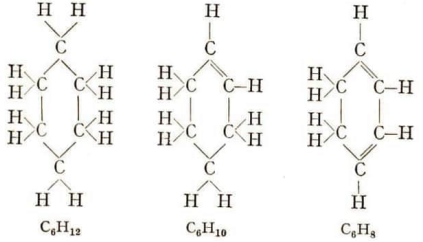
DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAG · BERLIN / LEIPZIG

123. Kapitel: Ätherische Öle, Harze, Kampfer – Kondensierte Benzolringe

A. Lehrgang

[912] Die hydroaromatischen Verbindungen. In [872] stellten wir fest, daß die aromatischen Kohlenwasserstoffe einen viel geringeren Wasserstoffgehalt als die Kettenverbindungen aufweisen. Nun gibt es auch Substanzen, die nach ihrem Wasserstoffgehalt zwischen diesen Extremen stehen und die man als hydroaromatische Verbindungen bezeichnet. Es sind Benzolringe, in denen alle sechs oder auch nur vier bzw. zwei Kohlenstoffatome je zwei Wasserstoffatome tragen. Es entstehen die Formelbilder



C_6H_{12} C_6H_{10} C_6H_8

Der erste Verbindungstyp stellt gewissermaßen eine Kettenverbindung, das Hexan [694], dar, das sich durch Ringschluß in *Zyklohexan* umgewandelt hat.
Die wichtigsten hydroaromatischen Verbindungen sind die *Terpene* $C_{10}H_{16}$, die in den ätherischen Ölen der Pflanzen weit verbreitet sind. Daneben gibt es zahlreiche sauerstoffhaltige Verbindungen, die den Terpe-

B. Kurzfassung

Die hydroaromatischen Kohlenwasserstoffe sind Ringverbindungen, bei denen die sechs Kohlenstoffatome oder vier bzw. zwei Kohlenstoffatome je zwei Wasserstoffatome tragen.
Diesen Verbindungen chemisch nahe verwandt sind die Kampfer, welche außerdem Sauerstoff in ihren Molekülen besitzen.

nen chemisch nahestehen, und denen die Formeln $C_{10}H_{16}O$, $C_{10}H_{18}O$ und $C_{10}H_{20}O$ zukommen. Man faßt sie als Kampferarten zusammen.

[913] Die ätherischen Öle. Die ätherischen Öle treten als Endprodukte im pflanzlichen Stoffwechsel auf. Es sind stark duftende Stoffe, die in Wasser unlöslich sind, die sich aber in Äther und Alkohol, in Fetten und Ölen lösen. Chemisch sind es keine einheitlichen Stoffe, sondern Gemische von Terpenen, Kampfern, Alkoholen, Aldehyden und anderen organischen Verbindungen.

Die ätherischen Öle sind Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels. Es sind Gemische von Terpenen, Kampfern, Alkoholen und vielen anderen organischen Verbindungen.

Durch Einschneiden der Rinde von Nadelhölzern gewinnt man das *Terpentin* als klebrigen, harzreichen Saft. Durch Destillation mit Wasserdampf trennt man aus dem Terpentin das *Terpentinöl* ab, während als festes Harz das *Kolophonium* zurückbleibt. Das Terpentinöl verharzt durch Sauerstoffaufnahme an der Luft und findet zur Herstellung von Lacken Verwendung. Es besteht fast nur aus Terpenen [912]; sein Hauptbestandteil ist das Pinen $C_{10}H_{16}$, das auch in vielen anderen ätherischen Ölen (im Zitronenöl, Weihrauch, Kanadabalsam usw.) auftritt.

Als Harzfluß der Nadelhölzer gewinnt man das Terpentin, aus dem man durch Destillation mit Wasserdampf das Terpentinöl abtrennt. Als festes Harz bleibt das Kolophonium zurück. Terpentinöl besteht fast nur aus Terpenen, so vor allem aus Pinen.

Sauerstoffhaltige Gemenge aus Aldehyden, Estern und Kampferarten sind das Bittermandelöl, das Zimtöl, das Kümmelöl, das Pfefferminzöl, das Zitronenöl und das Rosenöl.

[914] Die Harze. Harze sind Pflanzenabsonderungen, die gewöhnlich gemeinsam mit ätherischen Ölen auftreten; es sind oxydierte (verharzte) ätherische Öle. Sie sind unlöslich in Wasser, aber löslich in Alkohol und in ätherischen Ölen (z. B. in Terpentinöl).

Harze entstehen aus ätherischen Ölen, wenn diese durch Oxydation verharzen. Sie lösen sich in Alkohol und ätherischen Ölen auf.

Die Hartharze enthalten wenig ätherische Öle. Ihre Lösungen in Alkohol oder Terpentin hinterlassen beim Auftrocknen an der Luft durchsichtige, feste, glänzende Überzüge, die man als Lacke bezeichnet. *Kolophonium* ist das Harz der Nadelhölzer. *Schellack* bildet sich durch den Stich einer Schildlaus auf dem Feigenkaktus und dient zur Herstellung von Firnis, Lack und Siegellack.

Die Lösungen der Hartharze hinterlassen beim Auftrocknen durchsichtige, glänzende Überzüge, die Lacke. Kolophonium ist das Harz der Nadelhölzer. Schellack bildet sich auf dem Feigenkaktus durch den Stich einer Schildlaus.

Die Weichharze oder Balsame sind Gemenge von Harzen und Terpenen und werden durch Verharzen der Terpene allmählich hart. Terpentin ist Fichtenharz; Kanadabalsam stammt aus der nordamerikanischen Balsamtanne.

Weichharze sind Gemenge von Harzen und Terpenen; so z. B. das Terpentin der Fichten oder der Kanadabalsam. Gemenge von Harzen mit

Gummiharze sind Gemenge von Harzen mit Pflanzenschleimen; sie werden durch Eintrocknen des Milch-

saftes gewonnen. Gummigutt stammt aus Hinterindien und dient als gelbe Wasserfarbe.

Pflanzenschleimen sind die Gummiharze.

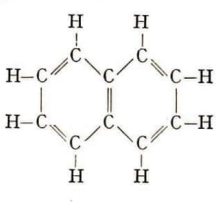
[915] **Die Kampfer.** Eine Anzahl ätherischer Öle enthalten als Hauptbestandteil die Kampfer. Dies sind farblose, kristalline Körper von eigentümlichem Geruch. Von ihnen wird der *Mentholkampfer* (das Menthol), der Hauptbestandteil des Pfefferminzöls, medizinisch verwendet. Er hat die Formel $C_{10}H_{19}OH$ und dient in den Eukalyptus-Menthol-Bonbons als Antiseptikum gegen Erkältungen.
Der gewöhnliche Kampfer wird aus dem Holze des Kampferbaumes durch Destillation mit Wasserdampf gewonnen (China, Japan). Neuerdings ist es auch gelungen, den Kampfer synthetisch herzustellen. Er wird zur Herstellung von Medikamenten und zur Herstellung von Zelluloid [818] verwendet.

In vielen ätherischen Ölen sind auch Kampfer enthalten. Der Mentholkampfer bildet den Hauptbestandteil des Pfefferminzöls und dient medizinisch als Antiseptikum. Der gewöhnliche Kampfer wird zur Herstellung von Medikamenten und von Zelluloid verwendet.

[916] **Kondensierte Benzolkerne.** In den höchsten Fraktionen des Steinkohlenteers finden sich kondensierte aromatische Ringsysteme. Sie enthalten in ihrem Molekül mehrere Benzolkerne, welche gemeinsame Kohlenstoffatome besitzen. Das Karbolöl und das Kreosotöl enthalten neben Phenolen hauptsächlich Naphthalin, das Anthrazenöl hingegen enthält das Anthrazen.

In den höchsten Fraktionen des Steinkohlenteers finden sich kondensierte aromatische Ringsysteme, die sich durch den Besitz gemeinsamer Kohlenstoffatome auszeichnen.

[917] **Naphthalin.** Aus der zwischen 170° und 230° C übergehenden Fraktion des Steinkohlenteers scheiden sich beim Erkalten glänzende Blättchen von Naphthalin ab, das einen starken und eigentümlichen Geruch hat und als Mottenpulver verwendet wird. Schon bei gewöhnlicher Temperatur ist es flüchtig. Unter Überspringen des flüssigen Aggregatzustandes geht es sofort in den Gaszustand über (Sublimation [7]). Naphthalin findet hauptsächlich in der Farbenindustrie Verwendung. Es hat die Summenformel $C_{10}H_8$ und die Strukturformel

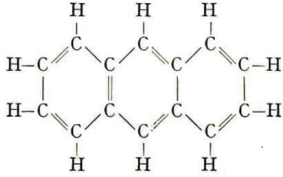


Naphthalin findet sich im Steinkohlenteer. Es bildet glänzende Kristallblättchen, die schon bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig sind und als Mottenpulver Verwendung finden. Industriell wird das Naphthalin viel in der Farbenindustrie verbraucht. In seinem Molekül sind zwei Benzolkerne zusammengeschlossen, die zwei gemeinsame Kohlenstoffatome haben.

Die beiden zum Naphthalinmolekül kondensierten Benzolkerne enthalten also zwei gemeinsame Kohlenstoffatome. Dies erklärt den geringen Gehalt an Wasserstoffatomen im Molekül.

Naphthalin besitzt ganz den Charakter eines aromatischen Kohlenwasserstoffs. Es gibt mit Salpetersäure Nitroverbindungen, mit Schwefelsäure eine Sulfonsäure; seine Hydroxylverbindungen besitzen Phenolcharakter und heißen Naphthole. Auch für das Naphthalinmolekül konnte bisher noch keine bildliche Strukturformel gefunden werden, welche über die inneren Bindungsverhältnisse des Moleküls genaue Auskunft gibt. Die Naphthylamine $C_{10}H_7NH_2$ dienen zur Herstellung wertvoller Azofarbstoffe (Kongorot, Benzopurpurin), die Baumwollstoffe direkt ohne vorhergehende Beize anfärben [898].

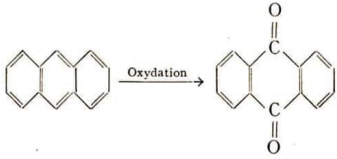
[918] Anthrazen. Das Anthrazen $C_{14}H_{10}$ wird ebenfalls als Destillationsprodukt des Steinkohlenteeres gewonnen und hat die Strukturformel



Anthrazen stammt ebenfalls aus dem Steinkohlenteer und vereinigt drei Benzolringe in seinem Molekül.

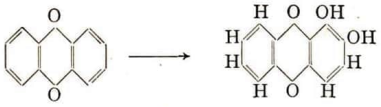
Durch Oxydation (Sauerstoffeintritt an der Mittelgruppe) entsteht aus Anthrazen das Anthrachinon, dessen Dioxyverbindung der prächtig rote Farbstoff der Krappwurzel, das Alizarin, ist.

In seinem Molekül sind also drei Benzolkerne kondensiert. Durch Oxydation entsteht aus dem Anthrazen das *Anthrachinon*, bei dem Sauerstoff in die Mittelgruppe eintritt:



Anthrazen Anthrachinon

Anthrachinon ist ein gelbes Pulver, das zur technischen Darstellung des *Alizarins*, des prachtvollen roten Farbstoffes der Krappwurzel, dient:



Anthrachinon

1,2-Dioxyanthrachinon
= Alizarin

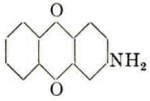
[919] Alizarin. Das Alizarin ist ein Dioxyanthrachinon. Mit Metalloxyden bildet es Salze von prächtiger Farbe, die sich durch Luft- und Lichtbeständigkeit auszeichnen und Farblacke genannt werden. Sie finden in der Färberei und beim Kattundruck ausgedehnte Verwendung (Beizenfarbstoff [898]).

Zunächst werden die Fasern mit den entsprechenden Metallverbindungen gebeizt und dann in das Alizarinbad eingelegt. Die Farbe wird in den Fasern fixiert. Mit Alaun bildet das Alizarin in alkalischer Lösung ein glänzendes Rot, mit Ferrisalzen ein sattes Braun bis Schwarzviolett, mit Chromverbindungen ein Blau. Zinn- und Aluminiumsalze geben rote Verbindungen für die Türkischrotfärberei.

Der Farbstoff der Krapp-Pflanze war schon im Altertum bekannt und diente neben dem Kermes, dem Farbstoff einer Schildlaus, zur Rotfärbung der Gewebe. Später kam als roter Farbstoff das schöne Rot der Koschenilleschildlaus aus Mexiko hinzu. 1869 gelang Graebe und Liebermann die synthetische Herstellung des Alizarins als erste Synthese eines natürlich vorkommenden Farbstoffes.

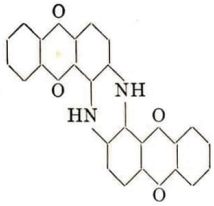
Alizarin ist ein Beizenfarbstoff. Mit Metalloxyden bildet er prächtig gefärbte und beständige Farblacke aus, wobei die Farbe vom Metallbestandteil mitbestimmt wird.
1869 wurde das Alizarin der Krapp-Pflanze als erster natürlich vorkommender Pflanzenfarbstoff synthetisch hergestellt.

[920] Die Indanthrenfarben. Vom Anthrachinon leitet sich als Ammoniak-Abkömmling das *Aminoanthrachinon* ab:



Dies ist die Ausgangsverbindung für die außerordentlich lichtechten Baumwollfarbstoffe der Indanthrengruppe. So entsteht das *Indanthrenblau* durch Kalischmelze aus zwei Molekülen Aminoanthrachinon und hat die Strukturformel

Vom Anthrachinon leitet sich das Aminoanthrachinon ab, das die Ausgangsverbindung für die Herstellung der Indanthrenfarbstoffe darstellt. Diese zeichnen sich durch besonders große Licht- und Waschechtheit aus.

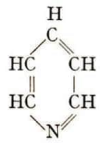


Der Name „Indanthren" ist zusammengezogen aus *Ind*igo und *Anthrazen*.

124. Kapitel: Die Alkaloide

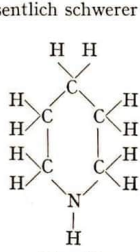
A. Lehrgang

[921] Stickstoff tritt als Ringglied auf. Alle bisher betrachteten aromatischen Verbindungen leiten sich vom Benzolring ab, der aus sechs Kohlenstoffatomen zusammengesetzt ist. Es gibt aber auch Ringverbindungen, in deren Ringen außer dem Kohlenstoff der Stickstoff als Ringglied auftritt. Zu diesen Verbindungen gehört das *Pyridin*, das sich im Steinkohlenteer findet. Es hat die Formel C_5H_5N und ist eine wasserlösliche, alkalisch reagierende Flüssigkeit von eigentümlichem, widerlich scharfem Geruch. Es wird zur Denaturierung von Weingeist verwendet [704].



Pyridin

Im chemischen Verhalten zeigt das Pyridin Ähnlichkeit mit dem Benzol, aber es reagiert wesentlich schwerer als dieses. Die Strukturformel läßt erkennen, daß das Pyridin ein Benzol darstellt, in dessen Molekül eine CH-Gruppe durch Stickstoff ersetzt ist. Bei Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungszustand werden alle noch freien Wertigkeiten mit Wasserstoff abgesättigt. Es entsteht aus dem Pyridin das *Piperidin* $C_5H_{10}NH$, eine farblose, mit Wasser mischbare Flüssigkeit. Sie besitzt pfefferartigen Geruch und kommt im Pfeffer vor.



Piperidin

B. Kurzfassung

Außer dem aus sechs Kohlenstoffatomen bestehenden Benzolring kennt man auch Ringverbindungen, in denen der Stickstoff als Ringglied auftritt. Zu diesen Verbindungen gehört das Pyridin C_5H_5N, das wegen seines widerlich scharfen Geruches und Geschmackes zur Denaturierung von Weingeist dient. Vom Pyridin leitet sich durch Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungszustand das Piperidin $C_5H_{10}NH$ ab, dessen Wertigkeiten mit Wasserstoff abgesättigt sind. Piperidin ist die Ausgangsverbindung vieler Alkaloide.

Vom Piperidin leiten sich zahlreiche wichtige Pflanzenstoffe ab, die zu den Alkaloiden gehören.

[922] Alkaloide in Giftpflanzen. Die meisten Giftpflanzen verdanken ihre Giftigkeit den in ihnen enthaltenen Alkaloiden. Dies sind hochmolekulare aromatische Verbindungen, deren Ring auch Stickstoff als Ringglied aufweist; sie leiten sich z. T. vom Piperidin [921] ab und reagieren alkalisch. Wie die Alkalien, bilden sie mit Säuren Salze und heißen daher „Alkaloide" oder „Pflanzenbasen".

Die Alkaloide sind hochmolekulare Verbindungen, die in ihren Ringsystemen auch Stickstoff als Ringglied aufweisen. Sie kommen in den Giftpflanzen vor und sind außerordentlich stark wirkende Gifte. In geringsten Mengen finden sie auch medizinische Anwendung.

Die Gruppe der Alkaloide ist keine Gruppe chemisch einheitlicher Substanzen. Der komplizierte Bau vieler Alkaloide ist bis heute noch nicht aufgeklärt worden. Auch ist noch nicht bekannt, welche Rolle sie im Stoffwechsel der Pflanzen spielen; wahrscheinlich stellen sie Endprodukte des Eiweißstoffwechsels dar.

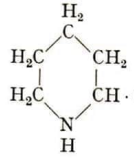
Die Alkaloide sind meist kristallisierte Substanzen, die sich schwer in Wasser und leicht in Alkohol und Äther lösen. Durch Extraktion werden sie aus den Pflanzen gewonnen. Ihre Lösungen reagieren alkalisch. Ihr chemischer Bau ist noch ungeklärt. Besonders reich an Alkaloiden sind die Pflanzenfamilien der Mohngewächse, der Nachtschattengewächse, der Hahnenfußgewächse und der Krappgewächse.

Sie sind außerordentlich giftig. Schon wenige Milligramm genügen meist, um kleinere Tiere zu töten. Wegen ihrer besonderen physiologischen Wirkungen verwendet man die Alkaloide in kleinsten Mengen auch in der Heilkunde. Meist sind es kristallisierte Substanzen, die nicht flüchtig sind; sie lösen sich meist schwer in Wasser, leicht hingegen in Alkohol und Äther. Ihre Lösungen reagieren alkalisch und schmecken bitter. Man gewinnt die Alkaloide aus den Pflanzen durch Extraktion des zerkleinerten Pflanzenmaterials mit angesäuertem Wasser. Dann werden die Basen durch Behandlung mit Alkalien aus ihren Salzen in Freiheit gesetzt und können durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln oder durch Destillation mit Wasserdampf in reinem Zustande gewonnen werden. Die Alkaloide sind im Pflanzenreich weit verbreitet; sie finden sich besonders häufig in den Mohn-, den Nachtschatten-, den Hahnenfuß- und den Krappgewächsen; zu letzteren gehören der Chinarindenbaum, der Kaffeestrauch, der Waldmeister und die Krapp-Pflanze [918], [919]. Selten kommen die Alkaloide einzeln in den Pflanzen vor; meist treten verschiedene, chemisch nahe verwandte Alkaloide zusammen auf. Es gibt Pflanzen, die zwanzig und mehr Alkaloide gleichzeitig enthalten (Mohn).

[923] Gefährliche Gifte. Einer der bekanntesten Giftstoffe ist das *Koniin* (sprich Koni-ihn) des Wasserschier-

Das Koniin ist der äußerst gefährliche Giftstoff des

lings (Conium). Es hat die Formel $C_5NH_{10} \cdot C_3H_7$ und ist strukturmäßig ein Propylpiperidin, d. h. ein Piperidin, das als Seitenkette die Propylgruppe C_3H_7 trägt. Es ist eine farblose, äußerst giftige Flüssigkeit, die einen scharfen Geschmack und einen unangenehmen Geruch besitzt. Schon die Schierlingspflanze riecht unangenehm mäuseartig nach dem Koniin. – Das Gift der Tollkirsche (Atropa Belladonna) und des Stechapfels ist das *Atropin*. Das sehr giftige Alkaloid findet in der Augenheilkunde Verwendung, weil es die Pupille erweitert.



Koniin

Wasserschierlings. Es leitet sich vom Piperidin ab und ist eine farblose Flüssigkeit von scharfem Geschmack und unangenehmem Geruch.
Atropin ist das sehr giftige Alkaloid der Tollkirsche, das in der Augenheilkunde Verwendung findet.
Strychnin und Bruzin sind furchtbar wirkende Gifte der Brechnuß, die Muskelstarrkrampf auslösen.

