder etwas Alaun auf und versetze die Lösung dann so lange mit einer Pottascheauflösung, als ein Niederschlag entsteht. Aus 365 ist schon bekannt, dass hierbei Thonerdehydrat, und mit diesem verbunden zugleich der Farbstoff sich niederschlägt, und dass man diese Niederschläge Lackfarben nennt. Der aus den Gelbbeeren gewonnene Lack kommt im Handel unter dem Namen Schüttgelb, der aus Rothholz dargestellte als Wiener- oder Kugellack vor.

Färben. *Versuch d.* Man bereite sich eine Lösung von Alaun (a), eine andere von Zinnsalz (b), eine dritte von Eisenvitriol (c), eine vierte von Pottasche (d), eine fünfte von Weinsäure (e), und tränke mit jeder ein Blatt von weissem Fliesspapier. Nach dem Trocknen wird jedes Blatt in drei Streifen zerschnitten und der eine davon mit Gelbholz-, der andere mit Rothholz-, der dritte mit Blauholzbrühe bestrichen und abermals getrocknet; man wird finden, dass ein und derselbe Farbstoff auf jedem der fünf Papiere eine andere Farbe oder Farbennüance zeigt. Ganz unansehnlich wird die letztere erscheinen, wenn man blosses Fliesspapier mit den Farbebrühen bestreicht (f). Legt man nun die gefärbten und getrockneten Papiere in warmes Wasser, so wird sich aus den drei letzten Proben (d, e, f) die

Farbe grössttentheils wieder auflösen, nicht aber aus den ersteren (a, b, c).

**Beizen.** Solche Salze, welche, wie Alaun, Zinnsalz und Eisenvitriol, die Fähigkeit haben, mit den Farbstoffen unlösliche und in den Fasern der Zeuge festhaftende Verbindungen einzugehen, werden **Beizen** oder **Mordants** genannt und in den Färbereien und Druckereien allgemein angewendet, um die Pigmente auf den verschiedenen Stoffen, z. B. auf Seide, Wolle, Baumwolle, Leinen etc., zu fixiren. Was die Färbung bewirkt, ist eine unlösliche Lackfarbe, d. h. eine Verbindung des Farbstoffs mit Thonerde, Zinnoxyd oder Eisenoxyd, die aber, wenn sie festhaften soll, erst in den Poren der Faserstoffe gebildet werden muss. Bildet sie sich ausserhalb derselben, so bedeckt sie die Fasern nur äusserlich und haftet dann nur mechanisch auf denselben; eine solche Farbe lässt sich durch Reiben und Klopfen, sowie durch Waschen, von den Stoffen wieder entfernen.

**Drucken.** Auf gleiche Weise, wie beim Färben, verfährt man in der **Zeugdruckerei**, nur mit dem Unterschiede, dass man die Beizen hier nur stellenweise aufträgt, oder sie, dafür das Zeug im Ganzen gebeizt wurde, stellenweise wieder wegnimmt (262). Kommt ein so behandeltes Gewebe dann in Farbebrühen, so schlägt sich der Farbstoff nur an den gebeizten Stellen nieder und man erhält, statt einer ununterbrochenen, gleichmässigen, eine unterbrochene, gemusterte Färbung.

## XXI. Natürliche Pflanzenbasen oder Alkaloide.

**781. Eigenschaften.** In 765 wurde schon erwähnt, dass manche Pflanzen eigenthümliche Stoffe enthalten, die sich ähnlich wie die unorganischen Basen, mit Säuren zu Salzen vereinigen können; man fasst diese zusammen unter dem Namen: **natürliche Pflanzenbasen**, zur Unterscheidung von den unzähligen organischen Basen, welche die neuere Chemie auf künst-

lichem Wege zu erzeugen gelehrt hat (789). Viele derselben zeigen auch, den Alkalien ähnlich, eine basische Reaction gegen rothes Probirpapier, daher die zweite Benennung: Alkaloïde. Wie die organischen Säuren sich zu den unorganischen Säuren verhalten, so verhalten sich die organischen Basen zu den unorganischen Basen: sie sind gewöhnlich aus vier Elementen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff), selten aus drei ohne Sauerstoff) zusammengesetzt (die unorganischen nur aus zwei Elementen); sie verkohlen und verbrennen in der Hitze (die unorganischen nicht); sie erleiden bei Gegenwart von Wasser und Wärme eine Zersetzung durch Fäulniss (die unorganischen nicht). Charakteristisch für sie ist, dass sie alle Stickstoff in ihrer Mischung enthalten; man hat sie deshalb früher für gepaarte Ammoniak- oder Amidverbindungen angesehen. Die sauerstofffreien Alkaloïde sind flüchtig, die sauerstoffhaltigen nichtflüchtig.

**Löslichkeit der organischen Basen.** Fast alle Basen dieser Art lösen sich schwer oder gar nicht in Wasser, leichter dagegen in Weingeist, Aether, Chloroform, Benzol etc.; diese Lösungen zeigen dann gewöhnlich einen sehr bittern Geschmack. Mit Säuren verbunden, als Salze, lösen sie sich in der Regel viel leichter in Wasser auf als in isolirtem Zustande. Durch Gerbsäure, Phosphormolybdänsäure, Platinchlorid und Quecksilberoxyd werden sie aus ihren Lösungen niedergeschlagen. Gerbsäurehaltende Flüssigkeiten, z. B. Galläpfeltinctur, Abkochungen von grünem Thee oder Eichenrinde, bilden daher wirksame Gegenmittel bei etwa durch sie veranlassten Vergiftungsfällen.

**782. Vorkommen und Darstellung.** Die meisten der bis jetzt bekannten Alkaloïde stammen von solchen Pflanzen her, die sich durch Giftigkeit oder doch durch eine besondere Heilkraft auszeichnen, und man kann annehmen, dass sie es vorzugsweise sind, welche diesen Pflanzen ihre giftigen oder medicinischen Wirkungen ertheilen. Viele davon gehören zu den allerheftigsten und gefährlichsten Giften, in sehr geringen Gaben aber zu den kräftigsten Heilmitteln.

**Darstellung der Alkaloïde.** In den Pflanzen trifft man die Alkaloïde in der Regel mit Pflanzensäuren verbunden an. Um

sie von diesen zu trennen und aus den Pflanzenstoffen auszuziehen, pflegt man die letzteren gewöhnlich mit Wasser und einer Säure zu übergießen, die stärker ist als die Pflanzensäure und mit der Basis ein leichtlösliches Salz bildet (Salzsäure, Schwefelsäure etc.). Setzt man dann zu der sauren Lösung eine unorganische Basis (Kali, Ammoniak, Kalk, Magnesia etc.) hinzu, so wird die organische Basis ausgefällt. Ausser dieser Darstellungsart giebt es aber noch viele andere Bereitungsmethoden; sie sind sämmtlich umständlich und weitläufig, weil sich mit den Basen zugleich vielerlei andere Substanzen aus den Pflanzen ausziehen, die sich häufig genug nur durch mühsame Reinigungsoperationen entfernen lassen. Die flüchtigen Alkaloide werden durch Destillation mit Kali- oder Natronlauge abgeschieden und dann mit den Wasserdämpfen verdichtet.

#### Nichtflüchtige Pflanzenbasen.

**783. Opiumbasen.** In dem Opium, dem eingetrockneten Milchsaft der grünen Samenkapseln des Mohns, wurde 1806 von Sertürner die erste Pflanzenbasis entdeckt und Morphin genannt. Spätere Forschungen haben noch viele andere Basen, ferner einen indifferenten Stoff (Meconin) und eine eigenthümliche Säure (Meconsäure) aus demselben abgeschieden.

Morphin,  $C_{17}H_{19}NO_3 + aq.$ , bildet farblose, glänzende Prismen, schmeckt schwach bitter, wirkt narkotisch giftig, in kleinen Gaben schlafmachend und sonst heilkraftig und wird daher für sich, oder als essigsaurer oder salzsaurer Salz, als Arzneimittel vielfach angewendet. Ebenso auch das Apomorphin, d. h. Morphin, welchem man 2 H und 1 O entzogen hat. Eisenchlorid färbt die Morphinlösungen schön dunkelblau. Nächst dem Morphin, nach dessen Menge man die Güte der Opiumsorten bestimmt (sie schwankt zwischen 8 bis 14 Proc.), kommt das Narcotin in grösserer Menge im Opium vor; in sehr kleiner nur die übrigen, allerseits krystallisirbaren Basen: Narcein, Codein, Codamin, Thebain, Papaverin, Meconidin, Laudanin, Laudanosin, Protopin, Lanthopin und Cryptopin.

**784. Chinabasen.** In den in der Heilkunde benutzten Chinarinden kommen, neben Chinasäure, Chinagerbsäure und Chinaroth, zwei Alkaloide vor, Chinin und Cinchonin, welche, zumal das erstere, sehr wichtige Arzneimittel geworden sind. Die Königsrinde enthält vorherrschend Chinin (2 bis 3 Proc.), die graue Chinarinde vorherrschend Cinchonin.

Chinin,  $C_{20}H_{24}N_2O_2 + 3$  aq., pulverförmig, weiss, oder in seidenartig glänzenden Nadeln, von stark und nachhaltig bitterem Geschmack, bildet die Basis der Chininsalze, von denen das schwefelsaure Chinin,  $2(C_{20}H_{24}N_2O_2)H_2SO_4 + 7\frac{1}{2}$  aq., die verbreitetste medicinische Anwendung findet. Dasselbe kommt als eine weisse, lockere, aus zusammengehäuften, kurzen Nadeln bestehende Masse im Handel vor und ist sehr schwer löslich in Wasser; durch Zufügung von noch einmal soviel Schwefelsäure erhält man aber eine blau schillernde Lösung, indem sich saures schwefelsaures Chinin bildet.

Cinchonin krystallisiert in glänzenden Säulen, hat zwar grosse Aehnlichkeit mit dem Chinin und fast die gleiche Zusammensetzung ( $C_{20}H_{24}N_2O$ ), steht ihm aber an heilkräftiger Wirkung erheblich nach.

Das harzartige, braune, bei der Chininbereitung gewonnene Chinoïdin enthält zwei andere, dem Chinin und Cinchonin isomere und wahrscheinlich aus diesen entstandene Basen: Chinidin und Cinchonidin.

**785. Strychnosbasen.** Die unter den Namen Krähenaugen und Ignatiusbohnen bekannten Samen von Pflanzen aus der Familie der Strychneen, wie das aus diesen angefertigte malaische Pfeilgift, enthalten zwei Alkaloide: Strychnin und Brucin, ausgezeichnet durch ausserordentliche Giftigkeit und die Eigenschaft, Starrkrampf zu bewirken.

Strychnin,  $C_{21}H_{22}N_2O_2$ , farblose Säulen von unerträglich bitterem Geschmack, der auch die Salze desselben kennzeichnet. Von diesen ist das in farblosen Nadeln krystallisirende salpetersaure Strychnin das bekannteste, welches in Minimalgaben (bis höchstens zu 0,01 Grm.) als Arzneimittel Anwendung findet, bisher auch zum Vergiften von Füchsen, Ratten etc. benutzt werden durfte. Reibt man einen Tropfen Kaliumeisencyanid-

lösung und zwei Tropfen englischer Schwefelsäure in einem Porzellanschälchen durch einander und setzt der Mischung auch nur ein Stäubchen von Strychnin zu, so erscheint eine prachtvoll blaue Färbung, die bald in Violett und später in Roth übergeht und zur Erkennung und Unterscheidung des Strychnins von anderen Alkaloïden dient.

Brucin ist ein steter Begleiter des Strychnins und ihm sehr ähnlich, jedoch etwas weniger giftig. Durch starke Salpetersäure wird es roth gefärbt, Strychnin nicht.

**786.** Als sehr giftige Alkaloïde sind ferner anzuführen:

Atropin, aus der Belladonna und dem Stechäpfel, in feinen weissen Krystallnadeln, von unangenehm bitterem und scharfem Geschmack; es erweitert die Pupille am stärksten, doch scheint sich das neuerlichst aus der australischen *Duboisia myoporides* dargestellte Duboisin noch stärker zu erweisen.

Aconitin, aus dem Aconit oder Sturmhut, in dem es neben Aconitsäure vorkommt; ein weisses, körniges Pulver von scharf-bitterem Geschmack (0,0012 Grm. tödten einen Sperling).

Colchicin, aus der Zeitlose, sowie Emetin, aus der Ipecacuanha- oder Brechwurzel, erregen in kleinen Gaben eingenommen das heftigste Erbrechen.

Hyoscyamin, aus dem Bilsenkraute, seidenglänzende Nadeln von scharfem, widrigem Geschmack; bewirkt, in die Augen gebracht, eine Erweiterung der Pupille, wie das Atropin.

Physostigmin, aus der Calabarbohne, eine gelbe, amorphe, geschmacklose Masse, äusserst giftig; bewirkt eine starke Zusammenziehung der Pupille. Von gleicher Wirkung ist das Pilocarpin, ein Alkaloïd des brasiliianischen Jaborandi, der Blätter von *Pilocarpus pinnatus*.

Veratrin, aus der weissen Niesswurzel und dem Sabadillamen, ein weisses, krystallinisches Pulver; heftiges Niesen erregend, wenn es in kleinster Menge, als Staub oder Lösung, in die Nase gelangt (0,004 Grm. tödten eine Katze). In der weissen Niesswurzel kommt noch ein zweites Alkaloïd, Jervin, vor.

Coniin und Nicotin siehe unten.

787. Als nicht giftige Alkaloide sind zu nennen:

Asparagin,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$  + aq., im Spargel und vielen jungen Pflanzenstengeln, auch in den Runkelrüben, krystallisirt in vierseitigen Säulen und verbindet sich nicht nur mit Säuren, sondern auch mit Basen und kann auch als eine Amidoverbindung der Aepfelsäure angesehen werden. Durch salpetrige Säure erfährt es eine Zersetzung in Aepfelsäure, Stickstoff und Wasser. Mit Alkalien oder Säuren erhitzt, verwandelt es sich in Asparaginsäure und Ammoniak, so beim sogenannten Scheiden des Rübensaftes mit Kalk (619), daher findet sich auch in der Rübenmelasse Asparaginsäure.

Berberin, aus der Berberitzewurzel, Columbowurzel etc., in gelben Prismen von bitterem Geschmack; giebt mit Säuren gelbe, krystallisirbare Salze.

Caffein oder Thein, aus den Kaffeebohnen und dem grünen, schwarzen und Paraguay-Thee, worin es neben Gerbsäure (Kaffeegerbsäure) vorkommt, in langen, zarten, seidenähnlichen Krystallnadeln, von schwach bitterem Geschmack. Das Caffein ist, wenn überhaupt, eine so schwache Basis, dass seine Verbindungen mit Säuren schon durch Wasser zerlegt werden.

Cocaïn, aus den in Südamerika als anregendes, kraftgebendes Genussmittel benutzten Cocablättern, in farblosen Prismen, von schwach bitterem Geschmack.

Piperin, aus dem weissen, schwarzen und langen Pfeffer, in farblosen Prismen, ohne Geruch und Geschmack; die weinigste Lösung schmeckt jedoch scharf und pfefferartig, zweifelhafte oder doch sehr schwache Basis.

Theobromin, in den Cacaobohnen, ein weisses, krystallinisches Pulver von schwach bitterem Geschmack; ist dem Caffein homolog und in seinen Eigenschaften ihm sehr ähnlich.

Flüchtige Pflanzenbasen.

788. Von diesen sind nur wenige bekannt; sie haben ausser ihrer Flüchtigkeit noch das Gemeinsame, dass sie flüssig und destillirbar sind (776) und nur aus drei Elementen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, bestehen. Zu ihnen gehören:

Coniin,  $C_8H_{15}N$ , kommt in allen Theilen des Schierlings vor, am reichlichsten in den reifen Samen; eine farblose, ölahnliche Flüssigkeit von widrigem, durchdringendem, betäubendem Geruch und brennendem Geschmack; stark alkalisch reagirend und höchst giftig wirkend. In Wasser ist dasselbe schwer, in Weingeist leicht löslich. An der Luft zerlegt es sich, wie seine Salze, unter Braunwerden und Bildung von Ammoniak.

Nicotin,  $C_{10}H_{14}N_2$ , aus den Tabacksblättern, mit deren Güte abnehmend. So hat man in ordinären Tabacksorten 6 bis 8 Proc., in feinem Havannataback nur 2 bis 3 Proc. gefunden. Eine ölartige, farblose, bei längerer Aufbewahrung sich bräunende, stark alkalische Flüssigkeit von brennendem Geschmack und schwachem, beim Erhitzen betäubendem Tabacksgeruch; höchst giftig ( $\frac{1}{4}$  Tropfen tödte ein Kaninchen).

Spartein, aus dem Besenpfriemenkraut, ölartig, dickflüssig, farblos, stark alkalisch, von bitterem Geschmack und narkotischer Wirkung.

#### Künstliche organische Basen.

789. Von den durch den Lebensprocess im Pflanzenkörper gebildeten organischen Basen kann man bis jetzt noch keine künstlich nachbilden; man wird es können, wenn man die chemische Constitution derselben erst genauer erforscht hat. Dagegen ist man im Stande, neue organische Basen der verschiedensten Art auf künstlichem Wege hervorzubringen. So aus den natürlichen Alkaloiden selbst, wenn man diese (Chinin, Cinchonin, Strychnin) mit Kali destillirt; man erhält auf diese Weise die sogenannten Chinolinbasen, flüchtige, basische Flüssigkeiten, von denen einige mit denjenigen übereinkommen, welche sich bei der trocknen Destillation der Steinkohlen erzeugen und aus dem Steinkohlentheer abgeschieden worden sind (Pyridinbasen). Das Anilin ist eine der auf letzterem Wege gewonnenen Basen, das Toluidin eine zweite; aus beiden gemeinschaftlich entsteht durch oxydirende Substanzen das Rosanilin, deren Salze das herrliche Anilinroth liefern; Rosanilin hinwiederum tritt mit Aethyl und Phenyl zu neuen Basen zusammen, deren

Salze das sogenannte Anilinviolett und Anilinblau darstellen (579). Eine ganze Legion solcher Basen ist allein durch die Entdeckung zu Tage gekommen, dass die Alkoholradicale im Stande sind, von den Wasserstoffäquivalenten des Ammoniaks entweder eins, oder zwei, oder alle drei zu verdrängen und zu ersetzen (Aethylamin, Diäthylamin etc. 663).

Rückblick auf die Glycoside, Bitter- und Farbstoffe  
und Pflanzenbasen.

1) Ausser den allgemein verbreiteten Pflanzenstoffen kommen fast in jeder Pflanze noch eigenthümliche Stoffe vor, von denen in vielen Fällen die Wirkung, der Geschmack und die Farbe dieser Vegetabilien abhängen.

2) Gemengt mit mancherlei anderen Substanzen findet man diese eigenthümlichen Stoffe in den eingedickten Pflanzensaftten oder -Auszügen, in den sogenannten Extracten.

3) Manche derselben sind stickstofffrei, andere stickstoffhaltig, noch andere zugleich schwefelhaltig.

4) Extractivstoffe pflegt man diejenigen darunter zu nennen, welche indifferent sind und keine hervorstechende Farbe besitzen;

5) Farbstoffe diejenigen, welche sich durch ein besonderes Färbevermögen auszeichnen; die Pflanzenfarben werden durch Chlor zerstört.

6) Die Farbstoffe zeigen eine grosse Affinität zu einigen Basen; namentlich zur Thonerde und zu den Oxyden des Eisens und Zinns, und bilden damit unlösliche gefärbte Verbindungen (Lackfarben); in der Färberei und Druckerei erzeugt man diese unlöslichen Niederschläge in den Fasern der Garne oder Zeuge.

7) Die Pflanzenbasen können sich, ähnlich wie Kali oder Natron, mit Säuren zu Salzen verbinden; viele derselben zeigen auch eine alkalische Reaction; die meisten sind schwer löslich in Wasser, aber leicht löslich in Weingeist.

8) Die Pflanzenbasen kommen hauptsächlich in solchen Pflanzen vor, welche sich durch besondere Giftigkeit oder Heilkraft auszeichnen. Viele davon gehören zu den heftigsten Giften.

9) Alle natürlichen Pflanzenbasen enthalten Stickstoff; sie und die künstlichen Stickstoffbasen verhalten sich wie Abkömmlinge oder Derivate des Ammoniaks.

## XXII. Organische Säuren.

790. Die organischen Säuren finden sich viel häufiger und reichlicher in dem Pflanzenreiche, als die organischen Basen. Mehrere derselben kommen frei oder als saure Salze vor; daher der saure Geschmack, den wir an so vielen Pflanzenstoffen, namentlich an den unreifen Früchten, wahrnehmen. Häufig sind sie auch vollständig durch Basen neutralisiert, oder auch unlöslich, z. B. in den Harzen und Fetten, und in diesen beiden Fällen verrathen sie sich nicht durch den Geschmack. Ausser diesen natürlich vorkommenden Säuren sind noch sehr viele bekannt geworden, die man auf künstliche Weise aus anderen nicht sauren Pflanzenstoffen erzeugen kann; so stellt man aus Holz Essigsäure und Humussäure, aus Zucker Oxalsäure und Ameisensäure, aus Gummi Schleimsäure, Weinsäure etc., aus Weingeist Essigsäure, aus Fuselgeist Baldriansäure dar und andere mehr. Die allgemeinen Eigenschaften dieser Säuren sind schon früher (252 und flg.) angeführt worden.

791. Von den organischen Säuren sind die folgenden schon im Vorhergehenden, theils bei den Naturproducten, in welchen sie vorkommen, theils bei den Verbindungen, aus denen sie erzeugt werden, zur Betrachtung gelangt:

Weinsäure, als Gattungsbeispiel 253, in Verbindung mit Basen 292. 441. 522. Beim Schmelzen verwandelt sie sich in zwei isomere Säuren, Meta- und Isoweinsäure; bei der trocknen Destillation zerfällt sie in Brenzweinsäure und andere.

Die gewöhnliche Weinsäure lenkt die Ebene des polarisirten Lichtes rechts ab, Rechtsweinsäure; eine isomere Modifica-

tion derselben dreht dagegen das polarisirte Licht links, Linksw einsäure. Beide vereinigt geben Traubensäure, welche auf den polarisirten Lichtstrahl gar nicht einwirkt. Die Traubensäure kommt im Saft mancher Weintrauben mit der Weinsäure gemeinschaftlich vor; sie krystallisiert, wie diese, in farblosen, sehr sauer schmeckenden, rhombischen Prismen.

Oxalsäure, als Gattungsbeispiel 258, bei Cellulose 569, bei Stärke und Zucker 612, 624, bei dem Aethylenalkohol 666; in Verbindung mit Basen 294. Durch verschiedene Zersetzungsoperationen kann sie in Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure und andere übergeführt werden.

Essigsäure, als Gattungsbeispiel 263, durch Platinschwarz 491, durch Chromsäure 511, aus Pflanzenfaser 572, aus Weingeist 667. Aus ihr lassen sich durch Zerlegung, Substitution etc. manchfache neue Säuren herstellen.

Carbolsäure und Pikrinsäure, bei dem Steinkohlentheer, 580.

Humussäuren, bei der Pflanzenfaser 585.

Milchsäure, bei dem Stärkemehl 600, beim Milchzucker 627, bei der Milchsäuregährung 677.

Schleimsäure, bei dem Gummi und Pflanzenschleim 612, 614.

Pectinsäuren, bei dem Pectin 615.

Ameisensäure, beim Zucker 621, bei den Methylverbindungen 685.

Glycolsäure, bei dem Aethylenalkohol 666.

Aethylschwefelsäure, bei der Aetherbildung 658.

Buttersäure, bei der Milchsäuregährung 679, bei den Fettsäuren (718),

Baldriansäure, bei den Amylverbindungen 687.

Stearinsäure und andere Fettsäuren, bei den Fetten 715.

Acrylsäure, bei dem Glycerin 720.

Säuren in und aus ätherischen Oelen, 725.

Säuren in und aus Harzen, 746.

Myronsäure, Gerbsäuren, Gallussäure etc., bei den Glycosiden 767, 770.

Cetrarsäure, Gentianasäure, Santonsäure, bei den Bitterstoffen 772.

Ruberythrinsäure, Carminsäure, Orselläure und andere, bei den Farbstoffen 773.

Chinasäure, Meconsäure, Asparaginsäure und andere bei den Alkaloiden 781.

**792.** Von den anderweiten organischen Säuren mögen die folgenden hier noch eine Stelle finden. Die ersten zwei, Aepfelsäure und Citronensäure, gehören zu den sehr verbreiteten Säuren, sie sind es insbesondere, welche, nebst der Weinsäure, den sauren Geschmack des unreifen Obstes und vieler anderer Früchte veranlassen.

**Aepfelsäure**,  $C_8H_6O_{10}$  oder  $2HO, C_8H_4O_8 (C_4H_6O_5)$ , findet sich, ausser in sauren Aepfeln, unreifen Stachelbeeren, in den Vogelbeeren (Früchte der Eberesche) in reichlicher Menge und lässt sich aus dem Safte der letzteren am leichtesten darstellen. Sie ist zerfliesslich und daher schwer krystallisirbar. Beim Erhitzen verwandelt sie sich in Fumarsäure, die im Erdrauch natürlich vorkommt, und Wasser; durch Gährung und auf andren Wegen lässt sie sich in Bernsteinsäure, durch oxydirende Mittel in Malonsäure überführen.

**Citronensäure**,  $C_{12}H_8O_{14}$  oder  $3HO, C_{12}H_5O_{11} (C_6H_8O_7)$ , findet sich frei in dem Saft der Citronen; ausserdem auch in den Johannis- und Stachelbeeren und vielen anderen Früchten. Durch Abdampfen des Citronensaftes erhält man nur ein saures, braunes Extract, weil alle übrigen, nichtflüchtigen Bestandtheile des ersten mit zurückbleiben; neutralisiert man aber den Saft mit Kreide, so fällt schwer löslicher, citronensaurer Kalk nieder, während die fremdartigen Stoffe gösstentheils aufgelöst bleiben. Aus dem citronensauren Kalk erhält man durch Zersetzung mit verdünnter Schwefelsäure Gyps und eine Lösung von Citronensäure, die beim Abdampfen farblose, säulenförmige Krystalle liefert. Eine Mischung der angenehm sauer schmeckenden Citronensäure (oder auch Weinsäure) mit Zucker ist unter dem Namen Limonadenpulver bekannt. Durch gelindes Schmelzen geht die Citronensäure in Aconitsäure über, eine Säure, die man natürlich im Sturmhut, Rittersporn und Schachtelhalm findet und in höherer Temperatur sich weiter in Itaconsäure und Citraconsäure zersetzt.

