



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

**Stöckhardt, Julius Adolph**

**Braunschweig, 1881**

Verschiedenheit, Darstellung und Eigenschaften der Pflanzenfaser

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-88906](#)

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 Korken; 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 Pflanzfaser ausübt und wie verschiedenartig diese in einem und dem-

Fig. 165.

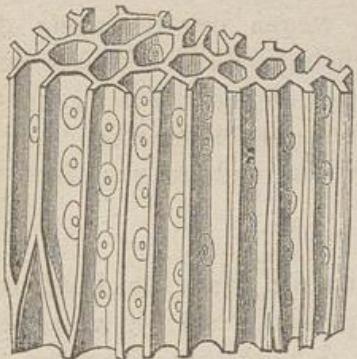


selben Baume vorkommt. Epidermis und Korksubstanz bilden die äussere Rinde oder Borke, die langgestreckten Bastzellen, mit Zellgewebe verbunden, die innere, welche, mit dem Cambium, insbesondere die Ernährung und das Wachsthum des Baumes durch Zuführung von sogenanntem Nahrungssaft vermittelt.

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 verfault 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 Alkalies 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

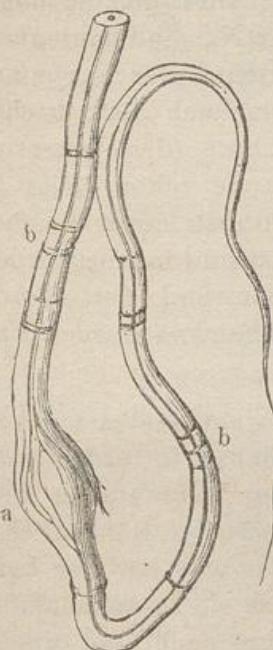
der Blätter einer lilienartigen Pflanze, *Phormium tenax*, besteht und sich durch grossen Glanz und grosse Festigkeit auszeichnet; wie des seiner Dauerhaftigkeit wegen besonders für die Schiffstaufabrikation werthvollen Manilahanfes, welcher die Gefäßbündel der Blattscheiden von *Musa textilis* u. a.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

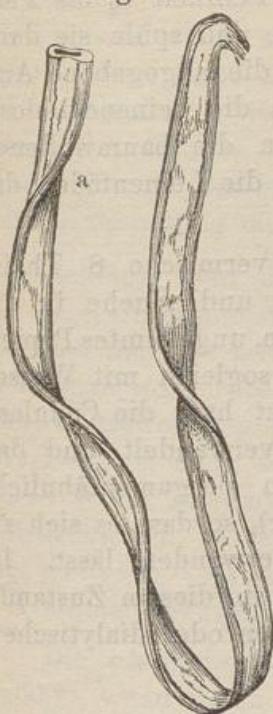
ein gegliedertes Ansehen ertheilen; es sind dies Eindrücke, welche durch starken Druck oder durch Quetschung entstanden sind.

**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 mehligen 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).

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 Leinenzellulose, 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 oxydiert; 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  $\text{N}\Theta_2$ ) 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 Heftplasters, 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

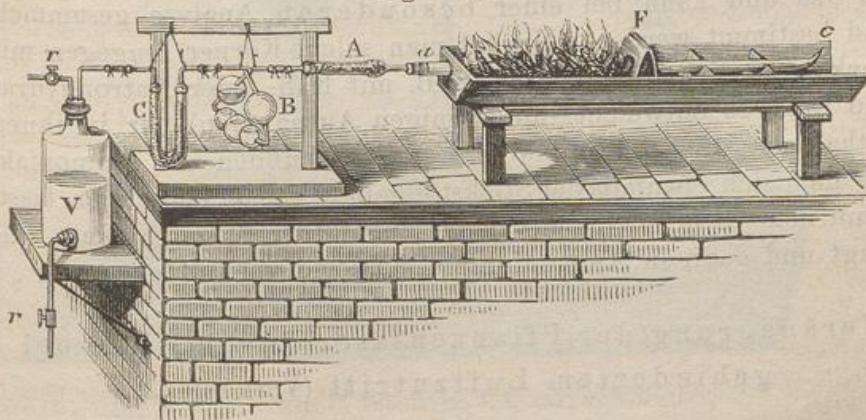
diese Wirkung gar wohl, darum mengen sie Quecken und anderes Unkraut mit Kalk oder Asche, um ein schnelleres Verrotten oder Verwesen derselben zu bewirken.

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 *a c* 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.