Das *Strychnin* und das *Bruzin* finden sich in den Samen tropischer Strychnosarten, in den Brechnüssen. Strychnin und Bruzin gehören zu den furchtbarsten Giften, die man kennt, da sie noch in winzigen Mengen wirken und einen Starrkrampf der Muskulatur auslösen, ohne gleichzeitig die Empfindung zu lähmen. Ihnen verwandt ist das im Pfeilgift (Kurare) enthaltene *Kurarin*.

[924] Das Nikotin. Das Alkaloid des Tabaks ist das *Nikotin*. Es ist eine farblose Flüssigkeit von betäubendem Geruch. Das Nikotin ist bis zu 8% in den Blättern und Früchten der Tabakpflanze (Nicotiana) enthalten und ist an Apfelsäure und Zitronensäure gebunden. An der Luft bräunt es sich. Es ist ein sehr giftiges Alkaloid. In geringen Mengen wirkt es zunächst erregend auf das Nervensystem ein; größere Mengen wirken durch Lähmung des Atemzentrums tödlich.

Nikotin ist das giftige Alkaloid des Tabaks, eine Flüssigkeit von betäubendem Geruch. Sie lähmt das Atemzentrum.

[925] Kokain und Morphin. Das *Kokain* aus den Blättern des südamerikanischen Kokastrauches verursacht örtliche Schmerzlosigkeit. Daher wird es zur lokalen Betäubung in der Chirurgie verwendet (Kokain-Einspritzungen).

Der eingetrocknete Milchsaft unreifer Mohnkapseln des Schlafmohnes ist das *Opium*, das aus Kautschuk, Fetten, Harzen, Gummi, Kohlenhydraten, Eiweißstoffen, organischen Säuren und Alkaloiden besteht. Es enthält mehr als 20 Alkaloide, unter denen das wichtigste das *Morphin* oder Morphium ist, das etwa 10% des Opiums ausmacht. Wegen seiner einschläfern-

Das Kokain des Kokastrauches bewirkt örtliche Schmerzlosigkeit (lokale Betäubung bei Operationen).
Im Opium, dem eingetrockneten Milchsaft unreifer Mohnkapseln, sind mehr als 20 Alkaloide enthalten. Unter ihnen ist das wichtigste das Morphin oder Morphium. Es entfaltet einschläfernde und schmerzlin-

den und schmerzlindernden Wirkung wird Morphin in Form seiner wasserlöslichen Salze als Narkotikum verwendet.

dernde Wirkung und wird medizinisch als Narkotikum verwendet.

[926] **Hilfsmittel moderner Chirurgie.** Während noch im Mittelalter die Chirurgen mit Glüheisen, Messern und Sägen ohne Betäubungsmittel operierten, sind diese heute zum Segen der Menschheit geworden. Die Anwendung des Chloroforms [830] und des Äthers [724] als Narkotika lernten wir bereits kennen; sie führen totale Bewußtlosigkeit herbei. Schmerzlinderung verschafft uns das Aspirin [904].
Die Entdeckung des Kokains war ein wichtiger Meilenstein auf dem Wege der Aufhebung der Schmerzempfindung bei Operationen, doch seine allgemeine Giftigkeit und die Suchtwirkung, die sogar die Morphiumsucht noch übertrifft, setzten seiner medizinischen Anwendung erhebliche Schranken. Im Anästhesin wurde später ein Stoff synthetisch geschaffen, der die nervenbetäubende Wirkung des Kokains besitzt, aber daneben ungiftig ist. Heute ist das beherrschende Mittel der örtlichen Betäubung das Novocain, das als ideales Nervenbetäubungsmittel selbst die Schmerzen beim Zahnziehen beseitigt.

Hilfsmittel der modernen Chirurgie sind die Betäubungs- und Schmerzlinderungsmittel. Chloroform und Äther rufen Bewußtlosigkeit hervor. Aspirin dient der Schmerzlinderung. Kokain und Morphin sowie neuzeitlich entwickelte synthetische Präparate (Novocain) heben die Schmerzempfindung vorübergehend auf.

[927] **Das Kaffein und das Theobromin.** Kaffein (sprich: Kaffe-ihn) und Theobromin sind die wirksamen Bestandteile des Kaffees, des Tees und des Kakaos. Sie verleihen diesen Getränken ihre anregende Wirkung. Andererseits sind sie auch die Ursache der schädlichen Wirkungen, die sich aus dem Genuß der Getränke in größeren Mengen ergeben. Der aromatische Geruch und der angenehme Geschmack des Kaffees, des Tees und des Kakaos beruhen nicht auf dem Gehalt an Alkaloiden, sondern sind auf flüchtige Verbindungen zurückzuführen, die bei der vorbereitenden Behandlung der betreffenden Pflanzenteile entstehen. Der Kaffee, die Teeblätter und die Kakaobohnen werden vor dem Verbrauch fermentiert, d. h. einer Gärung unterworfen und dann geröstet.
Die Kaffeebohnen enthalten etwa 1% Kaffein, die Teeblätter 2—3% und die Kakaobohnen etwa 1,5%. Nährwert besitzen nur die Kakaobohnen, da sie 12% Eiweiß, 13% Kohlenhydrate und 49% Kakaobutter enthalten. Letztere wird aber meist aus der Kakaomasse durch Entölung entfernt, um den Kakao leichter löslich und verdaulich zu machen.

Kaffein und Theobromin sind die Alkaloide im Kaffee, Tee und Kakao. In geringen Mengen wirken sie anregend auf Herz- und Nierentätigkeit ein. In größeren Mengen wirken sie schädlich. Nur der Kakao hat auch Nährwert, da er große Mengen von Fett (Kakaobutter), Eiweiß und Kohlenhydraten enthält.

Kaffein und Theobromin lassen sich vom Harnstoff und der Harnsäure ableiten; man kann diese Alkaloide synthetisch aus Harnsäure herstellen. Sie werden medizinisch angewendet, da sie in geringen Mengen anregend auf die Herz- und Nierentätigkeit einwirken. Das Kaffein wird auch gegen Kopfschmerzen angewendet.

In den Fieberrindenbäumen findet sich das Alkaloid Chinin, das zur Bekämpfung der Malaria medizinisch angewendet wird. Heute wird es synthetisch gewonnen.

[928] **Das Chinin.** In der Rinde der Chinabäume oder Fieberrindenbäume, die ursprünglich in den tropischen Urwäldern Südamerikas heimisch waren, aber seit langem auch in Indien kultiviert werden, finden sich über 30 Alkaloide, deren Menge durch sorgfältige Pflege des Stammes bis auf 20% des Rindengewichtes gesteigert werden konnte. Unter ihnen ist das wichtigste das *Chinin*. Es dient zur Bekämpfung des Fiebers und ist als Heilmittel gegen Malaria wichtig. Chinin ist in Wasser wenig löslich und wird jetzt synthetisch hergestellt.

Die Behandlung von Infektionskrankheiten durch Chemikalien nennt man Chemotherapie. Die angewendeten Heilmittel sollen die Krankheitserreger abtöten oder schwächen, ohne schädliche Wirkungen auf die Gewebe des Menschen hervorzurufen.

[929] **Chemotherapie.** Der bittere Geschmack des Chinins als Heilmittel, seine üblen Nachwirkungen (Übelkeit, Erbrechen, Herzbeschwerden) und die nach Chininkuren einsetzenden Rückfälle führten zur Entwicklung neuer Heilmittel, mit denen die Malaria ausgeheilt werden kann; dies sind das Atebrin und das Plasmochin. Auch die Schlafkrankheit der Tropen ist heute durch ein synthetisch hergestelltes Heilmittel, das Germanin, heilbar. Malaria und Syphilis bekämpft man mit den Arsenpräparaten Salvarsan und Neosalvarsan.

Damit ist die Bekämpfung von Seuchen und Infektionskrankheiten, die durch Bakterien und andere Einzeller hervorgerufen werden, in ein neues Stadium eingetreten. Die Anwendung rein chemischer Mittel bezeichnet man als *Chemotherapie*[1]). Die Schwierigkeiten dieser Heilmethode bestehen darin, daß die Einzeller und unsere Körperzellen den gleichen Lebensgesetzen unterstehen. Aufgabe der chemischen Mittel ist es, nur die Krankheitsträger zu vernichten, das gesunde Gewebe aber zu erhalten. So ist allen diesen Heilmitteln die Eigenschaft gemeinsam, daß sie die Mikroorganismen abtöten oder so weit schädigen, daß die natürlichen Abwehrkräfte im Körper die Oberhand gewinnen und die Krankheitskeime vernichten.

[1]) therapeia (griech.) = Krankenbehandlung

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[930] Die Zusammensetzung von Tier und Pflanze. Von den 92 natürlich vorkommenden Elementen der Erde sind nur ein knappes Drittel unmittelbar am Aufbau der Lebewesen beteiligt. Die Pflanze besteht hauptsächlich aus den Elementen

C, O, H, N, Na, Ca, K, Mg, Cl, P, S, Fe und Si

[300]. Analysieren wir den menschlichen Körper, so stellen wir folgende Elemente fest:

C, O, H, N, Ca, P, Na, Cl, K, S, Mg, Fe, Si, J, As, F.

Weiter finden wir noch 13 Elemente, die nur in geringsten Spuren am Aufbau beteiligt sind.
Vergleichen wir den chemischen Aufbau von Pflanze und Tier, so sehen wir eine derartig weitgehende Übereinstimmung, daß hier kein Zufall walten kann. Die gleiche chemische Zusammensetzung von Pflanze und Tier spricht eindringlich und unwiderleglich für eine gemeinsame Wurzel alles irdischen Lebens.

Tiere und Pflanzen bestehen aus denselben Elementen und stimmen im Grundaufbau weitgehend überein.
Die Übereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung von Tier und Pflanze spricht für eine gemeinsame Wurzel alles irdischen Lebens.

[931] Quantitative Analyse der Pflanze. Die quantitative Analyse der Pflanze ergibt als hervorstechendstes Merkmal das *Überwiegen des Wassers*. Schon in dem trockenen Weizenkorn sind 14% Wasser enthalten. Die Kartoffelknolle besteht zu 75% aus Wasser, und die Blattsubstanz enthält über 90% Wasser.

Die Pflanze besteht zu einem großen Teil (etwa zu ¾) aus Wasser.

	Wasser	N-haltige organische Substanzen	Fette	Zucker	Stärke	Holzfaser	Asche
Weizenkorn	14	12	2	4	64	2	2
Kartoffelknolle	75	2	0,2		20,8	1	1
Rübe	88	1	0,1	6,5	2,5	1	0,9
Porree (Blätter)	91	2	0,4	0,9	3,7	1	1

Bei der lebenden Pflanze macht das Wasser mindestens drei Viertel der gesamten Pflanzenmasse aus, und Wasserpflanzen bestehen bis zu 98% aus Wasser. Trotzdem zerfließen diese Lebewesen nicht, sondern besitzen eine feste Form.

[932] Die Bedeutung des Wassers für die Pflanze. Der gesamte Stoffwechsel der Pflanze ist an das Wasser als Lösungs- und Transportmittel gebunden. Da alle Pflanzenzellen von festen Zellulosehüllen, den Zellwänden, umgeben sind, können die Mineralsalze des Erdbodens nur in gelöstem Zustande von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Von Zelle zu Zelle wandern die Salzlösungen durch die Pflanze. So sind alle lebenstätigen Gewebe von Wasser durchtränkt. In die Zellwände ist Wasser eingelagert, das den Durchtritt der Salzlösungen vermittelt. In den Zellen finden sich große, blasenartige Räume, die mit wässerigen Lösungen erfüllt sind, und der Träger des Lebens, das Protoplasma, ist zu 75% und mehr aus Wasser aufgebaut. Alle chemischen Prozesse, die sich in der Pflanze vollziehen, sind Reaktionen in wässeriger Lösung. Nur in dem Zustande annähernder Wassersättigung vermag die Pflanze ihre Lebensprozesse durchzuführen. Jeder stärkere Wasserentzug führt zum Stillstand der Lebensvorgänge.

Der gesamte Stoffwechsel der Pflanze ist an das Vorhandensein von Wasser als Lösungs- und Transportmittel gebunden. Die chemischen Reaktionen im Pflanzenkörper sind Reaktionen in wässeriger Lösung.

[933] Der Wasserhaushalt des Tieres. Auch das Tier besteht zu einem hohen Prozentsatz seines Körpergewichtes aus Wasser. Der Wassergehalt der Qualle gleicht dem Wassergehalt der Meerespflanzen, und selbst der Mensch besteht zu 64% seines Körpergewichtes aus Wasser. Mit dem Blut und der Lymphe kreist das Wasser im Körper. Die Nahrungsmittel wandern in wässeriger Lösung durch die Darmwandung ins Körperinnere. Verdauungssäfte und Harn, Schweiß, Drüseninhalt und Zellsaft sind wässerige Lösungen. Die Knochen bestehen zu 30%, der Knorpel zu 60%, die Leber zu 70%, die Muskeln zu 75%, das Gehirn zu 79% und die Nieren zu 83% aus Wasser.
Wie aus den Zahlen hervorgeht, sind die Gewebe um so wasserreicher, je lebhafter ihr Stoffwechsel ist. Niere und Gehirn sind außerordentlich wasserreich; der Knochen als Gerüstsubstanz ist wasserarm.
Entsprechend dem hohen Wassergehalt der Lebewesen ist auch ihr Wasserbedarf außerordentlich groß. Sie sehen dies an den Zimmerpflanzen im Hochsommer. Der Mensch verbraucht täglich mindestens zwei Liter Wasser. Das Leben auf der Erde war also erst möglich, als sich tropfbar flüssiges Wasser auf der erkalteten Erdkruste niedergeschlagen hatte. Alles Leben entstammt dem Wasser, und das Wasser ist die oberste

Auch das Tier besteht zu einem hohen Prozentsatz aus Wasser.
In der Pflanze und im Tier sind die Gewebe um so wasserreicher, je lebhafter ihr Stoffwechsel ist.
Das Leben auf der Erde konnte erst zu einer Zeit beginnen, als die Erdkruste erkaltet war und flüssiges Wasser sich auf ihr niedergeschlagen hatte. Wasser ist die Grundbedingung alles irdischen Lebens.

Bedingung alles irdischen Lebens bis zum heutigen Tage geblieben. Die wasserlosen Wüsten sind lebensfeindliche Gebiete.

[934] Der Wasserkreislauf in den Lebewesen. Schon einmal sprachen wir vom Wasserkreislauf in der Natur [67]. Wir sahen, wie das Meerwasser unter dem Einflusse der Sonnenwärme verdunstet, wie sich der Wasserdampf der Luft in der Höhe zu Wolken verdichtet und als Regen auf das Land niederströmt. Im Erdreich sammelt sich das Wasser als Grundwasser, das durch die Kapillarwirkung des Bodens wieder in die höheren Erdschichten emporsteigt.

Auf die Dauer beschränkte sich das Leben nicht auf das Wasser, sondern griff auch auf das feste Land über. Die Pflanze löste sich von ihrer Meergebundenheit. Die Haftwurzeln, mit denen sie sich am Grunde des Wassers verankerte, baute sie zu Saugwurzeln um, mit denen sie das Wasser und die gelösten Mineralsalze dem Boden entnehmen konnte. So machte sie sich durch die Saugfähigkeit ihrer Wurzeln vom Leben im Wasser unabhängig. Die Tiere und der Mensch nehmen einen großen Teil ihres Wasserbedarfes mit der Pflanzennahrung auf, denn das Gemüse besteht zu 90% aus Wasser, und selbst das „trockene" Brot hat noch einen Wassergehalt von 40%! Das Wasser kreist im tierischen und menschlichen Körper und verläßt ihn wieder als Schweiß und Tränen, als Harn und als Wasserdampf der Atemluft. In gelöster Form werden die Nährstoffe aus dem Darme von der Lymphe und dem Blut aufgenommen; in Wasser gelöst verlassen die Endprodukte des Stoffwechsels wieder die Blutbahnen.

Die Pflanze machte sich vom Leben im Wasser unabhängig, indem sie Saugwurzeln entwickelte, mit denen sie das Bodenwasser aufsaugt.
Das Tier bezieht einen hohen Prozentsatz seines Wasserbedarfes aus der Pflanzennahrung und scheidet die Endprodukte seines Stoffwechsels in wässeriger Lösung aus den Blutbahnen aus.

[935] Wie beteiligen sich die Elemente prozentual am Aufbau des menschlichen Körpers? Die einzelnen Elemente sind in folgenden Anteilen am Aufbau des Menschen (70 kg) beteiligt:

a) Nichtmetalle:

C	O	H	N	P	Cl	S
12,95 kg	45,5 kg	7,7 kg	1,75 kg	686 g	210 g	126 g

b) Metalle:

Ca	Na	K	Mg	Fe
945 g	224 g	206 g	28 g	3,5 g

Der Mensch besteht zu 64% aus Wasser, zu 5% aus Mineralstoffen, zu 20% aus Eiweiß, zu 10% aus Fett und zu 1% aus Glykogen.

Welche Stoffe bilden sich daraus? Zunächst besteht der Mensch zu 64% (etwa 45 kg) aus Wasser und zu 5% (= 3,5 kg) aus Mineralstoffen. Die Elemente C, H, O, N, S und P bilden die überaus wichtigen „organischen Substanzen".

		Zusammensetzung:
a) Eiweiß	20% = 14 kg;	7% H, 23% O, 52% C, 16% N, 2% S, wenig P
b) Fett	10% = 7 kg;	12% H, 12% O, 76% C
c) Glykogen	1% = 0,7 kg;	6% H, 52% O, 42% C

[936] Wasserentzug wirkt tödlich. Da alles Leben an den Zustand der Wassersättigung gebunden ist, wirkt Wasserentzug in größerem Ausmaße stets tödlich. Der Tod durch Erfrieren ist oft weniger eine Folge der Kälte als ein Absterben aus Mangel an flüssigem Wasser. Ein Stofftransport von Zelle zu Zelle wird durch das Gefrieren des Zellsaftes unmöglich. Jeder Lebensprozeß erstarrt zugleich mit dem Wasser. Die Einwirkung übernormaler Hitzegrade führt zu erhöhter Wasserabgabe und damit zur Eindickung des Blutstromes, so daß eine normale Durchblutung des Körpers nicht mehr gewährleistet ist. Bei sehr starkem Erhitzen endlich gerinnt das Eiweiß. Das Protoplasma, das eine Salz-Eiweiß-Lösung ist, erstarrt, wodurch die Lebenstätigkeit der Zelle aufhört. Eine Anzahl Giftstoffe wirken ebenfalls tödlich, weil sie das Eiweiß zum Gerinnen bringen und wie bei der Einwirkung von Hitze die Lebenstätigkeit ausschalten (z. B. Formalin [868]).

Kältetod, Hitzetod und die Wirkung vieler Giftstoffe sind darauf zurückzuführen, daß das Protoplasma vom flüssigen in den festen Zustand übergeht. Die an Lösungen gebundenen Lebensvorgänge können dann nicht mehr ablaufen.

[937] Das Kohlenstoffskelett der Pflanze. Bei den Pflanzen liegen die Verhältnisse ähnlich, wenngleich die Anteile der einzelnen Verbindungen, entsprechend ihren anderen Lebensaufgaben, gewisse Abweichungen zeigen. Beim Aufbau der pflanzlichen Trockensubstanz nimmt der Kohlenstoff nach seiner Masse die erste Stelle sein. Die Trockensubstanz der Pflanze besteht fast zur Hälfte aus Kohlenstoff. Auch ohne chemische Untersuchung können Sie sich vom hohen Kohlenstoffgehalt der Pflanzen durch einen Versuch überzeugen.

Die Trockensubstanz der Pflanzen besteht zur Hälfte aus Kohlenstoff. Er baut mit Wasserstoff und Sauerstoff das Zellulose-Gerüst der Pflanze auf.
Wie die Gewinnung von Holzkohle im Kohlenmeiler zeigt, ist der Kohlenstoff in der Pflanze vollkommen gleichmäßig verteilt.

● Versuch 317: Trockendestillation von Holz. *Erhitzen Sie ein Zweigstück bei beschränktem Luftzutritt, z. B.*

in einem schwer schmelzbaren Reagenzglas! Als Rückstand erhalten Sie ein Stück Holzkohle, das volumenmäßig dem ursprünglichen Zweig gleicht und dessen feine Holzstruktur noch aufweist. Kohlenstoff beherrscht seiner Masse nach den Pflanzenaufbau und ist in der Pflanze vollkommen gleichmäßig verteilt. Aus Kohlenstoff und Wasser baut die Pflanze ihr Zellulosegerüst auf. Zellulose, Stärke und Zucker sind Kohlenhydrate.