Bernsteinsäure,  $C_8H_6O_8$  oder  $2HO, C_8H_4O_6 (C_4H_6O_4)$ , kommt im Bernstein und einigen Braunkohlen vor, wie auch in einzelnen Pflanzen und gewissen thierischen Flüssigkeiten; ausserdem bildet sie sich bei der Gährung von Äpfelsäure, bei der Gährung von Zucker (636), bei der Oxydation der Fette durch Salpetersäure etc. Sonst bereitete man sie allgemein durch trockne Destillation von Bernstein, wobei sie sich verflüchtigt; jetzt gewinnt man sie auch aus dem Saft der Vogelbeeren durch Gährung. Sie bildet farblose Prismen, die erhitzt schmelzen, kochen und unter Bildung von Husten erregenden Dämpfen verfliegen. Die Dämpfe bestehen aus wasserfreier Bernsteinsäure (Anhydrid) und Wasser. Bernsteinsäure und bernsteinsaures Ammoniak werden als Arzneimittel benutzt.

#### Gruppe der aromatischen Säuren.

793. Benzoësäure,  $C_{14}H_6O_4$  oder  $HO, C_{14}H_5O_3 (C_7H_6O_3)$ , findet sich fertig gebildet im Benzoëharz, Storax, Perubalsam, in der Vanille, im Waldmeister und Ruchgras und anderen, bildet sich aber auch auf mannichfache Weise bei chemischen Vorgängen, so aus dem Bittermandelöl durch freiwillige Sauerstoffaufnahme bei längerer Aufbewahrung (725) so durch Oxydation von Zimmtöl, Toluol und gewissen Benzolverbindungen, durch Spaltung von Populin (767) durch Zersetzung der Hippursäure u. a. m. Am gewöhnlichsten stellt man sie durch vorsichtige Sublimation des Benzoëharzes dar; neuerdings auch aus gefaultem Pferdeurin (Hippursäure). Die sublimirte hat die Form glänzender Blättchen, die aus Lösungen krystallisirte bildet weisse, farblose Nadeln. Erhitzt schmilzt, kocht und verdampft sie und liefert dabei Dämpfe, welche zum Husten reizen. Eingenommen wird sie in Hippursäure verwandelt und mit dem Urin aus dem Körper wieder abgeschieden. Destillirt man die Benzoësäure mit gebranntem Kalk, so erhält man Benzol,  $C_{12}H_6$  (577). Der Kohlenwasserstoff,  $C_{14}H_7$  (Benzyl), verhält sich, dem Aethyl ähnlich, wie ein Alkoholradical und giebt mit O Benzyläther, mit O, HO Benzylalkohol. Durch Entziehung von 2 H geht der letztere in Benzoylaldehyd (Bittermandelöl) und dieser durch Zufuhr von 2 O in Benzoylsäure oder Benzoësäure über, ganz in derselben

Weise wie der Aethylalkohol unter gleichen Verhältnissen in Acetaldehyd und Acetylsäure oder Essigsäure übergeführt wird.

794. Andere Säuren dieser Gruppe sind:

Zimmtsäure,  $C_9H_8O_2$ , kommt als Zimmtsäure-Benzyläther im Peru- und Tolubalsam und als Zimmtaldehyd im Zimmtöl vor; letzteres oxydirt sich nach und nach zu Zimmtsäure, die sich in farb- und geruchlosen Nadeln abscheidet. Sie verhält sich der Benzoësäure sehr ähnlich und verwandelt sich, mit Kalihydrat erhitzt, in diese und Essigsäure, durch concentrirte Salpeter-säure in Bittermandelöl und Benzoësäure.

Salicylsäure,  $C_7H_6O_3$ , krystallinisch, und Salicylaldehyd- oder salicylige Säure,  $C_7H_6O_2$ , ölartig, stehen der Benzoësäure sehr nahe und kommen in dem Gaultheriaöl und verschiedenen Spiräaarten vor, auch lassen sie sich aus dem Salicin durch Oxydation darstellen. Die Salicylsäure hat neuerdings als Antiseptikum, d. h. als ein Mittel, Gährung und Fäulniss aufzuhalten, vielfache Anwendung in der Heilkunde, zu äusserlichem und innerlichem Gebrauche, gefunden, und die grössere Nachfrage hat dahin geführt, das Phenol,  $C_6H_6O$ , in Salicylsäure umzuändern, indem man Natrium und Kohlensäure auf dasselbe einwirken lässt.

Cumarsäure,  $C_9H_8O_3$  und Melilotsäure,  $C_9H_{10}O_3$ , kommen natürlich in den Steinkleearten vor und werden künstlich aus dem Cumarin erzeugt. Das Cumarin,  $C_9H_6O_2$ , bildet den wohlriechenden Stoff der Melilotusarten, des Waldmeisters (Maitrank), des Ruchgrases und der Tonkabohnen; aus den letzteren kann es durch Ausziehen mit Weingeist und Abdampfen in farblosen, aromatisch riechenden Prismen erhalten, auch aus Salicin oder Salicylaldehyd dargestellt werden.

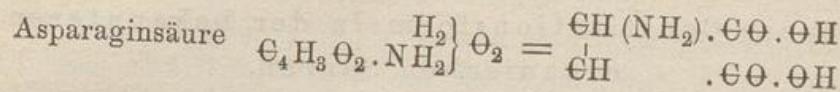
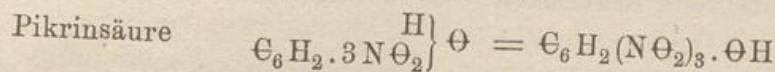
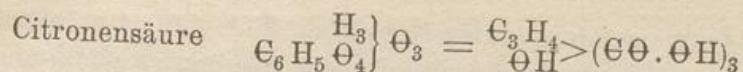
Die Benzoë-, Zimmt-, Salicyl- und Cumarsäure pflegt man unter dem Collectivnamen „aromatische Säuren“ zusammenzufassen. Zu ihnen gehören noch: die Anissäure, Cuminsäure, Thymotinsäure, Kaffeesäure, Eugetinsäure, Sinapinsäure und andere.

Neuere Constitutionsformeln der bekannteren  
organischen Säuren.

( $\Theta H$  = Hydroxyl,  $\Theta O$  = Carbonyl,  $\Theta O \cdot OH$  = Carboxyl.)

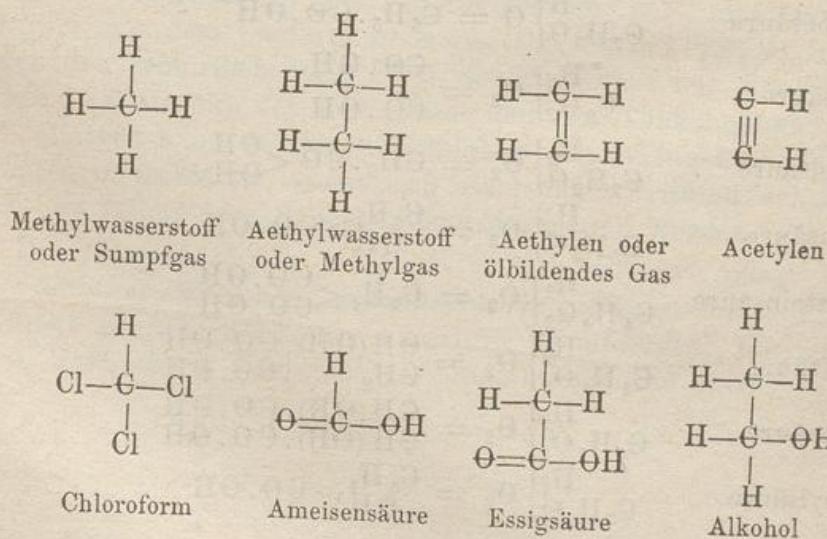
Ameisensäure	$\Theta H \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = H \cdot \Theta \cdot \Theta H$
Essigsäure	$\Theta_2 H_3 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta H_3 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Acrylsäure	$\Theta_3 H_3 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_2 H_3 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Propionsäure	$\Theta_3 H_5 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_2 H_5 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Buttersäure	$\Theta_4 H_7 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_3 H_7 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Valeriansäure	$\Theta_5 H_9 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_4 H_9 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Capronsäure	$\Theta_6 H_3 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_5 H_{11} \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Stearinsäure	$\Theta_{18} H_{35} \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_{17} H_{35} \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Benzoësäure	$\Theta_7 H_5 \overset{H}{\underset{\Theta}{\}} \Theta = \Theta_6 H_5 \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Oxalsäure	$\Theta_2 \overset{H_2}{\underset{\Theta_2}{\}} \Theta_2 = \Theta O \cdot \Theta H$
Glycolsäure	$\Theta_2 H_2 \overset{H_2}{\underset{\Theta_2}{\}} \Theta_2 = \Theta H_2 \cdot \Theta O < \overset{\Theta H}{\underset{\Theta H}{\Theta}}$
Milchsäure	$\Theta_3 H_4 \overset{H_2}{\underset{\Theta_2}{\}} \Theta_2 = \Theta_2 H_4 > \Theta O \cdot \Theta H$
Bernsteinsäure	$\Theta_4 H_4 \overset{H_2}{\underset{\Theta_2}{\}} \Theta_2 = \Theta_2 H_4 < \Theta O \cdot \Theta H$
Apfelsäure	$\Theta_4 H_4 \overset{H_2}{\underset{\Theta_3}{\}} \Theta_2 = \Theta H(\Theta H) \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Weinsäure	$\Theta_4 H_4 \overset{H_2}{\underset{\Theta_4}{\}} \Theta_2 = \Theta H(\Theta H) \cdot \Theta O \cdot \Theta H$
Salicylsäure	$\Theta_7 H_4 \overset{H_2}{\underset{\Theta_2}{\}} \Theta_2 = \Theta_6 H_4 > \Theta O \cdot \Theta H$





Schlussbemerkungen über die Constitutionsformeln.

In der organischen Chemie ist es mehr und mehr zur dringenden Nothwendigkeit geworden, dass die Schreibweise der chemischen Formeln eine tiefere Einsicht in den muthmasslichen Aufbau der Elementaratomy zu Molekülen gewährt. Die Lehre von der Werthigkeit dient hierbei hauptsächlich als Leitfaden. Die grosse Mannigfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse ist hier nach hauptsächlich durch die Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs bedingt und durch die den Kohlenstoffatomen in hervorragender Weise zukommende Fähigkeit, unter sich selbst Verbindungen einzugehen (vergl. 551). Folgende Beispiele von sogenannten „aufgelösten Formeln“ sollen diese Verhältnisse noch mehr ver deutlichen:



Um für den gewöhnlichen Gebrauch Formeln zu haben, welche kurz und übersichtlich ausser der Elementarzusammensetzung auch die innere Struktur andeuten, pflegt man jetzt gewöhnlich die auf Grund der Erfahrung in einer Verbindung angenommenen Atomgruppen einfach nebeneinander zu stellen. So schreibt man z. B. die Essigsäure  $\text{CH}_3\text{COOH}$  und giebt dadurch zu erkennen, dass darin 1 Atom Carbonyl ( $\text{CO}$ ) einerseits mit 1 Atom Methyl ( $\text{CH}_3$ ) und anderseits mit 1 Atom Hydroxyl ( $\text{OH}$ ) verbunden anzunehmen ist. Das Hydroxyl ist nach der neueren Anschauung in allen Basen und Säuren enthalten und bewirkt durch die leichte Substituirbarkeit seines Wasserstoffs durch andere Radicale die Salzbildung. Dass ferner auch Methyl und Carbonyl, das Radical der Kohlensäure, in der Essigsäure vorhanden sein muss, ist durch viele Thatsachen erwiesen (vergl. 673).

In entsprechender Weise ergiebt sich die Formel für

Alkohol	$\text{CH}_3\text{H}_2\}$	$\text{COH}$
Aldehyd	$\text{CH}_3\text{H}$	$\text{CO}$
Aceton	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	$\text{CO}$
Essigäther	$\text{CH}_3\text{H}_2\}$	$\text{CO}\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_3$

Alle Verbindungen, deren Formel bei dieser Schreibweise mit Hydroxyl abschliesst, sind fähig Salze oder salzhähnliche Producte zu bilden und die Zahl der am Ende stehenden Hydroxylatome deutet stets die Sättigungscapacität an. Es können aber in einer Verbindung auch Hydroxylatome an solcher Stelle für Wasserstoff eingetreten sein, dass dadurch die Sättigungscapacität nicht alterirt wird und die Formel führt dieselben dann nicht am Ende, sondern an der Stelle auf, wo sonst der substituirte Wasserstoff stehen müsste. So enthält z. B. die Aepfelsäure 3 und die Weinsäure 4 Hydroxylatome und doch sind beide nur zweibasig und es kann ihnen durch die reducirende Wirkung der Jodwasserstoffäsure jenes andere Hydroxyl entzogen werden, ohne dass das Product (Bernsteinsäure) dabei an Sättigungscapacität verliert.

### XXIII. Unorganische Bestandtheile der Pflanzen (Asche).

**795.** Ueberblickt man die in den vorhergehenden Abschnitten betrachteten näheren Bestandtheile der Pflanzen, so ergiebt sich, dass sie insgesammt entweder aus drei (C, H, O), oder aus vier (C, H, O, N) Elementen zusammengesetzt sind. Man kann demnach die Organogene: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, als die vier Grundpfeiler der Pflanzenwelt ansehen. Nächst ihnen treten noch Schwefel und Phosphor als sehr verbreitete Stoffe des Pflanzenreiches auf, da sie zu den wesentlichen Bestandtheilen der in keiner Pflanze fehlenden eiweissartigen Stoffe gehören. Damit ist jedoch die Reihe der in den Pflanzen vorkommenden chemischen Stoffe noch nicht geschlossen; denn sonst würden die Pflanzen in der Hitze vollständig verbrennen, ohne etwas zurückzulassen. Nun bleibt aber beim Verbrennen jeder Pflanze ein Rückstand übrig, der sich nicht verbrennen und nicht verflüchtigen lässt; es müssen also, ausser den verbrennlichen organischen Verbindungen, auch noch unverbrennliche unorganische darin zugegen sein. Man nennt diese letzteren Asche.

**796. Holz-, Torf- und Steinkohlenasche.** Der Name Asche ist ebenso unbestimmt, wie der Name Humus. Humus pflegt man alle bei der Verwesung organischer Körper sich bildenden Stoffe zu nennen, wenn sie braun oder schwarz sind; unter Asche aber begreift man alle nichtflüchtigen und nichtverbrennlichen Stoffe, die bei der Verbrennung der organischen Stoffe übrig bleiben. Wie verschiedenartig diese nach Quantität und Qualität sein kann, das zeigt schon eine oberflächliche Betrachtung der drei bekanntesten Aschenarten, der Holz-, Torf- und Steinkohlenasche. Der Rückstand beim Verbrennen verschiedener Sorten von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf ist sowohl in Bezug auf seine Bestandtheile wie rücksichtlich der Menge ausserordentlich verschieden. Es giebt von allen drei Brennstoffen Arten, die kaum mehr Asche hinterlassen als das

Holz ( $\frac{1}{2}$  bis 2 Proc.), aber meistens beträgt dieselbe viel mehr, oft 10 Proc., bisweilen 20 bis 30 und mehr Procente.

Die Holzasche enthält viel alkalische Salze und giebt mit Wasser eine kräftige alkalische Lauge, die Aschen der anderen Brennmaterialien enthalten nur sehr geringe Mengen von diesen Salzen, häufig aber viel Gips, Thon und zerriebene Gesteinstheile. Die Kalisalze der Holzasche machen, wenn sie als Düngmittel angewandt wird, die Kieselerde des Bodens löslich und zeigen sich deshalb für Wiesen und alle Grasarten besonders wirksam. Auch die Torfasche wirkt hier häufig sehr günstig durch ihren Gipsgehalt, der zuweilen über  $\frac{3}{4}$  ihres Gewichtes beträgt und bei seiner sehr feinen Vertheilung das kohlensaure Ammoniak der Luft und des Regenwassers in schwefelsaures umwandelt und bindet, zugleich den Kleearten Schwefel liefert. Aehnlich verhält sich die Asche mancher Braunkohlen. Die Steinkohlenasche schmilzt bei der intensiven Hitze, welche dieses Brennmaterial giebt, gewöhnlich zu glasartigen Schlacken, die dann wenig Oberfläche bieten und selbst, wenn sie reich an Gips sind, nur geringen Nutzen bringen, zumal sich auch der meiste Gips durch das Zusammenschmelzen mit den thon- und kieselreichen Bestandtheilen zersetzt. Aber zur Herstellung fester Fusswege eignen sich diese zerschlagenen Aschenschlacken sehr gut, indem sie allmälig Wasser binden und eine zusammenhängende Masse bilden.

797. Pflanzenaschen. Vergleicht man die Asche der Pflanzen oder Pflanzentheile unter einander, so finden sich ebenfalls sehr grosse Verschiedenheiten, wie man aus der folgenden Zusammenstellung ersehen kann.

Es geben:

Daraus löst Wasser ungefähr auf:

100 Pfd. Fichtenholz . . . . .	$\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Pfd. Asche;	$\frac{1}{3}$
100 " Eichenholz . . . . .	2—3 "	$\frac{1}{4}$
100 " Eichenrinde . . . . .	4—5 "	$\frac{1}{10}$
100 " Eichenblätter (im Frühjahr)	5 "	$\frac{1}{2}$
100 " (im Herbst)	$5\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{6}$
100 " getrockn. Kartoffelknollen	8—9 "	$\frac{4}{5}$
100 " Kartoffelkraut . . . . .	12—15 "	$\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{15}$
100 " Weizenkörner . . . . .	2—3 "	$\frac{1}{2}$
100 " Weizenstroh . . . . .	4—6 "	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{8}$

Die Menge sowohl, wie die Beschaffenheit der unorganischen Stoffe in den Pflanzen wechselt hiernach auf die ausserordentliche Weise, und zwar nicht nur nach der Verschiedenheit der Pflanzen, sondern auch nach der Verschiedenheit der einzelnen Theile in einer und derselben Pflanze, ja selbst in den letzteren wieder nach dem verschiedenen Alter derselben. Die grösste Menge davon finden wir immer in den jüngeren, in lebhaftem Wachsthume begriffenen Pflanzenorganen, z. B. in den Blättern und Zweigen.

**798. Bestandtheile der Pflanzenaschen.** Fragen wir nach der Zusammensetzung der Pflanzenaschen, so giebt die chemische Analyse darauf die Antwort: dass sie der Hauptsache nach aus Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, verbunden mit Kohlensäure, Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salzsäure (Chlor), bestehen. Von diesen sind vorzugsweise

- a) in Wasser löslich: die alkalischen Salze (Kali- und Natronsalze);
- b) in verdünnter Salzsäure löslich: die erdigen Salze (Kalk- und Magnesiasalze und Eisenoxyd);
- c) in Wasser und in Säure unlöslich: die Kieselsäure.

Ob in einer Pflanze die eine oder die andere Gattung dieser Salze vorherrscht, lässt sich hiernach, wenn auch nur annäherungsweise, durch blosse Behandlung ihrer Asche, zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Salzsäure ermitteln. Die folgenden Beispiele mögen diese Verschiedenheit noch genauer darlegen:



In 100 Asche sind etwa enthalten:

Asche von	Kali.	Kalkerde.	Talkerde.	Phosphor-säure.	Schwefel-säure.	Kiesel-säure.
Buchenholz . . . . .	15	56	11	5	1	$\frac{1}{10}$
Buchenblättern, Herbst .	5	45	6	4	4	33
" Sommer .	20	36	9	8	3	15
Weizenstroh . . . . .	12	6	3	6	2	66
Weizenkörnern . . . . .	30	3	10	46	2	2
Erbstenstroh . . . . .	24	38	8	8	6	6
Erbstenkörnern . . . . .	40	4	8	36	4	1
Wiesenheu . . . . .	28	12	5	6	5	30
Kleeheu . . . . .	34	34	12	10	3	3
Kartoffelkraut, Herbst .	8	47	23	5	5	5
Kartoffelknollen . . . . .	60	3	4	18	6	2
Runkelrüben . . . . .	55	5	5	10	4	4
Taback . . . . .	30	40	10	4	4	8

In der lebenden Pflanze sind die genannten unorganischen Stoffe oft in ganz anderer Form enthalten, als in der Asche: Schwefel und Phosphor nämlich als Bestandtheile der eiweissartigen Stoffe, die Basen aber meistens als pflanzensaure Salze. Dass die letzteren durch Verbrennung in kohlensaure Salze (kohlensaures Kali, Natron, Kalk etc.) umgewandelt werden, ist schon früher bei dem weinsauren und oxalsauren Kali (255) gezeigt worden, und es erklärt sich hieraus, warum fast alle Aschen mit Säuren brausen. Schwefel und Phosphor oxydiren sich beim Verbrennen; wir finden sie als Schwefelsäure und Phosphorsäure, mit Alkalien, Erden oder Eisenoxyd verbunden, in der Asche wieder.

**799. Bedeutung der Aschenbestandtheile.** Bei der Phosphorsäure und Kieselsäure, bei dem Kali und Kalk etc. wurde schon darauf hingewiesen, dass diese Stoffe einen überaus günstigen Einfluss auf das Pflanzenwachsthum auszuüben vermögen, und dass die Pflanzen in einem Boden kümmern, der nicht genug Kali oder Kalk enthält; ebenso in einem Boden, der Mangel an Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure etc. leidet. Das Vorkommen von unorganischen Stoffen in allen Pflanzen muss zu dem Schlusse führen, dass jede Pflanzenart bestimmte Mengen davon zu ihrem Leben, zu ihrer vollständigen Entwicklung braucht, dass man sie als die mineralischen Nährmittel der Pflanzen anzusehen hat. Fehlen diese ganz in einem Boden, so hört das Wachsthum ganz auf, wenn die Mineralstoffe des eingesäten Samens verbraucht sind; fehlt die genügende Menge davon, so bleibt das Wachsthum dürftig und gering; fehlen nur einzelne der Mineralstoffe, so wird die Pflanze krüppelhaft und krank. Directe Culturversuche in reinem Sand und in wässerigen Nährstofflösungen haben diesen Schluss aufs Bestimmteste erhärtet. Die basischen Körper, wie Kali und Kalk, wirken hierbei höchst wahrscheinlich auf eine ähnliche prädisponirende Weise, wie bei der Bildung der Salpetersäure, sie vermitteln nämlich durch ihr Vorhandensein die Entstehung der organischen Säuren, mit denen sie nachher in Verbindung treten. Beim weiteren Wachsen und Reifen der Pflanzen scheinen die letzteren theilweise mit zur Bildung von indifferenten Stoffen, z. B. Stärke, Zucker etc., verwendet zu werden, denn bekanntlich verliert sich bei vielen Pflanzenteilen, insbesondere bei den Früchten, zur Zeit des Reifens der saure Geschmack, während dafür ein mehlicher, süsser oder schleimiger auftritt. Der Lieferant dieser mineralischen Nährmittel ist der Boden.

**800. Ackererde oder Ackerkrume.** Mit diesen Namen bezeichnet man die oberste, meist dunklere Schicht unserer Oberfläche, in welcher die Pflanzen keimen und wurzeln; dieselbe besteht der Hauptsache nach aus zweierlei ganz verschiedenenartigen Materialien: nämlich aus unorganischen, dem Mineralreiche angehörigen Stoffen (Kieselsäure, kieselsaure, phosphorsaure, kohlensaure und schwefelsaure Thon-, Kalk-, Magnesia-, Kali-, Natron- und Eisenverbindungen), und aus organischen,

aus dem Thier- und Pflanzenreiche stammenden Stoffen (humusartige Stoffe).

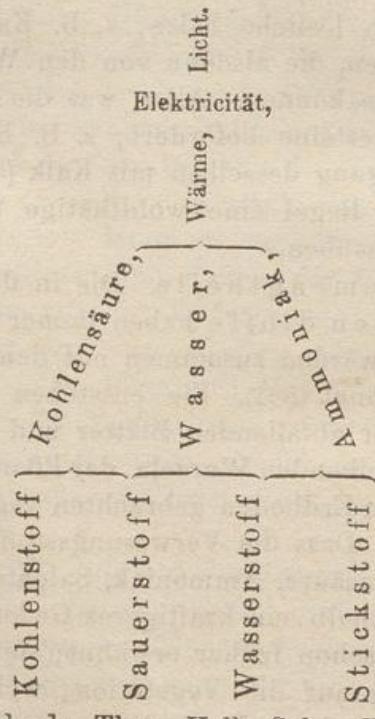
**Unorganische Gemengtheile.** Der eigentliche Grund und Boden, in dem die Pflanzen vegetiren, wird vorzugsweise von gröber oder feiner zertheilten Mineralstoffen gebildet, in welche die Felsarten im Laufe von Jahrtausenden zerfielen oder verwitterten (367). Thon, Lehm, Sand und Kalk (kohlen-saurer) sind die hierdurch erzeugten Hauptgemengtheile unserer Bodenarten; von ihrer Art und Menge hängt die physische Beschaffenheit der letzteren ab, welche schon in 372 besprochen wurde. Die Verwitterung des Bodens geht aber auch noch jetzt ununterbrochen vor sich, und zwar um so schneller, je mehr der Boden aufgelockert und von Luft und Wasser durchdrungen wird (Brache). Hierbei werden die Gesteinsmassen nicht bloss mechanisch weiter zerkleinert, sondern auch chemisch verändert (aufgeschlossen), indem sich aus mehren unlöslichen Bestandtheilen derselben lösliche Salze, z. B. Kali-, Natron- und Kalksalze etc., erzeugen, die alsdann von den Wurzeln der Pflanzen aufgesaugt werden können. Alles, was die Verwitterung und Aufschliessung der Gesteine befördert, z. B. Brennen des Erdbodens (363), Vermengung desselben mit Kalk (339) und anderes, wird demnach in der Regel eine wohlthätige Wirkung auf das Pflanzenwachsthum ausüben.