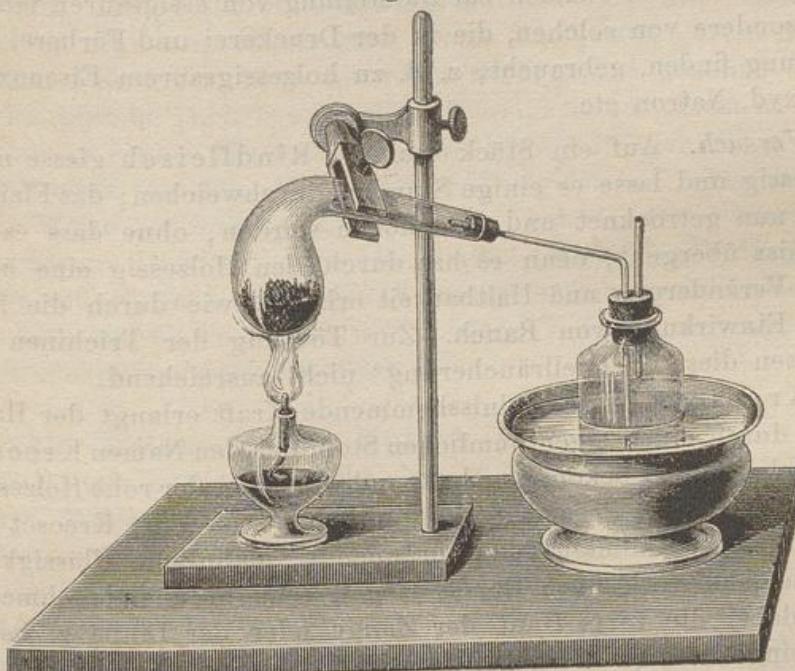
**572.** Wird Holz bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt, wie dies z. B. in den meisten unserer Ofen der Fall ist, so bleibt



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 eigen-thümliche 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 Zahnschmerzen 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 brannt-weinähnlichen 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 ersten. 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 <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	siedet bei	82°
Toluol . . . = C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	"	111°
Xylol . . . = C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	"	139°
Pseudocumol = C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> (C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> )	"	168°

Diese Verbindungen bilden eine sogenannte homologe Reihe (690), deren Glieder vom Benzol an immer um C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> oder CH<sub>2</sub> steigen, womit auch eine regelmässige Steigerung des Siedepunktes eintritt, welche für einen Mehrgehalt von CH<sub>2</sub> 28 bis 29° C. beträgt. Das schwere Oel enthält, ausser einigen festen weissen oder farblosen, krystallinischen Kohlenwasserstoffen, als:

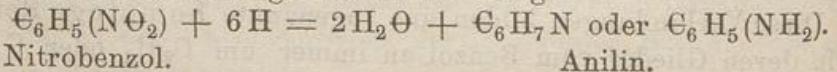
Naphtalin . . . = C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	schmilzt bei	79°	siedet bei	218°
Fluoren . . . = C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	"	166°	"	305°
Anthracen . . . = C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	"	213°	"	über 360°
Phenanthren . . . = C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	"	100°	"	340°

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 Benzoësäure 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 oxydirend 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 (Dioxanthrachinon) =  $C_{14}H_8O_4$ . Durch Erhitzen mit Zinkstaub kann man dasselbe wieder zu Anthracen reduciren.

**580. Phenol, Phenylalkohol oder Carbolsäure,  $C_6H_6O$ ,** 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 verhältnismässig 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). — Raffiniertes 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 Petroleums 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.

b) Steinkohlen-  
theeröl.

c) Steinkohlen-  
theer.

d) Künstl. Asphalt — (Steinkohlenpech).

e) Ammoniakali-  
sches Theer-  
wasser.

f) Coak (C).

Natürlich werden in der Erde  
angetroffen:

— a) Brennbare Gase (heiliges Feuer  
der Parsen), strömen hier und da  
aus Felsenspalten.

— b) Steinöl, quillt in Persien, Nord-  
amerika etc. aus der Erde hervor.

— c) Bergtheer, wird in manchen Erd-  
schichten Persiens und Frankreichs  
etc. angetroffen.

— d) Natürlicher Asphalt (Juden-  
pech), findet sich im todten Meere  
und in anderen asiatischen Seen.

— e) Ammoniakhaltiges Wasser,  
strömt als Dampf, in Gemeinschaft  
mit Boraxsäure, bei Toscana aus  
der Erde.

— f) Anthracit (C), kommt, wie Stein-  
kohle, 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:	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Wasser} \\ \text{(wenig),} \\ \text{Kohlensäure,} \end{array} \right.$ übrig bleibt: Asche.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Wasser} \\ \text{(wenig),} \\ \text{Kohlensäure,} \end{array} \right.$ 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.

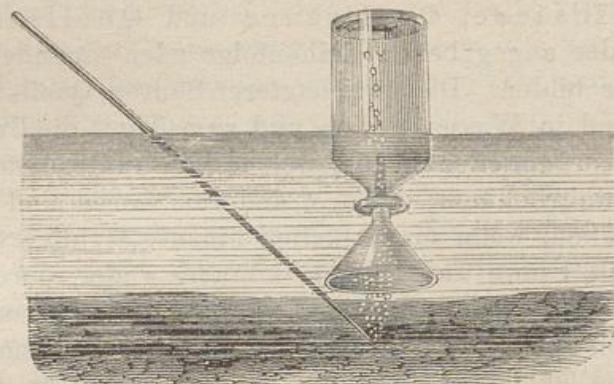
**585. Humussäuren.** Von dem durch Verwesung entstandenen Humus, wie wir ihn in der Ackererde finden, glaubt man, dass er ein Gemenge sei von mehren selbständigen braunen Stoffen, nämlich von Ulmin, Humin, Ulminsäure, Humin-säure, Geinsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, die sich in der angegebenen 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 Pflanzenteilen 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, Tof).

**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, Torfsorten 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 (neutralisierten) 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.