[938] Die Nichtmetalle und die Metalle in unserem Körper. Sehen wir uns die Nichtmetalle an, die am Aufbau unseres Körpers maßgebend beteiligt sind! Es sind hauptsächlich die Elemente Chlor, Schwefel, Stickstoff, Phosphor und Kohlenstoff. Nach den Regeln chemischer Umsetzungen bilden sie mit Wasserstoff und Sauerstoff Verbindungen, die sauer schmecken und blaues Lackmuspapier röten: die Säuren. Sie bilden die Salzsäure HCl, die Kohlensäure H_2CO_3, die Schwefelsäure H_2SO_4, die Salpetersäure HNO_3 und die Phosphorsäure H_3PO_4.

In unserem Körper finden sich Chlor, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor als säurebildende Nichtmetalle, die mit den Metallen Natrium, Kalium, Kalzium und Magnesium die Salze unseres Körpers aufbauen.

Mit diesen fünf Säuren vereinigen sich die vier Metalle Kalzium, Natrium, Kalium und Magnesium. Sie ersetzen den Wasserstoff der Säuren und bilden mit dem Säurerest Salze [161]. So finden wir in unserem Körper folgende Salze:

	Natrium	*Kalium*	*Kalzium*	*Magnesium*
Salzsäure	NaCl Natriumchlorid = Kochsalz	KCl Kaliumchlorid	$CaCl_2$ Kalziumchlorid	$MgCl_2$ Magnesiumchlorid
Salpetersäure	$NaNO_3$ Natriumnitrat	KNO_3 Kaliumnitrat		
Kohlensäure	$NaHCO_3$ Natriumbikarbonat		$CaCO_3$ Kalziumkarbonat = Kalk	
Schwefelsäure	Na_2SO_4 Natriumsulfat	K_2SO_4 Kaliumsulfat	$CaSO_4$ Kalziumsulfat	
Phosphorsäure	Na_2HPO_4 Dinatriumphosphat		$Ca_3(PO_4)_2$ Trikalziumphosphat	

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[939] **Blut und Meerwasser.** Untersuchen wir die Flüssigkeiten unseres Körpers genauer, so stellen wir fest, daß in ihm nirgends reines Wasser anzutreffen ist. Alle Körperflüssigkeiten enthalten gelöste Salze. Mit dem Blute und der Lymphe kreisen die Salzlösungen durch alle Organe. Im Speichel und Darmsaft, im Schweiß und Harn sind beachtliche Salzmengen gelöst.

Blut und Gewebeflüssigkeiten weisen einen Salzgehalt von 0,9% auf. In den Salzlösungen überwiegt das Kochsalz mit 0,6%. Ganz besonders treffen wir in der Blutflüssigkeit die vier uns bekannten Salze Natriumchlorid, Kalziumchlorid, Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid wieder. Sie sind in der Blutflüssigkeit im Verhältnis 40 : 2 : 2 : 1 enthalten.

Auch das Meerwasser enthält diese vier Salze als Hauptbestandteile, und zwar im Verhältnis 39 : 2 : 1 : 8. Die Gewebeflüssigkeiten aller Tiere enthalten diese vier Grundsalze fast im gleichen Mengenverhältnis wie das Meerwasser. Die Salzlösungen kreisen in den Geweben des Wurmes und des Seepferdchens ebenso wie im Vogel, im Hund, im Menschen. Daß alle Tiere eine Salzlösung der gleichen Zusammensetzung in sich tragen, ist eines der auffälligsten chemischen Probleme, die das Leben uns stellt. Die Tatsache findet aber sofort eine eindeutige Erklärung, wenn wir daran denken, daß alles Leben dem Meere entstammt. Nicht das Süßwasser der Kontinente, sondern das Salzwasser der Ozeane war die Wiege des Lebens. Die Schwämme als primitiv organisierte Meerestiere bestehen im einfachsten Falle aus nur zwei Zellenlagen, welche den Körper nach innen und außen begrenzen und von der Salzlösung des Meerwassers umspült werden. Die höher entwickelten Meerestiere schließen die Salzlösung des Meerwassers in ihren Körper ein, wo sie dann die einzelnen Zellen und Gewebe durchspült. Beim Übergang zum Landleben nahmen die Meerestiere als untrüglichen Abstammungsbeweis das Meerwasser in ihrem Körper mit auf das Land und tragen es noch heute in ihren Adern und in ihren Geweben. Sie haben sich allmählich an die größere Salzarmut ihrer Umgebung angepaßt und den Salzgehalt der Körperflüssigkeiten bis auf

Das Blut ist eine Salzlösung mit einem Salzgehalt von 0,9%. Unter den im Blute gelösten Salzen überwiegt bei weitem das Kochsalz; in großem Abstande folgen Kalziumchlorid, Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid. Diese vier Salze sind im Blut und im Meerwasser annähernd im gleichen Verhältnis enthalten.

Beim Übergang zum Landleben nahmen die ursprünglichen Meerestiere das in ihrem Körper kreisende Meerwasser mit auf das Land. Der Gesamtsalzgehalt erniedrigte sich bis auf 0,9%, aber das Verhältnis der Salze untereinander blieb fast unverändert erhalten. Der Salzgehalt der Gewebe sorgt für Sättigung des Körpergewebes mit Wasser und verleiht dem Körper seine elastische Straffheit.

0,9% reduziert, aber das Verhältnis der Salze untereinander blieb fast unverändert erhalten. Der Salzgehalt der Gewebeflüssigkeiten sorgt für Sättigung des Körpergewebes mit Wasser und verleiht dem Körper seine elastische Spannung und Straffheit.

[940] Die Elektrolytwirkung des Blutes. Die im Blute enthaltenen Salze treten nicht als Salzmoleküle auf, sondern sind dissoziiert und bilden Ionen. Im Blute finden sich nicht Kochsalzmoleküle, sondern Natrium-Ionen und Chlor-Ionen. Da alle mineralischen Bestandteile im Blute mehr oder weniger dissoziiert sind, finden wir in der Blutflüssigkeit folgende Ionen: $Na^{\cdot}$, Cl', $K^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $H^{\cdot}$ und OH'.

Die im Blute enthaltenen Salze sind dissoziiert. Neuerdings nimmt man an, daß den Salzlösungen im Körper die wichtige Bedeutung einer Energiequelle zukommt. Die Ionen der Salze geben bei ihrer Wanderung durch den Körper ihre elektrischen Ladungen an bestimmte Zellen und Gewebe ab und sind damit Energieträger der Lebensprozesse.
Alkohol ist nicht dissoziiert und hindert im Körper die Ionenwanderung und die Elektronenabgabe.

Im Gegensatz zu der alten Theorie, daß alle Lebensenergie nur durch Verbrennung von Nahrungsmitteln im Körper gewonnen wird, sagt eine neue Theorie, daß auch die Ionen des Blutes und der Gewebeflüssigkeiten eine Art Energiequelle für den Körper darstellen und als Träger von Lebensprozessen auftreten. Nach der neuen Theorie wandern die Ionen der Salze durch die Organe des Körpers und geben hierbei ihre Ladungen an die einzelnen Zellen und Gewebe ab. Die Nervenbahnen mit ihren Leitungssträngen und mit ihren Isolierschichten und viele andere Tatsachen des Körperbaues machen es wahrscheinlich, daß elektrische Vorgänge im Körper eine weit größere Rolle spielen, als bisher vielfach angenommen wurde. Keine Pflanze, kein Tier kann auch nur einen Augenblick des Lebens die Wirkung der Salzlösungen entbehren, die einen dauernden Elektrolytkreislauf im Körper durchführen. Froschschenkel, die aus dem lebenden Tiere herausgelöst sind, kann man durch Kochsalzlösungen wieder zur Muskelbewegung veranlassen. Selbst das Froschherz beginnt außerhalb des Körpers wieder zu schlagen, wenn man es in ein System von Glasröhren und Gummischläuchen einschaltet, die von 0,9%iger Kochsalzlösung durchströmt werden. Nicht Blut, sondern Kochsalzlösung veranlaßt in diesem Falle den Herzschlag, indem das Herz durch elektrische Entladungen kreisender Ionen elektrisch gespeist wird.

Hier sehen wir auch das Alkoholproblem in neuer Beleuchtung. Im Gegensatz zu den Mineralbestandteilen sind die Moleküle der organischen Verbindungen nicht in Ionen gespalten. Alkohol enthält zwar die Hydroxylgruppe der Basen im Molekül, reagiert aber nicht

laugenhaft, da seine Moleküle nicht dissoziiert sind. Wir erkennen jetzt den Alkohol als Lähmungsgift, da er die Ionenwanderung und die Elektronenabgabe im Körper hindert.

[941] Die Zusammensetzung der Blutsalze ist nur aus der Abstammung der Tiere verständlich. Mit großem Eifer hat sich die Forschung der neuesten Zeit den Blutsalzen zugewendet und eine Fülle von Aufgaben dieser Salze entdeckt. Tiere und Mensch haben sich trotz ihrer vollendeten Anpassung ans Landleben bisher noch nicht dem Salzgehalte ihres neuen Wohnsitzes anpassen können. Noch immer tragen sie das Salzverhältnis in sich, das für ihr ursprüngliches Lebenselement, das Meer, charakteristisch ist. Damit sind die Landtiere und Menschen in ein oft recht ungünstiges Abhängigkeitsverhältnis zum Meeressalz gekommen und müssen das Kochsalz an seinen Lagerstätten oder am Meeresstrande aufsuchen. Besonders die Pflanzenfresser leiden unter der andersartigen Zusammensetzung der pflanzlichen Nahrung und müssen sich zusätzlich Kochsalz verschaffen. Das Meerwasser ist natriumreich und kaliarm. Das Festland ist kalireich und natriumarm; die Ackerkrume hält von den im Wasser gelösten Salzen die Kalisalze zurück, während das Natrium mit dem Grundwasser ins Meer abfließt. Meerwasser und Körperflüssigkeit gleichen sich in ihrem Natriumreichtum. Boden und Pflanzen hingegen sind durch das Überwiegen des Kaliums über das Natrium ausgezeichnet. Die Anpassungsunfähigkeit von Tier und Mensch an das Salzverhältnis der neuen Umgebung ist nur verständlich, wenn der Salzlösung in unserem Blute ganz bestimmte Aufgaben zufallen.

Meerwasser und Körperflüssigkeit der Tiere sind kaliarm und natriumreich, während Festland und Pflanze kalireich und natriumarm sind. Landtiere und Menschen haben sich also bis heute noch nicht dem Salzverhältnis ihrer neuen Umgebung anpassen können.

[942] Die Einzelionen haben eine spezifische Wirkung. Schon längst ist uns bekannt, daß der Spannungszustand der Zellen nur in einer Salzlösung von der Konzentration des Blutwassers erhalten bleibt. Wollen wir Zellen oder Gewebe außerhalb des Körpers noch einige Zeit lebendig erhalten, so müssen wir den Zellen künstliches Blutwasser in Form einer 0,9%igen Salzlösung zuführen. Wäre allein die Ionenwirkung der Salze für die Erhaltung der Lebensprozesse ausschlaggebend, so wäre nur die Konzentration der Salzlösung von Bedeutung, nicht hingegen ihre Zusammensetzung aus den einzelnen Salzen. Es hat sich aber gezeigt, daß

Die Salzlösung der Zellen ist Vorbedingung zur Aufrechterhaltung des Spannungszustandes der Gewebe. Außerdem bewirken die Salz-Ionen des Körpers die Muskelreizung. Den einzelnen Salz-Ionen kommen spezifische Aufgaben und Wirkungen im Körper zu. Natrium steigert die Erregbarkeit der Zellen; es ist das Bewegungssalz unserer Muskulatur.

in der Salzlösung des Blutwassers jedes einzelne Ion seine spezifische, besondere Bedeutung hat.

Magnesium und Kalzium wirken beruhigend und bremsen die Bewegungen ab.

Wir wissen heute, daß die Hauptwirkung der Salz-Ionen die Muskelreizung ist. Ohne Salz findet keine Muskelbewegung statt. Der Mechanismus der Reizung ist noch unerforscht. Wir wissen nur, daß Natrium-Ionen in den Muskel eintreten und die dort vorhandenen Kalzium-Ionen ersetzen, die aus dem Muskel austreten. Natrium steigert die Erregbarkeit der Zellen, während Kalzium und Magnesium die Erregbarkeit herabsetzen. So erklärt es sich vielleicht, daß im Tier, welches seinen Standort ändern kann, das Na vorherrscht, während die ortsgebundene Pflanze mehr Mg enthält. Auch das Kalzium wirkt lähmend auf die Muskulatur ein. In reiner Kochsalzlösung beginnen die Muskeln lebhaft zu zucken, in Kalksalzlösung verfallen sie in einen Zustand der Ruhe und Bewegungslosigkeit. Wären nur Natriumionen in unserem Körper vorhanden, so wären wir zu ständigen Zuckungen unserer Muskulatur verurteilt; starke Überhöhungen der Natriumionenkonzentration rufen im Tier Krampferscheinungen hervor. Die vorhandenen Kalzium-Ionen ermöglichen die Ruhepausen. Natrium und Kalzium wirken bewegungsanregend und beruhigend, sie sind Motor und Bremse unseres Muskelapparates. Kalzium steigert den Stoffwechsel und regt den Appetit an; es ist in den Mitteln zur Bekämpfung der Blutarmut und Körperschwäche enthalten.

Störungen im Salzhaushalt des Blutes werden durch Aufnahme von Salzen in die Gewebe oder durch Salzabgabe aus den Geweben ausgeglichen. Durch diese Stoffregulierung wird die Salzzusammensetzung des Blutes immer konstant erhalten.

Sobald der Salzhaushalt des Blutes durch das Überwiegen eines Ions gestört wird, scheiden die Gewebe das ausgleichende Ion ins Blut ab und nehmen das Zuviel des anderen Ions aus dem Blute auf. Durch diese Stoffregulierung wird die Salzzusammensetzung des Blutes immer konstant erhalten. Nimmt der Mensch mit der Nahrung zuviel Kochsalz auf, so wird dieses in die Gewebe abgeschoben, da es im Blut nicht verbleiben darf. Zeigt sich Kochsalzmangel im Blute, so wird das Kochsalz den Muskeln entzogen. Trinkt der Mensch zuviel Wasser, so wird nicht das Blut verdünnt, sondern das Wasser wandert in die Gewebe. Fehlt dem Blute Wasser, so wird es den Geweben entzogen, und die Haut wird schlaff.

[943] Der Zuckergehalt des Blutes. Außer dem Salzgehalt ist auch der Zuckergehalt des Blutes von großer Bedeutung. Der Zucker liefert den Muskeln immer neue

Das Blut hat einen Gehalt von 0,07% Traubenzucker, der von den Mus-

chemische Energie. Bei einer allgemeinen Zuckerverarmung des Blutes wird der Mensch leistungsunfähig und schwach. Normalerweise sind in 100 g Blut 0,07 g Traubenzucker enthalten. Sobald die Muskeln aus dem Blute Zucker entnehmen, spaltet die Leber etwas von ihrem gespeicherten Glykogen in Zucker und gibt ihn an das Blut ab. Sobald aber die Leber zuviel Zucker an das Blut abgeben will, greift die Bauchspeicheldrüse hemmend ein und verhütet eine Überzuckerung des Blutes.

keln verbraucht und als Energiespender verwendet wird. Die Leber hält den Zuckergehalt des Blutes immer auf gleicher Höhe, indem sie bei Zuckerverbrauch Glykogen in Zucker verwandelt und an das Blut abgibt.

[944] Das Blut ist eine neutrale Flüssigkeit. Wie wir in [940] sahen, sind im Blute sowohl Wasserstoffionen als auch Hydroxylionen enthalten, welche Träger der Säurereaktion bzw. der Basenreaktion sind. Wie im Blut ein feststehendes Gleichgewicht zwischen den einzelnen Metallionen besteht, so ist auch ein konstantes Verhältnis zwischen den H-Ionen und den OH-Ionen im Blute vorhanden. Blut ist neutral wie das Wasser. Durch die Lebensprozesse wird dieses Gleichgewichtsverhältnis fortwährend gestört. Bei der Muskelarbeit fallen als Endprodukte Säuren ab (Kohlensäure, Milchsäure usw.); sie führen dem Blute einen Überschuß an Wasserstoffionen zu. Das Blut ist gegen diesen Säurestoß der arbeitenden Muskulatur mit einem Abwehrstoff ausgerüstet; das im Blute enthaltene Natriumbikarbonat neutralisiert die überschüssigen Wasserstoffionen:

Das Blut ist eine neutrale Flüssigkeit. Wenn dem Blute durch Muskelarbeit oder Eiweißverdauung zuviel Wasserstoffionen zuströmen, werden diese durch Natriumbikarbonat neutralisiert und die entstehenden Endprodukte der Neutralisation z. T. durch den Harn abgeführt. Natriumbikarbonat, Eiweißkörper und rote Blutkörperchen wirken gemeinsam an der Neutralisation überschüssiger Wasserstoffionen im Blute mit; ihnen kommt Pufferwirkung zu, indem sie Säurestöße im Blute abfangen.

$$\underset{\text{Natrium-bikarbonat}}{NaHCO_3} + \underset{\text{Wasser-stoffionen}}{H^+} \longrightarrow \underset{\text{Natrium-ionen}}{Na^+} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} + \underset{\text{Kohlen-dioxyd}}{CO_2\uparrow}$$

Die chemischen Reaktionen im Körper der Lebewesen gleichen den chemischen Reaktionen außerhalb der lebendigen Substanz. In den Lebewesen sind aber alle chemischen Prozesse genau aufeinander abgestimmt und eingespielt.

Auch die bei der Eiweißverdauung entstehende Schwefelsäure und Phosphorsäure werden neutralisiert:

$$\underset{\text{Natrium-bikarbonat}}{2\,NaHCO_3} + \underset{\text{Schwefel-säure}}{H_2SO_4} \longrightarrow \underset{\text{Natrium-sulfat}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} + \underset{\text{Kohlen-dioxyd}}{2\,CO_2\uparrow}$$

Die entstehenden schwefelhaltigen und phosphorhaltigen Salze werden mit dem Harn ausgeschieden. Durch Harnabsonderung gehen somit laufend Schwefelverbindungen und Phosphorverbindungen verloren, die dem Boden als wirksame Düngemittel für neues Pflanzenwachstum zuströmen.

Auch die Eiweißkörper des Blutes und die roten Blutkörperchen helfen bei der Neutralisation überschüssiger Wasserstoffionen mit. Das Natriumbikarbonat, die Eiweißstoffe und die roten Blutkörperchen wirken wie Puffer gegen einen Säurestoß und fangen diesen auf. Das Blut ist also gegen plötzlich auftretende Säuren gepuffert. Die Fähigkeit des Blutes, Kohlensäure und Milchsäure aufzufangen und zu neutralisieren, läßt sich durch systematische Übung steigern. Die Leistungssteigerung beim Trainieren ist teilweise eine Folge dieser Blutübung.

So erhalten wir jetzt die ersten Einblicke in den Chemismus des Lebens. Die chemischen Reaktionen im Körper der Lebewesen gleichen den chemischen Reaktionen der unbelebten Natur. Die lebende Substanz besitzt aber ein höheres Ordnungsprinzip als die nichtorganisierte Materie. Alle chemischen Prozesse sind in der lebenden Substanz aufs feinste aufeinander eingespielt; teils ergänzen und fördern, teils bremsen und verhindern sie einander. Hierdurch hebt sich die lebendige Substanz über die Materie hinaus.

[945] Kalzium und Phosphor als Skelettbildner. Von besonderer Wichtigkeit für den Körper sind die Kalziumsalze als Skelettbildner. Nicht nur das Skelett der Wirbeltiere, sondern auch die Korallenstöcke, die Seeigelkapseln, die Muschelschalen und die Gehäuse der Schnecken sind Kalkabscheidungen des Tierkörpers. Die Meerestiere entnehmen den Kalk dem Meerwasser, die Landtiere entnehmen ihn der Nahrung. Das Knochengerüst des Menschen besteht zu 58% aus Kalk, und zwar überwiegend aus Kalziumphosphat, in geringerem Maße aus Kalziumkarbonat, und enthält Spuren von Kalziumoxalat und Kalziumfluorid. Kalkzufuhr mit der Nahrung ist daher eine Grundbedingung gesunden Wachstums. Bei Kalkmangel in der Nahrung zeigen sich ausgesprochene Kulturkrankheiten, so z. B. Verschlechterung des Gebisses (und in der Folge Magen- und Darmleiden), Knochenverkrümmungen, Plattfüße, O- und X-Beine und Schwächen des Bindegewebes (Leistenbrüche usw.). Kalkarme Nahrungsmittel sind Fleisch, Weißbrot, Reis und Kartoffeln, kalkreich sind viele Früchte, Gemüse und vor allem die Milch. Eine der wichtigsten Ursachen der Kalkarmut im Körper ist die Entkalkung des Wassers, die notwendig ist, denn kalkreiches

Die Kalziumsalze sind die wichtigsten Skelettbildner im Tierreich. Sie bauen die Knochen der Wirbeltiere und die Stütz- und Gerüstsubstanzen vieler niederer Tiere auf. Kalkzufuhr mit der Nahrung ist für den Menschen eine Grundbedingung gesunden Wachstums. Bei Kalkmangel zeigen sich viele ausgesprochene Kulturkrankheiten, die sich als Folge kalkarmer Nahrung (Fleischkost, Reiskost, Kartoffelkost) und als Folge der Entkalkung des Trinkwassers einstellen. Im Alter, wenn der Kalk nicht mehr zum Aufbau des Skelettes Verwendung findet, wird er als Gewebekalk gespeichert und zur Abdichtung der abgenutzten Gefäßwände verbraucht (Arterienverkalkung).