**Organische Gemengtheile.** Die in der Ackererde enthaltenen organischen Stoffe haben immer eine braune oder schwarze Farbe und werden zusammen mit dem allgemeinen Namen „Humus“ bezeichnet (584). Sie entstehen theils durch allmäliche Verwesung der abfallenden Blätter und Zweige und der in der Erde zurückbleibenden Wurzeln der Pflanzen, theils durch Zersetzung des in den Erdboden gebrachten vegetabilischen oder thierischen Düngers. Dass die Verwesungsstoffe sich nach und nach weiter in Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure und Wasser zersetzen und deshalb ein kräftigeres Gedeihen der Pflanzen herbeiführen, wurde schon früher erwähnt; sie wirken aber ausserdem noch günstig auf die Vegetation, weil sie durch ihre dunkle Farbe eine stärkere Erwärmung des Erdbodens durch die Sonnenstrahlen veranlassen, weil sie den Boden auflockern, und weil sie endlich durch die freiwerdende Kohlensäure die Verwitterung der Gesteine befördern.

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Gegen die Wegführung der aus den Bestandtheilen des Bodens und Düngers erzeugten löslichen Nährstoffe der Pflanzen durch den Regen wird der Boden durch seine feinerdigen Theile geschützt, welche die Fähigkeit besitzen, gewisse gelöste Basen und Säuren, insbesondere Ammoniak, Kali, Phosphorsäure und Kieselsäure, zu absorbiren und in der oberen Ackerkrume festzuhalten (376).

#### XXIV. Ernährung und Wachsthum der Pflanzen.



801. Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, diese vier Elemente sind es, welche die göttliche Allmacht

als Grundsäulen für den Bau der gesammten organischen Schöpfung feststellte; aus ihnen werden, mit Beihülfe von Schwefel, Phosphor und einigen anderen unorganischen Stoffen, alle die zahllosen, wundersamen Gebilde der Thier- und Pflanzenwelt erzeugt. Ueber den inneren, chemischen Vorgang bei dieser Erzeugung wissen wir noch wenig Bestimmtes, wohl aber sind die äusseren Bedingungen, unter welchen sie erfolgt, und die Quellen, aus denen die genannten Grundstoffe entnommen werden, ziemlich genau ermittelt.

Dass die Pflanzen zu ihrer Erzeugung und Ausbildung Erdboden, Wasser, Luft, Wärme und Licht bedürfen, diese allgemeinen Bedingungen des vegetabilischen Lebens sind bekannt genug; welche einzelnen Bestandtheile aber aus der Erde, aus dem Wasser und aus der Luft von den Pflanzen aufgenommen werden und denselben als Nahrungsmittel dienen, darüber haben erst die chemischen Forschungen der neueren Zeit, und zwar insbesondere die von Liebig angestellten, ein helleres Licht verbreitet.

#### Aufnahme der Nährmittel.

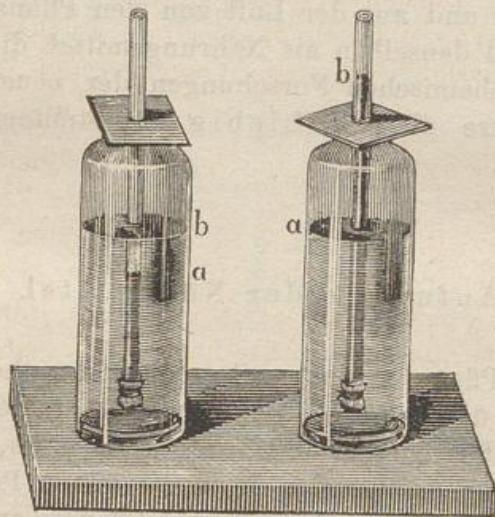
802. Die Pflanzen saugen ihre Nahrung theils durch die Wurzeln, theils durch die Blätter ein; es folgt hieraus, dass dieselbe entweder flüssig oder luftförmig sein muss, denn nur in diesen beiden Formen vermag sie in die feinen Poren der Wurzelfasern und Blätter einzudringen. Die Pflanzen empfangen ihren Wasserstoff und Sauerstoff von dem Wasser, ihren Kohlenstoff von der Kohlensäure, ihren Stickstoff vom Ammoniak oder der Salpetersäure, ihre unorganischen Bestandtheile hauptsächlich aus der Erde. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure) und eine geringe Anzahl von unorganischen Salzen sind hiernach als die Nahrungsmittel der Pflanzen anzusehen. In vielem Wasser gelöst dringen diese durch die feinen Saugwurzeln in die Pflanze und steigen hier mit den organischen Stoffen, welche die Pflanze aus ihnen erzeugt, als sogenannter Saft oder Vegetationswasser in alle Theile der letzteren, um deren Ernährung und Wachsthum zu bewirken.

47\*

**Endosmose.** Welche Kraft es ist, die das Wasser sammt den gelösten Stoffen in die Wurzeln und aus diesen, oft 100 und mehr Fuss, wie bei den Bäumen, bis in deren Gipfel treibt, darüber ist man noch nicht im Klaren. Früher schrieb man dieses „Saftsteigen“ und Circuliren der Capillarität (115) zu, welche durch die feinen Zellen und Gefäße der Pflanzen hervorgerufen werden sollte. Jetzt aber hält man dafür, dass es hauptsächlich in Folge einer besonderen physikalischen Kraft, der sogenannten endosmotischen, vor sich gehe, deren Wirken der folgende kleine Apparat klarer machen wird.

**Versuch.** Man verbinde eine an beiden Seiten offene, etwa 15 Centim. lange und 1 Centim. weite Glasröhre auf der einen

Fig. 205.



Seite mit einem Stückchen Blase (oder Pergamentpapier), die man erst angefeuchtet und durch Reiben geschmeidig gemacht hat, stecke diese Röhre durch ein durchlöchertes Blatt Pappe und hänge sie nun in ein Opodeldocgläschen, das ziemlich mit Wasser angefüllt ist, so tief ein, dass noch ein Querfinger Platz zwischen der Röhre und dem Boden des Gläschens bleibt. Füllt man jetzt die Röhre auch bis zu gleicher Höhe mit dem äusseren Niveau mit Wasser, und setzt man dem Wasser in der Röhre einige Körner Kochsalz zu, so sieht man dasselbe nach kurzer Zeit sich über den Stand des Wassers in dem Glase (Nr. 2) erheben: es steigt in die Höhe. Es dringt also aus dem äusseren Ge-

fasse Wasser durch die Blase hindurch zu dem Salzwasser der Röhre.

Setzt man dem Wasser im Glase gleichfalls und so viel Kochsalz zu, dass sein Salzgehalt dem in der Röhre vollkommen gleich ist, so zeigt sich keine Niveauänderung. Bringt man dagegen in das Wasser des Glases so viel Salz, dass die Salzlösung in ihm stärker wird als die der Röhre, so sinkt die Flüssigkeit in der Röhre, während die im äusseren Glase (Nro. 1) enthaltene steigt. Man hat diese Durchschwitzung des Brunnenwassers zum Salzwasser und des salzarmen Wassers zu dem salzreicherem Endosmose oder endosmotische Kraft genannt, und ihr Wirken äussert sich mit solcher Stärke, dass in Folge davon Wasser durch die Blase, die sonst kein Wasser durchlässt, hindurchgepresst wird (diffundirt). Diesem Streben nach Ausgleichung unterliegen auch Lösungen von anderen Salzen, von Zucker etc., ja auch verschiedene Flüssigkeiten, z. B. Weingeist und Wasser etc.

Saftbewegung. Aehnlich, wie hier die thierische Haut oder Membran wirkt, soll nun auch die feine vegetabilische Membran (Cellulose) wirken, aus welcher die Zellenwände der Pflanze bestehen. Die Blätter verdunsten immer Wasser, daher muss der Saft hier concentrirter oder dichter werden, es wird also Endosmose von dem dünneren Safte der unteren Zelle zur oberen stattfinden, der seinerseits nun dichter wird und dadurch der zweituntersten Wasser entzieht, und so herab bis zur Wurzel oder vielmehr bis zur Feuchtigkeit des Bodens. Hiernach würde also der Saft der Pflanzen durch die endosmotische Kraft von der Wurzel an von Zelle zu Zelle gehoben werden, bis er zu dem Gipfel gelangt ist. Alle Erscheinungen des Saftsteigens lassen sich jedoch durch das alleinige Wirken dieser Ausgleichungskraft noch nicht erklären (s. auch Dialyse S. 526).

#### Wasser als Nährmittel.

803. Das Wasser versorgt die Pflanzen mit Sauerstoff und Wasserstoff. Die Pflanzen saugen es als Flüssigkeit durch die Wurzeln aus der Erde ein, welche durch Regen, Schnee, Thau und Nebel damit getränkt wird. Ausser-

dem ist das Wasser auch insofern unentbehrlich für die Pflanzen, als es durch seine flüssige Beschaffenheit die Bildung der festen Pflanzenteile vermittelt, denn der durch Wasser flüssig gemachte Saft ist es, aus dem sich alle festen Bestandtheile der Pflanzen entwickeln. Auch die zum Aufbau ihres Körpers nöthigen mineralischen Nährstoffe werden den Pflanzen in der Form sehr verdünnter Lösungen zugeführt, welche sich in dem Boden durch die Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers auf die Mineralstoffe erzeugen. Ebenso bringen die atmosphärischen Niederschläge die in der Luft enthaltenen pflanzennährenden Verbindungen, als: kohlensaures Ammoniak, salpetrigsaures Ammoniak, Kochsalz etc. auf den Boden herab, welcher sie ebenfalls den Pflanzenwurzeln zuführt.

#### Kohlensäure als Nährmittel.

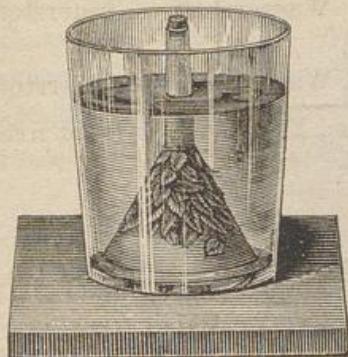
**804.** Die Kohlensäure versorgt die Pflanzen mit Kohlenstoff. Sie wird hauptsächlich durch die Blätter aus der Luft, die unaufhörlich durch den Verbrennungs-, Verwesungs- und Athmungsprocess neuen Zuwachs daran erhält, eingesogen. Ausserdem finden auch die Wurzeln der Pflanzen in jedem Boden, welcher Humus enthält, Kohlensäure, denn der Humus besteht aus verwesenden, d. h. in Kohlensäure und Wasser sich zersetzenden organischen Stoffen (585). Aus dieser beschränkten Quelle schöpfen die jungen Pflanzen insbesondere ihre Nahrung, bevor sie Blätter genug haben, um durch diese sich die Kohlensäure aus dem unbeschränkten Luftmeere anzueignen. Welche Verwandlung die letztere in der lebenden Pflanze erfährt, werden folgende Versuche zeigen:

**Zersetzung der Kohlensäure.** *Versuch.* Man fülle einen Glastrichter mit frischen Blättern irgend einer Pflanze an und stelle ihn verkehrt in ein mit Wasser gefülltes weites Glas, so dass er ganz mit Wasser bedeckt wird. Nun verstopft man die obere Oeffnung mit einem Ppropfen, saugt mit einer Glasröhre einen Theil des äusseren Wassers heraus und stellt das Gefäss in die Sonne: aus den Blättern werden bald Luftbläschen in die Höhe steigen und sich in der Röhre des Trichters ansammeln.



Ist das Wasser innerhalb des Trichters so weit herabgedrängt, dass es mit dem äusseren Wasser gleich hoch steht, so öffnet man den Trichter und hält einen glimmenden Holzspan in die aus den Blättern entwickelte Luft: derselbe wird sich darin, ganz so wie im Sauerstoffgas, mit Lebhaftigkeit entzünden. Diese Luftart ist auch wirklich Sauerstoff, welcher aus der in dem Wasser enthaltenen Kohlensäure stammt. Die Kohlensäure wird nämlich in den Pflanzen durch den Einfluss des Lichts in ihre Bestandtheile zerlegt; ihr Sauerstoff wird frei und entweicht, ihr Kohlenstoff aber bleibt in den Pflanzen zurück. Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein und im Lichte Sauerstoff aus.

Fig. 206.



805. Bildung stickstofffreier Pflanzenstoffe. Die Hauptmasse der Pflanzen besteht aus dreielementigen Stoffen, nämlich aus Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim, Zucker etc.; alle diese Stoffe können aus Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) erzeugt werden, wenn die Elemente des Wassers sich mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure chemisch verbinden. Geschieht dies, so muss nothwendigerweise der Sauerstoff der letzteren in Freiheit gesetzt werden.

*Versuch.* Man wiederhole den Versuch mit der Abänderung, dass man die Blätter, statt mit gewöhnlichem Wasser, mit Selterswasser übergiesst; in diesem befindet sich eine reichlichere Menge von Kohlensäure, und die Folge davon ist, dass die Entwicklung von Sauerstoffgas rascher vor sich geht und länger andauert.

Aus Kohlensäure = Kohlenstoff, Sauerstoff, und Wasser = Wasserstoff, Sauerstoff, entsteht:  $\underbrace{\text{Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff}}_{\text{Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Oele etc.}} + \text{Sauerstoff.}$  (wird frei).

Es ist auch wohl möglich, dass die Elemente der Kohlensäure sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbinden, und dass

demnach der freiwerdende Sauerstoff aus dem Wasser stammt; der chemische Vorgang würde dann zwar ein anderer, der Erfolg aber doch genau derselbe sein, wie eben angegeben. Aus Wasser = Wasserstoff, Sauerstoff, u. Kohlensäure = Kohlenstoff, Sauerstoff, entsteht:  $\underbrace{\text{Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff}}_{\text{Pflanzenfaser, Stärke, Schleim, Zucker etc.}} + \text{Sauerstoff.}$  (wird frei).

### Ammoniak und Salpetersäure als Nährmittel.

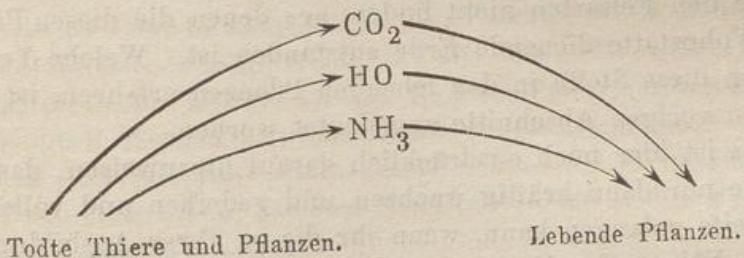
**806.** Ammoniak und Salpetersäure versorgen die Pflanzen mit Stickstoff. Wenn Thier- und Pflanzenstoffe verweszen, so bildet sich aus dem Stickstoff derselben zunächst Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), aus ihrem Kohlenstoff Kohlensäure, diese beiden Producte der Verwesung vereinigen sich mit einander zu einem flüchtigen Salze, welches in die Luft entweicht. Ausserdem gelangt auch noch durch den Verbrennungs- und Verdunstungsprocess salpetrigsaures Ammoniak in diese, denn neuere Untersuchungen haben nachgewiesen, dass kleine Mengen von dieser Verbindung bei den angegebenen Processen aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft und den Bestandtheilen des Wassers sich erzeugen. Aus der Luft werden diese Stickstoffverbindungen zum Theil durch die Pflanzen selbst ausgezogen, zum Theil durch den Lehm oder Thon (369) und den Humus des Erdbodens (585), zum Theil durch den Thau, Regen und Schnee wieder verdichtet und zur Erde zurückgeführt und dann mit dem Wasser von den Pflanzen aufgenommen. Verwesene organische Stoffe in der Erde an Orten, wo Pflanzen wachsen, so kann das erzeugte Ammoniak, oder auch die durch Oxydation daraus sich bildende Salpetersäure ( $\text{NO}_3$ ), natürlich unmittelbar nach deren Entstehung von den Wurzeln derselben absorbirt werden.

**807. Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenstoffe.** Auf welche Weise die Umwandlung (Assimilation) der stickstoffhaltigen Nährstoffe in Pflanzenstoffe erfolgt, ist noch nicht bekannt. Nimmt man das Ammoniak als den Stickstofflieferanten für die

Pflanzen an, so kann man sich die Bildung der stickstoffhaltigen Bestandtheile derselben ganz im Allgemeinen etwa in folgender Weise vorstellen. Aus

Kohlensäure = Kohlenst., Sauerst.,  
 Wasser = Wasserst., Sauerst.,  
 Ammoniak = Stickst., Wasserst.,  
 können } Stickst., Wasserst., Sauerst., Kohlenst. + Sauerst.  
 entstehen: } Eiweiss, Kleber, Casein, organ. Basen etc. (wird frei).

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak enthalten hier-nach in ihren Elementen die wesentlichsten Bestandtheile zur Bildung aller Pflanzentheile (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff



und Stickstoff). Bei der Verwesung und Fäulniss werden die Thier- und Pflanzenstoffe in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt. Was uns Vernichtung zu sein scheint, ist aber nur Verwandlung; nur die Gestalt vergeht, die Stoffe selbst sind unveränderlich. Aus den ekelregenden Verwesungsstoffen entstehen wieder die lebensfrischen Wunder der Pflanzenwelt.

#### Mineralstoffe als Nährmittel.

**808.** Durch den Erdboden und das Wasser werden die Pflanzen mit den nöthigen unorganischen Stoffen versorgt. Unsere Ackererde ist in beständiger Umsetzung begriffen; die darin enthaltenen organischen Stoffe wesen, die unorganischen verwittern. Durch den letztgedachten Process entstehen immer aus unlöslichen Gesteinen lösliche Salze, welche nun von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden können. Die Verwitterung findet aber auch im Innern unserer

Erdrinde Statt, und zwar überall, wo Luft und Wasser zu den Gesteinmassen dringen können. Die hierbei löslich gewordenen Stoffe werden von dem Regenwasser aufgenommen und bilden die Salze unseres gewöhnlichen Quell- und Flusswassers; auch aus diesem können demnach die Pflanzen an vielen Orten unorganische Stoffe aufnehmen. Endlich finden sich auch in der Luft immer unorganische Stoffe, welche durch Verdampfung, insbesondere aus dem Meere, wie durch die Gewalt der Winde in dieselbe gelangen und sich mit ihr über die ganze Erde verbreiten. Durch Regen, Thau, Schnee etc. werden diese der Erde wieder zugeführt, und es kann hiernach nicht Wunder nehmen, dass wir oft Salze (z. B. Kochsalz etc.) in Pflanzen antreffen, die wir in den Felsarten nicht finden, aus denen die diesen Pflanzen zur Wohnstätte dienende Erde entstanden ist. Welche Veränderungen diese Stoffe in den lebenden Pflanzen erfahren, ist schon in dem vorigen Abschnitte angedeutet worden.

Es ist hier noch ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass eine Pflanze nur dann kräftig wachsen und gedeihen und vollständig zur Reife gelangen kann, wenn ihr die zu ihrer Ausbildung nöthigen Nährstoffe alle zusammen dargeboten werden. Wie das Leben des Menschen aufhört, wenn ihm nur eine einzige der zu seinem Fortbestehen nöthigen Bedingungen, z. B. die Luft (Sauerstoff) oder das Wasser, entzogen wird; wie ein Uhrwerk still steht, wenn nur ein einziges Rädchen daraus weggenommen wird, so wird auch die vollkommene Entwicklung einer Pflanze gehemmt, wenn ihr eins der erforderlichen Nahrungsmittel fehlt.

#### Erhöhung des Pflanzenwachstums.

**809. Düngung.** Geben wir einem Thiere reichliches und kräftiges Futter, so wird es kräftig und feist; bei dürftigem und wenig nahrhaftem Futter bleibt es dürftig und mager. Gerade so verhält es sich auch mit den Pflanzen. Finden sich alle die Stoffe, welche sie zu ihrer Ausbildung brauchen, vollauf und in assimilirbarer Verbindung in dem Erdboden und der Luft, so werden sie kräftiger emporwachsen und mehr Zweige, Blätter, Blüthen und Früchte treiben, als wenn sie diese Stoffe, oder auch nur einen davon, nicht in hinlänglicher Menge antreffen. Das

Mittel, um unseren Feldern und Wiesen den grössten Ertrag abzugeinnen, besteht also darin, den Pflanzen, die darauf cultivirt werden sollen, alle erforderlichen Nährstoffe in hinreichender Menge und aufnehmbarer Form darzubieten. Wir thun dies durch die Düngung des Bodens.

**810. Organische Stoffe als Düngemittel.** Dass es den Pflanzen an den drei allgemeinen Nahrungsmitteln: an Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, nicht fehle, dafür sorgt die Natur durch Regen und Thau, durch Verwesung und Fäulniss, und auch der Mensch trägt, ohne es gerade zu beabsichtigen, das Seinige dazu bei durch Athmen und Verbrennen. Von der Kohlensäure enthält die Luft einen unerschöpflichen Vorrath, da die Processe, durch welche sie erzeugt wird, auf der Erde nie eine Unterbrechung erleiden. Ebenso enthält sie auch stets, obwohl wesentlich geringere Mengen von kohlensaurem und salpetrigsaurem Ammoniak. Sie, die Luft allein, reicht demnach zur Versorgung der wildwachsenden Pflanzen mit Kohlenstoff und Stickstoff hin und es kann ein mässiges Wachsthum derselben stattfinden, wenn dieselben durch den Boden noch mit Wasser und den erforderlichen Mineralstoffen versorgt werden. Wie aber ein Bau schneller fortschreitet, wenn von mehren Seiten zu gleicher Zeit daran gearbeitet wird, so erfolgt auch das Wachsthum einer Pflanze schneller und reichlicher, wenn sie von mehren Seiten her, nicht nur durch die Blätter, sondern zu gleicher Zeit auch durch die Wurzeln, Nahrung aufnehmen kann. Alle Pflanzen- und Thierstoffe werden bei ihrer Verwesung in Wasser, Kohlensäure, Ammoniak oder Salpetersäure umgewandelt; es erscheint daher ganz natürlich, dass solche Substanzen, wenn sie in feuchter Erde verwesen, das Wachsthum der in diese Erde gesäeten Pflanzen befördern und dass humusreicher Boden in der Regel fruchtbarer ist als humusarmer, zumal der Humus zugleich die physische Beschaffenheit des Bodens verbessert und gleichzeitig die Lösung der Mineralstoffe befördert. Hierdurch erklärt sich, aber nur zum Theil, der wohlthätige Einfluss, den die allgemein gebräuchlichen thierischen und vegetabilischen Düngerarten, z. B. Mist etc., wie die aus diesen entstehenden sogenannten humusartigen Stoffe auf die Vegetation ausüben. Unter den Bestandtheilen der letzteren hat der Stick-

stoff für die landwirthschaftliche Praxis eine überwiegende Wichtigkeit, da er es insbesondere ist, welcher dem Urin, den Hornspänen, dem Peruguano und den Ammoniak- und salpetersauren Salzen die sogenannte treibende Kraft ertheilt. Die assimilirbaren Stickstoffverbindungen genügen zu einem mässigen Wachsthum, zu einem verstärkten, wie es der Landwirth wünscht, ist eine Vermehrung derselben im Boden nothwendig.

**811. Unorganische Stoffe als Düngemittel.** Die Aufnahme dieser allgemeinen Nahrungsmittel und ihre Umbildung in organische Stoffe durch die Lebenstätigkeit der Pflanzen kann aber, wie schon erwähnt, nur unter Beihilfe von unorganischen Salzen erfolgen. Fehlen diese in einem Boden, so kann der darein gestreute Same wohl keimen und einige Zeit wachsen, weil er selbst eine gewisse Menge derjenigen unorganischen Stoffe in sich trägt, welche die aus ihm erwachsende Pflanze zu ihrem Gedeihen braucht; allein das Wachsen wird aufhören, wenn diese Stoffe zur Bildung der jungen Pflanze verbraucht sind. Die Natur sorgt nun zwar auch dafür, dass sich in der Erde durch die allmälig fortschreitende Verwitterung auflösliche Stoffe bilden; diese reichen aber nicht hin, um Jahr aus Jahr ein reiche Ernten von einem Acker zu erzielen, und es ist daher unerlässlich, sie dem letzteren künstlich beizumengen, wenn seine Tragkraft nicht abnehmen soll. Dies geschieht entweder direct durch solche mineralische Stoffe, welche Phosphorsäure, Kalk, Kali etc. enthalten, z. B. durch Knochen, Superphosphat, Kalk, Mergel, Kalisalze, Holzasche, Kochsalz, bei dem Wässern der Wiesen durch das Wasser etc.; oder indirect durch die in den meisten Düngerarten enthaltenen Salze (Kali im Urin, Phosphorsäure und Kalk im festen Mist etc.). In diesen unorganischen Stoffen liegt die zweite Wirkungsweise der thierischen und vegetabilischen Düngerarten. Unter den Bestandtheilen derselben hat die Phosphorsäure für die landwirthschaftliche Praxis eine besondere Wichtigkeit, da zur Samenbildung immer grössere Mengen davon erforderlich sind und der Landwirth hauptsächlich Samen exportirt.

**Fruchtwechsel.** Da die verschiedenen Pflanzenarten verschiedene Mengen von unorganischen Stoffen zu ihrer Ernährung bedürfen, manche z. B. hauptsächlich Kalisalze, andere

Kalksalze, noch andere phosphorsaure oder kieselsaure Salze: so ist es vortheilhaft, beim Anbau der Culturpflanzen eine solche Abwechselung (Fruchtwechsel) eintreten zu lassen, dass auf eine Kalipflanze eine Kalkpflanze, auf diese eine Kiesel-pflanze etc. folgt. Hierdurch wird es möglich, einem für eine gewisse Pflanzengattung erschöpften Felde noch eine zweite oder dritte gute Ernte von einer anderen Fruchtart abzugewinnen, ohne ihm jedesmal eine frische Düngung zu geben.