Wasser setzt Kesselstein an [435] und ist für viele Zweige der chemischen Industrie untragbar. Es ist daher notwendig, dem Kalkmangel durch sachgemäße Ernährung zu steuern oder Kalkpräparate zusätzlich aufzunehmen.

Phosphor ist wichtig als Bestandteil des phosphorsauren Kalkes und als Baustein der Kerneiweiße und Phosphatide.

Erst im Laufe des Alterns wird der Kalk nicht mehr als Aufbausubstanz der Knochen gebraucht. Dann nimmt der Kalkgehalt der Gewebe zu. Da gleichzeitig die Gefäßwände alt und porös werden, wandert der Gewebekalk in die Aderwände und führt zur Arterienverkalkung. Die Gefäßwände verlieren ihre Elastizität, und der Blutdruck steigt dadurch. Gleichzeitig setzt eine Verkalkung aller anderen Gewebe ein, wodurch z. B. die Eindrucksfähigkeit des Gehirns stark herabgemindert wird.

Der Phosphor ist nicht nur wichtiger Bestandteil des phosphorsauren Kalkes der Knochen, sondern außerdem unentbehrlicher Bestandteil der Kerneiweiße, welche die Zellkerne aufbauen. Besonders reich an phosphorhaltigen Eiweißverbindungen sind die Fortpflanzungszellen, die Blutzellen und die Nervenzellen. Es ist nicht gleichgültig, in welcher Form wir Phosphorverbindungen als Nahrung aufnehmen. Das von den Zellulosewänden der Pflanzenzellen umschlossene Pflanzeneiweiß mit Phosphorgehalt kann nur zum Teil vom Menschen verdaut werden, während der Phosphorgehalt von Eiweißverbindungen des Fleisches fast verlustlos in die Blutbahnen übertritt. Wichtig sind neben den phosphorhaltigen Eiweißen auch die phosphorhaltigen Fette, die Phosphatide (Lehrgespräch des 115. Kapitels). Zu ihnen gehört das Lezithin, das einen wesentlichen Bestandteil der Nerven- und Gehirnsubstanz darstellt.

[946] Der Eisengehalt des Blutes. 3,5 g Eisen sind in unserem Körper enthalten. Sie sind an den eisenhaltigen Farbstoff Hämatin [870] gebunden, der zusammen mit dem Eiweißkörper Globin das Hämoglobin der roten Blutkörperchen bildet. Das Molekül dieses roten Blutfarbstoffes besteht aus mehr als 2000 Einzelatomen, unter denen ein Atom Eisen ist. Das Hämoglobin ist in den roten Blutkörperchen enthalten, denen die Aufgabe zukommt, den Sauerstoff in der Lunge chemisch locker an sich zu binden und in den Geweben den sauerstoffhungrigen Zellen im Austausch gegen Kohlendioxyd zur Verfügung zu stellen. Die Fähigkeit

Der Mensch enthält 3,5 g Eisen an das Hämatin gebunden, das zusammen mit Globin den roten Blutfarbstoff Hämoglobin aufbaut. Die Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme ist an den Eisengehalt des Blutfarbstoffes gebunden. Wahrscheinlich wirkt das Eisen nicht chemisch, sondern rein physikalisch, indem es den Sauer-

der Sauerstoffaufnahme ist an das Eisen des Blutfarbstoffes gebunden. Es gibt auch Tiere, die an Stelle des roten Blutfarbstoffes einen blauen Blutfarbstoff haben, der Kupfer enthält. Bei ihnen wirkt das Kupfer in der gleichen Weise wie das Eisen im menschlichen Blute.

Wahrscheinlich wirkt das Eisen im Blute nicht chemisch, sondern rein physikalisch. Viele Metalle besitzen in fein verteiltem Zustande die Fähigkeit, auf ihrer Oberfläche Gase anzureichern. Feinste Metallteilchen umhüllen sich mit dem verdichteten Gas, das auf diese Weise zur chemischen Reaktion kommt. So verdichtet fein verteiltes Platin das Stadtgas im Gasanzünder auf seiner Oberfläche, wobei sich das Gas bis zur Entzündungstemperatur erwärmt und explosiv entzündet. Es ist anzunehmen, daß das Eisen des Blutfarbstoffes ebenfalls nur katalytisch den Sauerstoff auf seiner Oberfläche anreichert und damit zum Atemkatalysator des Menschen wird.

Das Kohlenmonoxyd [355] verbindet sich leichter mit dem Hämoglobin als der Sauerstoff. Das entstehende Kohlenoxydhämoglobin kann keinen Sauerstoff mehr aufnehmen und übertragen. Kohlenoxydvergiftungen bewirken daher einen inneren Erstickungstod.

Das Blausäuregas HCN hingegen [644] wirkt an anderer Stelle. Es setzt die Aufnahmefähigkeit der Gewebe für den vom Hämoglobin herangebrachten Sauerstoff so stark herab, daß die Gewebe wiederum an Sauerstoffmangel zugrundegehen.

Der rote Blutfarbstoff der Tiere und das Blattgrün der Pflanzen sind chemisch nahe verwandt; sie besitzen chemisch einen ähnlichen Aufbau. Das im Blutfarbstoff gebundene Eisen ist im Blattgrün durch Magnesium ersetzt. Das Blattgrün (Chlorophyll) baut unter Mitwirkung der Sonnenenergie aus Kohlensäure und Wasser die Kohlenhydrate Zucker und Stärke auf. Außerdem ist die Pflanze in der Lage, unter Zuhilfenahme der Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelverbindungen des Erdbodens Fette und Eiweißstoffe aus mineralischen Bestandteilen aufzubauen. In diesen synthetisch aufgebauten organischen Substanzen errichtet die Pflanze Energiespeicher für Sonnenenergie, die von den Energieverbrauchern, den Tieren und Menschen, als Nahrungsmittel ausgenutzt werden.

stoff auf seiner Oberfläche katalytisch anreichert. Hämoglobin ist der Atemkatalysator des Menschen und der Tiere. Das Kohlenmonoxyd verbindet sich mit dem Blutfarbstoff zu Kohlenoxydhämoglobin, das keinen Sauerstoff mehr übertragen kann. Blausäuregas verhindert die Aufnahme des Sauerstoffs durch die Gewebe. So führen diese Giftgase trotz verschiedener Wirkungsweise zum gleichen Endeffekt, der inneren Erstickung der Gewebe. Das Chlorophyll der Pflanze entspricht im Aufbau dem Blutfarbstoff der Tiere. Mit Hilfe des Blattgrüns baut die Pflanze Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße synthetisch aus mineralischen Bestandteilen auf. Tiere und Menschen sind auf diese organischen Substanzen als Nahrungsmittel angewiesen.

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[947] **Baustoffwechsel und Betriebsstoffwechsel.** Die Nahrungsmittel, die dem menschlichen Körper zugeführt werden, dienen beim erwachsenen Menschen nur zu einem geringen Teile zum Aufbau neuer Körpersubstanz, indem die Nahrung zu einfachen Verbindungen abgebaut wird, die ihrerseits die Bausteine zum Aufbau arteigener organischer Substanz bilden [865-66]. Diesen Teil des Stoffwechsels, der zur Vermehrung der Körpersubstanz führt, bezeichnet man als Baustoffwechsel. Der größte Teil der aufgenommenen Nahrungsmittel wird zur Energieerzeugung verbrannt. Dieser Betriebsstoffwechsel liefert die notwendige Arbeitsenergie, dient zur Erhaltung der Körperwärme und zur Durchführung der unter Energieverbrauch ablaufenden Synthesen des Baustoffwechsels.

Der Mensch nimmt im wesentlichen folgende Stoffe auf:

a) Wasser als Lösungs- und Transportmittel und als Vermittler chemischer Umsetzungen,

b) anorganische Salze (Kochsalz und andere Chlorverbindungen; phosphorsaure, kohlensaure und schwefelsaure Salze; Eisensalze usw.); sie werden teils mit dem Trinkwasser, teils mit den organischen Nahrungsmitteln aufgenommen,

c) organische Nahrungsmittel. Diese enthalten Wasser, Salze, Kohlenhydrate, Fette und Eiweißverbindungen und außerdem noch die Ergänzungsnährstoffe oder Vitamine.

Diese organischen Nahrungsmittel wollen wir nunmehr zusammenfassend betrachten.

Der Stoffwechsel des Menschen gliedert sich in einen Betriebsstoffwechsel und einen Baustoffwechsel. Während im Baustoffwechsel aus den Abbauprodukten der Nahrungsmittel neue Körpersubstanz aufgebaut wird, werden im Betriebsstoffwechsel Nahrungsmittel zur Energieerzeugung verbrannt. Der Mensch nimmt auf

a) Wasser als Lösungs- und Transportmittel und als Vermittler chemischer Umsetzungen,

b) anorganische Salze,

c) organische Nahrungsmittel, die Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße und Vitamine enthalten.

[948] **Die Kohlenhydrate als Nahrungsmittel.** Als Kohlenhydrate nehmen wir mit der Nahrung Stärke, Zucker, Dextrin und Zellulose auf. Am leichtesten verdaulich sind die Monosaccharide. Der Stärkeabbau erfolgt in mehreren Stufen. Diastatische Fermente (Diastasen), die im Mundspeichel, im Bauspeichelsaft und im Saft der Schleimhautdrüsenzellen des Dünndarmes enthalten sind, spalten zunächst die Stärke in Disaccharide (Malzzucker, Rohrzucker, Milchzucker

Die Kohlenhydrate sind für pflanzliche Nährstoffe charakteristisch, während die tierischen Nahrungsmittel vorwiegend aus Fetten und Eiweißstoffen bestehen. Die Kohlenhydrate werden hauptsächlich im Betriebsstoffwechsel verbraucht und in den ar-

usw.) und diese dann weiter in Monosaccharide (Traubenzucker, Fruchtzucker, Galaktose). Die Zellulose ist für uns nur sehr begrenzt ausnutzbar.

Die Kohlenhydrate finden sich fast ausschließlich in den pflanzlichen Nährstoffen; im Tierkörper tritt in geringem Umfange das Glykogen [810] auf. Während sich die Pflanzennahrung durch einen großen Reichtum an Kohlenhydraten auszeichnet, treten in ihr die Eiweißstoffe zurück, und die Fette sind nur in geringer Menge vorhanden (Ausnahme: die ölhaltigen Früchte). Die Kohlenhydrate werden im tierischen und menschlichen Stoffwechsel hauptsächlich als Betriebsstoffe verwendet. Sie werden in den Zellen der arbeitenden Organe, z. B. in den Muskeln, durch aufgenommenen Sauerstoff zu Kohlendioxyd und Wasser verbrannt und liefern hierbei Energie, die als Wärmeenergie auftritt und zusammen mit der elektrischen Energie der Ionen die Lebenstätigkeit der Zellen ermöglicht. Die Tiere setzen also die Energie wieder in Freiheit, welche die Pflanze mit ihren Chlorophyllkörnchen bei der Assimilation als Sonnenenergie in den Kohlenhydraten gebunden hat.

beitenden Zellen zu Kohlendioxyd und Wasser verbrannt. Hierbei wird die Sonnenenergie, die von der Pflanze gespeichert worden ist, für die tierischen Lebensprozesse nutzbar gemacht.

[949] Das Getreide. Das wichtigste stärkehaltige Nahrungsmittel ist das Getreidekorn (Abbildung 215), das außerdem in seiner äußersten Zellenschicht sehr eiweißreich ist (Aleuron). Beim Mahlprozeß wird die Aleuronschicht meist mit der Kleie entfernt und gelangt ins Viehfutter. Das aus dem Mehlkern des Getreidekornes gewonnene Mehl besteht zu etwa 80% aus Stärke und enthält 13% Eiweißstoffe.

Beim Anrühren des Teiges quellen die Eiweißstoffe auf und bilden mit dem Wasser eine Emulsion; sie geben dem Teig seine klebrige, plastische Beschaffenheit. Erst bei etwa 60° bildet auch die Stärke mit dem Wasser einen Kleister [805]. Durch die Quellungsvorgänge entsteht ein Teig, der beim Erhitzen schwer und fest wird. Er kann deshalb nur zu ganz dünnen Teigwaren (Nudeln) verarbeitet werden. Durch die starke Quellung beim Aufkochen werden die Nudeln weich und können von den Verdauungssäften leicht abgebaut werden.

Bei dickeren Teigwaren können die Verdauungssäfte die kompakten, klebrigen Massen nicht mehr bewältigen. Daher müssen alle Backwaren durch Treibmittel

Das Getreidekorn ist das wichtigste stärkehaltige Nahrungsmittel. Das aus ihm gewonnene Mehl enthält 80% Stärke und 13% Eiweißstoffe. Beim Anrühren mit Wasser quellen die Eiweißstoffe auf und bilden eine Emulsion. Die Stärke quillt erst bei etwa 60°. Die kompakten, kleisterartigen Massen des angerührten Teiges können entweder auf die dünnen Teigwaren (Nudeln) oder auf dickere Backwaren verarbeitet werden. Im zweiten Falle muß der Teig unter Verwendung von Treibmitteln oder Gärungserregern aufgelockert werden. Bei der Hefegärung bilden Hefezellen gasförmige Produkte, während die Treibmittel in der Hitze in gas-

aufgelockert werden. Das Treibmittel des Brotes ist der Sauerteig, ein durch längeres Stehen sauer gewordener Brotteig. Hefezellen, Essigsäure- und Milchsäurebakterien haben in ihm Gärungsvorgänge ausgelöst [710]. Die entstehende Milchsäure gibt dem Brot seinen charakteristischen Geschmack. Die Hefezellen vergären den Zucker zu Alkohol, der in der Backwärme gasförmig wird, und Kohlendioxyd. Beide lockern den Teig auf. Auch durch chemische Treibmittel kann die Auflockerung erreicht werden. Die verwendeten Backpulver bestehen aus Natriumbikarbonat und Weinsäure. Auch Ammoniumbikarbonat (= Hirschhornsalz) wird als Treibmittel verwendet:

förmige Endprodukte zersetzt werden. Durch die Auflockerung der Backwaren können die Verdauungsfermente gut angreifen.

$$\underset{\text{Ammonium-bikarbonat}}{NH_4HCO_3} \xrightarrow{\text{in der Hitze}} \underset{\text{Ammoniak}}{NH_3\uparrow} + \underset{\text{Wasserdampf}}{H_2O\uparrow} + \underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2\uparrow}$$

Die Backpulver zerfallen in der Hitze in gasförmige Produkte (↑), welche im Teige emporsteigen und die Bildung von Hohlräumen veranlassen, in denen die Verdauungsfermente gut angreifen können. Außerdem werden in der Hitze des Backofens teilweise schon Spaltungsvorgänge ausgelöst, wie die Bildung von Dextrin aus Stärke zeigt [796]. Die Quellung der Eiweißstoffe und der Stärke, die Auflockerung der gequollenen und verkleisterten Massen und der beginnende Abbau erleichtern die Verdauung der Backwaren.

[950] Die Kartoffel. Auch die Kartoffel ist wegen ihres hohen Stärkegehaltes (16—22%) ein wichtiger Energiespender im menschlichen Stoffwechsel. Sie enthält außerdem 2% Eiweiß und etwa 1% basische Mineralstoffe (Fe, K, Ca, Na, Mg). Die Kartoffel besitzt einen hohen Sättigungswert und ist in gekochtem Zustande leicht verdaulich. Ihr hoher Wassergehalt (75%) macht eine Verfrachtung über größere Strecken unrentabel; daher wird die Kartoffel in Überschußgebieten auf Kartoffelflocken oder Kartoffelspiritus [706, 707] verarbeitet.

Die Kartoffel besteht zu 75% aus Wasser und enthält 16–22% Stärke, 2% Eiweiß und 1% basische Mineralstoffe. Sie hat einen hohen Sättigungswert und ist in gekochtem Zustande leicht verdaulich.

An der Luft färben sich zerschnittene rohe Kartoffeln braun, da die Gerbsäuren und Farbstoffe durch Luftsauerstoff oxydiert werden. Gefrorene Kartoffeln schmecken süß; dies ist auf den Abbau von Stärke zu Malzzucker zurückzuführen, der anschließend im Atmungsprozeß zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert

wird. Bei niederen Temperaturen setzt die Atmung der Kartoffelknolle fast ganz aus, während die Stärkespaltung weitergeht. So häuft sich eine gewisse Zuckermenge an, die beim Ansteigen der Temperatur langsam wieder verschwindet, wenn die Atmung ordnungsgemäß einsetzt.

[951] Die Zuckerrübe. Der wichtigste Zuckerlieferant ist für uns die Zuckerrübe, aus der „Rohrzucker" gewonnen wird [803]. Von untergeordneter Bedeutung für die menschliche Ernährung sind Traubenzucker und Fruchtzucker, die in süßen Früchten enthalten sind, und der Milchzucker der Milch. Saccharin ist nur Süßstoff, besitzt aber keinerlei Nährwert [901]. Zucker ist neben dem Fett und der Stärke unser wichtigster Energiespender. Er wird vom Körper leicht verdaut und liefert sehr schnell Arbeitsenergie. Zucker ist gleichzeitig Fettsparer. Bei reichlichem Genuß wird der Zucker vom Körper in Fett umgewandelt. Übermäßiger Zuckergenuß ist daher auch niemals die Ursache der Zuckerkrankheit; diese beruht auf einer Störung der inneren Sekretion von Nebenniere und Bauchspeicheldrüse. Durch Süßen mit Zucker werden viele Speisen geschmacklich verbessert und Früchte beim Konservieren haltbar gemacht.
Ein wertvolles Nahrungsmittel ist der Bienenhonig, der zu 75—83% aus Trauben- und Fruchtzucker besteht [802]. Pflanzensäfte geben ihm Farbe und Aroma. Er ist besonders leicht verdaulich (Monosaccharide! [948]) und dient als natürliches Heilmittel mit schleimlösender Wirkung (bei Katarrhen und Husten).

Unter den Kohlenhydraten kommt dem Zucker eine wichtige Rolle als Nährstoff zu. Er wird hauptsächlich als Rohrzucker, in geringerem Grade auch als Trauben-, Frucht- und Milchzucker aufgenommen. Zucker wird im Körper sehr schnell abgebaut und ist einer unserer wichtigsten Energiespender. Wegen seiner Umwandlungsmöglichkeit in Fett ist Zucker gleichzeitig Fettsparer.

[952] Gemüse und Pilze. Zu den kohlenhydrathaltigen Nahrungsmitteln gehören auch die Gemüse. Sie zeichnen sich durch außerordentlichen Wasserreichtum aus (70—90%). Ihre Kohlenhydrate liegen meist als Zellstoff vor, der nur beim Junggemüse für den Menschen verdaulich ist. Obgleich der Nährwert des Gemüses äußerst gering ist, hat es eine große Bedeutung für die menschliche Ernährung.
Im Gemüse sind zahlreiche basische Mineralstoffe (Fe, K, Ca, Na, Mg, P) enthalten, die zum Aufbau der Zähne, der Knochen und der Gewebe und zur Blutbildung unentbehrlich sind. Außerdem wirken die organischen Säuren, die ätherischen Öle und die Duftstoffe verdauungfördernd und appetitanregend. Der unver-

Gemüse sind sehr wasserreich (70–90% Wasser). Ihre Kohlenhydrate liegen als Zellulose vor und können nur beim Junggemüse vom Menschen ausgenutzt werden.
Die Gemüse enthalten einen hohen Prozentsatz mineralischer Stoffe, die zur Blutbildung und zum Aufbau der Körpersubstanz unentbehrlich sind; ihre organischen Säuren und ätherischen Öle wirken verdauungfördernd und appetitanregend; ihr

dauliche Zellstoff erzeugt ein Sättigungsgefühl und regt als fester Stoff, der an der Darmwandung entlangreibt, die Darmtätigkeit an. Wichtig ist auch der hohe Vitamingehalt der Gemüse; die Vitamine schützen den Menschen vor Mangelkrankheiten, fördern das Wachstum und regen die Bildung von Schutzstoffen gegen Krankheiten an.