---

### Rückblick auf die Pflanzenstoffe überhaupt.

1) So lange eine Pflanze lebt, findet in ihr eine unaufhörliche Bewegung und eine unaufhörliche Aufnahme, Veränderung und Abgabe von gewissen luftförmigen und flüssigen Stoffen statt. Fehlen diese Stoffe der Pflanze, so hört ihr Wachsthum und Leben auf; wir betrachten sie deshalb als Nahrungsmittel für die Pflanzen.

2) Diese Nahrungsmittel der Pflanzen gehören sämmtlich zu den unorganischen Verbindungen, sie bestehen:

- a) aus einer Wasserstoff- und Sauerstoffverbindung (Wasser),
- b) aus einer Kohlenstoff- und Sauerstoffverbindung (Kohlen-säure),
- c) aus einer Stickstoff- und Wasserstoffverbindung (Ammo-niak), oder einer Stickstoff- und Sauerstoffverbindung (Salpetersäure),
- d) aus unorganischen Säuren und Basen (Salzen).

3) Aus diesen Stoffen bilden sich auf eine uns noch unbekannte Weise die Säfte der Pflanzen, und aus diesen die einzelnen Pflanzentheile (Organe) nebst den unzähligen Pflanzen-stoffen, die wir darin antreffen.

4) Die Pflanzenstoffe und die daraus dargestellten chemischen Verbindungen sind in ihrer Gesammtheit noch nicht so genau

untersucht, um sie nach bestimmten wissenschaftlichen Prinzipien systematisch zusammenstellen zu können. Einstweilen pflegt man sie einzutheilen:

I. Nach ihrer Verbreitung:

- a) in solche, die fast in allen Pflanzen vorkommen, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim, Fette, manche Säuren, Blattgrün, eiweissartige Stoffe etc.;
- b) in solche, die nur in einzelnen Pflanzenarten vorkommen, z. B. Extractivstoffe, Farbstoffe, flüchtige Oele, Harze, manche Säuren, organische Basen etc.

II. Nach ihrem chemischen Charakter:

- a) in Pflanzensäuren,
- b) in Pflanzenbasen,
- c) in indifferente Pflanzenstoffe.

In dem Pflanzen- und Thierreiche herrschen die indifferen-ten Verbindungen vor, in dem Mineralreiche die sauren und basischen.

III. Nach ihrer Zusammensetzung (550):

- a) in stickstofffreie, und zwar
  - α) in sauerstoffreiche, z. B. organische Säuren etc.;
  - β) in wasserstoff- und kohlenstoffreiche, z. B. Fette, flüchtige Oele, Harze etc.;
  - γ) in kohlenstoff- und sauerstoffreiche, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim etc.;
- b) in stickstoffhaltige, z. B. organische Basen, manche Farbstoffe etc.;
- c) in stickstoff- und schwefelhaltige, z. B. Eiweiss, Kleber, Casein etc.

In dem Pflanzenreiche herrschen die stickstofffreien Verbindungen vor, in dem Thierreiche die stickstoff- und schwefel-haltigen.

5) Die genauer untersuchten organischen Verbindungen (Pflanzen- und Thierstoffe) werden nach der Radicaltheorie (553) eingetheilt:

- a) in Verbindungen und Derivate einwerthiger Radicale (Cyan, Methyl, Formyl, Aethyl, Acetyl, Propyl, Amyl, Valeryl etc. 181. 656. 674. 689).
- b) in Verbindungen und Derivate zweiwerthiger Radicale (Kohlenoxyd, Aethylen, Propylen 119. 664. 688).
- c) in Verbindungen und Derivate dreiwerthiger Radicale (Glyceryl 722).
- d) in Verbindungen und Derivate vier- und sechswerthiger Radicale (Acetylen, Mannit 674. 628).
- e) in Verbindungen der Alkoholradicale mit Stickstoff, Phosphor, Arsen, Zink etc. (Aethyle, Amine, Metalläthyle 662. 663).
- f) in die Gruppe der aromatischen Verbindungen, (Benzol, Toluol, Phenol, Benzyl, Benzoyl etc. 577. 580. 793).
- g) in die Gruppe der Glycoside (766) u. a. m.

Alle Radicale der organischen Verbindungen enthalten Kohlenstoff, man kann daher die organische Chemie als die Chemie der zusammengesetzten, kohlenstoffhaltigen Radicale bezeichnen, oder kürzer, als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Die grosse Mannichfaltigkeit derselben erklärt sich daraus, dass der Kohlenstoff ein vierwerthiges Element ist und dass die Kohlenstoffatome in hohem Grade mit der Eigenschaft begabt sind, sich mit sich selbst zu Atomgruppen, als:  $\text{C}_1, \text{C}_2, \text{C}_3, \text{C}_4$  etc. zu verbinden, welche sich wie ein chemisches Ganze verhalten.

Die Typentheorie classificirt die organischen Verbindungen nach den als Constructions-Modelle angenommenen Typen (553), aus denen sie durch Substitution entstanden gedacht werden können.

6) Die von der Natur erzeugten organischen Verbindungen (Pflanzen- und Thierstoffe) können auf vielfache Weise in neue Verbindungen umgebildet und zersetzt werden. Solche Veränderungen erleiden die Pflanzenstoffe beispielsweise:

- a) Durch Aufnahme von Sauerstoff, als:
  - a) bei der Verbrennung bei freiem Luftzutritt (Kohlensäure, Wasser, Stickstoff), beim Abdampfen (Braunwerden der Extracte etc.);

- β) bei der Verwesung (Humus, Kohlensäure, Wasser, Sauerwerden geistiger Flüssigkeiten und anderer Pflanzenstoffe; Rasenbleiche, Salpeterbildung etc.);
- γ) beim blosen Stehen an der Luft (Trocknen oder Ranzigwerden der Fette; Verharzen der flüchtigen Oele, Uebergang des Bittermandelöls in Benzoësäure, des Aldehyds in Essigsäure etc.). Wirkung des Platinmohrs als Sauerstoffüberträger. Wirkung des Ozons;
- δ) bei Einwirkung von Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein, Kupferoxyd und anderen sauerstoffreichen Körpern (Veränderung des Zuckers in Zuckersäure und Kleesäure; Veränderung des Traubenzuckers durch Kupferoxydhydrat etc.);
- ε) bei Einwirkung von Chlor und Wasser (indirekte Oxydation), indem das Wasser unter Bildung von Chlorwasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird (Bleichen organischer Stoffe durch Chlor; Umwandlung des Bittermandelöls in Benzoësäure und Salzsäure durch Chlor etc.). Mit diesen Oxydationsprozessen ist häufig eine Abgabe von Wasserstoff verbunden.
- b) Durch Aufnahme von Wasserstoff, als:
  - α) bei Einwirkung von Wasserstoff *in statu nascendi*, zu dessen Erzeugung Natriumamalgam, Zinkstaub, Zink mit verdünnten Säuren oder ätzenden Alkalien dienen (Zurückführung von Aldehyd zu Alkohol, Ueberführung von Fumarsäure in Benzoësäure, von Cyanwasserstoff in Methylamin, Indigblau in Indigweiss etc.);
  - β) durch Schwefelwasserstoff, Jodwasserstoff, schweflige Säure etc. (Uebergang von Nitrobenzol in Phenylamin).
- c) Durch Aufnahme von Chlor, Brom und Jod, welche Haloïde sehr energisch auf organische Körper einwirken; meistens tritt hierbei für je 1 At. Chlor etc. 1 At.

Mit diesen Reductionsprozessen ist zuweilen eine Abgabe von Sauerstoff, Chlor etc. verbunden.

Wasserstoff aus (Substitution). Beispiele sind: Chloressigsäure, Chlorphenylsäure, Chlorkohlenstoff, Chloräthyl etc.

- d) Durch Aufnahme von Schwefel, bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalien (Sulfaldehyd, künstliches Knoblauchöl etc.). Durch Metalloxyde bewirkt man ein Austreten des Schwefels.
- e) Durch Aufnahme von Stickstoff, bei Einwirkung von Ammoniak (Aethylamin und andere Amine, Uebergang des Orcins in Orcein etc.).
- f) Durch Auswechselung von Wasserstoff gegen Untersalpetersäure, bei Einwirkung von starker Salpetersäure allein oder im Verein mit Schwefelsäure (Nitrocellulose, Nitroglycerin, Nitromannit etc.).
- g) Durch Auswechselung von Wasser gegen Schwefelsäure, bei Einwirkung von Schwefelsäure auf die Alkohole (Aethylschwefelsäure etc.).
- h) Durch Abgabe von Sauerstoff und Wasserstoff, beim Verbrennen und Verkohlen, beim Verkohlen durch Schwefelsäure, bei der Bereitung von Aethylen etc.
- i) Durch Abgabe von Kohlenstoff und Sauerstoff, so bei der Bildung von Aceton aus Essigsäure, von Butyron aus Buttersäure (Ketone).
- k) Durch Zerfallen in Zucker und andere Verbindungen (Spaltung) bei Einwirkung von Säuren, Alkalien oder Fermenten (Glycoside).
- l) Durch Ueberführung in isomere Verbindungen mit anderer Gruppierungsweise der Atome oder anderem Molekulargewicht (Stärke, Dextrin und Zucker, Methylen, Aethylen und Propylen etc.).
- m) Durch den Process der Fäulniss (Bildung von Sumpfgas, Ammoniak, Torf etc.), der trocknen Destillation (Bildung von Leuchtgas, Holzessig, Ammoniak, Kreosot, Carbolsäure, Anilin etc.), der verschiedenen Gährungen (Bildung von Alkoholen, Milchsäure, Buttersäure, Senföl und anderen Gährungsölen etc.), durch

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

die Einwirkung des Lichtes und des galvanischen Stromes (Elektrolyse) und andere mehr.

Dies sind nur einige der wichtigeren bis jetzt bekannten Veränderungen der organischen Stoffe; der Umfang derselben ist aber ohne Grenzen und wächst mit jedem Tage, da gerade diese Abtheilung der Chemie jetzt mit ausserordentlichem Eifer durchforscht wird.



## Thierstoffe.

---

812. Thierleben. Ungleich geheimnissvoller noch und zusammengesetzter als in den Pflanzen sind die chemischen Processe, welche in dem lebenden Thiere vor sich gehen. Dass solche Processe wirklich in dem Thierkörper stattfinden, wer könnte dies bezweifeln? Sehen wir doch gerade hier das Charakteristische derselben, die Verwandlung der Körper in neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften, noch ungleich deutlicher und auffallender als bei den Pflanzen und Mineralien. Denn kann es wohl eine auffallendere Verwandlung geben, als die der Bestandtheile des Eies (Eiweiss, Eidotter und Eischale) in die Bestandtheile des jungen Hühnchens (Fleisch, Blut, Knochen, Federn etc.)? oder die Verwandlung der Milch, welche die alleinige Nahrung vieler jungen Thiere ausmacht, in Fleisch, Blut etc.? Dass die chemische Kraft allein diese Veränderung nicht bewirken kann, ist in dem Früheren schon mehrmals erwähnt worden; sie ist nur das Werkzeug, das Mittel, dessen sich die göttliche Allmacht bedient, um auf eine uns noch verhüllte Weise während des Lebens der Pflanzen und Thiere alle die verschiedenen Gebilde des Pflanzen- und des Thierreichs zu erschaffen. Das Thierleben unterscheidet sich von dem Pflanzenleben in chemischer Beziehung hauptsächlich dadurch, dass während des

ersteren unaufhörlich Sauerstoff eingeathmet, während des letzteren aber ausgeathmet wird; ferner dadurch, dass zur Erhaltung des ersten, ausser dem Wasser und einigen Salzen, nur organische Substanzen geeignet sind.

**813. Nähtere Bestandtheile der Thiere.** Die Hauptmasse des Pflanzenkörpers besteht aus stickstofffreien Stoffen, also aus Stoffen, welche nur drei Elemente enthalten; in dem Thierkörper walten dagegen die stickstoff- und schwefelhaltigen Stoffe (die eiweissartigen Stoffe), also ungleich zusammengesetztere Verbindungen vor. Wasser und Fett sind fast die einzigen im Thierkörper vorkommenden Stoffe, die nur aus zwei oder drei Elementen zusammengesetzt sind; alle anderen, z. B. Fleisch, Haut, Knorpel, Blut, Haare, Nägel etc., sind reich an Stickstoff wie auch an Schwefel und Phosphor. Charakteristisch ist ausserdem für diese Stoffe, dass sie nicht krystallisirbar sind; wir finden nur in denjenigen thierischen Flüssigkeiten, die als untauglich zu weiterer Umbildung (zur Assimilation) aus dem Körper wieder ausgeschieden werden, z. B. in dem Urin, einige krystallisirbare Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure etc.). Die meisten thierischen Stoffe zeigen unter dem Vergrösserungsglase die Gestalt von kleinen Kugelchen. Die Kugelform ist hiernach die Grundform für die zusammengesetzten, höher organisirten Gebilde des Thierreichs, während in den einfacheren, leblosen Erzeugnissen des Mineralreichs die eckige Form (Krystallform) vorherrscht. In dem zwischen beiden mitten inne stehenden Pflanzenreiche treffen wir beide Formen, die kugelige oder sphärische z. B. in der Stärke, Hefe etc., die krystallinische in dem Zucker, den organischen Säuren und Basen etc. an.

**814. Elementarbestandtheile der Thiere.** Die Grundstoffe, aus denen zuerst die näheren Bestandtheile, und aus diesen wieder die Organe des Thierkörpers gebildet werden, sind genau dieselben, welche wir in dem Pflanzenreiche antreffen, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und Chlor; und von metallischen Stoffen: Calcium, Magnesium, Kalium etc. Diese müssen dem Thierkörper zugeführt werden, wenn er wachsen und fort-

leben soll. In welcher Form dieses geschieht, wird sich am einfachsten aus der Zusammensetzung des Eies und der Milch ergeben.

---

### I. Das Ei.

**815. Eiweiss** (Eier-Albumin). Das Weisse im Hühnerei besteht aus Zellen, in denen eine farblose, alkalisch reagirende Flüssigkeit, das Eiweiss, eingeschlossen ist. Beim Abdampfen erhält man daraus  $\frac{1}{8}$  festes Eiweiss; das Uebrige ist Wasser. Die Zusammensetzung des Eier-Albumins kommt mit der des Pflanzen-Albumins überein, sie gehören zu den im Thier- und Pflanzenreich am allgemeinsten verbreiteten Proteinstoffen (629). Verbrannt hinterlässt das Eiweiss Kochsalz, kohlensaures, phosphorsaures und schwefelsaures Natron und Kali und phosphorsaure Kalk- und Talkerde. Im Eiweiss selbst sind Schwefel und Phosphor zum Theil als Elemente und nothwendige Bestandtheile desselben enthalten; ausserdem ist dasselbe einem basischen Radical ähnlich, grössttentheils mit Natrium verbunden (Natrium-albuminat). Dass das Eiweiss, stark geschlagen oder gequirlt, einen lockeren, leichten Schaum giebt, dass es durch Erhitzen unlöslich wird und coagulirt oder gerinnt etc., sind bekannte Sachen. Der letzteren Eigenschaft wegen wendet man es zum Klären von trüben Flüssigkeiten, insbesondere von Zuckersäften an.

**Klären mit Eiweiss. Versuch.** Man röhre Honig mit warmem Wasser an, mische unter die erhaltene trübe Lösung ein wenig Eiweiss und erhitze das Gemisch bis zum Kochen. Das Eiweiss nimmt hierbei die in der Flüssigkeit herumschwimmenden fremdartigen Stoffe des Honigs mit in die Höhe und umschliesst sie, während es gerinnt; die Flüssigkeit wird dadurch klar und durchsichtig und lässt sich durch ein Seihetuch von dem geronnenen Eiweiss trennen.

**816. Eidotter.** Das Eigelb besteht der Hauptsache nach aus einem eiweissähnlichen Körper (Vitellin) und Casein (circa 16 Proc.) und einem rothgelben, aus Palmitin und Olein zusammengesetzten fetten Oel (Eieröl); das letztere schwimmt in der Gestalt von gelben Tröpfchen in der Lösung der Proteinstoffe herum. Die letzteren bewirken die Gerinnung beim Kochen der Eier in Wasser und man kann nun das Fett durch starkes Pressen oder durch Schütteln mit Aether aus dem geronnenen Dotter ausziehen. Das Vitellin scheint mit Myosin sehr nahe übereinzukommen. Verbrannt hinterlässt es dieselben Aschenbestandtheile wie das Eiweiss, nebst Eisenoxyd; vorwaltend darunter sind Kalisalze und phosphorsaure Erden.

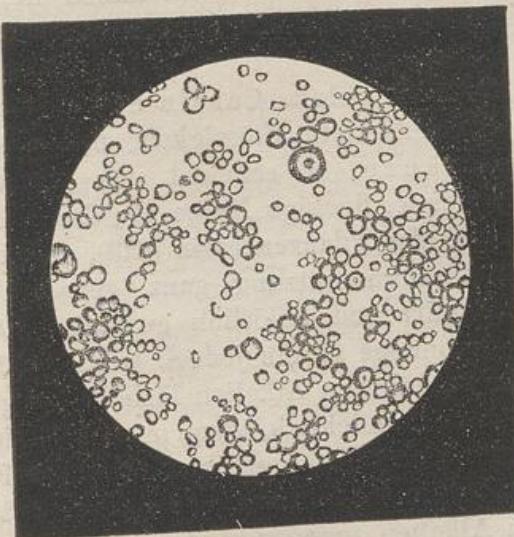
**817. Eischale.** *Versuch.* Man übergiesse Eischalen mit verdünnter Salzsäure: sie werden sich unter Gasentwickelung bis auf einige Häutchen von organischer Substanz auflösen. Das entweichende Gas ist Kohlensäure; in der Salzsäure aber findet sich aufgelöster Kalk, wie man durch Zusatz von Schwefelsäure wahrnehmen kann, welche daraus Gyps niederschlägt. Die Schalen haben sonach mit der Kreide eine gleiche Zusammensetzung, sie bestehen nämlich aus kohlensaurem Kalk mit etwa 1 Proc. phosphorsaurer Kalk- und Talkerde und 2 Proc. organischer Substanz.

In den Eischalen finden sich kleine Poren, durch welche Luft in das Innere des Eies zu dringen vermag, die allmälig eine Veränderung (Fäulniss) des Inhalts bewirkt. Verstopft man diese Oeffnungen, z. B. durch Einlegen der Eier in Asche oder Kalkmilch, oder durch Bestreichen derselben mit Oel, so halten die Eier sich viel länger unverändert, weil hierdurch das Eindringen der Luft verhindert wird. Beim Bebrüten der Eier, welches auch durch künstliche Wärme zur Ausführung gebracht werden kann, nimmt das Gewicht derselben unter Einsaugung von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure und Wasser ab.

## II. Die Milch.

818. Die aus den Brustdrüsen weiblicher Säugethiere sich ausscheidende Milch besteht aus einer Auflösung von Casein, mit etwas Eiweiss und Milchzucker in Wasser, in welcher kleine, wie es scheint, mit einer Hülle umschlossene Fettkügelchen umherschwimmen, wie man dies durch die Betrachtung einer dünnen Milchschicht unter dem Mikroskop deutlich wahrnehmen kann. Die letzteren sind es, welche die Milch undurchsichtig machen und ihr das Ansehen einer Emulsion geben. Die

Fig. 207.



Milch zeigt in der Regel eine neutrale oder schwach alkalische Reaction. Unter den Mineralstoffen derselben, wie solche beim Verbrennen als Asche zurückbleiben, findet man alle, welche zum Aufbau des Thierkörpers nothwendig sind und schon in den vorigen Abschnitten angegeben wurden; vorherrschend Phosphorsäure und Kali, nächstdem Natron, Kalk (Chlor).

819. Abscheidung der Fettkügelchen aus der Milch  
Fettkügelchen. Versuch. Durch Filtriren allein lassen sich

diese Kugelchen nicht von der Milch trennen, da sie so klein sind, dass sie durch die Poren des feinsten Papiers mit hindurchlaufen; wohl aber geht dies auf folgende Weise: Man löse 30 Grm. Glaubersalz und einige Decigramm Soda in 15 Grm. lauem Wasser auf und schüttle diese Lösung mit 15 Grm. frischer Milch zusammen; bringt man dieses Gemenge jetzt auf ein Filtrum, so bleiben die fettigen Theile (Rahm, Sahne) zurück, während eine nur wenig opalisirende Flüssigkeit abläuft. Die zugesetzte Salzlösung wirkt nicht chemisch auf die Bestandtheile der Milch ein, sondern sie bewirkt nur auf mechanische Weise, dass die Kugelchen eine compactere Masse bilden und sich leichter von der wässerigen Flüssigkeit trennen. Die Fettkugelchen sind mit einer zarten, unlöslichen Hülle umschlossen, welche man durch Zusatz von wenig Aetzkali leicht auflösen kann. Schüttelt man sie nachher mit Aether, so geht das Fett vollkommen in Lösung über, während ohnedem der Aether nur Spuren davon auflöst.

**820. Casein in der Milch. Casein und Eiweiss. Versuch.** Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit einigen Tropfen Essig oder Salzsäure, so scheidet sich aus derselben das Casein als eine weisse, flockige Masse ab; das Thiercasein wird nämlich, ebenso wie das Pflanzencasein (629), mit dem es rücksichtlich seiner Zusammensetzung ganz genau übereinkommt, durch Säuren coagulirt und unlöslich gemacht. Durch zu viel Säure wird das geronnene Casein jedoch wieder aufgelöst; ebenso ist es auch in verdünnten Alkalien löslich. In gleicher Weise gerinnt die Milch augenblicklich, wenn man sie mit Säuren versetzt; die geronnene Masse schliesst hier auch die Fettkugelchen mit ein. Reines Casein ist in Wasser unlöslich, es löst sich aber darin auf, wenn Alkalien zugegen sind; diese finden sich immer in der Milch und erhalten das Casein aufgelöst. Durch die zugesetzte Säure wird dem Casein sein Alkali (Natron) entzogen und es scheidet sich in der bekannten Form des frischen Käses aus. Die beim Kochen der Milch sich oberflächlich erzeugende Haut röhrt von verändertem Casein her. Das Casein gehört zu den eiweissartigen Stoffen oder Proteinstoffen; es enthält ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch viel Stickstoff und etwas Schwefel in seiner Verbindung.

**Eiweiss. Versuch.** Filtrirt man das Casein von der Flüs-

sigkeit ab und bringt dann die letztere zum Kochen, so entsteht abermals eine obwohl schwächere Trübung; was sich absondert, ist Eiweiss, von dem kleine Quantitäten in jeder Milch vorhanden sind.

**821. Fettkäse und Milchzucker.** *Versuch.* Man lasse ein kleines Stückchen von einem getrockneten Kälbermagen (Lab) mit einem Löffel voll Wasser eine Nacht stehen und giesse dieses Wasser nachher zu einem Maass frischer Milch: die Milch wird, wenn man sie einige Stunden an einen warmen Ort stellt, oder schneller, wenn man sie bis  $60^{\circ}$  C. erhitzt, zu einer gallertähnlichen Masse gerinnen, welche man auf ein Filtrum bringt. Was zurückbleibt, besteht aus einem innigen Gemenge von geronnenem Casein mit den Fettkügelchen. Durch Auspressen und Trocknen erhält man daraus den sogenannten Rahm- oder Süßmilchkäse (Schweizer-, holländischer, Chester-Käse etc.).

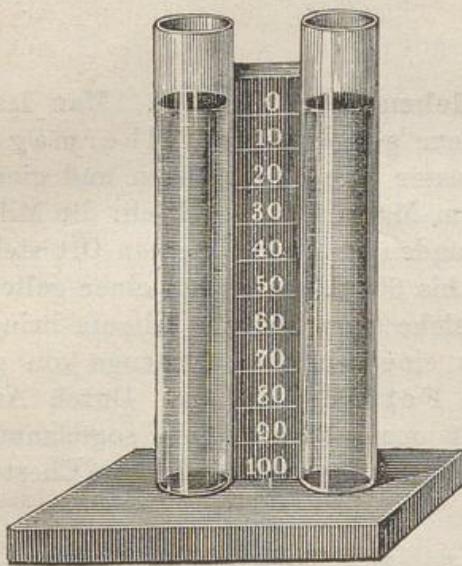
**Milchzucker.** *Versuch.* Die abgelaufene Flüssigkeit (süsse Molken) wird durch Aufkochen von ihrem Eiweiss (Zieger) befreit und nach abermaliger Filtration so weit abgedampft, bis nur noch etwa  $\frac{1}{8}$  davon übrig ist. An einem warmen Orte setzen sich daraus kleine, harte, farblose Krystalle von Milchzucker ab. Auf diese Weise gewinnt man in der Schweiz den Milchzucker im Grossen. Die süßen Molken sind also der Hauptsache nach als eine Auflösung von Milchzucker (nebst etwas Eiweiss und einigen Salzen) in Wasser zu betrachten.

**Milchsäure.** *Versuch.* Man löse den erhaltenen Milchzucker wieder in Wasser auf und lege ein Stückchen Kälbermagen in die Lösung: die Flüssigkeit wird an einem warmen Orte bald sauer werden, weil der Milchzucker sich in Milchsäure umwandelt.

**822. Milchrahm.** *Versuch.* Man fülle ein Gläschen mit frischer Milch an, verstopfe es und stelle es verkehrt 24 bis 36 Stunden an einen kühlen Ort, dann lüfte man den Stöpsel, so dass der untere, dünneren Theil der Milch (blaue Milch) abläuft,

der obere, dickere (süßer Rahm oder Sahne) aber zurückbleibt.

Fig. 208.



Beim ruhigen Stehen steigen die leichteren Fettkügelchen der Milch in die Höhe und bilden auf der Oberfläche die bekannte fettige, dickliche Sahne. Wird diese längere Zeit geschüttelt oder geschlagen, so zerreissen die Hüllen der Fettkügelchen und diese letzteren backen zu Klumpen von Butter zusammen. Aus der abgelaufenen dünnen Milch kann man auf die schon angegebene Weise Casein, Eiweiss und Milchzucker abscheiden.