Vitamingehalt ist von hoher Bedeutung für den Menschen.
Die Pilze wirken als Nahrungsmittel mehr appetitanregend als energiespendend.

Die Pilze enthalten im Durchschnitt 2—4% Eiweißstoffe, 0,3% Fette und 4—5% Kohlenhydrate (Glykogen [810]). Trotzdem können sie keine Energiespender für den menschlichen Körper sein. Ihr Eiweiß ist schwer verdaulich und kann nur bei sorgfältiger Zubereitung zu einem größeren Teil ausgenutzt werden. Die Bedeutung der Pilze für die menschliche Ernährung liegt in ihrem Gehalt an Duft- und Aromastoffen, welche appetitanregend wirken.

[953] **Das Obst.** Das Obst enthält etwa 80% Wasser und 8—20% Kohlenhydrate, und zwar vorwiegend leicht verdaulichen Traubenzucker bzw. Fruchtzucker. Der Hauptwert des Obstes liegt in dem hohen Gehalt an Mineralstoffen (P, Ca, Fe, K, Mn, B), die zur Blut-, Nerven- und Knochenbildung unentbehrlich sind, ferner in den verdauungfördernden Fruchtsäuren, Duftstoffen und aromatischen Stoffen. Sie regen die Eßlust, die Magen- und Darmtätigkeit an. Durch den hohen Wassergehalt wirkt das Obst erfrischend und durststillend. Es stellt eine wertvolle Vitaminquelle dar.

Der Hauptwert des Obstes liegt weniger in seinem Zuckergehalt, als vielmehr im Gehalt an lebensnotwendigen Mineralstoffen, appetitanregenden Fruchtsäuren und wichtigen Vitaminen. Obst wird vielfach medizinisch zur Blutreinigung und als Abführmittel angewendet.

Obst wird vielfach auch als natürliches Heilmittel verwendet. Apfelkuren wirken darm-, nieren- und blutreinigend. Die Gerbsäure roher Äpfel heilt Darmkatarrh. Traubenkuren helfen durch die Zufuhr stark basischer Mineralstoffe; sie wirken blutreinigend und werden medizinisch gegen Leber-, Nieren- und Hautleiden angewendet. Erdbeeren wirken harntreibend, Pflaumen abführend. Frisches Obst wirkt anregend auf die Nerventätigkeit.

[954] **Die Fette.** Fette als Nahrungsmittel besitzen einen sehr hohen Energiegehalt. Sie stellen die ergiebigste Kraft- und Wärmequelle unter allen Nahrungsmitteln dar und werden als Bau- und Betriebsstoffe verwendet. Die Fette mit niedrigem Schmelzpunkt ($\approx 37°$) sind leicht verdaulich (Butter und Öl). Je

Unter unseren Nahrungsmitteln besitzen die Fette den höchsten Energiegehalt und sind als Wärme- und Kraftquelle für unseren Körper wichtig. Je niedriger der

höher der Schmelzpunkt des Fettes liegt und je fester seine Beschaffenheit ist, desto weniger kann es im Verdauungsprozeß ausgenutzt werden. Bei starker Fettzufuhr wird das Fett als Vorratsstoff im Unterhautbindegewebe gespeichert (Fettpolster), um in Zeiten des Fettmangels wieder abgebaut zu werden (z. B. bei Winterschläfern). Übermäßiger Fettgenuß hemmt die Einwirkung der Verdauungssäfte, da das Fett emulgierend wirkt und die Nahrungsteilchen umhüllt. Enthalten unsere Nahrungsmittel zu wenig Fett, so können Stärke und Zucker in unserem Körper in Fett umgewandelt werden.

Schmelzpunkt des Fettes ist, desto leichter wird es verdaut.

Eine der wertvollsten Fettquellen für den Menschen ist die Butter, die unter allen Fetten den geringsten Säureüberschuß enthält und sehr vitaminreich und leicht verdaulich ist. Die Fette und Eiweißstoffe der Milch sind ebenfalls leicht verdaulich; gleichzeitig ist die Milch ein wertvoller Kalk- und Phosphorsalzlieferant. Fettkäse ist reich an Fettbestandteilen, Magerkäse zeichnet sich durch seinen hohen Gehalt an biologisch wertvollen Eiweißstoffen aus.

[955] **Die Eiweißnahrung.** Eiweiß ist der einzige stickstoffhaltige Nährstoff; daher kann Eiweiß auch durch keinen anderen Nährstoff ersetzt werden, während die Fette und Kohlenhydrate ersetzbar sind. Der Mensch baut täglich etwa 50 g Eiweiß ab, welche etwa 8 g Stickstoff enthalten. Dieser Stickstoffverlust muß unbedingt ersetzt werden. Tier und Mensch können sowohl ohne Fett, als auch ohne Kohlenhydrate ernährt werden, denn diese Stoffe dienen hauptsächlich als Energielieferanten im Betriebsstoffwechsel. Fette und Kohlenhydrate können auch vollwertig durch Eiweiß ersetzt werden, das dann ebenfalls als Energiespender vollkommen abgebaut wird. Tiere, denen man Stärke, Zucker und Fette im Übermaß als Nahrungsmittel reichte, denen aber Eiweißstoffe als Nahrungsmittel völlig fehlten, magerten von Tag zu Tag mehr ab und gingen schließlich an Eiweißmangel zugrunde. Besonders wertvoll für den menschlichen Körper sind die Eiweißstoffe der Milch, des Fleisches, der Eier und der Kartoffeln, während die Eiweiße der Hülsenfrüchte weniger gut ausgenutzt werden können.

Während Fette durch Kohlenhydrate und Kohlenhydrate durch Fettnahrung ersetzt werden können, ist Eiweißnahrung durch keine anderen Nährstoffe ersetzbar. Eiweiße sind die einzigen stickstoffhaltigen Nahrungsmittel. Sie liefern den Stickstoff, der zum Aufbau arteigener Eiweißstoffe im menschlichen und tierischen Stoffwechsel unentbehrlich ist.

Bei ungenügender Eiweißzufuhr mit der Ernährung wird das Körpereiweiß abgebaut (Abmagerung). Übermäßiger Eiweißgenuß führt zu schweren Stoffwechselkrankheiten, da die Leber die giftigen Abbauprodukte der Eiweiße dann nicht mehr entgiften kann (Überführung in Harnstoff und Ableitung desselben in die Nieren).

Um im Vollbesitze seiner geistigen und körperlichen Kräfte zu bleiben, muß der Mensch je kg seines Körpergewichtes täglich 1 g Eiweiß aufnehmen. Bleibt die täg-

liche Eiweißaufnahme dauernd unter dieser Mindestzahl, so wird das Körpereiweiß verbraucht; es zeigen sich Abmagerung und Erschöpfungszustände, die in ihrem Endstadium nicht wieder ausgeglichen werden können. Aber nicht nur das Fehlen der notwendigen Eiweißnahrung ist gefährlich; auch übermäßiger Eiweißverbrauch birgt viele Gefahren in sich. Wird der Körper sinnlos mit Eiweißstoffen überschwemmt, so kann die Leber die giftigen Abbauprodukte der Eiweiße nicht mehr bewältigen, in Harnstoff umsetzen und den Nieren zuführen. Es zeigen sich ernsthafte Stoffwechselstörungen. Harnsäure und harnsaure Salze werden in den Gelenkknorpeln, in der Haut und der Muskulatur abgelagert (Gicht).

Fettfreies Fleisch enthält durchschnittlich 20% Eiweißstoffe und 3,5% Fette; daneben besitzt es 1,5% Mineralstoffe (Na, Ca, P, S, Cl) und 75% Wasser. Der Milchsäuregehalt des frischen Fleisches bewirkt eine schwach saure Reaktion der Muskulatur. Verdorbenes Fleisch, dessen Eiweiße sich schon zum Teil zu Ammoniak zersetzt haben, reagiert hingegen basisch. Die Lackmusreaktion läßt dies leicht erkennen.

Die Eiweißstoffe des Fleisches werden vom Körper gut ausgenutzt, weil sie dem menschlichen Eiweiß ähnlich sind. Übermäßiger Fleischgenuß ist aber gesundheitsschädlich, da bei der Verdauung des Fleisches ein großer Säureüberschuß entsteht. Zur Vermeidung ernsthafter Stoffwechselkrankheiten reicht man daher zur Fleischkost basenreiche Nahrungsmittel, also vor allem Gemüse und Kartoffeln.

Auch das Fischfleisch ist sehr leicht verdaulich. Es enthält unter den Fetten die wertvollen Lipoide und Phosphatide (Cholesterin und Lezithin); an mineralischen Bestandteilen sind Jod, Kalk, Eisen und Phosphor im Fischfleisch enthalten. Gemüse und Salat als Zukost liefern die basenbildenden Mineralstoffe, die den Säureüberschuß binden, der beim Verdauen des Fischfleisches entsteht.

Endlich ist auch das Ei als Eiweißlieferant zu nennen, das sich durch den Besitz biologisch hochwertiger Eiweißstoffe, lebenswichtiger Eisen-, Kalk-, Schwefel- und Phosphorsalze und durch das Vorhandensein zahlreicher Vitamine auszeichnet. Das Eigelb besteht aus sehr viel Fett.

Fleisch enthält durchschnittlich 20% Eiweißstoffe, 3,5% Fette, 1,5% Mineralstoffe und 75% Wasser.

Da Fleischnahrung bei der Verdauung Säureüberschuß erzeugt, werden als Zusatznahrung basenreiche Nährstoffe, vor allem Kartoffeln und Gemüse, gereicht. Die basischen Mineralstoffe binden dann den Säureüberschuß, der sonst leicht zu Stoffwechselkrankheiten führt (Gicht).

Eier zeichnen sich durch hohen Eiweißgehalt und durch den Besitz lebenswichtiger Salze und Vitamine aus.

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[956] **Die Vitamine.** Kohlenhydrate, Fette, Eiweißstoffe, Wasser und Mineralstoffe allein gewährleisten noch nicht den Bestand und das Wachstum des tierischen und menschlichen Körpers. Hierzu gehört noch eine Gruppe von Stoffen, die hauptsächlich im Pflanzenkörper gebildet werden, die Vitamine oder Ergänzungsnährstoffe. Der Name „Vit-amin" ist nur bedingt richtig gebildet; er leitet sich vom lateinischen „vita" = Leben ab und deutet damit an, daß diese Stoffe lebensnotwendig sind. Bei den Vitaminen handelt es sich durchaus nicht immer, wie man zuerst annahm, um „Amine", also um Verbindungen mit der NH_2-Gruppe. Eine Reihe von Vitaminen enthält überhaupt keinen Stickstoff. Chemisch sind die Vitamine zum Teil noch wenig erforscht. Man kennt sie weniger nach ihrer chemischen Zusammensetzung, als vielmehr nach ihrer Wirkung im Körper der Lebewesen. Man nennt sie Ergänzungsnährstoffe, weil sie als Ergänzung zu den üblichen Nährstoffen unbedingt vorhanden sein müssen, obwohl sie selbst keinen Nährwert besitzen und keine Energie liefern. Selbst wenn nur geringe Mengen von ihnen im Körper vorhanden sind, ist ihre Wirksamkeit vollständig, so daß ihnen nur eine katalytische Wirkung zukommen kann. Unter normalen Lebensbedingungen nimmt der Erwachsene bei gemischter Kost Vitamine in genügender Menge auf, um seine Gesundheit zu erhalten. Nur bei Säuglingen und Kleinkindern sowie bei Erwachsenen unter einseitigen Ernährungsbedingungen muß auf genügende Zufuhr von Vitaminen besonders geachtet werden.

Alle Vitamine fördern das Wachstum und erhöhen die Widerstandskraft des Körpers gegen Erkrankungen. Dabei hat jedes Vitamin seine spezifischen Wirkungen und erfüllt seine besonderen Aufgaben. Beim Fehlen der Vitamine entstehen Krankheiten, die unter dem Namen „Mangelkrankheiten" zusammengefaßt werden. Sie können leicht durch Zufuhr des fehlenden Vitamins behoben werden.

Zusammenfassend können wir sagen: Vitamine sind kompliziert gebaute organische Verbindungen, die für Wachstum und Erhaltung des tierischen und menschlichen Körpers in allen Teilen funktionsfähig erhalten bleiben soll. Die Ergänzungsnährstoffe oder Vitamine haben im Stoffwechsel katalytische Funktionen; sie werden hauptsächlich im Pflanzenkörper erzeugt.

Außer der Aufnahme von Kohlenhydraten, Fetten, Eiweißstoffen, Mineralstoffen und Wasser ist die Zufuhr von geringen MengenErgänzungsnährstoffen notwendig, wenn der tierische und menschliche Körper in allen

Bei ihrem Fehlen entstehen schwere Stoffwechselstörungen, die man als Mangelkrankheiten zusammenfaßt.

Die Vitamine fördern das Wachstum und erhöhen die Widerstandskraft des Organismus gegen Erkrankungen.

lichen Körpers lebensnotwendig sind. Sie finden sich in den Lebewesen nur in geringen Mengen und werden hauptsächlich in den Pflanzen, seltener in tierischen Geweben gebildet. Sie werden nicht als Bausteine zum Aufbau des Organismus verwendet. Sie wirken katalytisch im Stoffwechsel der Organismen und entfalten schon in Spuren große Wirkungen. Ihr Fehlen ruft schwere Mangelerscheinungen hervor.

[957] **Die Hormone.** Während die Vitamine mit der Pflanzennahrung aufgenommen werden, bilden Menschen und Tiere auch Stoffe aus, welche den gesamten Stoffwechsel regulieren und die Tätigkeit der einzelnen Organe des Körpers steuern und aufeinander abstimmen. Man nennt sie *Hormone*[1]). Sie werden in den Drüsen mit innerer Sekretion erzeugt und fließen den zu steuernden Organen zu. Noch ist die Grenze zwischen Hormonen und Vitaminen nicht klar erkannt. Chemisch handelt es sich um ganz verschiedene Substanzen, und ihre Zusammenordnung unter diesen beiden Oberbegriffen beruht nur auf medizinischen Tatsachen.

Tiere und Menschen bilden in den Drüsen mit innerer Sekretion Wirkstoffe aus, die man als Hormone zusammenfaßt. Sie regulieren den Stoffwechsel, steuern die Tätigkeit der einzelnen Organe und stimmen sie aufeinander ab.

[958] **Vitamin A.** Das Vitamin A ist ein fettlöslicher Stoff, dessen chemische Zusammensetzung aufgeklärt ist und der bereits synthetisch hergestellt wird. Es wird in der tierischen Leber aus dem gelben Pflanzenfarbstoff Karotin gebildet, der besonders in der Möhrenwurzel, aber auch in Tomaten, Pfifferlingen, in den Blättern des Spinats, des Grünkohls und des Kopfsalates vorkommt. Das Vitamin A ist besonders reichlich im Lebertran enthalten, der aus Dorschleber gewonnen wird. Wir finden es ferner in der Milch, in der Butter, im Eigelb, in Leber, Herz und Blut und in größerer Menge auch im Hering.
Beim Fehlen des Vitamins A zeigen sich in der Kindheit Austrocknung und Erweichung der Hornhaut des Auges, im Alter Sehstörungen in Form der Nachtblindheit. Auch treten Wachstumsstörungen und mangelnde Widerstandsfähigkeit gegen Infektionskrankheiten auf. Mit Leberpräparaten werden günstige Heilerfolge erzielt. Es ist eine tägliche Aufnahme von etwa $^{5}/_{1000}$ mg Vitamin A erforderlich. Das Vitamin ist ziemlich hitzebeständig, so daß es durch Kochen nicht zerstört wird.

Vitamin A ist fettlöslich und wird synthetisch hergestellt. Es wird in der Leber aus Karotin aufgebaut und findet sich besonders in Leber, Herz und Blut, in Milch, Butter und Eigelb. Beim Fehlen des Vitamins A treten Sehstörungen (Nachtblindheit), Wachstumsstörungen und mangelnde Widerstandsfähigkeit gegen Infektionskrankheiten auf.

[1]) horman (griech.) = antreiben

[959] **Vitamin B.** Die B-Vitamine sind wasserlöslich und werden in der Hitze kaum zerstört. Sie werden in reinem Zustande kristallisiert gewonnen und auch schon synthetisch hergestellt. Es ist eine Gruppe von Stoffen, die in allen Gemüsen reichlich vorhanden ist, ebenso in den Früchten (Erdbeere, Weintraube, Zitrone), in den Kartoffeln, im Fleisch, in der Hefe, in der Milch und im Eigelb. Die Entziehung von Vitamin B_1 führt zur ostasiatischen Beri-Beri-Krankheit, die auf den ausschließlichen Genuß von geschältem und poliertem Reis zurückzuführen ist. (Das Vitamin sitzt in der Silberhaut des Reiskornes und wandert in die Reiskleie.) Das in Leber, Milch, Eigelb und Hefe vorkommende Vitamin B_2 (Laktoflavin) ist unentbehrlich für das Wachstum junger Menschen und Tiere. Es ist der wirksame Bestandteil des an der Sauerstoffübertragung beteiligten gelben Atmungsfermentes. Der Mensch braucht täglich etwa 0,5 mg Vitamin B.

Die B-Vitamine finden sich reichlich in den Gemüsen und Früchten, in der Kartoffel, im Fleisch, in der Hefe, der Milch, im Eigelb. Bei Vitamin-B-Mangel tritt Beri-Beri-Krankheit auf (Ostasien), ferner zeigen sich Wachstumsstörungen.

[960] **Vitamin C.** Das Vitamin C heißt auch Askorbinsäure und ist das antiskorbutische Vitamin. Es ist wasserlöslich und sehr hitze- und lichtempfindlich. Besonders reichlich ist es in der Hagebutte und im Paprika, in Apfelsine und Zitrone, in Johannisbeere, in Kohl und Erbsen enthalten. Auch in den Kartoffeln, im Obst und in der Milch finden wir Vitamin C. Der Bedarf an Vitamin C ist ziemlich hoch; täglich werden etwa 20—50 mg verbraucht. Beim Fehlen des Vitamins C tritt als Mangelkrankheit der Skorbut auf, der sich früher bei Schiffsreisenden und bei Teilnehmern an arktischen Expeditionen oft verheerend auswirkte. Es treten Zahn-, Haut- und schließlich auch Darmblutungen auf; die Zähne fallen aus, und es zeigen sich schwere Störungen des Allgemeinbefindens. Bei Aufnahme von frischem Obst (besonders Apfelsinen- und Zitronensaft) und Gemüse verschwinden die Krankheitserscheinungen bald. Die Zufuhr von Vitamin C wirkt sich günstig als Vorbeugungsmittel gegen Infektionskrankheiten und Volksseuchen aus (Grippe, Lungenentzündung, Tuberkulose).

Das Vitamin C, das hitze- und lichtempfindlich ist, findet sich in Hagebutte, Paprika, Apfelsine, Zitrone, Johannisbeere, in Kohl, Erbsen, Kartoffeln, Obst und Milch. Bei Vitamin-C-Mangel tritt Skorbut auf (Zahn-, Haut- und Darmblutungen; Zahnausfall, Störungen des Allgemeinbefindens). Heilung erfolgt durch Aufnahme von frischem Obst und Gemüse, von Apfelsinen- und Zitronensaft. Vitamin C wirkt günstig als Vorbeugungsmittel gegen Infektionskrankheiten und Volksseuchen.

[961] **Vitamin D.** Das fettlösliche Vitamin D ist in den pflanzlichen Nahrungsmitteln nicht in genügender Menge vorhanden; wir finden es hauptsächlich im Lebertran, im Hering und im Eigelb. Es heißt auch antirachitisches Vitamin, weil es das Auftreten der

Das Vitamin D ist im Lebertran, Hering und Eigelb enthalten.
Bei Vitamin-D-Mangel zeigt sich im Kindesalter Rachitis (verzögerte

Rachitis[1]) verhindert. Diese Krankheit des Kindesalters besteht in einer verzögerten Knochenverkalkung; die Knochen bleiben weich und verbiegen sich leicht bei Belastung; ferner bemerkt man allgemeine Muskelschwäche und Eßunlust. Das Vitamin D fördert als Katalysator die Ablagerung des Knochenkalkes. Da das Vitamin D aus bestimmten Fettstoffen (Ergosterin) bei Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte hervorgeht, wendet man vielfach Höhensonne als Heilmittel gegen Rachitis an. Wichtige Heilmittel sind ferner Lebertran und Vitamin-D-Präparat (z. B. Vigantol).