**Rahmmesser.** Zur Prüfung der Güte der Milch, welche von der in ihr enthaltenen Rahm- oder Buttermenge abhängt, bedient man sich eines Rahmmessers (Fig. 208), der aus mehreren Glascylindern besteht, welche man bis zu dem Nullpunkte der angefügten Scala mit Milch anfüllt und ruhig stehen lässt, bis sich die Rahmschicht oben angesammelt hat. Man erfährt auf diese Art leicht, wie viel Rahm 100 Thle. Milch geben, und es ist daher diese einfache Probe den Landwirthen sehr anzusempfehlen, um sich über die nach Alter und Race der Kuh, wie nach deren Fütterung, sehr wechselnde Qualität der Milch ihrer einzelnen Viehstücke genaue Auskunft zu verschaffen. Gute Kuhmilch enthält zwischen 3 bis 4 Proc. Butter und liefert am Rahmmesser ungefähr 12 bis 16 Grade Rahm. Der mittlere Gehalt der Milch an Casein beträgt etwa 4 Proc., der an Milchzucker 4 Proc., der an mineralischen Bestandtheilen  $\frac{1}{2}$  Proc., der an festen Bestandtheilen etwa 12 Proc. In den ersten Tagen nach der Geburt ist die Milch weit reicher an festen Bestandtheilen und wird Colostrum genannt; zu dieser Zeit enthält sie ausser den kleinen Fettkügelchen noch grössere (Colostrumkörperchen).

**823. Butter.** Diese besteht, wie die Pflanzenfette, aus festem Palmitin und Stearin und flüssigem Olein und hat ganz die Eigenchaften der ersteren. Ausser den genannten drei Fettarten enthält die Butter aber auch noch eine kleine Quantität eines eigenthümlichen flüssigen Fettes (Butyrin), in dem mehre flüchtige Fettsäuren gebunden sind. Bleibt Butter längere Zeit an der Luft stehen, so werden kleine Mengen von diesen flüchtigen Säuren (Buttersäure, Capronsäure etc.) in Freiheit gesetzt; diese sind die Ursache des sogenannten Alt- oder Ranzigwerdens der Butter und ertheilen derselben den bekannten unangenehmen Geruch und Geschmack. Kocht man altgewordene Butter mit der doppelten Menge Wassers einige Male auf, so werden diese Säuren aus ihr entfernt, und die Butter zeigt nach dem Erkalten wieder einen angenehmen Geschmack.

**Kunstbutter.** Beim Erkalten von geschmolzenem Rindstalg gerinnt dessen Stearin zuerst, bei  $50^{\circ}\text{C}$ ., der davon abgegossene, oleinreiche Theil, das sogenannte Oleo-Margarin, liefert nach tüchtigem Durcharbeiten mit Milch eine der Butter ähnliche Fettmasse.

**824. Freiwilliges Gerinnen der Milch.** Lässt man die Milch in offenen Gefäßen längere Zeit stehen, so verwandelt sich ihr Milchzucker allmälig in Milchsäure, und diese bewirkt, wie jede andere Säure, ein Gerinnen der Milch und zugleich den bekannten sauren Geschmack derselben. Am schnellsten tritt die Säurebildung, mithin auch das Gerinnen der Milch, zur Sommerszeit und wenn die Milch, wie z. B. bei weiterem Transport derselben, stark bewegt wird, ein. In solchen Fällen lässt sich das Gerinnen durch Zusatz von etwas doppeltkohlen-saurem Natron einige Zeit aufhalten, da dieses die erzeugte Säure neutralisiert und abstumpft. An kühlen Orten findet das Gerinnen erst Statt, nachdem sich die meisten Fettkügelchen oben angesammelt haben (saurer Rahm). Aus diesem Rahm bereitet man bei uns am häufigsten die Butter, und deswegen zeigt auch die hierbei übrig bleibende Buttermilch (ein Gemenge von geronnenem Casein, Milchsäure, Milchzucker, Butterklümpchen und Wasser) einen sauren Geschmack. Die unter dem Rahm befindliche sogenannte Schlickermilch enthält nur noch Spuren von Fett und besteht demnach aus Wasser, Milchsäure und coagulirtem Casein. Durch Abpressen erhält man daraus die aus

einer Lösung von Milchsäure in Wasser bestehenden sauren Molken.

**Magerer Käse.** Das nach dem Abpressen der sauren Molken übrigbleibende geronnene oder coagulirte Casein ist das Material, aus dem unsere gewöhnlichen mageren Kuhkäse dargestellt werden. In feuchtem Zustande aufbewahrt, erleiden diese eine Zersetzung (Fäulniss), bei der sich Ammoniak erzeugt, welches mit dem Casein eine weiche, seifenartige Masse bildet (alter Käse, Limburger etc.).

**825. Fäulniss des Caseins.** Durch sorgsame Regulirung und manichfache Abänderung des langsamen, fauligen Zersetzungspfades ertheilt man dem Casein die grosse Mannichfaltigkeit von Geschmack und Geruch, welche wir an den zahlreichen Käsearten des Handels wahrnehmen. Nur in besonderen Fällen setzt man ihm noch besonders würzende Stoffe zu (Kräuter, Samen, Brotschimmel etc.). Ausser Ammoniak und Schwefelammonium (632) bilden sich hierbei, wie bei der Fäulniss der Proteinstoffe überhaupt, eigenthümliche Verbindungen verschiedener Art, von denen Leucin und Tyrosin am genauesten erforscht sind.

**Leucin** (Käseoxyd),  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ , bildet kleine farblose, fettige Krystallschuppen und kann den organischen Basen zugerechnet werden, da es sich mit Säuren verbindet. Es ist ein allgemeines Zersetzungspfad der eiweissartigen Körper und ist auch in vielen Körpertheilen (Leber, Niere etc.) aufgefunden worden.

**Tyrosin**,  $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_3$ , eine schwache organische Basis, kry stallisiert in langen, seidenartig glänzenden, farblosen Nadeln und erzeugt sich immer neben dem Leucin beim Faulen der Proteinstoffe, wie im thierischen Körper. Beide lassen sich auch durch langes Kochen von Eiweisskörpern oder Horngesellen mit verdünnten Säuren, oder durch gelindes Erhitzen derselben mit Kalhydrat darstellen.

Bei stark fortgeschrittenem Fäulniss treten noch flüchtige Fettsäuren in reichlicher Menge auf, als: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Baldriansäure, welche letzteren den übeln Geruch des alten Käse verstärken.

**826. Gährung der Milch.** *Versuch.* Man lasse Milch in einem Gläschen stehen, bis sie eben geronnen ist, und stelle sie dann, mit einer Gasentwicklungsrohre versehen (Fig. 182), an einen 24 bis 30° C. warmen Ort: es wird in der Flüssigkeit eine lebhafte Entwicklung von Kohlensäure eintreten, weil sich der noch nicht in Milchsäure übergegangene Milchzucker in höherer Temperatur erst in eine Art Traubenzucker (Lactose) und dann in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Hierbei bildet sich aber gleichzeitig auch etwas Buttersäure, die dem Branntwein, welchen man durch Destillation der ausgegohrenen und abgepressten Flüssigkeit erhält, einen unangenehmen Geschmack ertheilt. Der Kumyss der Tartaren ist ein solcher, durch Gährung von Pferdemilch gewonnener Branntwein.

Milchextract oder condensirte Milch bildet jetzt einen werthvollen Handelsartikel, den man durch Abdampfen der Milch in Vacuumpfannen bis auf  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$ , unter Zusatz von Rohrzucker, erhält. Die Milch hält sich in dieser Form längere Zeit unverändert.

### III. Die Nahrungsmittel und die Verdauung.

**827. Elemente des Thierkörpers.** Ueberblickt man die im Vorigen angegebenen Bestandtheile des Eies und der Milch, so findet man darin folgende Grundstoffe:

Das Ei besteht aus

Wasser = H, O,  
Eieröl = H, O, C, P,  
Eiweiss = H, O, C, N, S, P,

Schale u. andern } Ca, Mg, Na, K, Fe, unorganisch. } = Ca, Mg, Na, K, Fe,  
unorg. Stoffen } P, S, Si, Cl, O. Stoffen . . . } P, S, Si, Cl, O.

Die Milch besteht aus

Wasser . . . = H, O,  
Butter . . . } = H, O, C,  
Milchzucker }  
Casein . . . } = H, O, C, N, S, P,  
Eiweiss . . . }

Genau dieselben und nur dieselben Elementarstoffe findet man aber auch in dem Thierkörper; der Schluss liegt also nahe: dass die Bestandtheile des Hühnereies beim Bebrüten des Eies zur Bildung des jungen Hühnchens, und die Bestandtheile der Milch, welche die Nahrung eines jungen Säugethieres ausmacht, zum Wachsthum und zur Ernährung des letzteren verwendet werden. Gleiche geschieht auch mit den Bestandtheilen der Pflanzen- und Thierstoffe, die uns zur Speise dienen.

**828. Nahrungsmittel.** Ein vollständiges Nahrungsmittel muss alle oben angegebenen Bestandtheile, und zwar in einer lösbarer (verdaulichen) Verbindung enthalten. Die genannten näheren Bestandtheile des Eies und der Milch sind schon thierischer Natur, sie brauchen daher bei ihrer Verwendung zur Ernährung eines anderen Thieres oder des Menschen nur eine Formänderung zu erfahren, um in dem Organismus derselben wieder das zu werden, was sie vorher in einem anderen waren. Bei den vegetabilischen Nahrungsmitteln dagegen muss während des Verdauungs- und Assimilationsgeschäfts auch eine materielle Veränderung stattfinden, damit sie sich zu Bestandtheilen des Thierkörpers umwandeln können.

Von den näheren Bestandtheilen des Pflanzenreichs, welche als die Aufbaumaterialien des Thierkörpers zu gelten haben, sind die wichtigsten:

**829. Stickstoffhaltige Nährstoffe (Nh) oder Proteinstoffe,** als: Kleber, Pflanzeneiweiss, Pflanzencasein, Protoplasma etc. Diese sind so reich an Stickstoff, nächstdem auch an Phosphor (und Schwefel), wie das Eiweiss, das Casein, das Fleisch der Thiere, und den letzteren überhaupt so ähnlich, dass man annehmen kann, sie brauchen nur ihre Form zu ändern, um im Thierkörper als Fibrin, Muskelfleisch, Zellgewebe, Knorpel und anderes mehr abgelagert zu werden. Man hat sie daher auch als Blut-, Fleisch- und Knochenbildner oder als plastische Nährmittel bezeichnet. Sie gewinnen noch durch die Thatsache eine höhere Bedeutung, dass in dem Thiere, so lange es lebt, eine stete Erneuerung der Körpertheile stattfindet, indem diese zum Theil verflüssigt oder abgestossen und durch die Excremente und den Urin ausgeschieden werden. Ausser zum Wachsthum

oder zur Production von Fleisch, Milch, Wolle, Kraft etc. sind sonach Tag für Tag gewisse Mengen dieser Nährstoffe nöthig, um jenen Abgang zu ersetzen und die nöthigen Neubildungen auszuführen.

Unter den Pflanzentheilen sind immer die Samen am reichsten an Proteinstoffen und Phosphorsäure, obenan die der Hülsenfrüchte und Oelpflanzen. Der Landwirth weiss aus Erfahrung, dass er von denselben die höchsten Leistungen, so bei der Aufzucht, wie bei Milch-, Mast- und Zugvieh, zu erwarten hat, er betrachtet sie daher mit Recht als Kraftfuttermittel. Blätter und Stengel können nur in ihrer Jugendzeit als solche gelten.

Die vorher angedeuteten Wachsthums- und Erneuerungsprocesse gehen in dem Thierkörper nur vor sich, wenn in demselben eine Temperatur von beiläufig 30° R. unterhalten wird. Zur Erzeugung dieser Wärme tragen zwar die stickstoffhaltigen Bestandtheile auch bei, doch nur zu einem sehr kleinen Theile und wenn sie im Ueberschuss gereicht werden. Die eigentlichen Wärmeerzeuger sind die stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen.

**830. Stickstofffreie Nährstoffe (Nl = stickstofflose).** Diese bilden die Hauptmasse des Pflanzenkörpers und werden wegen ihrer verschiedenen Leistungsfähigkeit im Ernährungsprocesse bei den Futteranalysen in folgende drei Gruppen geschieden:

a) Stickstofffreie Extractstoffe oder Kohlenhydrate. Zu ihnen sind zu rechnen: Zucker, Dextrin, Gummi, Stärke, (Pflanzensäuren und andere). Sie verschwinden, insofern sie verdaulich sind, während ihres Durchganges durch den Körper, indem ihr Kohlenstoff sich mit dem vom Blute aufgenommenen Sauerstoff der eingeaethmeten Luft verbindet und als Kohlensäure ausgeaethmet, ihr Wasser- und Sauerstoff aber als Wasser durch Lunge, Haut und die Nieren ausgeschieden wird. Man bezeichnet sie daher als Athmungs- oder Respirationsmittel. Bei dieser Verbindung, welche als eine langsame Verbrennung des Kohlenstoffs anzusehen ist und durch die Blutgefäße in allen Körpertheilen vermittelt wird, wird die in diesen wahrzunehmende Wärme entwickelt. Man kann daher die stickstofffreien Nährstoffe auch als die Heizmaterialien für den Thierkörper ansehen.

Ausserdem stellen dieselben das Material dar, aus welchem das Thier sich seine stickstofffreien Bestandtheile: die Milchsäure des Fleisches und Magensaftes, den Milchzucker und die Butter der Milch und das anderweite Fett des Thierkörpers (Oel, Schmalz, Talg, Knochenfett, Gallenfett etc.) aufbauen kann, wenn die Nahrung nicht genug Pflanzenfett enthält. Reichliche Ablagerung von Fett erfolgt aber nur, wenn den Thieren, wie bei der Mästung, ein Ueberschuss von Extractstoffen oder Pflanzenfetten über das zur Wärmeerzeugung erforderliche Quantum gereicht wird, zugleich nebst einem Ueberschusse von Proteinstoffen. Diese letzteren sind zur Bildung von den Zellen, welche die eigentliche Fettmasse einschliessen, nothwendig, ja neuere Untersuchungen sprechen dafür, dass sie auch direct an der Fettbildung Anteil nehmen und dass wenigstens bei Fleischfressern das Fett hauptsächlich aus den Proteinstoffen der Nahrung erzeugt wird. Besonders reich an Extractstoffen sind die Runkelrüben, Kartoffeln, die mehlreichen Samen und die jungen Futterpflanzen; letztere zwei zugleich auch reich an Proteinstoffen.

b) Fette und Oele. Von ihnen gilt dasselbe, wie von den Extractstoffen; sie dienen bei der Ernährung der Thiere als Respirationsmittel und Fettbildner. Da sie mehr Kohlenstoff als jene, und überdies auch noch verbrennbares Wasserstoff enthalten, dieser letztere aber bei seiner Verbindung mit Sauerstoff ein weit grösseres Wärmequantum in Freiheit setzt, als bei der Verbindung des Kohlenstoffs geschieht, so vermögen die Fette und fetten Oele als Nährmittel eine weit höhere Leistung auszuüben als die Extractstoffe; 1 Pfd. davon leistet etwa so viel als  $2\frac{1}{2}$  Pfd. Extractstoffe. Und ebenso hat man bei der Mästung anzunehmen, dass 1 Pfd. Pflanzenfett sich in 1 Pfd. Thierfett umwandeln könne, während von Extractstoffen  $2\frac{1}{2}$  Pfd. hierzu nöthig wären. Die Fette kommen in den Pflanzen am häufigsten in flüssiger Form, als fette Oele vor; alle Pflanzen enthalten solche, aber meist nur in kleinen Mengen (1 bis 3 Proc.); grössere Mengen davon finden sich nur in gewissen Pflanzenfamilien, und zwar hauptsächlich in den Samen, so namentlich in den Lein-, Mohn-, Hanfsamen, in den Raps- und Rübsensamen, in den Samenkernen der Mandel, Pflaume und anderer mehr. Unter den Samen der Getreidearten und Hülsenfrüchte sind die von Mais und Lupinen am ölreichsten (6 bis 8 Proc.).

c) Holzfaser oder Cellulose. Die unlöslichen Wände und Häute der Pflanzenzellen galten bis vor Kurzem als unverdaulich, neuere Versuche haben aber gezeigt, dass nicht bloss von der zarten Pflanzenfaser der jungen Pflanzen, sondern selbst von der harten des Strohes und des Holzes der Bäume beträchtliche Mengen, insbesondere von den Wiederkäuern, bei der Verdauung gelöst werden und an der Ernährung der Thiere Anteil nehmen. Da die Cellulose dieselbe Zusammensetzung hat, wie die Kohlenhydrate Stärke, Zucker etc., so wirkt sie ohne Zweifel wie diese, als Respirationsmittel, doch ist ihre Nährkraft, ihrer schweren Löslichkeit halber, eine weit schwächere.

**831. Unorganische Nährstoffe.** Die Knochenmasse braucht insbesondere Kalk und Phosphorsäure, das Blut insbesondere Natron und Phosphorsäure, das Fleisch insbesondere Kali und Phosphorsäure, die Milch Kali, Kalk und Phosphorsäure zu ihrer Bildung. Von den Pflanzenarten und Pflanzenteilen zeichnen sich aus: die Samen und Samentheile durch grossen Reichthum an Phosphorsäure; die Knollen und Wurzeln durch grossen Reichthum an Kali; Klee und Hülsenfrüchte durch grossen Reichthum an Kalk etc. (798). Angesichts dieser Verschiedenheiten ist bei der Zusammensetzung der Futtermischungen auch darauf zu achten, dass keine der für den Thierkörper nothwendigen mineralischen Baumaterialien in der Mischung in ungenügender Menge vorhanden sei.

#### Die Verdauung.

**832.** Die Vorbereitung zur Lösung der Nahrungsmittel erfolgt schon im Munde, nicht bloss durch die mechanische Zerkleinerung derselben mittelst des Zerkauens, sondern auch chemisch durch die Vermischung mit dem Speichel, welcher neben Schleim und mehren Salzen einen noch nicht genauer bekannten organischen Stoff, Ptyalin oder Speichelstoff, enthält, der wie das Diastas (607) die Kraft besitzt, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln.

In dem Magen vermischen sich die genossenen Nahrungsmittel mit dem sauren Magensaft, einer freie Milchsäure,

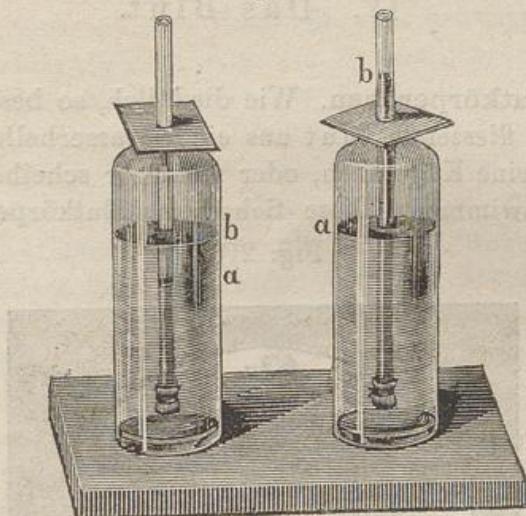
Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Salzsäure, Kochsalz und eine besondere organische Substanz, Pepsin oder Verdauungsstoff, enthaltenden Flüssigkeit, die von der inneren Haut (Schleimhaut) des Magens abgesondert wird und eine überaus starke, aufschliessende und lösende Kraft besitzt. Die Speisen erweichen dadurch und gehen zum grossen Theil in eine auflösliche, weisse, breiartige Masse über, die den Namen Chymus oder Speisebrei führt. Die Salzsäure entsteht jedenfalls durch eine in dem Körper stattfindende Zersetzung des genossenen Kochsalzes und ist zur Auflösung und Assimilation (Verdauung) der Speisen unentbehrlich. Wie dieselbe wirkt, ergiebt sich daraus, dass mit Salzsäure schwach sauer gemachtes Wasser, wenn man es vorher mit einem Stückchen Magenschleimhaut (Kälbermagen) einen Tag lang in Berührung gelassen hat, die Fähigkeit erlangt, bei einer Temperatur von 30 bis 40° C. hartgekochtes Eiweiss, Fleisch und andere Speisen aufzulösen, die in bloss angesäuertem Wasser nicht löslich sind. Aus dem Speisebrei wird alles, was auflöslich geworden ist, während des Durchgangs durch die Eingeweide aufgesogen und als Nahrungsaft oder Chylus dem Blute zugeführt. Der Chylus ist eine gelbliche, milchähnliche, alkalisch reagirende Flüssigkeit, in welcher kleine Kugelchen (Chyluskörperchen oder Lymphkörperchen und andere) umherschwimmen. Nach der Entfernung aus dem Körper gerinnt er nach kurzer Zeit. Der Verlauf der Veränderungen, welche die Speisen in dem thierischen Körper erfahren, ist hiernach folgender: Aus den Speisen wird Speisebrei, aus diesem Nahrungsaft, aus diesem Blut; aus dem Blute aber bilden sich alle die zahllosen Organe und Bestandtheile des Thierkörpers, ähnlich, wie sich aus dem Pflanzensaft alle Organe und Bestandtheile der Pflanzen erzeugen.

**833. Aufsaugung. Endosmose. Versuch.** Man fülle eine mit Blase überbundene Glasröhre halb voll mit gequirtem und durch ein Tuch geseihetem Ochsenblute und stelle sie bis zu gleichem Niveau in warmes Wasser: das Blut wird nach kurzer Zeit in die Höhe steigen (ganz so wie das Salzwasser im Versuche 802), weil das Wasser durch die Blase zu dem Blute übergeht. Der Grund dieses Uebergangs ist in dem reichen Salzgehalte (nahezu 1 Proc.) des Blutes zu suchen, wie man leicht durch einen zweiten Versuch nachweisen kann, zu dem man statt

des Blutes die klare Blutflüssigkeit anwendet, die man erhält, wenn man das Blut aufkocht und die geronnene Masse in einem

Fig. 209.



leinenen Tuche abpresst. In dieser Flüssigkeit befinden sich nur noch die löslichen Salze des Blutes, die vorherrschend aus Kochsalz bestehen; dennoch aber zeigt sie dasselbe Verhalten wie das Blut in Substanz, sie zieht das Wasser an sich. Diese Versuche gewähren einige Einsicht in das Wesen des Aufsaugungsprocesses, wie er im Thierkörper stattfindet. Der Magen und der ganze Verdauungscanal sind von Blutgefäßen umgeben, in denen sich das Blut mit einer grossen Geschwindigkeit bewegt. Das Blut ist weit salzreicher als der aus den Speisen und Getränken entstehende Magen- und Darminhalt, es findet demnach eine gleiche Endosmose oder Durchschwitzung der Flüssigkeit des letzteren zu dem Blute statt wie bei obigem Versuche. Durch die Harnwerkzeuge wird das übergestromte Wasser sogleich wieder aus dem flüssigen Blute entfernt und dieses stets auf einem gleichen Zustande der Concentration erhalten. Hiernach hat also das Kochsalz auch noch wegen der angegebenen physikalischen Eigenschaft eine besondere Bedeutung für das Thierleben.

## IV. Das Blut.

**834. Blutkörperchen.** Wie die Milch, so besteht auch das in den Adern fliessende Blut aus einer wasserhellen Flüssigkeit, in welcher kleine Kugelchen, oder richtiger scheibenförmige Zellen umherschwimmen; diese Scheiben (Blutkörperchen) haben

Fig. 210.



jedoch eine rothe Farbe und sind die Ursache der Farbe des Blutes. Die beistehende Abbildung zeigt die Blutkörperchen in dem menschlichen Blute, wie sie durch starke Vergrösserung erscheinen. Die mit *a* bezeichneten sind platt aufliegend, die mit *b* bezeichneten hingegen aufgerichtet. Ein Cubikmillimeter enthält wohl 5 Millionen solcher Körperchen. Ausserdem findet man in dem Blute unter dem Mikroskop noch farblose Kugelchen, welche theils Fetttröpfchen, theils Chyluskörperchen sind.

**835. Blutkuchen und Blutwasser. Versuch.** Lässt man das Blut eines Thieres ruhig in einem Gefässe stehen, so erleidet es binnen kurzer Zeit eine Veränderung: es gerinnt nämlich zu einer dunkelrothen Gallerte (Blutkuchen), die sich bei

längerem Stehen zusammenzieht und eine gelbliche Flüssigkeit ausscheidet (Blutwasser oder Blutserum). Wird das Blutwasser bis zum Kochen erhitzt, so gerinnt es zu einer weissen Gallerte: es besteht nämlich aus einer Lösung von Eiweiss; auch kleine Mengen von Harnstoff und Bernsteinsäure hat man darin gefunden, in besonderen Fällen auch von Zucker. In dem Blutkuchen sind zwei Körper mit einander vereinigt: die rothen Blutkörperchen und eine weisse, faserige Masse, Blutfibrin. So lange das Blut in den Adern bleibt, ist das Fibrin, wie das Eiweiss, gelöst, ersteres wird aber unlöslich, so wie das Blut den Thierkörper verlassen hat. Die bis jetzt genannten Bestandtheile des Blutes ändern sich beim ruhigen Stehen desselben in folgender Weise um:

Aus	<u>Wasser, Eiweiss,</u>	<u>Blutkörperchen, Fibrin</u>	
entsteht:	Blutwasser	und	Blutkuchen.

**836. Blutfibrin. Versuch.** Wird das frisch aus der Ader kommende Blut während des Erkaltens gequirlt oder geschlagen, so gerinnt es nicht; das Fibrin wird zwar auch unlöslich, aber als eine fadenartig zusammenhängende Masse, die mit Wasser lange geknetet, endlich weiss wird und nach dem Trocknen eine den Fleischfasern ähnliche Beschaffenheit zeigt. In der That kann es auch als halbfertiges Fleisch angesehen werden, da es mit diesem eine grosse Aehnlichkeit und eine gleiche Zusammensetzung hat und aus ihm sich jedenfalls das Fleisch des Thierkörpers bildet. Andererseits kommt es wieder mit dem geronnenen Eiweiss in seinen chemischen Eigenschaften nahe über ein. Nach neueren Untersuchungen nimmt man an, dass das Blut, so lange es in dem Körper circulirt, zwei eigenthümliche Eiweisskörper, von denen der eine fibroplastische, der andere fibrogene Substanz benannt worden, enthalte, dass diese aber ausserhalb des Körpers alsbald zu unlöslichem Fibrin zusammen treten. Das übrig bleibende Blut behält nach der Ausscheidung des Fibrins seine rothe Farbe und gesteht erst beim Kochen zu einer Gallerte von dunkelrother Farbe, wie man diese in der sogenannten Blutwurst wahrnimmt. Die beim Quirlen des Blutes eintretende Veränderung des Blutes ist hiernach folgende:

<u>Wasser, Eiweiss, Blutkörperchen</u>	Fibrin
bleiben flüssig.	wird fest.