Knochenverkalkung; weiche Knochen, die sich bei Belastung verbiegen; Muskelschwäche). Vitamin D wird aus Fettstoffen bei Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen gebildet. Heilmittel gegen Vitamin-D-Mangel: künstliche Höhensonne; Lebertran; Vigantol.

[962] **Weitere Vitamine.** In den letzten Jahren hat man noch eine ganze Reihe weiterer Vitamine entdeckt und untersucht. Das *Vitamin E* ist das Fortpflanzungsvitamin; es verhütet die Unfruchtbarkeit. Es findet sich in Pflanzenkeimlingen von Mais, Weizen und Reis. Das Fehlen des *Vitamins H* führt zu Hautkrankheiten; es ist in der Leber, der Niere, der Kuhmilch, der Hefe und im Kartoffelmehl enthalten. *Vitamin I*, das in den schwarzen Johannisbeeren, in den Holunderbeeren und Zitronen auftritt, verhindert Lungenentzündungen. *Vitamin K* setzt die Blutungsneigung herab und findet sich in Hanfsamen, im Eidotter und im Leberfett des Ebers.

Vitamin E verhütet die Unfruchtbarkeit. Es ist in Pflanzenkeimlingen enthalten. Vitamin-H-Mangel führt zu Hautkrankheiten; es ist in Leber, Niere, Kuhmilch, Hefe und Kartoffelmehl enthalten. Vitamin I ist ein Vorbeugungsmittel gegen Lungenentzündung (schwarze Johannisbeeren und Holunderbeeren). Vitamin K setzt die Blutungsneigung herab (Eidotter, Leberfett).

K. Zusammenfassung (123.–128. Kapitel)

123. Kapitel: Ätherische Öle, Harze, Kampfer — Kondensierte Benzolringe

Die hydroaromatischen Verbindungen sind Ringverbindungen mit hohem Wasserstoffgehalt. Die wichtigsten unter ihnen sind die Terpene $C_{10}H_{16}$, die in den ätherischen Ölen der Pflanzen weit verbreitet sind. Chemisch ähnlich aufgebaute Verbindungen mit Sauerstoffgehalt sind die Kampfer. Die *ätherischen Öle* sind Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels; es sind komplizierte Gemische organischer Verbindungen. Beim Einschneiden der Rinde von Nadelhölzern fließt aus diesen das *Terpentin* als klebrige, harzreiche Masse aus. Man gewinnt aus dem Terpentin a) das Terpentinöl, das fast nur aus Terpenen (Pinen) besteht und an der Luft unter Sauerstoffaufnahme verharzt, und b) das Kolophonium als festen Rückstand.

Die *Harze* kommen im Pflanzenreich gewöhnlich gemeinsam mit den ätherischen Ölen vor und sind als oxydierte (verharzte) ätherische Öle aufzufassen. Die Hartharze trocknen an der Luft auf unter Bildung von durchsichtigen, festen Überzügen, die man als Lacke bezeichnet.

[1]) rachis (griech.) = Rückgrat

Das *Naphthalinmolekül* $C_{10}H_8$ besteht aus zwei kondensierten Benzolringen; Naphthalin ist ein bekanntes Mottenbekämpfungsmittel. Das *Anthrazenmolekül* $C_{14}H_{10}$ besteht aus drei gekoppelten Benzolringen. Durch Oxydation geht es in Anthrachinon und schließlich in Alizarin über. Dieses ist der natürlich vorkommende, prächtig rote Farbstoff der Krapp-Pflanze. Ein Ammoniak-Abkömmling ist das Aminoanthrachinon, die Ausgangsverbindung der *Indanthrenfarbstoffe*. Diese zeichnen sich durch besondere Licht- und Waschechtheit aus.

124. Kapitel: Die Alkaloide

Das *Pyridin* ist eine Ringverbindung, in deren Molekül Stickstoff als Ringglied auftritt. Es hat die Formel C_5H_5N. Durch Anlagerung von Wasserstoff entsteht hieraus das *Piperidin* $C_5H_{10}NH$, von dem sich viele Alkaloide ableiten.
Alkaloide oder Pflanzenbasen sind hochmolekulare aromatische Verbindungen, die wie Alkalien reagieren. Es sind außerordentlich giftige Substanzen, die in geringsten Mengen medizinisch als Heilmittel verwendet werden; ihr chemischer Aufbau ist bisher nur zum Teil bekannt. *Nikotin* ist das Alkaloid des Tabaks. Es wirkt in geringen Mengen erregend, in größeren Mengen tödlich durch Lähmung des Atemzentrums. *Atropin* ist das Gift der Tollkirsche, *Koniin* das Gift des Wasserschierlings. *Strychnin* und *Bruzin* gehören zu den furchtbarsten Giftstoffen, die wir kennen. Das *Kokain* des südamerikanischen Kokastrauches erzeugt örtliche Schmerzlosigkeit (lokale Betäubung). Ebenso wirkt das *Morphin* einschläfernd und schmerzstillend; es ist im *Opium* des Schlafmohnes enthalten. *Kaffein* und *Theobromin* sind Alkaloide des Kaffees, des Tees und Kakaos; in geringen Mengen wirken sie anregend auf Herz- und Nierentätigkeit ein. Ein Alkaloid des Fieberrindenbaumes ist das *Chinin*, das als Heilmittel gegen Malaria angewendet wird.

125. Kapitel: Grundzüge des chemischen Aufbaues der Lebewesen

Tier und Pflanze zeigen in ihrem chemischen Aufbau weitgehende Übereinstimmungen. Der Wassergehalt überwiegt in allen Lebewesen den Gehalt an Trockensubstanzen bei weitem. Wasser ist das Lösungs- und Transportmittel der Stoffe; es ist gleichzeitig der Vermittler der chemischen Reaktionen. Je lebhafter der Stoffwechsel der Gewebe ist, desto wasserreicher sind die Gewebe. Das Charakteristische am Pflanzenaufbau ist außerdem das Kohlenstoffskelett, das über 50% der Trockensubstanz ausmacht.

126. Kapitel: Die Salzlösungen im Körper des Menschen

Blut und Gewebeflüssigkeiten sind Salzlösungen. Sie enthalten die gleichen Hauptbestandteile wie das Meerwasser. Die übereinstimmende Zusammensetzung der Blutsalze in den Tieren deutet auf die gemeinsame Abstammung aller Tiere aus dem Meere hin. Die Salze im Blute kreisen nicht in Form von Salzmolekülen, sondern als Ionen. Die Ionen sind durch Elektronenabgabe wichtige Träger der Lebensprozesse, wobei den einzelnen Ionen ganz bestimmte, spezifische Aufgaben zufallen. Das Natrium ist das Bewegungssalz der Muskulatur; Magnesium und Kalzium hingegen bremsen die Muskelbewegungen ab.

Das Blut hat eine konstante Zusammensetzung. Durch die Pufferwirkung des Blutes werden die Säurestöße der arbeitenden Muskulatur usw. abgefangen und die Säuren neutralisiert. Wasser- oder Salzverbrauch aus dem Blute wird durch entsprechende Zufuhren aus den Geweben ausgeglichen, ein Zuviel an Stoffen im Blute wird an die Gewebe abgegeben. Kalzium und Phosphor sind die wichtigsten Bausteine des menschlichen Skelettes, Eisen ist der unentbehrliche Bestandteil des menschlichen Blutes (Hämoglobin), Magnesium der unentbehrliche Bestandteil des pflanzlichen Chlorophylls.

127. Kapitel: Unsere Nahrungsmittel

Vom Körper werden Wasser, anorganische Mineralstoffe, Vitamine und organische Nahrungsmittel (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße) aufgenommen. Die *Kohlenhydrate* sind die wichtigsten Energiespender des tierischen und menschlichen Stoffwechsels. Sie finden sich fast ausschließlich in der Pflanzennahrung. Getreide und Kartoffel liefern uns Stärke, die Zuckerrübe den Zucker. Gemüse, Obst und Pilze sind wegen ihres Gehaltes an basischen Mineralsalzen zum Aufbau der Körpersubstanz und zur Blutbildung wichtig; außerdem enthalten sie die lebensnotwendigen Vitamine. Die *Fette* besitzen unter den Nahrungsmitteln den höchsten Energiegehalt. Auch sie sind vorwiegend Betriebsstoffe und können durch Kohlenhydrate ersetzt werden.
Anders liegen die Verhältnisse bei den *Eiweißstoffen*, welche die einzigen Stickstoffträger unter den Nahrungsmitteln sind und durch die anderen beiden Gruppen nicht ersetzt werden können. Sie sind als Baustoffe für körpereigene Substanz unbedingt lebensnotwendig. Zu hoher Eiweißgehalt der Nahrung erzeugt einen zu großen Säureüberschuß im Körper und ist die Ursache von Stoffwechselkrankheiten (Gicht).

128. Kapitel: Die Ergänzungsnährstoffe

Die Nahrungsmittel dienen im menschlichen Körper zum Teil zur Aufrechterhaltung des Betriebsstoffwechsels und zum Teil im Baustoffwechsel zum Aufbau arteigener Körpersubstanz. Daneben werden noch geringe Mengen von Ergänzungsnährstoffen oder Vitaminen gebraucht, welche der Mensch nicht selbst erzeugen kann, sondern mit der Pflanzennahrung aufnimmt.
Die Vitamine sind keine Energielieferanten; sie besitzen also auch keinen Nährwert. Es sind kompliziert gebaute organische Substanzen, die für das Wachstum und die Erhaltung des tierischen und menschlichen Körpers lebensnotwendig sind und den Stoffwechsel katalytisch beeinflussen. Sie erhöhen die Widerstandskraft des Körpers gegen Erkrankungen. Jedes Vitamin besitzt spezifische Funktionen. Fehlen einzelne Vitamine, so treten Mangelkrankheiten auf. Man unterscheidet die Ergänzungsnährstoffe als Vitamin A, B, C usw. Ein Teil der Vitamine kann bereits synthetisch hergestellt werden.

Best.-Nr. 16330 29 1.-9.2. Tausend – 1000/49-IV/17 – Lizenz Nr. 334 – Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft – Herausgeber: Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin/Leipzig – Schriftleitung: Leipzig S 3, Arthur-Hoffmann-Straße 175 – Satz: Offizin Haag-Drugulin, Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg. 9) A, 45

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAG · BERLIN / LEIPZIG

116. Kapitel: Die Eiweißstoffe

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir wollen über die Eiweißstoffe und über ihre Zerlegung bei der Verdauung sprechen. Wie entstehen zunächst die Eiweißstoffe?
Schüler: Die Eiweißmoleküle entstehen durch Verkettung zahlreicher Aminosäuren.
L.: Welchen Verbindungen ähneln sie also in ihrem Aufbau?
S.: Der Stärke und der Zellulose, denn deren Moleküle sind auch durch Polymerisation zahlreicher Einzelmoleküle entstanden.
L.: Aus welchen Grundverbindungen bauen sich die Stärke- und Zellulosemoleküle auf?
S.: Aus den Monosacchariden.
L.: Nennen Sie die Formel der Monosaccharide und einen charakteristischen Vertreter der Gruppe!
S.: Die Monosaccharide haben die Formel $C_6H_{12}O_6$; das bekannteste Monosaccharid ist der Traubenzucker.
L.: Aus welcher Grundverbindung bauen sich die Monosaccharide auf?
S.: Sie können aus sechs Formaldehydmolekülen aufgebaut werden.
L.: Die Polysaccharide und die Eiweißstoffe sind also hochmolekulare Verbindungen. Wie nennt man die Moleküle solcher Verbindungen?
S.: Man bezeichnet sie als Riesenmoleküle oder Makromoleküle.
L.: Wie wird das Eiweiß im tierischen und menschlichen Stoffwechsel verdaut?
S.: Das Pepsin des Magensaftes spaltet die Eiweißmoleküle in Peptone.
L.: Und was wird aus diesen?
S.: Sie werden durch das Trypsin des Bauchspeichels in Peptide zerlegt.
L.: Was sind Peptide?
S.: Peptide sind Verbindungen, die durch Verkettung von Aminosäuren entstanden sind.
L.: Wie verläuft der Verdauungsvorgang weiter?

29 [16330/30]

S.: Die Peptide werden durch das Erepsin des Bauchspeichels zu Aminosäuren abgebaut und diese endlich in Ammoniak und freie Fettsäuren zerlegt.
L.: Was wird aus dem Ammoniak?
S.: Ammoniak vereinigt sich mit Kohlensäure unter Bildung von Harnstoff, der mit dem Harn ausgeschieden wird.
L.: Welche Formel kommt dem Harnstoff zu?
S.: $NH_2 \cdot CO \cdot HN_2$.
L.: Zu welcher Gruppe von Verbindungen gehören das Pepsin, das Trypsin und das Erepsin?
S.: Es sind Fermente, und zwar eiweißspaltende Fermente oder Proteasen.
L.: Wie heißen die fettspaltenden und die stärkespaltenden Fermente?
S.: Die fettspaltenden Fermente heißen Lipasen, und die stärkespaltenden Fermente nennt man Amylasen.
L.: Zu welchen Verbindungen gehören die Fermente ihrem chemischen Aufbau nach?
S.: Sie gehören zu den Eiweißverbindungen, den Proteiden.

D. Wiederholung

1. Aus welchen Grundbausteinen bauen sich die Eiweißstoffe auf? [863]
2. Können Menschen, Tiere und Pflanzen Eiweiß aus anorganischen Stoffen aufbauen? [865]
3. Warum werden die Eiweißmoleküle bei der Verdauung zerlegt, obwohl anschließend wieder Eiweiß aufgebaut werden muß? [866]
4. In welche zwei Hauptgruppen teilt man die Eiweißstoffe ein? [869], [870]
5. Welche einfachen Eiweißstoffe sind Ihnen bekannt? [869]
6. Wo kommen diese Verbindungen vor? [869]
7. Was sind Proteide? [870]
8. Nennen Sie Beispiele von Proteiden! [870]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Reaktionen dienen zur Erkennung von Eiweißstoffen?
2. Was ist der Unterschied zwischen den Proteinen und den Proteiden?
3. Was ist Hämoglobin?
4. Welche Aufgaben hat das Hämoglobin zu erfüllen?
5. Wie wird es außer Funktion gesetzt?
6. Welchen Kunststoff kann man aus der Milch gewinnen? – Wie entsteht dieser Kunststoff?
7. Welche anderen Kunststoffe sind Ihnen bekannt, und woraus werden sie hergestellt?

F. Übungen

Entfallen!

B. Die ringförmigen Kohlenwasserstoffe

117. Kapitel: Das Benzol als Ausgangsverbindung der aromatischen Ringkohlenwasserstoffe

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Verbindung stellt den Ausgangspunkt der Ringkohlenwasserstoffe dar?

Schüler: Das Benzol. Es hat die Formel C_6H_6.

L.: Nennen Sie den Kohlenwasserstoff der Methanreihe, der in seinem Molekül den gleichen Kohlenstoffgehalt wie das Benzol hat!

S.: Es ist das Hexan C_6H_{14}.

L.: Was fällt Ihnen beim Vergleich beider Formeln auf?

S.: Das Hexan hat einen viel höheren Wasserstoffgehalt als das Benzol.

L.: Woraus gewinnen wir das Benzol?

S.: Es findet sich in den Leichtölen.

L.: Und woraus werden die Leichtöle gewonnen?

S.: Aus der Steinkohle in den Gaswerken und Kokereien.

L.: Wodurch unterscheiden sich diese beiden Betriebe?

S.: In den Gaswerken wird eine besonders gasreiche Steinkohle verarbeitet, da die Gaserzeugung die Hauptsache ist; Koks war früher Nebenprodukt, dient aber jetzt zur Herstellung von Generatorgas, Wassergas und Mischgas, die dem Stadtgas beigemengt werden können. – In der Kokerei ist das Hauptprodukt der anfallende Koks. Er muß besonders fest sein, um im Hochofen dem Druck der darüberliegenden Erzmassen standzuhalten. Gas ist in diesem Falle Nebenprodukt und wird in den Hütten und angeschlossenen Betrieben verwendet sowie als Ferngas benachbarten Großstädten zugeleitet.

L.: Wo befinden sich die aromatischen Verbindungen nach der Entgasung der Kohle?

S.: Sie finden sich im Steinkohlenteer.

L.: Wie werden sie aus dem Teer gewonnen?

S.: Durch fraktionierte Destillation. Zunächst entweichen die leicht siedenden Leichtöle, dann die Mittelöle und schließlich das Anthrazenöl. Als fester Rückstand bleibt das Pech übrig.

L.: Wie gewinnt man nun das Benzol?

S.: Durch erneute fraktionierte Destillation der Leichtöle.

D. Wiederholung

1. Schildern Sie die Verarbeitung der Kohle im Gaswerk! [360]
2. Welche Nebenprodukte entstehen bei der Entgasung der Kohle im Gaswerk? [361] bis [365]
3. Wie werden die Nebenprodukte vom Stadtgas abgetrennt und weiterverarbeitet? [362] und [365]

4. Welches sind die wichtigsten Endprodukte in der Kokerei? [369]
5. Wie erfolgt die Benzolgewinnung in der Kokerei? [370] und Abb. 123.
6. Wie wird der Teer der Kokereien und Gaswerke weiterverarbeitet? [371] und [373]
7. Wozu dienen die einzelnen Fraktionen? [372]
8. Wie kann man die Teerausbeute vergrößern? [373]

E. Prüfungsfragen

1. Wie werden die aromatischen Kohlenwasserstoffe technisch gewonnen?
2. Welche Formel hat das Benzol?
3. Zeichnen Sie die Strukturformel des Benzols auf!
4. Wie wird diese Formel in vereinfachter Schreibweise dargestellt?
5. Welche Bedeutung hat in dieser Darstellung jede Ecke des Ringes?
6. Wieviel Möglichkeiten der räumlichen Anordnung ergeben sich beim Ersatz von zwei Wasserstoffatomen des Benzolringes durch andere Atome oder Atomgruppen?
7. Welche sind dies, und wie heißen sie?
8. Erklären Sie die Bedeutung der einzelnen Ausdrücke!
9. Wie bezeichnet man die Verbindungen beim Niederschreiben?
10. Was bedeuten in dieser Schreibung die Ziffern?

F. Übungen

1. Was ist eine Destillation?
2. Wozu dient die fraktionierte Destillation?
3. Wie wird die fraktionierte Destillation durchgeführt?
4. Zeichnen Sie einen Destillationsapparat auf, wie er im Laboratorium benutzt wird, und benennen Sie die einzelnen Teile desselben!
5. Versuchen Sie festzustellen, wieviel Isomere auftreten, wenn 3 H-Atome am Benzolring durch gleiche Substituenten ersetzt werden!

118. Kapitel: Benzolabkömmlinge

C. Lehrgespräch

Lehrer: Heute wollen wir die Abkömmlinge des Methans und des Benzols gemeinsam besprechen und miteinander vergleichen. Wie lauten die Formeln der beiden Ausgangsverbindungen?

Schüler: Methan hat die Formel CH_4; es ist ein gesättigter Kohlenwasserstoff. Benzol mit der Formel C_6H_6 ist die Ausgangsverbindung der Ringkohlenwasserstoffe.

L.: Wie können Sie die Halogenabkömmlinge des Methans gewinnen?

S.: Ich lasse auf das Methan doppelt so viel Halogen einwirken, als zur Halogenierung theoretisch erforderlich ist.

L.: Warum nehmen Sie die doppelte Menge?

S.: Ein Atom Halogen verdrängt jeweils ein Atom Wasserstoff aus dem Methan, und das zweite Halogenatom vereinigt sich mit dem verdrängten Wasserstoff zu Halogenwasserstoffsäure.

L.: Führen Sie dies am Beispiel des Chlors formelmäßig durch!

S.:

CH_4	+	Cl_2	⟶	CH_3Cl	+	HCl
Methan		Chlor		Methylchlorid = Monochlormethan		Salzsäure

L.: Welche Verbindungen erhalten Sie bei stärkerer Halogenierung?

S.: CH_2Cl_2, $CHCl_3$ und CCl_4.

L.: Welche dieser Verbindungen sind besonders wichtig?