**837. Hämoglobin und Hämatin.** Vermischt man das geronnene, fibrinfreie Blut mit einer grossen Menge von gesättigter Glaubersalzlösung, so werden die Blutkörperchen, ähnlich wie die Fettkügelchen der Milch (819), so compact, dass sie auf einem Papierfilter zurückbleiben. Man nannte diese dunkelrothe, gallertartige Blutkügelchenmasse bisher Blutroth; sie lässt sich jedoch in zwei selbstständige Körper trennen, welche die Namen Hämoglobin und Hämatin erhalten haben und durch eine häutige Hülle, wie in einer Zelle, in den Blutkörperchen umschlossen sind. Wird das abfiltrirte Blutroth mit Wasser versetzt, so schwollen die Blutkörperchen auf und beide Bestandtheile derselben werden nach und nach löslich, so dass nur ihre Hülle zurückbleiben. Erhitzt man die Lösung, so gerinnen selbige zu einer rothbraunen, getrocknet schwarzen Masse.

Das Hämoglobin macht den Hauptbestandtheil der Blutkörperchen vom Menschen und den meisten Wirbeltieren aus und kann unter Umständen regelmässige Krystalle bilden, die sich in Wasser schwer lösen und dasselbe blutroth färben. Sehr merkwürdig ist sein Verhalten zum Sauerstoff und anderen Gasen, mit denen es sich zu eigenthümlichen, loseren Verbindungen vereinigt, die zwar ebenfalls krystallisiren können, aber die gebundenen Gase allmälig wieder abgeben. Hierdurch erlangen die Blutkörperchen die Fähigkeit, beim Athmungsprocesse Sauerstoff aufzunehmen; das hochrothe Arterienblut enthält solche mit Sauerstoff verbundene Blutkörperchen, während das dunkle Venenblut solche enthält, welche den Sauerstoff grösstentheils schon wieder verloren haben. Das Hämatin stellt den Farbstoff des rothen Blutes dar und bildet getrocknet eine schwarzbraune Masse, die sich in Wasser nicht, in Alkalien aber mit dunkelrother Farbe auflöst. Bemerkenswerth erscheint, dass sie sehr eisenreich ist, da sie beim Verbrennen 10 Proc. Eisenoxyd hinterlässt. Man kann dem Hämatin das Eisen entziehen, ohne dass es seine rothe Farbe verliert. Mit Salzsäure giebt dasselbe eine krystallisirbare Verbindung, Chlorwasserstoff-Hämatin.

**838. Unorganische Blutbestandtheile.** Ausser den organischen näheren Bestandtheilen, von denen in 100 Menschenblut 12,7 Blutkörperchen, 7 Eiweiss und 0,3 Fibrin, neben 79 Wasser gefunden wurden, enthält dasselbe noch gegen 1 Proc. Salze.

Wird Blut zur Trockne verdampft und längere Zeit an der Luft erhitzt, so verbrennt es endlich bis auf einen Rückstand von ungefähr 8 Proc. Asche (für das trockne Blut). Diese Asche besteht vorherrschend aus phosphorsauren Salzen und Kochsalz; von anderen Säuren sind noch Schwefelsäure (und fette Säuren), von Basen noch Kali, Kalk- und Talkerde und Eisenoxyd darin zugegen. Wir haben also in dem Blute dieselben unorganischen Bestandtheile, die wir in der Asche des Eies und der Milch, neben reichlichen Proteinstoffen, antreffen. Unter den vegetabilischen Nahrungsmitteln zeichnen sich die Samen insbesondere durch einen bedeutenden Gehalt an Proteinstoffen und Phosphorsäure etc. aus, wir betrachten sie daher als die Materialien, mittelst deren — unter Beigabe von Kochsalz — eine reichliche Bluterzeugung bewirkt werden kann.

In Krankheitsfällen wird die Zusammensetzung des Blutes manchfach geändert, indess fehlen hierüber noch genauere Untersuchungen.

**839. Lymphe.** Eine dem Blute ganz ähnliche Zusammensetzung hat die unter dem Namen Lymphe bekannte, gelbliche, wässerige Flüssigkeit des Thierkörpers, die sich, z. B. bei Brandblasen, schnell unter der Haut ansammelt; nur enthält diese keine rothen Kugelchen, wie das Blut, sondern farblose Lymph- oder Chyluskörperchen, nebst mikroskopischen Fettröpfchen. Gelöst sind Eiweiss und fibrinartige Stoffe, doch in beträchtlich geringerer Menge als im Blute.

---

## V. Die Athmung oder Respiration.

**840. Veränderung des Blutes beim Athmen.** So lange ein Thier lebt, ist sein Blut in steter Bewegung und in steter Veränderung begriffen. Von dem Herzen aus strömt hellrothes Blut durch die mehr innerlich liegenden Pulsadern (Arterien) in

alle Theile des Körpers; von diesen kehrt es, dunkler gefärbt, durch die mehr äusserlich liegenden Drosseladern (Venen) wieder zum Herzen zurück. Ehe das letztere aber seinen Kreislauf von Neuem beginnt, wird es durch die Lungen getrieben, in denen es mit der eingeathmeten Luft in innige Berührung kommt und durch diese eine höchst auffallende Veränderung erfährt. Während der Berührung mit der Luft verwandelt sich nämlich das dunkle Venenblut durch Abgabe von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff wieder in hellrothes Arterienblut; die atmosphärische Luft verliert sonach in der Lunge einen Theil ihres freien Sauerstoffs und empfängt dafür Kohlensäure und Wasserdunst, die ausgeathmete Luft ist sonach ärmer an Sauerstoff, dagegen reicher an Kohlensäure und Wasserdunst, als die eingeathmete.

In der Kohlensäure und dem Wasserdunst haben wir die Endproducte der in dem Thierkörper stattfindenden chemischen Rückbildung zu erblicken; den zu ihrer Bildung erforderlichen Sauerstoff transportirt das Arterienblut nach allen Körpertheilen bis in die feinsten Capillargefäße, den Rücktransport der durch Oxydation, Spaltung und auf mannichfache andere Weise erzeugten, für den Lebensprocess nicht weiter verwendbaren Endproducte des Stoffwechsels besorgt das Venenblut. Die ausgeathmete Luft enthält 3 bis 6 Proc. Kohlensäure und ist mit Feuchtigkeit ziemlich oder ganz gesättigt; eine brennende Kerze löscht in ihr aus. Dem Volumen nach beträgt die Menge des durch die Lungenathmung aufgenommenen Sauerstoffs ein wenig mehr als die der abgegebenen Kohlensäure; doch wechselt dieses Verhältniss nach den Tageszeiten, am Tage überwiegt die Kohlensäureausscheidung, während des Nachts mehr Sauerstoff, gleichsam auf Vorrath, aufgenommen wird; ebenso wird die Ausscheidung von Kohlensäure durch starke Arbeit und Bewegung gesteigert. Die Nothwendigkeit einer guten Ventilation für Wohn- und Schlafstuben, wie für Viehställe, erhellt aus dem Mitgetheilten von selbst.

**841. Respirationsmittel.** Die durch Athmung herbeigeführte Veränderung der Luft hat, wie man leicht sieht, die grösste Aehnlichkeit mit derjenigen, welche die Luft bei dem Verbrennungsprocesse erleidet; denn auch hier wird ihr freier

Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt. Ja, diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn man weiter berücksichtigt, dass auch im thierischen Körper, so lange er lebt und athmet, Wärme frei wird, und dass auch die genossene Nahrung in ihm, ähnlich wie das Holz im Ofen, bis auf den verhältnissmässig geringen Theil, der in der Gestalt von Excrementen fortgeht, verschwindet. Ihr Verschwinden erfolgt nach den complicirtesten Vorgängen im Schlussacte genau auf dieselbe Weise, wie das des Holzes, mit dem wir unsere Stuben erwärmen; es schliesst ab mit einer Verwandlung der ersteren in luftförmige Verbindungen, in Kohlensäure und Wasserdampf, welche theils ausgeathmet, theils durch die Haut ausgedünstet werden. Hierzu werden hauptsächlich die stickstofffreien Nahrungsmittel, z. B. Stärke, Zucker, Gummi, Fett, Milchsäure und andere organische Säuren, Bier, Wein etc. verwendet und man nennt diese deshalb Respirationsmittel (830). Da ein erwachsener Mensch in der Stunde gegen 20 Liter Kohlensäure ausathmet, so berechnet sich der auf diesem Wege ausgeschiedene Kohlenstoff im Jahre auf etwa 180 Pfd., ein Quantum, welches ungefähr von 400 Pfd. Stärkemehl geliefert werden würde.

---

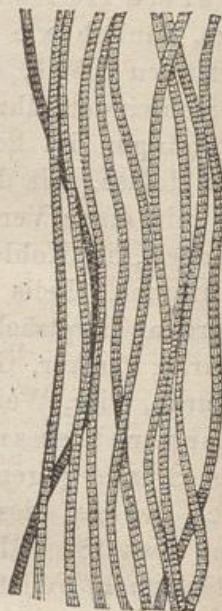
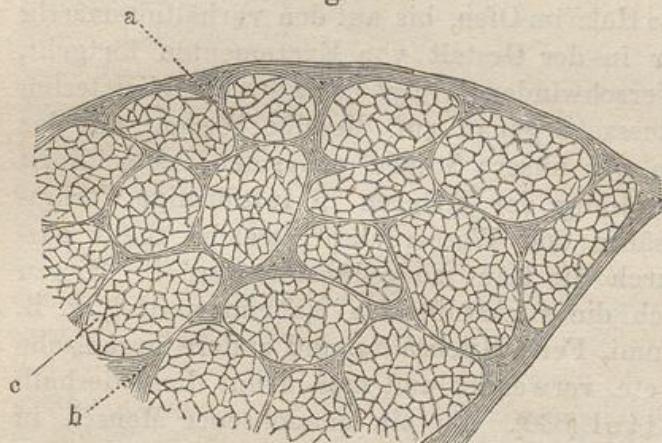
## VI. Das Muskelgewebe.

**842.** Das Muskelgewebe oder die Muskelfaser macht den Hauptbestandtheil des eigentlichen Fleisches und die Hauptmasse des ganzen Thierkörpers aus. Dasselbe besteht aus zusammengehäuften Bündeln von feinen Fäden, die mit Zellgewebe, Nerven und Adern durchwebt, von Fett und einer wässerigen Flüssigkeit innig durchdrungen und durch Sehnen mit den Knochen verbunden sind. In Fig. 211 (a. f. S.) ist der Querdurchschnitt eines Muskelstücks bei schwacher Vergrösserung abgebildet. Man sieht daran die durch Zellgewebe zu grösseren Bündeln vereinigte und selbst wieder aus kleineren Bündeln be-

stehende Muskelsubstanz. Jedes der kleineren Muskelbündel, die ebenfalls von besonderen Zellgewebscheiden umhüllt sind, wird

Fig. 212.

Fig. 211.



von zahlreichen, fein der Quere nach gestreiften, erst bei sehr starker Vergrösserung sichtbaren Fasern (Primitivfasern des Muskels) zusammengesetzt, wie deren einige in Fig. 212 abgebildet sind. Bei guter Ernährung der Thiere lagern sich unter Ausscheidung von Wasser in dem Zellgewebe Fettzellen ab, welche die Schmackhaftigkeit und Nährfähigkeit des Fleisches wesentlich erhöhen. So wurden in dem Muskelfleische (Schulterstück) eines fetten und mageren Ochsen in Procenten gefunden:

Muskelfaser	Fett	Wasser	Nährstoffe	überhaupt.
Beim fetten Ochsen . .	35	24	40	59 Proc.
Beim mageren Ochsen	30	8	60	38 "

In anderen Untersuchungen wurde der Wassergehalt noch viel höher, zu 70 bis 77 Proc., gefunden, so dass man den mittleren Gehalt des mageren Fleisches an festen Bestandtheilen oder Nährstoffen nur zu 23 bis 30 Proc. anzunehmen pflegt. Ungefähr  $\frac{1}{4}$  derselben ist löslich und lässt sich durch Wasser ausziehen (Fleischflüssigkeit), während  $\frac{3}{4}$  unlöslich sind (Muskelfaser).

**843. Fleischflüssigkeit oder Fleischsaft.** *Versuch.* Man hache  $\frac{1}{4}$  Pfund mageres Fleisch sehr fein, übergiesse es mit  $\frac{1}{4}$  Pfund Wasser und presse das Flüssige nach viertelständigem Stehen durch ein leinenes Läppchen ab; der Rückstand wird noch einmal mit ebensoviel Wasser übergossen und die abgepresste Flüssigkeit mit der ersteren vermischt. In der erhaltenen röthlichen Fleischflüssigkeit sind fast alle löslichen, und zugleich alle schmeckenden und riechenden Bestandtheile des Fleisches enthalten. Erhitzt man sie bis zu  $60^{\circ}$  C., so sondert sich eine schaumige Masse daraus ab, die aus geronnenem Eiweiss besteht. Kocht man die von diesem abfiltrirte Flüssigkeit einige Zeit, so entsteht eine neue Trübung, welche von dem Hämaglobin (837) des aus dem Fleische mitausgezogenen Blutes herrührt, das bei der Siedhitze ebenfalls gerinnt. Die nun übrig bleibende saure Fleischbrühe (Bouillon) enthält freie Phosphorsäure, Milchsäure, Inosinsäure, phosphorsaure und milchsaure Alkalien (viel Kali, wenig Natron), phosphorsaure Magnesia, und von organischen Stoffen, so weit man diese bis jetzt kennt, ausser der schon erwähnten Milchsäure und Inosinsäure: Kreatin, Sarkin, Xanthin, Carnin, Inosit (628), Traubenzucker und Dextrin etc. Durch Abdampfen wird die Fleischbrühe gelb und endlich braun (Bratenbrühe).

**Fleischextract.** Dampft man die Fleischbrühe im Wasserbade bis zur Extractconsistenz ein, so erhält man das von Liebig empfohlene Fleischextract, welches sich lange ohne Veränderung aufbewahren lässt und jetzt an mehreren Orten Südamerikas aus Büffel- und Schafffleisch fabrikmäßig dargestellt wird und allgemeine Verbreitung gefunden hat. 1 Theil davon reicht hin, um 30 Theile heißes Wasser, dem man etwas Kochsalz zugesetzt hat, in eine starke und wohlschmeckende Fleischbrühe zu verwandeln.

Kreatin,  $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ , krystallisiert in farblosen Prismen und ist eine organische Basis; ein Zersetzungssproduct desselben ist das ebenfalls basische Kreatinin, welches sich im Urin vorfindet. Durch Kochen mit Barytwasser spaltet es sich in Harnstoff und Sarkosin.

Sarkin,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$ , ein weisses krystallinisches Pulver, gehört gleicherweise zu den organischen Basen und lässt sich auch,

wie das ihm ähnliche Xanthin,  $C_5H_4N_4O_2$ , durch Reduction der Harnsäure erzeugen. Nach den nahen Beziehungen sind Kreatin, Sarkin und Xanthin als Rückbildungsproducte des Muskelgewebes anzusehen.

**844. Muskelfaser. Versuch.** Kocht man den vom vorigen Versuche übrig gebliebenen Fleischrückstand einige Stunden mit Wasser, so erhält man durch Auflösung des Zellgewebes eine in der Kälte zu einer Gallerte gestehende Flüssigkeit, die der Hauptsache nach aus einer Auflösung von Leim besteht. Die obenauf schwimmenden Fettaugen röhren von dem Talg oder Fett des Fleisches her. Was übrig bleibt, ist Fleischfaser, eine milchweisse, harte, geschmack- und geruchlose, faserige Masse, welche mit dem coagulirten Blutfibrin oder Eiweiss die grösste Aehnlichkeit hat. In diesem verhärteten Zustande ist die Fleischfaser schwer verdaulich und wenig nahrhaft; sie besteht hauptsächlich aus Myosin.

**Myosin oder Muskelfibrin.** Wird zerkleinertes und mit Wasser ausgezogenes Muskelfleisch mit mässig starker (8 bis 10prozentiger) Kochsalzlösung längere Zeit stehen gelassen, so zergeht die Hauptmasse desselben zu einer schleimigen Flüssigkeit, aus welcher sich durch Zusatz von vielem Wasser, oder auch von ganz starker Kochsalzlösung, das Myosin in eiweissähnlichen Flocken niederschlägt. Das Gerinnen des Myosins bewirkt wahrscheinlich das Steifwerden des Muskelgewebes nach dem Entweichen des Lebens (Todtenstarre).

**Syntonin oder Parapepton.** Myosin löst sich auch in 80- bis 100fach verdünnter Salzsäure, ändert sich aber bald in das ihm ähnliche, aber in Salzwasser nicht mehr lösliche Syntonin um, welches durch vorsichtige Neutralisation der Säure mit kohlensaurem Natron gallertartig ausgefällt wird. In ähnlicher Weise bildet es sich aus den Proteinstoffen der Nahrungsmittel bei der Verdauung und löst sich im Magensaft auf.

**845. Kochen des Fleisches.** Um durch Kochen ein vorzüglich weiches, wohlschmeckendes und nahrhaftes Fleisch zu erhalten, muss man dafür sorgen, dass die Fleischflüssigkeit während des Kochens nicht aus dem Fleische herausgezogen werde, sondern darin bleibe, und dass das Kochen nicht zu lange fort-

gesetzt werde. Bleibt das in der Fleischflüssigkeit enthaltene Eiweiss zwischen den Fleischfasern, so erhält man ein zartes gekochtes oder gebratenes Fleisch; geht es während des Kochens oder Bratens in die Brühe über, so wird das Fleisch zähe und hart. Am besten bringt man das zu kochende Fleisch in siedendes Wasser, unterhält das Sieden einige Minuten und lässt es dann an einer Stelle des Ofens, wo es nur etwa 70° C. heiss bleibt, einige Stunden stehen. Bei diesem Verfahren gerinnt das in der äusseren Fleischschicht befindliche Eiweiss sogleich durch das siedende Wasser und bildet in geronnenem Zustande eine Hülle, die ebenso das Austreten der Fleischflüssigkeit, als das Eindringen des äusseren Wassers ins Innere des Fleischstückes verhindert.

**846. Bereitung von Fleischbrühe.** Umgekehrt muss man verfahren, wenn man eine gute und reichliche Brühe aus dem Fleische gewinnen will. Man hackt zu dem Ende das Fleisch fein, mischt es mit dem gleichen Gewichte kalten Wassers gleichförmig, erhitzt es damit langsam bis zum Aufwallen, welches man nur einige Minuten andauern lässt, und presst endlich die Flüssigkeit ab. Versetzt man diese mit etwas Kochsalz und den anderen Zuthaten, womit man die Fleischbrühe gewöhnlich würzt, und färbt sie, um ihr die übliche, beliebte, bräunliche Farbe zu geben, mit braungebrannten Zwiebeln oder gebranntem Zucker etwas dunkler, so erhält man auf diese Weise die beste Fleischbrühe, welche sich aus einer gegebenen Fleischmenge überhaupt bereiten lässt. Der Gehalt derselben an Leim ist nur sehr gering; die früher gebräuchlichen, fast nur aus Leim bestehenden Suppen- oder Bouillontafeln waren deshalb nicht im Stande, eine gute Fleischbrühe zu liefern.

Bei der Untersuchung von magerem Rindfleisch wurden in 100 Pfd. gefunden:

In lauem Wasser lösliches Eiweiss circa . . . . .	3,0
In lauem Wasser lösliche Extractstoffe circa . . .	3,0
Durch langes Kochen gebildeter Leim . . . . .	0,6
Talg . . . . .	2,0
Saft- und geschmacklose Fleischfaser . . . . .	16,4
	25,0

**847. Einpöckeln und Räuchern von Fleisch.** Eine allgemein bekannte Methode, das Fleisch längere Zeit zu conserviren, besteht darin, dass man es einpöckelt, d. h. mit Kochsalz einreibt und bestreut und einige Zeit, über einander geschichtet oder gepresst, liegen lässt. Hierbei zieht das Kochsalz  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  von der Fleischflüssigkeit aus dem Fleische heraus, löst sich darin auf und bildet damit die sogenannte Salzlake. Da sonach mit dieser Lake ein grosser Theil des für die Verdauung und Ernährung besonders wichtigen Fleischsaftes aus dem Fleische entfernt wird, so stellt das Rauchfleisch ein weniger vollkommenes Nahrungsmittel dar, als das frische. Vom Räuchern des Fleisches ist schon in 573 die Rede gewesen. An sich sind Pöckel- und Rauchfleisch, Pfund gegen Pfund, bedeutend reicher an nährender Masse, als das frische Fleisch, weil sie weit weniger Wasser enthalten.

**Finnen und Trichinen.** Das Fleisch der Schweine wird nicht selten durch zwei Parasiten gesundheitsschädlich, durch die schon längst bekannten Finnen und durch die mikroskopischen Trichinen. Wie der Genuss von finnigem Fleisch Veranlassung zur Entstehung von Bandwürmern giebt, so führt der von trichinenhaltigem Fleisch zur Bildung und Anhäufung von Trichinen im Muskelfleische des Menschen, woraus schwere, selbst tödtliche Erkrankungen entstehen können. Durch Kochen und Braten des Fleisches, wie durch sehr vollständiges Pöckeln und Räuchern (nicht mit Holzessig, sondern mit Rauch) wird das Leben dieser Parasiten jedoch vernichtet.

## VII. Die Galle.

**848.** Die Galle sondert sich in der Leber aus dem Venenblute ab und wird aus dieser zur Verdauungszeit in den Zwölffingerdarm, ausser dieser Zeit aber zur Gallenblase geleitet. Sie

besteht aus einer dicklichen, grüngelben Flüssigkeit und besitzt einen sehr bitteren Geschmack und eigenthümlichen Geruch und eine schwach basische Reaction. Die Ochsengalle, welche man am genauesten untersucht hat, enthält als Hauptbestandtheile zwei eigenthümliche Säuren, Glykocholsäure (Cholsäure) und Taurocholsäure (Choleinsäure), beide in Nadeln krystallisirbar und stickstoffhaltig, die letztere auch noch schwefelhaltig und in der Galle mit Natron verbunden. Weitere Bestandtheile sind: Cholin oder Neurin, eine starke organische Basis, die man auch im Gehirn und Eidotter aufgefunden hat; Cholesterin, äusserlich dem Stearin ähnelnd, besonders reichlich in den sogenannten Gallensteinen; Fette und fettsaure Alkalien, Schleim und gefärbte Stoffe verschiedener Art (Bili-rubin, -verdin, -fuscin, -prasin). Unter den Mineralstoffen herrscht das Kochsalz und andere Natriumverbindungen vor. Schüttelt man Galle mit Wasser, so schäumt die Auflösung wie Seifenwasser; ähnlich wie dieses verhält sich auch die Gallenlösung gegen fettige Stoffe, und deshalb wird sie oft benutzt, um seidene Stoffe, die durch Anwendung von Seife ihre Farbe verlieren würden, damit zu waschen. Bei der Fäulniss der Galle erzeugt sich unter andern das in grossen, farblosen Säulen krystallisirende, stickstoff- und schwefelhaltige Taurin, welches auch durch Kochen der Galle mit Alkalien erhalten wird, da sich die Taurocholsäure hierbei in Taurin und Cholsäure spaltet. Die Glykocholsäure verwandelt sich unter gleichen Umständen in Glycin (Leimzucker) und Cholsäure. Die mit ihrem Inhalte getrocknete Gallenblase der Karpfen bildet einen Handelsartikel.

**849. Pettenkofer's Gallenprobe. Versuch.** Man löse ein wenig Karpfengalle, oder einige Tropfen frischer Ochsengalle, in wenig Wasser auf und versetze die Lösung nach und nach mit so viel englischer Schwefelsäure, bis der entstandene Niederschlag wieder völlig aufgelöst ist; bringt man jetzt einen Tropfen Zuckerwasser oder dünnen Stärkekleister hinzu, so nimmt die Flüssigkeit, wenn sie durch den Zusatz von Schwefelsäure nicht zu heiss wurde, eine prächtig violette Farbe an. Man kann auf diese Weise äusserst geringe Mengen von Zucker oder Stärke entdecken; zur Erkennung der Galle ist diese Probe nur unter Umständen zuverlässig, da ausser der Galle auch noch andere

stickstoffhaltige thierische Stoffe jene Farbenänderung hervorzurufen vermögen.

In dem Organ, welches die Galle abscheidet, der Leber, hat man das stärkeähnliche Glycogen aufgefunden, das mit dem Aufhören des Lebens rasch in Traubenzucker übergeht (611).

### VIII. Das Binde- und Knorpelgewebe.

(Leimgebende Gebilde.)

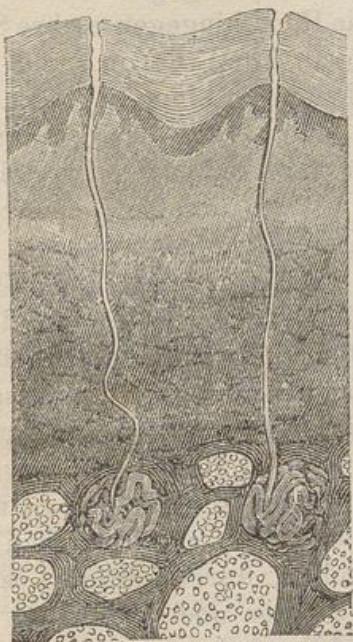
**850. Bindegewebe oder Zellgewebe.** Mit diesem Namen bezeichnet man die aus feinen Fasern bestehende Masse, aus welcher die mittleren Partien der äusseren Haut (Lederhaut), die Sehnen des Fleisches, die Bänder der Knochen, die Wände der Adern und anderen Gefässe, die inneren Schleimhäute, die Zellen des Fettgewebes und viele andere Theile des Thierkörpers bestehen. Seiner chemischen Zusammensetzung nach kommt das Bindegewebe fast ganz mit dem Knochenknorpel überein; man hat die Grundsubstanz desselben Collagen oder Leimsubstanz benannt, und diese ist dadurch charakterisiert, dass sie, an sich in Wasser unlöslich, durch anhaltendes Kochen löslich wird, indem sie in Glutin oder Knochenleim übergeht, dessen Lösung heiss dünnflüssig ist, beim Erkalten aber zu einer Gallerte gerinnt.

**Hausenblase.** Vorherrschend aus Collagen besteht auch die als Handelsartikel vorkommende Hausenblase. Man bereitet diese aus der Schwimmblase verschiedener Fische, insbesondere des Hausens und Störs, indem man die innere Haut (Schleimhaut) derselben ausschält und in Blättern oder hufeisenförmig zusammengerollten Ringeln trocknet. Bei längerem Kochen erhält man daraus eine farb- und geruchlose Leimlösung, die vielfach als Klebstoff, oder auf Taffet gestrichen als

englisches Pflaster, oder aber, mit Fruchtsäften und Zucker vermengt, zur Bereitung von Gelées gebraucht wird. Zu letztem Zwecke wird auch feingeraspeltes Hirschgeweih benutzt.

**851. Haut des Thierkörpers.** Der ganze Körper der Thiere ist äusserlich von der festen elastischen Haut umgeben,

Fig. 213.



die aus einem dichten Gewebe von Zellen und Fasern besteht und aus mehren über einander liegenden Schichten zusammengefügt ist. Die nebenstehende Figur stellt einen Durchschnitt der menschlichen Haut unter sehr starker Vergrösserung mit ihren drei Hauptschichten: Oberhaut, Lederhaut und Unterhautzellgewebe, dar. Die erstere besteht aus der Hornschicht *a*, die den äussersten, abgestorbenen, sich immer abschuppenden Theil der Haut bildet, und aus der dieselbe fort und fort neu erzeugenden Schleimhaut *b*. Unter dieser liegt die Lederhaut *c*, die eigentliche Hauptmasse der Haut, welche aus sehr

festen Bindegewebefasern besteht. Der unterste Theil, das Unterhautzellgewebe *d*, mit den eingeschlossenen Fettmassen *e*, hat zweierlei Arten von kleinen Canälen oder Drüsen, von denen die einen (durch die sogenannten Poren der Haut) eine wässrige, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Kohlensäure, Harnstoff, Kochsalz etc. enthaltende Flüssigkeit, den Schweiß, die anderen eine fettige Masse, die Hautschmiere, absondern. Der thierische Körper des Menschen und der warmblütigen Thiere hat bekanntlich immer eine constante Temperatur von nahezu  $40^{\circ}$  C. und wird nicht heißer, selbst wenn eine doppelt so starke Sonnenhitze oder heiße Luft auf ihn einwirkt, oder wenn er starker Bewegung und Anstrengung ausgesetzt wird; wohl aber schwitzt er unter solchen Umständen stärker. Die Ausdünstung

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

wirkt hier als Regulator der Wärme, indem durch sie aller Ueberschuss der letzteren latent gemacht, d. h. zur Bildung von dampfförmigem Wasser verwendet wird (36).

**852. Glutin oder Knochenleim.** *Versuch.* Man lege ein Stück frischer Thierhaut in Wasser: dieselbe schwillt darin auf, ohne sich zu lösen, bei längerer Aufbewahrung geht sie in stinkende Fäulniss über. Kocht man die Haut hingegen mehre Stunden mit Wasser, so zergeht der grösste Theil davon, und man erhält eine Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer zitternden Gallerte gerinnt. Getrocknet bildet diese den bekannten, glasartig-amorphen Leim. Bei der fabrikmässigen Darstellung werden Hautabfälle oder Knochen, welche dieselbe Leimart liefern, gewöhnlich mit gespannten Wasserdämpfen behandelt. Die concentrirte und durch Absetzen geklärte heisse Leimlösung giebt beim Erkalten eine steife Gallerte oder Gelée, die durch Drähte in dünne Scheiben zerschnitten und auf Bindfäden geflechten getrocknet wird, wodurch sie das bekannte, geriefe Ansehen erhält. Die hellen, geruchlosen Leimsorten erhalten den Namen Gelatine; die gelben und braunen Sorten stellen den gewöhnlichen Tischlerleim dar. In kaltem Wasser schwillt der Leim zu einer undurchsichtigen, weichen Masse auf; erwärmt man ihn dann, so bekommt man eine vollständige, durchsichtige Lösung, die, selbst 100fach verdünnt, beim Erkalten noch gerinnt. Die Anwendung des Leims als Klebmittel ist bekannt genug; seine Bindekraft wird sehr vermehrt, wenn man ihm Bleiweiss (russischer Leim) oder Borax (etwa 1 Theil auf 10 bis 12 Theile Leim) zusetzt. Mit Zucker und Gummi versetzter Leim kommt im Handel als „Mundleim“, mit Essigsäure versetzter als „flüssig bleibender Leim“ vor.

**853. Glutin und Gerbsäure.** *Versuch.* Giesst man zu Leimwasser oder Fleischbrühe eine Flüssigkeit, welche Gerbsäure (Gerbstoff) enthält, so entsteht ein flockiger Niederschlag, eine Verbindung des Leims mit der Gerbsäure, der sich bald in eine dicke, zähe, klebrige Masse umwandelt. Diese ist in Wasser unlöslich und kann feucht an der Luft liegen bleiben, ohne in Fäulniss überzugehen. In derselben Weise wirkt die Gerbsäure auch bei der Lohgerberei auf die Leimsubstanz der Haut (769).

Der Leim eignet sich aus diesem Grunde vortrefflich dazu, um Flüssigkeiten, z. B. Weine, Farbebrühen etc., von einem etwaigen Gehalte an Gerbsäure zu befreien. Leimlösung ist demnach auch ein Reagens auf Gerbsäure und kann, am besten nach der Titrirmethode, zur quantitativen Bestimmung des Gerbsäuregehaltes der Baumrinden benutzt werden.

**854. Zersetzung des Glutins.** Das Glutin enthält 18 Proc. Stickstoff und gegen  $\frac{1}{2}$  Proc. Schwefel. In Wasser gelöst geht es unter den Thiersubstanzen am raschesten in Fäulniss über und erzeugt dabei, seinem Stickstoffgehalt entsprechend, reichliche Mengen von Ammoniak und Schwefelammonium (ferner Leucin, Tyrosin, flüchtige Fettsäuren etc.). Dieser Ammoniakentwicklung wegen befördern glutinhaltige Substanzen, der Erde einverleibt, das Wachsthum der Pflanzen aufs Kräftigste, wie man leicht wahrnehmen kann, wenn man Hyacinthen oder andere schnell wachsende Topfpflanzen mit dünnem Leimwasser begiesst. Bei dem Knochenmehl ist die düngende Wirkung antheilig der darin enthaltenen Leimsubstanz und dem phosphorsauren Kalk desselben zuzuweisen.

Bei der trocknen Destillation des Glutins wird ebenfalls ein grosser Theil seines Stickstoffs als Ammoniak ausgeschieden, wie aus anderen Thierstoffen. Hautabfälle und Knochen werden deshalb häufig zur fabrikmässigen Darstellung von Salmiak und anderen Ammoniaksalzen benutzt (323). Die nähere Untersuchung des hierbei miterzeugten Stinköls hat gelehrt, dass auch flüchtige Basen der verschiedensten Art gleichzeitig entstehen, so z. B. Methylamin, Butylamin, Pyridinbasen und andere. Man findet diese in dem ätherischen Thieröle (*Ol. anim. Dipp.*), welches bei der Rectification des Stinköles zuerst übergeht.

Glycin oder Glycocol, bildet sich aus dem Leim, wenn man ihn längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure, oder aber mit Kalilauge kocht; dasselbe krystallisiert in grossen, farblosen Säulen und schmeckt süß, weshalb es anfänglich den Namen Leimzucker erhielt. Diese Verbindung, deren schon bei der Glykocholsäure gedacht wurde, lässt sich auch als Amidoessigsäure betrachten.

50\*

**855. Knorpelgewebe.** Mit diesem Namen bezeichnet man die weiche, elastische Substanz des sogenannten permanenten Knorpels, den wir in der Nase, den Ohren, der Luftröhre, den Rippenknorpeln und Zwischengelenken etc. antreffen, sowie der Knochen, ehe sich in ihnen Knochenerde abgelagert hat. Ihre Grundsubstanz, das Chondrigen, verhält sich bei längerem Kochen mit Wasser wie das Collagen, es wird zu Leim gelöst und die Lösung erstarrt beim Erkalten. Man hat diesem Leim wegen einiger abweichenden Eigenschaften den Namen Chondrin gegeben.

**Chondrin oder Knorpelleim.** Von Ansehen ist das Chondrin wie das Glutin, auch verhält es sich gegen Gerbsäure und bezüglich seiner Zersetzungspredkte, wie das letztere. Seine Lösung wird aber auch durch Essigsäure und andere Säuren, Alaun, schwefelsaures Eisenoxyd und mehre andere Salze niedergeschlagen, wenn diese (mit Ausnahme der Essigsäure) nicht im Ueberschuss zugesetzt werden. Sein Stickstoffgehalt ist niedriger als der des Glutins, er beträgt 14 bis 15 Proc.

#### Verwandlung der Haut in Leder.

**856. Lohgares Leder.** Von besonderer Wichtigkeit ist die oben angegebene Einwirkung der Gerbsäure auf den Leim dadurch geworden, dass man die erstere anwenden kann, um thierische Häute in Leder umzuwandeln. Die Leimsubstanz der Häute wird nämlich auf dieselbe Weise wie der Leim verändert, wenn man die Häute schichtenweise mit zerkleinerter Eichen- oder Fichtenrinde (Lohe) in Gruben einpackt und mit Wasser angefeuchtet so lange liegen lässt, bis sie sich ganz mit dem braunen Gerbstoff der Baumrinden durchzogen haben (Lohgerberei). Rascher erfolgt diese Durchdringung durch Einpressen von gerbstoffhaltigen Flüssigkeiten in die Häute (Schnellgerberei). Das braune Sohlen- und Oberleder besteht demnach aus Zellgewebe, dessen Leimsubstanz sich innig mit Gerbsäure verbunden hat; es ist nun, namentlich dann, wenn es noch mit Oel oder Fett getränkt wurde, biegsam, geschmeidig und schwer durchdringlich für Wasser; auch geht es im feuchten Zustande nicht mehr in Fäulniss über.

857. Weissgahres Leder. Auf eine andere Weise verwandelt man Häute in Leder durch den Einfluss gewisser Salze, am häufigsten durch Einlegen in eine Lösung von Alaun und Kochsalz, und nachheriges Durcharbeiten (Walken) mit Fischthran und anderen Fetten; das auf diese Weise dargestellte Leder ist weiss von Farbe und weicher und geschmeidiger als das vorige (Weissgerberei). Noch weicheres, sogenanntes Wasch- oder Sämischeder erhält man, ohne Anwendung von Lohe oder Alaun, durch blosses, anhaltendes Walken der Häute mit Fetten. So verwandeln auch die Indianer Thierfelle in weiches Leder, indem sie dieselben mit dem in heissem Wasser aufgeweichten Gehirn von Thieren so lange durchkneten, bis sich das in diesem enthaltene Fett in die Felle eingezogen hat.

Pergament. Spannt man die aufgeweichten und reingeschabten Thierhäute in Rahmen aus und reibt sie während des Trocknens mit Bimsstein, bis sie ganz eben geworden sind, so erhält man daraus das dünne, durchscheinende, steife und elastische Pergament (sogenanntes Schweinsleder). Durch Einreiben von Kreide wird dasselbe weiss und undurchsichtig, durch Anstreichen mit Bleiweiss und Firniss glänzend und glatt (Schreiberpergament).

Enthaaren der Häute. Bevor die Thierhäute der einen oder anderen der hier angegebenen Operationen unterworfen werden können, müssen sie von den Haaren befreit werden. Dies geschieht auf eine einfache Weise durch Abschaben, nachdem die Oberfläche der Haut entweder durch den Einfluss von feuchter Wärme oder von Aetzkalk in Zersetzung übergegangen ist. Auch Calciumsulphhydrat kann hierzu gebraucht werden (521).

---

## IX. Die hornartigen Gewebe.

858. Die Haare, die Wolle, die Borsten und Federn, das Fischbein und Schildpatt, die Klauen, Hufe, Nägel, Hörner, Schuppen etc., die bei vielen Thiergattungen ent-

weder als Fortsetzungen der Haut oder als Bedeckungen derselben vorkommen, bestehen ihrer Hauptmasse nach aus derselben Substanz, welche die Epidermis oder Hornschicht der Haut bildet. Diese Substanz kommt darin mit den Proteinstoffen und der Leimsubstanz überein, dass sie so reich an Stickstoff ist wie diese (14 bis 16 Proc.) und zugleich namhafte Mengen von Schwefel enthält (1 bis 5 Proc.). Diesem reichen Schwefelgehalte ist es zuzuschreiben, dass Haare, Borsten, Federn etc. durch Erwärmen mit einer Bleiauflösung geschwärzt werden, indem sich eine Schicht von dunklem Schwefelblei bildet. In ihrem chemischen Verhalten steht die Hornsubstanz den coagulirten Proteinstoffen am nächsten; sie ist in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich, löslich aber, unter Bildung von Ammoniak und Schwefelkalium, in ätzender Kalilauge; Säuren schlagen aus dieser Lösung eine gallertartige, stickstoffreiche Substanz nieder. An Mineralstoffen sind die hornartigen Gebilde sehr arm, sie enthalten nur kleine Mengen von phosphorsaurem Kalk; in den Federn finden sich jedoch grössere Mengen von Kieselsäure. Durch langes Kochen mit verdünnter Schwefelsäure entstehen unter anderen Producten daraus, wie aus dem Eiweiss, zwei krystallisirbare Verbindungen, Leucin und Tyrosin, welche sich auch bei der Fäulniss der Proteinstoffe erzeugen, wie bei dem Käse erwähnt worden (825). Die als Abfälle vorkommenden Hornsubstanzen bilden das wichtigste Material zur Bereitung von Stickstoffverbindungen, namentlich von Ammoniak, Cyan und Salpetersäure, daher ihre Verwendung in den Salmiak- und Blutlaugen-salzfabriken und in den Salpeterplantagen. Ebenso werden dieselben als sogenannte treibende Düngemittel geschätzt (Hornspäne, Schlichtspäne und Leimkäse (Kalkhaare) der Gerber, wolle Lumpen der Papierfabriken, Scheerstaub der Tuchfabriken etc.)

**859. Wolle und Seide.** Die Wolle besteht aus hohlen, gelblichen, mit Fett (Wollschweiss) überzogenen Röhrchen, die mit feinen, schuppigen Ansätzen umgeben sind. Die Figur 215 stellt das feine Wollhaar eines Merinoschafes, Figur 214 aber das gröbere eines ordinären Landschafes unter gleicher Vergrösserung dar. Die Figur 216 giebt das vergrösserte Bild eines feinen Seidenfadens; dieser ist glatt, rund und

ohne Höhlung. Hier und da hängt demselben jedoch eine eiweissähnliche Substanz an, die ihn unegal macht. Durch

Fig. 214.



Fig. 215.



Fig. 216.



anhaltendes Kochen mit Wasser scheidet sich die Seide in einen löslichen Körper (Sericin oder Seidenleim) und in einen unlöslichen (Fibroin). Vergleicht man diese Haare mit den in Fig. 167 und Fig. 168 abgebildeten Fasern des Flachs und der Baumwolle, so gewahrt man leicht, dass sich diese Gespinnstfasern durch das Mikroskop sehr genau von einander unterscheiden lassen. Die stickstoffreiche Wolle hat auch noch das Charakteristische, dass sie durch Salpetersäure gelb gefärbt wird, was mit der Leinen- und Baumwollenfaser nicht der Fall ist. Die gleichfalls stickstoffreiche Seide verhält sich in dieser Beziehung der Wolle gleich. Soll die Wolle versponnen, verwebt und gefärbt werden, so muss ihr zuerst ihr Fett entzogen werden; dies geschieht in den Wollspinnereien entweder durch Waschen mit gefaultem, kohlensaures Ammoniak enthaltendem Urin oder mit einer schwachen Seifen- oder Sodalösung. Aetzlauge darf natürlich hierzu, wie zu wollenen Waaren überhaupt, nicht

angewendet werden, da sie, wie oben angegeben, dieselben auflösen würde. Die gelbliche Farbe der Wolle und Seide lässt sich durch Schwefeln, d. h. durch Behandlung mit schwefliger Säure, in eine weisse umwandeln (Chlor ist zum Bleichen von beiden nicht anwendbar). Zu Farbstoffen hat die Wollen- und Seidenfaser eine viel grössere Affinität, als die vegetabilische Faser des Leinens oder der Baumwolle, und darin liegt der Grund, weshalb wollene und seidene Stoffe sich ungleich leichter und ächter (dauerhafter) färben lassen, als baumwollene und leinene.

**860. Chitin.** Ihrer äusseren Aehnlichkeit wegen mag hier noch der horn- oder pergamentähnlichen Masse gedacht werden, aus welcher die Flügeldecken und Panzer der Käfer und anderer Insecten bestehen, obwohl sie in ihrer Zusammensetzung und ihrem chemischen Verhalten ganz verschieden von den vorwähnten hornartigen Geweben ist. Sie hat den Namen Chitin erhalten und unterscheidet sich von den letzteren durch vollkommene Unlöslichkeit, selbst in stärkster Kalilauge, wie durch einen weit niedrigeren Stickstoffgehalt (6 bis 6,5 Proc.). Concentrirtre Schwefelsäure löst es ohne Verkohlung auf; beim Kochen der mit Wasser verdünnten Lösung bildet sich Zucker und Ammoniak.

## X. Das Knochengewebe.

**861. Knochen.** Das feste, harte Knochengewebe bildet das Gerüst der Wirbelthiere und den Träger und die Stütze der anderen Gewebe (Weichtheile) und Organe des Thierkörpers. Die Knochen bestehen aus einer strahlenförmigen, biegsamen Zellmasse, Knochenknorpel oder Leimsubstanz genannt, zwischen welcher sich reichliche Mengen von phosphorsaurem Kalk nebst etwas kohlensaurem Kalk (Knochenerde) abgelagert haben. Diese beiden Hauptbestandtheile sind in den Knochen zu einer

gleichmässigen, amorphen Masse, der eigentlichen Knochensubstanz vereinigt, in welcher man unter dem Vergrösserungsglase Höhlungen und fett- und gefässhaltige Markröhrenchen (sogenante Poren) wahrnimmt. Bei den jungen, noch weichen und knorpel-

Fig. 217.

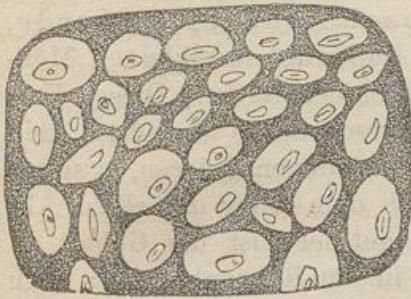
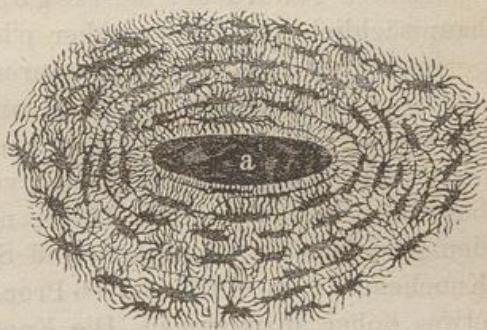


Fig. 218.



artigen Knochen sind diese Höhlen, wie Fig. 217 zeigt, weit grösser als bei den erhärteten Knochen (Fig. 218), welche eine weit dichtere Beschaffenheit haben, da diese Höhlen mit ihren feinen, linienartigen Ausläufern hier durch Anhäufung von Knochensubstanz fast ganz geschlossen sind.

Dieselben Bestandtheile finden sich, und zwar auch annähernd in demselben Mengenverhältnisse, in dem Geweih der Hirsche dem sogenannten Hirschhorn (850). Das bis zur Zersetzung des Knorpels verbrannte Hirschhorn besteht, wie die Knochenerde, vorwaltend aus phosphorsaurem Kalk.

Auch die Zähne und das Elfenbein haben qualitativ dieselbe Zusammensetzung, doch sind sie, wie schon aus ihrer Härte zu schliessen, ärmer an organischer und reicher an unorganischer Substanz.

**Muschelschalen.** Ganz anders ist dagegen die Zusammensetzung der steinartigen Gebilde, welche die niederen Thierklassen zwar nicht in ihrem Körper, sondern um diesen herum als schützende Hülle sich erzeugen, als z. B. Muschel- und Asterschalen, Korallen etc. Diese bestehen nämlich, wie die Schalen der Eier (817), nur aus kohlensaurem Kalk und einer geringen Menge von organischer Materie. Phosphorsäure ist in diesen Gebilden entweder gar nicht oder nur in höchst geringer Menge zugegen.

**862. Verbrennung der Knochen. Knochenerde.**

*Versuch.* Man lege einen gewogenen Rindsknochen in ein Ofenfeuer und nehme ihn erst dann wieder heraus, wenn er seine weisse Farbe völlig wieder erhalten hat: die Leimsubstanz verbrennt, die Knochenerde dagegen bleibt zurück. Der um etwa  $\frac{1}{3}$  leichter gewordene, weissgebrannte Knochen, besteht hauptsächlich aus dreibasischer phosphorsaurer Kalkerde, gemengt mit etwa  $\frac{1}{8}$  kohlensaurer Kalkerde und kleinen Mengen von Talkerde, Fluorcalcium und Chlornatrium. Dieses Verhältniss zwischen Leimsubstanz und Knochenerde ist jedoch kein unveränderliches, es wechselt bei verschiedenen Thieren, ja selbst bei einem und demselben Thiere nach dem Alter derselben. In den Knochen der Menschen und Säugetiere ist der Gehalt an Knochenerde im Mittel auf 66 Proc., in den Röhrenknochen noch etwas höher anzunehmen. Die Knochen der Vögel sind über, die der Amphibien und Fische unter diesem Mittel. Im Elfenbein und den Zähnen erhöht sich die Knochenerde bis auf 70 Proc., im Zahnschmelz bis zu 96 Proc.; in letzterem sind auch kleine Mengen von Fluorcalcium enthalten. Die weissgebrannten Knochen sind das Material, aus dem man gewöhnlich den Phosphor und die Phosphorsäure darstellt.

**863. Verkohlung der Knochen. Knochenkohle.**

*Versuch.* Erhitzt man einen Knochen einige Stunden in einem Töpfchen (oder Schmelziegel), welches mit einem Dachziegelstücke gut zugedeckt wird, so nimmt er eine schwarze Farbe an: er wird zu Knochenkohle (schwarzgebrannte Knochen, gebranntes Elfenbein etc.). Da die Luft in diesem Falle nicht zu dem Knochen treten kann, so entsteht nur eine unvollständige Verbrennung, eine Verkohlung der Leimsubstanz, und die Knochenerde bleibt, innig gemengt mit der gebildeten Kohle, zurück, während die aus dem Leim erzeugten brenzlichen, ammoniakreichen Gase und Dämpfe entweichen (323). Bei der Darstellung der Knochenkohle im Grossen ist es vortheilhaft, diese zu verdichten und zu sammeln, um als Nebenproduct Ammoniaksalze daraus darzustellen. In den Zuckerfabriken wird die gekörnte Knochenkohle als Entfärbungsmittel der Zuckerlösungen verwendet (619); die pulverigen Abfälle davon sind, durch Schwefelsäure in Superphosphat verwandelt (347), ein seiner löslichen Phosphorsäure wegen geschätztes Düngemittel.

**864. Knochenkohle und Salzsäure.** *Versuch.* Wird die Knochenkohle mit verdünnter Salzsäure übergossen und einige Zeit an einen warmen Ort gestellt, so löst sich die Knochenerde auf und die Kohle kann abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet werden. Man erhält von 100 Grm. Knochenkohle nur 10 bis 12 Grm. reine Kohle; diese besitzt aber, ihrer ausserordentlich feinen Zertheilung wegen, eine so auffallend entfärbende Kraft, dass 100 Grm. Knochenkohle ungleich kräftiger wirken als eine gleiche Menge Holzkohle. Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit Ammoniak, so fällt der aufgelöste phosphorsaure Kalk als ein weisses Pulver daraus wieder nieder, weil die Salzsäure durch das Ammoniak neutralisiert wird und damit die Fähigkeit verliert, die Knochenerde aufgelöst zu erhalten. Der zweite Bestandtheil der Knochenerde, der kohlensaure Kalk, der sich bei der Behandlung der Knochenkohle mit Salzsäure in salzsäuren Kalk (Chlorcalcium) umwandelt, wird durch Ammoniak nicht niedergeschlagen, wohl aber durch Zusatz von Oxalsäure zu der von dem phosphorsauren Kalk abfiltrirten Flüssigkeit.

**865. Knochenknorpel.** *Versuch.* Man lege einen Knochen in ein Glas und übergiesse ihn mit verdünnter Salzsäure: der Knochen wird nach und nach weich und durchscheinend werden und endlich in eine knorpelige, durchscheinende Masse übergehen. Wie die Salzsäure wirkt, ist aus dem vorigen Versuche zu ersehen: sie löst die Knochenerde auf und die Leimsubstanz bleibt übrig, da sie in Salzsäure wie in Wasser unlöslich ist. Nimmt man die letztere aus der Säure heraus und kocht sie, nach vorherigem Auswässern, einige Zeit mit Wasser, so geht sie in Leim über, und man erhält eine Lösung, die beim Erkalten gerinnt. Diese Methode wird in manchen Fabriken angewendet, um Leim aus Knochen zu bereiten. Die saure Knochenerdelösung wirkt durch ihren Phosphorsäuregehalt als ein kräftiges Düngemittel. Dass in ihr die Knochenerde wirklich gelöst ist, erkennt man leicht durch Zusatz von Ammoniak.