S.: $CHCl_3$ ist das Narkosemittel Chloroform, das bei Operationen angewendet wird. Die entsprechende Jodverbindung, das Jodoform CHJ_3, ist ein bekanntes Antiseptikum in der Wundbehandlung. CCl_4 ist als Tetrachlorkohlenstoff oder Tetra bekannt. Es ist ein wirksames Feuerlöschmittel bei Benzin- und Ölbränden. Da es ein gutes Lösungsmittel für Harze, Fette und Öle ist, wird es als Fleckenwasser und in der Wäscherei als Reinigungsmittel verwendet.

L.: Was wissen Sie über die Chlorierung des Benzolringes?

S.: Sie ist nur schwer durchführbar. Wir müssen Katalysatoren bei der Reaktion anwenden.

L.: Können Sie auch das Benzol in mehreren Stufen halogenieren?

S.: Ja. Es entstehen sechs verschiedene Halogenabkömmlinge, je nachdem wieviel Wasserstoffatome durch Chlor ersetzt werden.

L.: Es gibt noch mehr als sechs verschiedene Halogenabkömmlinge des Benzols!

S.: Es kommt noch auf die Stellung der Halogenabkömmlinge im Benzolring an. Es gibt z. B. schon drei verschiedene Dichlorbenzole mit der gleichen Summenformel, die sich in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften grundlegend voneinander unterscheiden.

L.: Welche drei Verbindungen sind dies?

S.: Orthodichlorbenzol, Metadichlorbenzol und Paradichlorbenzol.

L.: Welche Salpetersäureabkömmlinge der Kettenkohlenwasserstoffe und Ringkohlenwasserstoffe sind Ihnen bekannt?

S.: Von den Salpetersäureabkömmlingen kenne ich das Nitroglyzerin und das Nitrobenzol. Das Nitroglyzerin hat die Formel $CH_2NO_3 \cdot CHNO_3 \cdot CH_2NO_3$ und das Nitrobenzol $C_6H_5 \cdot NO_2$.

L.: Nennen Sie den Charakterbestandteil einer jeden Nitroverbindung!

S.: Es ist die Nitrogruppe.

L.: Welche Formel kommt dieser Gruppe zu?

S.: $-NO_2$.

L.: Sehen Sie sich noch einmal die Formeln der beiden Verbindungen an!

S.: Das Nitrobenzol enthält eine Nitrogruppe $-NO_2$, das Nitroglyzerin aber enthält drei NO_3-Gruppen.

L.: Also ist der Name „Nitro"glyzerin falsch gebildet worden; wie können Sie diese Verbindung chemisch richtig benennen?
S.: Glyzerin-tri-nitrat!
L.: Begründen Sie diese Namenbildung!
S.: Der dreiwertige Alkohol Glyzerin hat mit der Salpetersäure einen Ester gebildet, wobei sich jede Hydroxylgruppe des Alkohols mit dem Wasserstoffatom eines Säuremoleküls zu Wasser vereinigt hat. Glyzerintrinitrat ist also ein Salpetersäureglyzerinester. Das Nitrobenzol hingegen entsteht durch Substituierung eines Wasserstoffatoms durch die Nitrogruppe —NO_2.
L.: Außer den Nitroverbindungen lernten wir noch andere Stickstoffabkömmlinge kennen. Welche meine ich?
S.: Die Amine, die sich vom Ammoniak ableiten.
L.: Nennen Sie irgendein Amin!
S.: Ich kenne nur das Anilin $C_6H_5NH_2$.
L.: Bilden Sie die Formel der entsprechenden Methanverbindung!
S.: Sie muß CH_3NH_2 lauten.
L.: Und wie wird sie heißen?
S.: Methylamin.
L.: Welche Hydroxylabkömmlinge der Kohlenwasserstoffe sind Ihnen bekannt?
S.: Das Methan bildet als Hydroxylabkömmling den Methylalkohol CH_3OH. Der Hydroxylabkömmling des Benzols ist das Phenol C_6H_5OH.
L.: Welche Reaktionen zeigen sich in gleicher Weise bei diesen beiden Verbindungen?
S.: In beiden Verbindungen kann der Hydroxylwasserstoff durch Metall ersetzt werden, wodurch die Alkoholate bzw. Phenolate entstehen. Beide Verbindungen bilden außerdem Äther und Ester.
L.: Worin unterscheiden sie sich aber?
S.: Die Alkohole entsprechen den Basen der anorganischen Chemie. Die Phenole hingegen haben leicht sauren Charakter durch die negative Phenylgruppe —C_6H_5. Daher bezeichnet man das Phenol auch als Karbolsäure.
L.: Inwiefern ist dieser Name nicht ganz korrekt gebildet?
S.: Die Verbindung reagiert zwar sauer, gehört aber nicht zu den aromatischen Säuren.
L.: Wodurch sind alle organischen Säuren gekennzeichnet?
S.: Alle organischen Säuren besitzen die Karboxylgruppe —COOH.
L.: Nennen Sie die Säureabkömmlinge unserer beiden Stammverbindungen!
S.: Die Ameisensäure $H \cdot COOH$ und die Benzoesäure $C_6H_5 \cdot COOH$.
L.: Nun bilden Sie zum Schluß noch die Formeln der beiden Aldehyde!
S.: $H \cdot CHO$ ist der Formaldehyd, und $C_6H_5 \cdot CHO$ ist der Benzaldehyd oder das Bittermandelöl.

D. Wiederholung

1. Wie wird die Nitrierung des Benzols durchgeführt? [879]
2. Welche Rolle spielt hierbei die Schwefelsäure? [879]

3. Woher kommen die Namen Benzol und Phenol? [871] und [882]
4. Wer hat die Ringformel des Benzols aufgestellt? [873]

E. Prüfungsfragen

1. Bilden Sie die Formel von Dichlorbenzol!
2. Was ist Anilin?
3. Von welchen beiden Grundverbindungen können Sie das Anilin ableiten?
4. Was ist ein Phenol?
5. Welchen Kettenkohlenwasserstoffen sind die Phenole vergleichbar?
6. Was ist Phenyl?
7. Welche beiden Verbindungen haben den Geruch nach bitteren Mandeln?
8. Was ist eine Sulfonsäure?
9. Wie werden die Sulfonsäuren erzeugt?
10. Welche Bedeutung haben die Sulfonsäuren in der Praxis?

F. Übungen

1. Wodurch unterscheiden sich die anorganischen Säuren und die organischen Säuren prinzipiell?
2. Schreiben Sie die Formeln folgender Radikale mit den dazugehörigen Wertigkeitszahlen auf!
   a) Hydroxylgruppe, b) Nitrogruppe, c) Aminogruppe, d) Karboxylgruppe, e) Phenylgruppe, f) Aldehydgruppe, g) Sulfogruppe, h) Alkylgruppe, i) Methylgruppe, k) Äthylgruppe, l) Propylgruppe, m) Amylgruppe.
3. Schreiben Sie die Formeln folgender Radikale mit dem dazugehörigen Ladungszeichen auf!
   a) Hydroxyl, b) Ammonium-Ion, c) Chlorat-Ion, d) Zyan-Ion, e) Nitrat-Ion, f) Sulfat-Ion, g) Karbonat-Ion, h) Silikat-Ion, i) Phosphat-Ion.

119. Kapitel: Mehrwertige Phenole – Phenolkunstharze

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir haben schon verschiedentlich von Kunststoffen gesprochen. Welche Kunststoffe sind Ihnen noch in der Erinnerung?
Schüler: Zelluloid, Cellon, Galalith und die Phenolharze.
L.: Von welchem Rohstoff geht die Herstellung des Zelluloids und des Cellons aus?
S.: Von der Zellulose.
L.: Und die des Galaliths?
S.: Von der Milch.
L.: Und die der Phenolharze?

S.: Von der Kohle.

L.: Holz, Milch und Kohle sind die drei Rohstoffe der Kunststoffindustrie. Betrachten wir zunächst den Rohstoff Zellulose. Wie können wir die Zellulose in einen Quellungszustand versetzen?

S.: Durch Zusatz von Zinkchlorid oder durch konzentrierte Schwefelsäure.

L.: Was entsteht dann aus der Zellulose?

S.: Wird Papier kurze Zeit durch starke Schwefelsäure gezogen, so wird es nach dem Auswaschen und Trocknen zu Pergamentpapier. Preßt man mehrere Schichten Papier oder Baumwollabfälle, die mit Zinkchlorid behandelt worden sind, fest aufeinander, so entsteht Vulkanfiber, das zur Herstellung von Koffern, Aktentaschen usw. Verwendung findet.

L.: Wenn wir die Zellulose mit Laugen und Schwefelkohlenstoff behandeln ...

S.: ... bildet sich die Spinnflüssigkeit Viskose, die zu Viskosekunstseide und zu Zellwolle weiterverarbeitet wird.

L.: Was geschieht mit der Zellulose, wenn wir sie mit einem Gemisch von konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure behandeln?

S.: Die Mischsäure läßt aus der Zellulose das Zellulosenitrat entstehen, das bei Behandlung mit Kampfer in Zelluloid umgewandelt wird. Das Zelluloid war der erste industriell hergestellte Kunststoff; es wurde zu zahlreichen Gebrauchsgegenständen und zu Filmen verarbeitet. Es ist aber sehr feuergefährlich.

L.: Sie können die Zellulose auch noch mit Essigsäure behandeln; was entsteht dann?

S.: Dann bildet sich Zelluloseazetat, aus dem die nicht brennbaren Sicherheitsfilme hergestellt werden. Bei Behandlung mit Weichmachern geht es in Cellon über.

L.: Damit haben wir die Kunststoffe auf Zellulosegrundlage erschöpft. Die zweite Rohstoffgrundlage für Kunststoffe ist die Milch. Welchen Bestandteil der Milch verwenden wir hierzu?

S.: Wir scheiden aus der Magermilch das Kasein ab und versetzen dieses mit Formaldehyd.

L.: Was geschieht?

S.: Der Formaldehyd reagiert mit dem Kasein unter Ausbildung hornartiger Massen, welche den Namen „Kunsthorn" oder „Galalith" führen. – Was bedeutet der Name Galalith?

L.: Er ist recht sinnvoll gewählt. „gala" ist die griechische Bezeichnung für Milch und „lithos" das griechische Wort für Stein. Galalith ist also „steingewordene Milch".

S.: Wozu wird Galalith verwendet?

L.: Aus Galalith stellt man Gegenstände her, die früher aus Naturhorn gebildet wurden, z. B. Knöpfe, Schnallen, Kämme, Schmuck, Haushaltgegenstände, Schreibgeräte, Spielwaren, Schnitzereien usw. – Den Formaldehyd als Kunststoffbildner erwähnten wir auch noch an anderer Stelle; erinnern Sie sich daran?

S.: Das Formalin ist auch der Bildner der Phenolharze und der Harnstoffharze.

L.: Was wird bei ihrer Herstellung noch verbraucht?

S.: Formalin wirkt auf Harnstoff unter Bildung von Harnstoffharzen ein. Mit Phenol bildet es die Phenolharze. – Wozu dienen diese Harze?

L.: Phenolharze und Harnstoffharze ersetzen das teure Elfenbein in der Schnitzindustrie. Sie werden zu Möbelbeschlägen verarbeitet, die früher ausschließlich aus Metallen hergestellt wurden. Mit dem Kunsthorn teilen sich diese Kunstharze in den Markt der Modeknöpfe. – Welche Eigenschaften weisen die Preßmassen aus diesen Kunstharzen auf?

S.: Sie sind sehr leicht verformbar und können leicht angefärbt werden. Nach der Aushärtung weisen sie eine große Festigkeit auf. Chemisch sind sie fast unangreifbar und vollkommen unlöslich. Es sind schlechte Leiter der Wärme und des elektrischen Stromes. Daher dienen sie zur Herstellung von Apparaten der elektrischen Industrie und von Haushaltgegenständen.

L.: Sie sind heute vielfach an die Stelle der Metalle, des Marmors, des Hartgummis, des Porzellans und der Edelharze getreten und ergeben billige Massenartikel. – Aus welchen Rohstoffen wird das Azetylen hergestellt?

S.: Wir gewinnen es aus den Rohstoffen Kohle und Wasser unter Verwendung des Hilfsstoffes Kalk.

L.: Welche Formel besitzt Azetylen?

S.: Die Formel des Azetylens ist $HC{\equiv}CH$; es besitzt eine Dreifachbindung im Molekül und ist ein ungesättigter Kohlenwasserstoff.

L.: Dieses Azetylen ergibt bei Behandlung mit Salzsäure eine Additionsverbindung mit Doppelbindung im Molekül, wobei sich das Salzsäuremolekül je zur Hälfte jedem der beiden Kohlenstoffatome des Azetylens anlagert. Können Sie hierfür die Gleichung aufstellen?

S.: $H{-}C{\equiv}C{-}H + H{-}Cl \longrightarrow \begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\!\!>\!C{=}C\!<\!\!\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}$

L.: Diese Verbindung heißt Vinylchlorid. Wodurch zeichnen sich die Verbindungen mit Doppelbindung im Molekül aus?

S.: Sie polymerisieren leicht.

L.: Beim Erhitzen auf hohe Temperaturen und bei intensiver Lichtbestrahlung polymerisiert das Vinylchlorid zu Polyvinylchlorid, das zu einem harten, hornähnlichen Kunststoff verarbeitet wird, der den Namen Igelit trägt.

S.: Den Namen habe ich schon oft nennen hören.

L.: Kein Wunder! Igelit ist heute einer der verbreitetsten Kunststoffe überhaupt. Aus Igelit werden Rohrleitungen hergestellt. Igelit ersetzt Gummi und Leder; es wird zu Boden- und Wandbelag verarbeitet. Igelit dient zur Herstellung von Schuhen und Regenmänteln, zum Bespannen von Schirmen, zur Herstellung von Hand- und Markttaschen, Geldtäschchen und Schreibunterlagen. Jetzt geht man bereits daran, Bucheinbände aus Igelit anzufertigen.

S.: Kann denn Igelit beim Bucheinband das Leinen vollwertig ersetzen?

L.: Nicht nur ersetzen! Es ist kein Ersatzstoff, sondern ein vollwertiger Rohstoff geworden. Igelit und das verwandte Vinidur sind unbrennbar; man kann die Igelit- und Vinidureinbände abwaschen. Fettflecke können auf ihnen nicht entstehen; auch gegen Wasser sind die Umschläge unempfindlich. Igelit wird hierbei als Rohstoff für die Buchrücken verarbeitet, während

die Buchdeckel aus Vinidur bestehen, das die dreifache Festigkeit der Buchbinderpappen aufweist.

S.: Wodurch unterscheiden sich denn die Phenol- und Harnstoffharze von diesen Polymerisaten in ihrer Anwendung?

L.: Die Phenolharze und Harnstoffharze sind nur anfangs verformbar. Nach der Aushärtung werden sie hart, unschmelzbar und unlöslich. Die Polymerisate des Vinylchlorids hingegen sind „thermoplastisch", d. h. sie erweichen in der Hitze und können dann verformt (gebogen usw.) werden. Man darf die Polymerisate nicht höher als auf etwa 80° C erwärmen, ohne daß sie Schaden nehmen.

S.: Die Viskose ist wohl der einzige Kunststoff, der sich verspinnen läßt?

L.: Nein. Sie können auch Igelit verspinnen. In diesem Falle wird das Polyvinylchlorid zu einer zähen, dünnflüssigen Masse gelöst. Wie wird man diese weiterbehandeln?

S.: Die zähflüssige Masse muß durch Spinnbrausen gepreßt werden und anschließend zu feinen Fäden erhärten.

L.: Auf diese Weise gewinnt man Polyvinylgarn, das den Namen „PeCe-Faser" trägt.

S.: Werden daraus auch Anzüge hergestellt?

L.: Nein. Die Anwendungsgebiete der PeCe-Faser unterscheiden sich wesentlich von denen der Viskoseprodukte. Die PeCe-Faser ist vollkommen widerstandsfähig gegen Chemikalien; daher dient sie zur Herstellung von Arbeiterschutzkleidung für das Laboratorium und von chemischem Filtermaterial. Sie ist vollkommen naßfest und widersteht der Fäulnis; daher verwendet man sie in der Fischerei zur Herstellung von Netzen, Leinen und Schnüren. Ferner besitzt die PeCe-Faser ein hohes Isolationsvermögen gegen Wärme und Elektrizität und ist unentflammbar. Sie ist die erste vollsynthetisch hergestellte Spinnfaser aus Kohle und Kalk, die also nicht von der natürlich vorkommenden Zellulose als Rohstoff ausgeht.

S.: Was versteht man eigentlich unter Plexiglas? Ist das ein Glas oder ein Kunststoff?

L.: Plexiglas ist ein Kunststoff und geht vom Azetylen und der Akrylsäure als Rohstoffen aus. Erinnern Sie sich noch der Akrylsäure?

S.: Sie gehört zu den ungesättigten Verbindungen.

L.: Wir lernten sie bei der Besprechung der ungesättigten Alkohole kennen. Sie leitet sich vom Propylen ab, dessen Hydroxylabkömmling der Allylalkohol ist.

S.: Der Allylalkohol liefert bei Oxydation einen Aldehyd, das Akroleïn, und dieser bei Oxydation die Akrylsäure.

L.: Mit Azetylen bildet die Akrylsäure einen Polyakrylsäureester, der durch Polymerisation in einen dünnflüssigen und schließlich in einen festen, glasartigen Zustand übergeht.

S.: Und das ist Plexiglas?

L.: Ja. Mit dem spröden, zerbrechlichen Silikatfluß des normalen Glases hat es natürlich gar nichts zu tun.

S.: Wodurch zeichnet sich das Plexiglas aus?

L.: Es ist ein glasklarer, durchsichtiger Kunststoff, der wetterfest und bis 80° C auch formbeständig ist. Es gehört zu den thermoplastischen Massen, die beim Erwärmen weich, biegungsfähig und ziehfähig werden. Chemisch wird es von Benzin und von den meisten Säuren nicht angegriffen. Plexiglas ist lichtdurchlässig wie das Silikatglas und wird durch Sägen, Bohren, Drehen, Fräsen, Schleifen und Polieren bearbeitet.

S.: Plexiglas verbindet also die guten Eigenschaften des Glases mit den Festigkeitseigenschaften der thermoplastischen Massen.

L.: Ja. Es besitzt ausgezeichnete Glaseigenschaften und verbindet diese mit hoher Stoß- und Schlagfestigkeit. Es ist daher ein idealer Werkstoff für Fahrzeugverglasungen, für Geräte der chemischen und physikalischen Industrie, für Schutzbrillen und optische Linsen und endlich auch für den Haushalt. Sein spezifisches Gewicht beträgt 1,18, während das des Glases 2,5 ist.

S.: Die Anwendung von Plexiglas im Haushalt ist mir neu.

L.: Es werden Schüsseln, Gläser, Salatbestecke, Buttermesser usw. aus Plexiglas hergestellt. Das Plexiglas hat nur den Nachteil, daß es leicht Kratzer bekommt und bei entsprechender Beanspruchung blind und undurchsichtig wird.

S.: Bei der Gewinnung von Kunststoffen wird einmal von Kondensation und dann wieder von Polymerisation gesprochen. Bezeichnen diese beiden Begriffe den gleichen Vorgang?

L.: Nein. – Den Begriff der Polymerisation haben wir schon erläutert. Was versteht man darunter?

S.: Polymersisation ist die Aneinanderlagerung mehrerer kleinerer Moleküle zu einem größeren Molekül.

L.: Wodurch wird die Anlagerung ermöglicht?

S.: Es lagern sich ungesättigte Verbindungen zusammen, wobei deren Doppelbindung in Einfachbindung übergeht. Die frei gewordene Bindekraft dient zur Verbindung der Moleküle untereinander.

L.: Bei der Kondensation wirken die beiden Stoffe chemisch aufeinander ein. Meist spalten zwei Moleküle ein Molekül Wasser ab; die auf beiden Seiten durch Wasserabspaltung frei werdenden Wertigkeiten führen zur Bildung langer Molekülketten durch gegenseitige Bindung der Reste.

S.: Die Polymerisation ist also ein einfacher Anlagerungsprozeß, während bei der Kondensation durch Wasserabspaltung erst freie Wertigkeiten erzeugt werden müssen.

D. Wiederholung

---

1. Wie wird die photographische Schicht des Aufnahmematerials und der photographischen Papiere hergestellt? [577]
2. Welche chemischen Prozesse laufen bei der Entwicklung der photographischen Schichten ab? [578]
3. Welche Aufgabe fällt den photographischen Entwicklern zu? [578]

4. Schildern Sie den Gesamtablauf des photographischen Prozesses! [577] bis [579], [887], [888] und das Lehrgespräch des 78. Kapitels.
5. Welche Kunststoffe sind Ihnen bekannt, und woraus werden sie hergestellt? [817] bis [820], [824], [854], [891], [892], Lehrgespräch 119. Kapitel.