**Ausziehung durch Wasser und Wasserdampf.** Beim Auskochen der Knochen mit Wasser wird ausser dem Fette, das in allen Knochen vorhanden ist, nur die in den äusseren Theilen liegende Knorpelsubstanz als Leim ausgezogen; vollständiger erfolgt diese Ausziehung, wenn man das Auskochen in

verschlossenen Gefässen (Papinianischen Töpfen) vornimmt, da das Wasser in diesem Falle durch den höheren Druck bis ins Innere der Knochen getrieben wird. Ebenso wirkt Dampf von höherer Spannung. Nach beiden Methoden stellt man Leim im Grossen dar. Lässt man die Einwirkung des gespannten Wasserdampfes nur kurze Zeit andauern, so wird vorzugsweise nur das Fett der Knochen ausgezogen, welches sich gut zur Seifenbereitung eignet. Die entfetteten Knochen sind erst weich und biegsam, werden aber nach dem Austrocknen so spröde und zerreiblich, dass sie sich zwischen eisernen Walzen leicht zu einem ganz feinen Pulver zermahlen lassen, während die rohen, nicht entfetteten Knochen hierbei schmierig und klebrig werden. Solches gedämpftes Knochenmehl wird jetzt vielfach zur Düngung verwendet.

**866. Knochenmehl.** Die zu einem gröslichen Pulver zerstampften Knochen stellen das als Düngemittel vielfach benutzte gewöhnliche Knochenmehl des Handels dar. Kommt daselbe in gehörig zerkleinertem Zustande in die Erde, so geht es in Fäulniss über und es erzeugt sich aus seiner Leimsubstanz das Wachsthum der Stengel und Blätter vermehrende und beschleunigende Ammoniak, während gleichzeitig auch der phosphorsaure Kalk in Lösung übergeht, der insbesondere auf die Entwicklung der Samen günstig einwirkt, da diese eine beträchtliche Menge davon zu ihrer Ausbildung nöthig haben. Ist das Knochenmehl zu grob, so erfolgt seine Zersetzung und Lösung im Erdboden zu langsam und es entwickelt seine düngende Wirkung erst im zweiten oder dritten Jahre, oder noch später. In ganzen Stücken können die Knochen Jahrhunderte, ja Jahrtausende in der Erde liegen, ohne dass sie ihren Leimgehalt völlig verlieren, wie die fossilen Knochen zeigen, die häufig noch 10 bis 15 Proc. Leimsubstanz enthalten. Durch sehr feines Pulvern, sowie durch die im Vorigen beschriebene Behandlung der Knochen mit gespannten Wasserdämpfen, oder mit Schwefelsäure, werden dieselben vortheilhaft so verändert, dass sie ihre düngende Wirkung schneller zu entwickeln vermögen.

## XI. Die festen und flüssigen Excremente.

867. Was von den Bestandtheilen der genossenen Nahrungsmittel nicht verwendbar ist zur Ernährung, d. h. zur Umwandlung in Bestandtheile des Thierkörpers, und was von den letzteren bei dem nie stillstehenden Erneuerungsprocesse, den wir Leben nennen, als nicht mehr brauchbar für den Lebensprocess ausgeschieden wird, das wird entweder in Luftform durch Athmen oder Ausdünsten, oder in flüssiger Gestalt, als Urin, oder endlich in fester, in der Gestalt von festen Excrementen, wieder aus dem Körper entfernt. Die beiden zuletzt genannten Substanzen haben für die Medicin und Oekonomie eine sehr wichtige Bedeutung erlangt: für die Medicin, weil der Arzt in Krankheitsfällen aus ihrer Beschaffenheit oft die Natur einer Krankheit zu erkennen vermag; für die Oekonomie, weil sie der Landwirth als die kräftigsten Beförderungsmittel des Pflanzenwachstums benutzt. Es ist einleuchtend, dass dieselben nach der Art, Güte und Menge der genossenen Nahrungsmittel ausserordentlich wechseln müssen. Mit reichlichem und kräftigem Futter (Körnern etc.) ernährte Thiere können leicht in ihren Abfällen doppelt so viel und doppelt so wirksamen Dünger liefern, als kärglich und mit nahrungsarmen Futtermitteln (Stroh etc.) gefütterte Thiere. Weitere Verschiedenheiten werden durch das Alter, die Benutzung und Abwartung der Thiere, durch die Art und Menge der Einstreu etc. hervorgerufen, wie schliesslich auch noch durch die Aufbewahrungs- und Unterbringungsmethoden des Düngers.

Die festen Excremente (*Faeces*).

868. Diese bestehen zum grössten Theile aus denjenigen Bestandtheilen der Nahrungsmittel, die in dem Magen nicht aufgelöst, nicht verdaut werden; bei den Menschen aus Speiseüberbleibseln, Schleim, Gallenbestandtheilen, Fett, extractähnlichen

Materien, mit etwa 6 Proc. anorganischen Stoffen (phosphorsauren Erden etc.) und 75 Proc. Wasser; bei den pflanzenfressenden Thieren hauptsächlich aus Pflanzenfaser, Blattgrün, Wachs, Schleim und unlöslichen Salzen, vorzugsweise phosphorsauren Erden, Kieselerde etc.; bei den fleischfressenden Thieren, z. B. dem Hunde, oft fast ganz aus unorganischen Stoffen, als phosphorsaurer Kalkerde, Talkerde etc., nur mit einer sehr geringen Menge organischer Materie gemengt. Für die frischen Abfälle unserer landwirtschaftlichen Haustiere ist der Wassergehalt etwa anzunehmen: bei dem Schafe zu 66 Proc., bei dem Pferde zu 76 Proc., bei dem Schweine zu 82 Proc. und bei dem Rindvieh zu 84 Proc. Ihr wohlthätiger Einfluss auf die Vegetation gründet sich hauptsächlich auf die in ihnen enthaltenen unorganischen Verbindungen, namentlich auf ihren reichen Gehalt an phosphorsaurer Kalk- und Talkerde; nächstdem auf ihren Gehalt an Stickstoffverbindungen, welche bei der Fäulniss sich, aber langsam, in Ammoniakverbindungen umwandeln. Hierüber tragen aber auch noch die organischen Stoffe dieser Abfälle und der mit ihnen vermengten Streumaterialien zur physikalischen Verbesserung des Bodens bei, indem die durch die Verwesung daraus entstehenden Humussubstanzen den Zusammenhang der sehr bündigen Bodenarten zu schwächen, den der sehr losen Bodenarten dagegen zu verstärken im Stande sind.

#### Die flüssigen Excremente (Urin).

**869.** Durch den Urin, welcher in den hauptsächlich aus Eiweisssubstanz bestehenden Nieren aus dem Arterienblute ausgeschieden wird, werden die in den genossenen Nahrungsmitteln enthaltenen löslichen Salze, sowie die während des Lebensprocesses gebildeten, zu diesem aber nicht mehr nöthigen Stickstoffverbindungen wieder aus dem Körper fortgeführt. Wie schon oben erwähnt, ist die Menge dieser Bestandtheile, ebenso beim Urin wie bei den Fäces, von der Art und Menge der Nahrung abhängig und nach dieser verschieden. Ist diese reich an löslichen Salzen und an Stickstoff, so wird auch der Urin reich daran sein; enthält diese nur wenig lösliche, dagegen viel unlösliche Salze, so wird der Urin arm an löslichen Salzen sein, wäh-

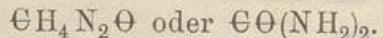
rend die Fäces reich an unlöslichen sind. Der Stickstoff ist in dem Urin entweder als Harnstoff, oder als Harnsäure, oder als Hippursäure (Kreatinin etc.) enthalten, welche unten näher betrachtet werden sollen. Bei der Fäulniss des Urins gehen diese in kohlensaures Ammoniak über, der gesaulte Urin kann deshalb zum Reinigen von fettiger Wolle und zur Bereitung von Salmiak (324) angewendet werden. Diese faulige Zersetzung tritt insbesondere schnell ein, wenn der frische Urin mit altem oder dem Absatz daraus, Blasenschleim etc. zusammenkommt, welche als Fermente wirken. Die Salze des Urins bestehen vorherrschend aus Kalisalzen, Kochsalz und anderen.

**870. Menschenurin.** Dieser ist in normalem Zustand sauer, er enthält, abweichend von dem Urin der landwirtschaftlichen Zuchthiere, Phosphorsäure und zwar als saures phosphorsaures Natron. Bei längerem Stehen scheidet sich Blasenschleim, griesartige Harnsäure, auch wohl oxalsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniakmagnesia ab, indem er neutral und zuletzt von dem miterzeugten kohlensauren Ammoniak alkalisch wird. Er enthält im mittleren Durchschnitt etwa 4 bis 5 Proc. feste Stoffe und darin 1 Proc. Stickstoff,  $\frac{1}{2}$  Proc. Kali und  $\frac{1}{4}$  Proc. Phosphorsäure. In Krankheitsfällen erfahren die Bestandtheile des Urins vielfältige Änderungen. So wird derselbe zuweilen neutral, ja selbst alkalisch; so enthält er in manchen Krankheiten Eiweiss, in anderen Gallenbestandtheile, in noch anderen Traubenzucker; so setzen sich in noch anderen Fällen schwerlösliche, salzige oder erdige Stoffe als Schlamm, Gries oder Harnstein aus ihm ab, die meist aus Harnsäure mit harnsaurem Ammoniak bestehen etc.

**871. Urin als Düngemittel.** Der Urin der Küh, Pferde und Schafe reagiert alkalisch und enthält keine Phosphorsäure, da die Futtermittel dieser Thiere so reich an Kalk- und Talkerde sind, dass alle Phosphorsäure des Futters dadurch unlöslich gemacht und mit den festen Exrementen abgeführt wird. Die basische Reaction röhrt von kohlensaurem Kali her, nächstdem finden sich in ihm, ausser Kochsalz, milchsaures Kali und Natron und freie Kohlensäure; beim Aufbewahren bildet er einen Bodensatz von kohlensaurer Kalk- und Talkerde.

In dem Urin seiner Zuchthiere hat der Landwirth ein sehr schnell und energisch wirkendes Düngemittel, welches er zugleich als Ferment benutzt, um die trägen festen Excremente zu einer rascheren Zersetzung anzutreiben. Da sie in gefaultem Zustande am günstigsten wirken, so bewahrt er sie meist so lange auf, bis sie diese Zersetzung erfahren haben. Um das Verdunsten des hierbei erzeugten flüchtigen kohlensauren Ammoniaks zu verhindern, ist es gut, in die Düngerstätten und Jauchebehälter von Zeit zu Zeit Gyps, verdünnte Schwefelsäure oder Eisenvitriol zu bringen, wodurch schwefelsaures Ammoniak gebildet wird, welches bei gewöhnlicher Temperatur nicht verfliegt. Sehr vortheilhaft wirkt in dieser Beziehung auch ein Zusatz von kohlenreichen Stoffen, z. B. von Knochenkohle, erdiger Braunkohle, Torf, Moorerde etc., weil die Kohle einmal die faulige Zersetzung verlangsamt, sodann aber auch die hierbei entstehenden Luftarten (Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff etc.) mechanisch zurückhält. Die unorganischen Salze des Urins werden bei der Fäulniss nicht wesentlich verändert. Der Landwirth hat in dem Urin seiner Haus- und Zuchthiere ein äusserst kräftiges Düngemittel, dessen Werth er vielfach zu seinem grossen Schaden noch nicht genug würdigt. Diese pflanzennährende Kraft des Urins ist insbesondere in dessen reichem Gehalt an löslichen Stickstoffverbindungen und Kalisalzen begründet.

#### Harnstoff oder Carbamid.



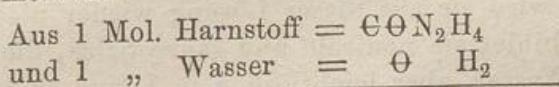
**872. Harnstoff.** Der Harnstoff findet sich im Urin aller Thiere, am reichlichsten in dem der Menschen und der höheren Thierklassen, insbesondere in dem der fleischfressenden vierfüssigen Thiere. Concentriert man menschlichen Urin durch Abdampfen und vermischt ihn nachher mit Salpetersäure, so scheidet sich der Harnstoff in Verbindung mit der Säure, als salpetersaurer Harnstoff, in feinen Krystallschuppen aus. Eingedampfter Schweineurin liefert bei ruhigem Stehen zuweilen ansehnliche rhombische Krystalle von phosphorsaurem Harn-

stoff. Aus zur Trockne verdunstetem Menschenurin lässt sich der Harnstoff auch direct durch Alkohol ausziehen. Seine künstliche Darstellung folgt weiter unten.

Der reine Harnstoff krystallisiert in farblosen Nadeln oder Säulen und ist im Wasser und Weingeist leicht löslich; er besitzt keinen Geruch und einen kühlen Geschmack. Wie mit Säuren, so verbindet er sich auch mit Basen und Salzen. Die Verbindung Harnstoff + Chlornatrium scheidet sich zuweilen beim Abdampfen von Menschenurin krystallinisch aus. Die unlösliche Verbindung Harnstoff + basisch salpetersaures Quecksilberoxyd dient zur quantitativen Bestimmung des Harnstoffs im Urin.

873. Zersetzungspredkte. Der Harnstoff zerfällt leicht unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak, so wenn man ihn mit Schwefelsäure oder mit Kalihydrat erhitzt, so wenn er mit faulenden Substanzen zusammenkommt.

Im gefaulten Urin hat man also statt des Harnstoffs kohlensaures Ammoniak.

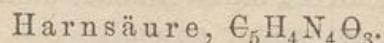


werden Kohlensäure und Ammoniak  $= \Theta_2 + 2NH_3$ .

Erhitzt schmilzt der Harnstoff, stärker erhitzt zerstetzt er sich in Ammoniak, Cyanursäure und andere Producte. Aus Ammoniak und Cyansäure lässt sich hinwiederum Harnstoff künstlich erzeugen;  $\Theta N \Theta NH_4$  (cyansaures Ammoniak) wandelt sich bei gelindem Erwärmen in  $\Theta H_4 N_2 \Theta$  (Harnstoff) um, ein Verfahren, nach dem man den Harnstoff meist darstellt. Zusammengesetzte Harnstoffe entstehen, wenn man 1, 2 oder 3 Atome des Wasserstoffs in Harnstoff durch Alkoholradicale (Aethylharnstoff etc.) oder Säureradicale (Acetylharnstoff etc.) ersetzt.

Den Namen Carbamid hat man dem Harnstoff beigelegt, weil er, wie die zweite Formel in der Ueberschrift andeutet, als eine Verbindung von Amid ( $NH_2$ ) mit Kohlenoxyd ( $\Theta\Theta$ ) betrachtet werden kann. Das Kohlenoxyd ( $C_2O_2$  oder  $\Theta\Theta$ ) verhält sich hier und in manchen anderen organischen Verbindungen wie ein zweiwerthiges Radical und führt als solches den Namen Carbonyl. (Vgl. S. 506 und 731.)

Stöckhardt, die Schule der Chemie.



**874.** Die Harnsäure kommt im menschlichen Urin neben dem Harnstoff vor, ebenso in gewissen Harnsteinen; in reichlichster Menge findet sie sich in dem Urin der niederen Thierklassen vor. Die weissen Excremente der Vögel und Schlangen (ein Gemenge von Fäces und Urin) bestehen zum grössten Theile aus harnsaurem Ammoniak. Kocht man diese mit schwacher Kalilauge, so entsteht harnsaures Kali, welches sich auflöst; giesst man die heisse Lösung in verdünnte heisse Schwefelsäure, so nimmt die letztere das Kali an sich und die Harnsäure scheidet sich, da sie in Wasser äusserst schwer löslich ist, in Gestalt eines leichten Pulvers aus, das in vollkommen gereinigtem Zustande aus weissen, feinen Krystallschuppen besteht. Wegen dieser Schwerlöslichkeit sondert sich die Harnsäure zuweilen von selbst aus dem Urin aus (Gries und Harnsteine). In concentrirter Schwefelsäure löst sie sich ohne Zersetzung, durch Verdünnung mit Wasser wird sie aus dieser Lösung wieder niedergeschlagen. Mit Basen bildet sie neutrale und saure Salze, die meist schwer löslich in Wasser, aber leichtlöslich in Lauge sind.

**875. Zersetzungspoducte.** Beim Erhitzen wird die Harnsäure unter Bildung von Blausäure, Harnstoff, Cyanursäure, Ammoniak und anderen zersetzt. Bei der Fäulniss des Urins geht sie schliesslich in kohlensaures Ammoniak über. Lässt man Excremente, welche reich an Harnsäure sind, längere Zeit an der Luft liegen, so wandelt sich die letztere allmälig in oxalsäures Ammoniak um; hieraus erklärt es sich, warum man in manchen Guanosorten oft nur noch Spuren von Harnsäure, dafür aber grosse Mengen von Oxalsäure und Ammoniak antrifft.

Durch stufenweise Oxydation der Harnsäure mit Salpetersäure bilden sich viele merkwürdige Verwandlungsproducte, von denen nur die wichtigeren dem Namen nach angeführt werden mögen, nämlich: Alloxan und Alloxansäure, Parabansäure und Oxalursäure, Alloxantin und Dialursäure, Purpursäure und purpursaures Ammoniak, welches letztere unter dem Namen Murexid eine Zeit lang als prachtvolles Roth in

der Färberei benutzt wurde, und andere. Ihnen nahe steht das Allantoïn, das man in dem Harn säugender Kälber und der sogenannten Allantoïsflüssigkeit der Kühe gefunden hat.

Durch stufenweise Reduction der Harnsäure mit Hülfe von Natriumamalgam bildet sich daraus Xanthin (harnige Säure) und Sarkin, zwei Verbindungen, welche man auch im Muskel-fleische gefunden hat (843). Der Harnsäure nahe stehen noch das Guanin, welches im Peruguano neben der Harnsäure vor-kommt, und das Kreatinin, eine starke Basis, welche sich im menschlichen Urin findet und sehr leicht aus dem Kreatin er-zeugt.

**876. Peruguano.** Dieses wichtige Düngemittel, welches in regenlosen Küstengegenden sich aus den aufgehäuften Excre-menten von Seevögeln durch partielle Fäulniss und Verwesung gebildet hat, verdankt seine Wirksamkeit hauptsächlich der in ihm enthaltenen Harnsäure und den aus dieser erzeugten Ammoniaksalzen. Nächstdem ist derselbe aber auch sehr reich an phosphorsauren Salzen, so dass er also den Pflanzen die zwei zu ihrem Wachsthum besonders nöthigen Nahrungs-mittel: Stickstoff und Phosphorsäure, in leicht assimilirbarer Form in der reichlichsten Menge darbietet. Durch die folgenden ein-fachen Proben kann sich der Landwirth gegen Täuschungen und Betrügereien schützen:

*Versuch a.* Man übergiesse etwas Guano mit starkem Essig; es darf dabei kein bemerkliches Brausen entstehen. Ein starkes Brausen würde auf eine Beimengung von kohlensaurem Kalk schliessen lassen.

*Versuch b. Guano.* Man erhitze 3 Grm. Guano in einem Schälchen oder Blechlöffel über einer Weingeistlampe oder glühen-den Kohlen so lange, bis er zu einer weissen oder graulichen Asche verbrannt ist; guter Guano darf nur etwa 1 Grm. Asche zurücklassen. Wie viel diese Asche alkalische Salze enthält, er-fährt man durch Ausziehen derselben mit heissem Wasser; was zurückbleibt, sind erdige Salze (phosphorsaure Kalk- und Talk-erde). Die ausgewaschenen Guanosorten (Baker-, Jarvis-Guano etc.) ergeben 80 bis 90 Proc. Asche; bei den mit Sand oder Lehm ver-fälschten Guanosorten hat die Asche eine braunrothe Farbe.

*Versuch c.* 10 Grm. zerriebener Guano werden mehrere Male mit heissem Wasser übergossen und das Flüssige abgegossen, wenn es sich durch Absetzen geklärt hat; der zuletzt übrigbleibende Schlamm wird getrocknet und gewogen, er darf höchstens 5 Grm. wiegen.

Statt des rohen Guanos wendet die Landwirthschaft jetzt mit Vortheil den aufgeschlossenen Peruguano an, in welchem durch Zusatz von Schwefelsäure der phosphorsaure Kalk löslich gemacht und das Ammoniak vor Verflüchtigung geschützt ist.

Hippursäure,  $C_9H_9N\Theta_3$ .

**877.** Die pflanzenfressenden Thiere scheiden den in ihrem Körper unbrauchbar gewordenen Stickstoff hauptsächlich in der Form von Hippursäure aus. Im menschlichen Urin ist diese Säure nur in geringer Menge vorhanden, ausser bei ausschliesslicher Pflanzenkost und nach dem Genuss von Benzoësäure oder Zimmtsäure, welche im thierischen Organismus eine Umänderung in Hippursäure erfahren (793). Man erhält sie aus frischem Pferde- oder Kuhurin, wenn man diese durch Eindampfen bis auf  $\frac{1}{4}$  ihres Volums concentrirt und mit Salzsäure versetzt; sie scheidet sich dann beim Stehen als ein krystallinischer Bodensatz daraus ab. Durch Umkrystallisiren erhält man sie in ansehnlichen, farblosen, vierseitigen Prismen, die sich in kaltem Wasser schwer, in heissem Wasser und Weingeist leicht auflösen.

**878.** Von den Zersetzungsp producten der Hippursäure sind diejenigen von besonderem Interesse, welche durch Kochen derselben mit Säuren oder Alkalien, oder auch durch die Einwirkung von Fermenten erzeugt werden; die Hippursäure spaltet sich dadurch unter Aufnahme von Wasser in Benzoësäure und Glycerin. Aus Hippursäure, Braunstein und verdünnter Schwefelsäure entstehen beim Erhitzen Benzoësäure, Kohlensäure und Ammoniak.

Rückblick auf die Thierstoffe.

1) Wie in der lebenden Pflanze, so herrscht auch in dem lebenden Thierkörper ein ewiges Bewegen, ein unaufhörliches

Aufnehmen (Essen, Trinken und Athmen), Verändern (Verdauen, Assimiliren) und Ausscheiden (Secerniren, Excerniren) von luftförmigen, flüssigen und festen Stoffen.

2) In chemischer Hinsicht unterscheidet sich das Thierleben von dem Pflanzenleben hauptsächlich durch ein ununterbrochenes Einsaugen von Sauerstoff und Ausscheiden von Kohlensäure und Wasser. (Unter den Infusionsthierchen giebt es jedoch einige Arten, welche Sauerstoff ausathmen). Während des Lebens der Pflanzen dagegen wird Kohlensäure und Wasser aufgenommen und Sauerstoff abgesondert.

3) Zur Ernährung des Thierkörpers dienen, ausser Wasser, Luft und einigen Salzen, nur solche Stoffe, welche durch das Pflanzen- oder Thierleben erzeugt wurden. Die Pflanze verzehrt Kohlensäure, das Thier Pflanzenfaser, Zucker, Gummi, Fett etc.; die Pflanze verzehrt Ammoniak oder Salpetersäure, das Thier eiweissartige Stoffe, z. B. Kleber, Eiweiss, Casein, Fleisch, Blut etc.

4) Die erste Reihe der genannten Nahrungsmittel, die der kohlenstoffreichen, dient zur Unterhaltung des Athmungs- oder Zerstörungsprocesses und zur Erzeugung der thierischen Wärme (Respirationsmittel); die zweite Reihe, die der stickstoffreichen Nahrungsmittel, dient zur Unterhaltung des Ernährungs- oder Bildungsprocesses (plastische Nahrungsmittel).

5) Die Thierstoffe können eingetheilt werden

I. Nach ihrer Elementar-Zusammensetzung:

- a) in stickstoffreie (Fett, Milchzucker etc.);
- b) in stickstoffhaltige, eiweissartige Stoffe (Eiweiss, Casein, Fleisch, Fibrin etc.);
- c) in stickstoffhaltige, leimgebende Stoffe (Leimsubstanz der Knochen, Bänder, Zellen, Knorpel etc.);
- d) in stickstoffhaltige Excretionsstoffe (Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure etc.).

II. Nach ihrem Vorkommen und ihrer Erzeugung im Thierkörper:

- a) in Producte des Verdauungsprocesses;
- b) " " " Athmungsprocesses;
- c) in Bestandtheile des rothen Blutes;
- d) " " " des weissen Blutes (Lymphe);
- e) " " " des Fleisches etc.;

- f) in Bestandtheile der Knochen etc.;
- g) " " der Haut, der Haare etc.;
- h) " " der Secretions- und Excretionsproducte (Galle, Milch, Urin etc.).

6) Die Veränderungen der Thierstoffe durch den Einfluss der Wärme, des Wassers, der Luft, der Säuren, Basen etc. kommen mit den S. 751 angegebenen der Pflanzenstoffe, insbesondere der stickstoff- und schwefelhaltigen, überein; sie übertreffen diese an Mannichfaltigkeit, da sie noch zusammengesetzter sind als die Pflanzenstoffe. Die neuere Chemie macht keinen Unterschied mehr zwischen Thier- und Pflanzenstoffen, sondern fasst die Verbindungen beiderlei Ursprungs, nach ihrer näheren Constitution und ihren charakteristischen Umwandlungen geordnet, als organische Chemie oder Chemie der Kohlenstoffverbindungen zusammen.

7) Die von selbst eintretenden Veränderungen der Thier- und Pflanzenstoffe können aufgehalten werden:

- a) durch Entfernung des Wassers (Trocknen, Darren, Backen etc.);
- b) durch Abschluss der Luft (Appert's Conservationsmethode, Aufbewahrung von Bier, Wein etc. in verschlossenen Flaschen, Abschluss der Luft durch Oel, Fett etc.);
- c) durch Erniedrigung der Temperatur bis unter den Gefrierpunkt (Conservation in Eiskellern etc.);
- d) durch Fäulniss hemmende Stoffe, z. B. Kochsalz, Salpeter (Einpöckeln, Einsalzen), Holzessig, Kreosot (Räuchern), Weingeist, Zucker, Kohle; durch Arsenik-, Quecksilber- und andere Metallverbindungen.