E. Prüfungsfragen

1. Wie sind die mehrwertigen Phenole aufgebaut?
2. Welche Reaktion ist für die mehrwertigen Phenole charakteristisch?
3. Wozu werden die mehrwertigen Phenole industriell verwendet?
4. Welche Rolle fällt ihnen hierbei zu?
5. Aus welchen Grundrohstoffen werden die Kunstharze hergestellt?
6. Welche Eigentümlichkeit weisen die Kunstharze während ihrer Herstellung auf?
7. Was versteht man unter Hartpapier?
8. Welches ist die lichtempfindliche Substanz der photographischen Schichten?
9. Warum verwendet man zur Entwicklung des belichteten Photomaterials keine kräftig arbeitenden anorganischen Reduktionsmittel?
10. Welche Aufgabe hat das Fixierbad in der Photographie zu erfüllen?

F. Übungen

Die Pflanzen nehmen durch die Spaltöffnungen ihrer Blätter Kohlendioxyd auf und bilden hieraus im Assimilationsprozeß in den Chlorophyllkörnern Stärke. Während der Nacht wird diese Stärke in Zucker umgewandelt und aus den assimilierenden Pflanzenteilen abtransportiert. Da sich die Stärke nur unter der Einwirkung des Lichtes bilden kann, läßt sich die Stärkebildung in den Pflanzenzellen unter geeigneten Versuchsbedingungen zu photographischen Bildwiedergaben verwenden.

Durch Jodlösung läßt sich die gebildete Stärke sichtbar machen, da Jod die Stärke tiefblau färbt. Vor dem Versuch tötet man die Blätter durch kurzes Eintauchen in siedendes Wasser ab und erhitzt sie in starkem Alkohol, um den grünen Farbstoff auszuziehen, der sonst leicht eine schwache Blaufärbung beim Vorhandensein geringer Stärkemengen überdecken würde.

Abb. 23



Führen Sie folgende Versuche selbständig durch:

1. Ein größeres Blatt wird am Abend vor dem Versuch mit Stanniol oder schwarzem Papier umhüllt, das man an der Blattfläche durch Büroklammern befestigt (Abb. 23). Frühestens am nächsten Mittag schneidet man es ab, taucht es in heißes Wasser ein und entfärbt es durch Erhitzen in starkem Alkohol (Brennspiritus). Anschließend wird das Blatt mit Jodlösung behandelt. – Was ist zu beobachten? – Schlußfolgerung!
2. Am zeitigen Vormittag wählt man ein Blatt aus, das ein bis zwei Stunden von der Sonne beschienen wurde, und unterzieht es der gleichen Behandlung. Welche Unterschiede zeigen sich bei der Jodbehandlung?
3. Gegen Mittag schneidet man ein drittes Blatt ab, das den Vormittag über von der Sonne beschienen wurde. Vergleich mit den Blättern 1 und 2 nach der Jodbehandlung!
4. Am Spätnachmittag entfernt man ein Blatt, das den ganzen Tag über von der Sonne beschienen wurde. Vergleich mit den anderen Blättern! Zusammenfassende Schlußbetrachtung!
5. Ein Blatt wird einen Tag lang mit Stanniolpapier verdunkelt. Am nächsten Morgen löst man die Umhüllung und ersetzt sie sofort durch eine Schablone, aus der z. B. das Symbol „J" (2 cm groß) ausgeschnitten ist. Nachdem das Blatt einige Stunden durch die Schablone hindurch belichtet worden ist, behandelt man es wie bei 1. Was zeigt sich?
6. In der gleichen Weise wie bei 5 wird ein stärkefreies Blatt am Morgen mit einem schwach gedeckten photographischen Film überdeckt, auf dem ein Großporträt als Negativ zu sehen ist. Nachdem das Blatt einige Stunden lang durch das Negativ hindurch von grellen Sonnenstrahlen belichtet wurde, behandelt man es wie die übrigen Blätter. Resultat? – Erklärung!

120. Kapitel: Die Chemie der Teerfarbstoffe

C. Lehrgespräch

Schüler: Neulich hörte ich, daß eine Farbe kein Farbstoff ist. Wie ist das zu erklären?

Lehrer: Zwischen Farben und Farbstoffen besteht ein prinzipieller Unterschied. Wer wendet denn Farben an? Wer verwendet Farbstoffe?

S.: Der Maler verwendet Farben, und der Färber verarbeitet Farbstoffe.

L.: Hier erkennen Sie schon den Unterschied. Können Sie mir irgendwelche Malerfarben nennen, von denen wir im Laufe des Lehrganges gesprochen haben?

S.: Wir sprachen vom Chromgelb, vom Zinkweiß, vom Berliner Blau, von der Mennige, vom Ocker und vom Englischrot.

L.: Kennen Sie auch noch den chemischen Aufbau dieser Verbindungen?

S.: Chromgelb ist Bleichromat $PbCrO_4$, Zinkweiß ist Zinkoxyd ZnO, Bleiweiß ist basisches Bleikarbonat, Berliner Blau ist eine komplexe Eisen-Zyan-

Verbindung, Mennige ist eine Blei-Sauerstoff-Verbindung mit der Formel Pb_3O_4, Ocker ist Eisenoxyd, das mit Ton vermengt ist, und Englischrot ist Eisen-(3)oxyd Fe_2O_3.

L.: Was ist allen diesen Verbindungen in bezug auf ihre chemische Zusammensetzung gemeinsam?

S.: Es sind außer dem Berliner Blau Mineralfarben aus dem Reiche der anorganischen Chemie.

L.: Man bezeichnet sie auch als Körperfarben, weil der Farbkörper in Wasser unlöslich ist; er wird mit einem Bindemittel aus Leinöl, tierischen oder pflanzlichen Leimen und anderen Beimengungen angerührt. Beim Trocknen erstarrt das Bindemittel zu einer dünnen Haut, welche den unlöslichen Farbkörper einschließt.

S.: Man unterscheidet aber auch natürlich vorkommende und künstlich hergestellte Farbstoffe!

L.: Nennen Sie Beispiele natürlich vorkommender Farbstoffe!

S.: Indigo, Alizarin, Koschenille.

L.: Welcher Hauptgruppe chemischer Verbindungen gehören diese Stoffe an?

S.: Sie gehören zu den organischen Verbindungen.

L.: Wo kommen diese Farbstoffe vor?

S.: Indigo ist der blaue Farbstoff des Färberwaids, Alizarin der rote Farbstoff der Krapp-Pflanze und Koschenille das leuchtende Karmin, das aus einer mittelamerikanischen Schildlaus ausgepreßt wird.

L.: Mit den natürlich vorkommenden Farbstoffen des Tier- und Pflanzenreiches mußten die Färber bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts beim Färben der tierischen und pflanzlichen Fasern auskommen.

S.: Mir ist zunächst noch nicht klar, warum man überhaupt künstliche Farbstoffe braucht. Die Natur bietet uns allein eine solche Überfülle von Blütenfarbstoffen, daß diese doch zum Färben unserer Tuche und Stoffe usw. ausreichen müßten! Wozu brauchen wir z. B. das Indanthrenblau, wo die Natur uns das tiefe Blau und Violett der Heidelbeeren und Brombeeren und das Blau des Veilchens bietet!

L.: Ihre Frage können Sie nach einigen Beobachtungen selbst beantworten. Betrachten Sie die blühenden Veilchen im Garten! Vergleichen Sie die Blüten untereinander! Was fällt Ihnen auf?

S.: Fast jede Veilchenblüte besitzt eine eigene Farbe.

L.: Schildern Sie die Farbverschiedenheiten!

S.: Hier sehe ich ein Veilchen in leuchtendem Dunkelviolett; frisch und satt ist seine Farbe. Vergleiche ich es mit anderen, dann sehe ich, daß die Farben etwas variieren. Dort ist die Farbe heller, so wie man das Veilchen meist sieht. Und hier wieder zeigen sich Blüten in einem hellen Wasserblau.

L.: Schauen Sie die hellfarbigen Blüten genauer an!

S.: Die Blütenblätter sind weit auseinandergebogen; die Blüten sehen „alt" aus; wahrscheinlich sind sie schon im Verblühen.

L.: Die dunkelfarbigen Blüten haben sich soeben aus den Knospen entfaltet. Die hellfarbigen Blüten sind alte Blüten, deren Farbstoffe durch Luftsauerstoff stark ausgebleicht sind.

S.: Dann ist der Veilchenfarbstoff nicht licht- und luftecht?

L.: Nein. – Den gleichen Vorgang können Sie an den anderen blauen Pflanzenfarbstoffen beobachten, die Sie anfangs nannten. Bemalen Sie z. B. ein weißes Gewebe mit dem blauen Farbstoff der Heidelbeere! Setzen Sie das Gewebe dem Sonnenlicht und der Luft aus! Bereits nach wenigen Tagen werden die Farbstoffe zersetzt; es bilden sich unansehnliche Mißtöne aus; die Farben verbleichen schließlich fast ganz.

S.: Aus diesem Grunde wendet man wohl auch die Rasenbleiche für Wäsche an?

L.: Ja. Bei der Rasenbleiche entsteht unter der Einwirkung des Sonnenlichtes aus dem Wasser wahrscheinlich Wasserstoffperoxyd, das leicht atomaren Sauerstoff abgibt, der auf Farbstoffe und auf Fleckenbildungen in der Wäsche bleichend einwirkt. Bei unseren Besprechungen haben wir auch schon einmal Pflanzenfarbstoffe kennengelernt, die bereits durch schwache Säuren und schwache Laugen verändert wurden. Können Sie sich daran erinnern?

S.: Es sind die Farbstoffe der Lackmusflechte und der Rotkrautbrühe; beide gehen durch Laugenzusatz in Blau bzw. Grün über, und bei Säurezusatz schlägt die Farbe in Weinrot um.

L.: So schlägt auch der blaue Farbstoff der meisten Blüten bereits bei Zusatz schwacher Laugen (Waschflüssigkeit!) nach Blaugrün, Grün oder Gelb um, und bei Zusatz schwacher Säuren zeigt sich eine Verfärbung nach Hellrot. – Nun erkennen Sie wohl auch die Bedeutung der künstlich hergestellten Teerfarbstoffe?

S.: Ja. Da wir für die Gewebe besonders licht- und waschechte Farben brauchen, die vom Luftsauerstoff, vom Licht und von der Waschlauge in ihrer Farbwirkung nicht verändert werden, hat man unter anderem die besonders echten Indanthrenfarbstoffe geschaffen.

L.: Von welchem Rohstoff geht man bei der Herstellung der Teerfarbstoffe aus?

S.: Wie der Name sagt, vom Steinkohlenteer, der in den Gaswerken und Kokereien als Nebenprodukt gewonnen wird.

L.: Die Erzeugung der Teerfarbstoffe zerfällt in drei Hauptabschnitte: a) die Zerlegung des Teeres, b) die Herstellung der Zwischenprodukte, c) die Herstellung der Farbstoffe.

Wie geht die Zerlegung des Teers vor sich?

S.: Der Teer wird durch fraktionierte Destillation zerlegt.

L.: Welche Anteile erhält man aus dem Teer?

S.: Man erhält die Fraktionen der Leichtöle, der Mittelöle, der Schweröle und des Anthrazenöls.

L.: Was geschieht mit diesen Fraktionen?

S.: Sie werden abermals fraktioniert destilliert oder auf einem anderen physikalischen Wege oder auch chemisch in ihre Einzelbestandteile zerlegt.

L.: Welche Verbindungen erhält man aus den Leichtölen?

S.: Vor allem das Benzol; daneben Toluol und Xylol.

L.: Kennen Sie noch den chemischen Aufbau der letzteren?

S.: Toluol ist Methylbenzol $C_6H_5 \cdot CH_3$, und Xylol ist Dimethylbenzol $C_6H_4 \cdot (CH_3)_2$.

L.: Aus den Mittelölen gewinnt man die Phenole, die Kresole, die Pyridinbasen und das Naphthalin. Das Schweröl wird zu Treib- und Dieselöl, Schmierölen und Waschöl verarbeitet. Anthrazenöl liefert das Anthrazen. Wir erhalten also aus dem Steinkohlenteer die drei Grundverbindungen, die sich aus einem bzw. zwei oder drei Benzolringen aufbauen, das Benzol C_6H_6, das Naphthalin $C_{10}H_8$ und das Anthrazen $C_{14}H_{10}$.
Besonders wichtig für die Farbstoffherstellung sind die Hydroxyl- und Ammoniakabkömmlinge dieser Ringkohlenwasserstoffe. Wie heißt der Hydroxylabkömmling des Benzols?

S.: Es ist das Phen*ol* $C_6H_5 \cdot OH$.

L.: Und der Hydroxylabkömmlung des Toluols?

S.: Es ist das Kres*ol* $C_6H_4 \cdot CH_3 \cdot OH$.

L.: Und der Hydroxylabkömmling des Naphthalins?

S.: Er muß die Formel $C_{10}H_7OH$ besitzen.

L.: Er heißt, entsprechend den anderen Hydroxylabkömmlingen, Naphth*ol*. Wie heißt das Aminobenzol?

S.: Es ist das Anilin $C_6H_5 \cdot NH_2$.

L.: Entsprechend bildet sich aus Toluol das Toluidin und aus dem Naphthalin das Naphthylamin. Bilden Sie die Formeln!

S.: $C_6H_4 \cdot CH_3 \cdot NH_2$ ist Toluidin, und $C_{10}H_7 \cdot NH_2$ ist Naphthylamin. Die organische Chemie ist doch sehr regelmäßig aufgebaut. Sie haben uns nicht zu viel versprochen, als Sie sagten, daß sich die organischen Formeln nach der Kenntnis weniger Grundbausteine und Aufbaugesetze leicht ableiten lassen.

L.: Und ich freue mich, daß Sie sich so gut in die Formelbildung der organischen Chemie hineingefunden haben und daß Ihnen das Arbeiten mit diesen Formeln jetzt bereits Freude bereitet. Die Zwischenstoffe der Teerfarbenindustrie, die wir jetzt besprochen haben, sind meist farblos oder nur schwach gefärbt. Wie muß nun der eigentliche Farbstoff aufgebaut sein?

S.: Der Farbstoff muß in seinem Molekül einen Farbträger besitzen.

L.: Was versteht man darunter?

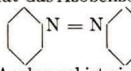
S.: Der Farbträger, der das bunte Aussehen des Farbstoffes veranlaßt, besteht in einem angelagerten Radikal, in dem Doppelbindungen vorkommen; Farbträger sind z. B. die Azogruppe —N = N— oder die Nitrogruppe



L.: Können Sie sich denken, wie die einfachste Azoverbindung, das Azobenzol, aufgebaut ist?

S.: Dies ist mir insofern nicht ganz klar, als die Azogruppe zwei freie Wertigkeiten hat, die auf die beiden Stickstoffatome verteilt sind.

L.: Die Azogruppe greift an zwei Benzolkernen an, indem sie von jedem Benzolmolekül ein Wasserstoffatom ersetzt und dann als Stickstoffbrücke zwischen den beiden Benzolkernen steht.

S.: Dann hat das Azobenzol die Formel $C_6H_5 \cdot N = N \cdot H_5C_6$ und die Strukturformel .

L.: Dieses Azobenzol ist eine rotgelbe Verbindung. Ist es ein Farbstoff?

S.: Nein. Das Azobenzol besitzt zwar in der Azogruppe einen Farbträger; es fehlt ihm aber noch die auxochrome Gruppe, die das Haften des Farbstoffes auf der Faser bewirkt.

L.: Bilden Sie die entsprechenden einfachsten Farbstoffe!

S.: Auxochrome Gruppen können Hydroxylgruppen oder Aminogruppen sein: $C_6H_5N = NC_6H_4 \cdot OH$ = Oxyazobenzol, $C_6H_5N = NC_6H_4 \cdot NH_2$ = Aminoazobenzol.

L.: Dies sind die beiden einfachsten Azofarbstoffe.

D. Wiederholung

1. Welche natürlichen Farbstoffe aus dem Pflanzen- und Tierreich sind Ihnen bekannt? [894]
2. Was wissen Sie über die geschichtliche Entwicklung der Teerfarbstoffe? [895]
3. Erklären Sie die Wirkungsweise der Küpenfarbstoffe! [899]
4. Führen Sie dies noch einmal am Beispiel eines bekannten Küpenfarbstoffes durch! [899]
5. Wer führte die künstliche Synthese dieses Küpenfarbstoffes durch? [895]

E. Prüfungsfragen

1. Welche beiden Aufbauteile finden sich im Molekül eines jeden Farbstoffes?
2. Was verstehen Sie unter einem Beizenfarbstoff?
3. Nennen Sie Beispiele für Beizen!
4. Worin besteht die Wirkungsweise der Beizen?
5. Nennen Sie ein Beispiel für einen Beizenfarbstoff!

F. Übungen

1. Welche Gruppen von Farbstoffen können wir nach ihrem Färbevermögen unterscheiden?
2. Erklären Sie die Namen!
3. Nennen Sie Beispiele für die einzelnen Farbstoffgruppen!
4. Färben Sie einen Streifen weißes Gewebe mit einem Pflanzenfarbstoff (Heidelbeersaft, Brombeersaft, Rotkrautbrühe, Saft von Roten Rüben) ein! Halbieren Sie diesen Streifen und ebenso einen mit Indanthrenfarben gefärbten Stoffstreifen! Bewahren Sie die eine Hälfte jeder Probe im Finsteren auf! Legen Sie die andere Hälfte bei Sonnenschein auf den Rasen, und feuchten Sie die Stoffproben von Zeit zu Zeit durch Überbrausen mit Wasser an! Was zeigt sich bei der Rasenbleiche?

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wie heißt die einfachste aromatische Säure?
Schüler: Die Benzoesäure.
L.: Von welcher Verbindung läßt sie sich ableiten?
S.: Vom Benzol C_6H_6 durch Ersatz eines Wasserstoffatoms durch die Karboxylgruppe —COOH. Benzoesäure hat die Formel $C_6H_5 \cdot COOH$.
L.: Warum nannten Sie nicht die Karbolsäure?
S.: Karbolsäure oder Phenol hat die Formel $C_6H_5 \cdot OH$. Es ist ein Hydroxylabkömmling des Benzols, der keine Karboxylgruppe im Molekül besitzt und daher chemisch auch nicht zu den organischen Säuren zählt. Die Verbindung erhielt den Namen „Säure" nur nach ihrer sauren Reaktion in wässeriger Lösung, die durch die Phenylgruppe bedingt ist.
L.: Mit Natronlauge setzt sich die Benzoesäure unter Bildung ihres Natriumsalzes um. Bilden Sie hierfür die Gleichung und den Namen der entstehenden Verbindung!
S.: $C_6H_5COOH + NaOH \longrightarrow C_6H_5COONa + H_2O$. Es heißt Natriumbenzoat.
L.: Benzoesäure und das wasserlösliche Natriumbenzoat sind wichtige und weitverbreitete Konservierungsmittel in der Nahrungsmittelindustrie.
S.: Sind diese chemischen Mittel für den Menschen nicht schädlich?
L.: Die Verwendung von Konservierungsmitteln für Nahrungsmittel ist in Deutschland gesetzlich geregelt. Benzoesäure und Natriumbenzoat gehören zu den gesetzlich zugelassenen Konservierungsmitteln. Sie werden in einer Konzentration von etwa 180 mg pro 100 g Lebensmittel angewendet. In dieser Konzentration sind die Präparate unschädlich. – Haben Sie schon einmal schädliche Einwirkungen nach dem Genuß größerer Mengen von Heidelbeeren verspürt?
S.: Nein. Aber was haben die Heidelbeeren mit der Benzoesäure zu tun?
L.: Die frischen, tiefdunklen Heidelbeeren enthalten 0,04—0,12% Benzoesäure. – Wieviel Benzoesäure nehmen Sie also in Ihren Körper auf, wenn Sie 1 kg frischgepflückte Heidelbeeren verzehren?
S.: Etwa $^1/_2$—1 g.
L.: Kennen Sie noch andere Konservierungsmittel?
S.: Zu den Konservierungsmitteln gehören auch die Salizylsäure und das Natriumsalizylat.
L.: Welche Formeln kommen diesen Verbindungen zu?
S.: Die Salizylsäure ist eine Oxybenzoesäure mit der Formel $C_6H_4OH \cdot COOH$, und das Natriumsalizylat hat die Formel $C_6H_4OH \cdot COONa$.
L.: Worauf war bei der Bildung der letzten Formel zu achten?
S.: Das Natrium-Metall ersetzt nur den Wasserstoff der Karboxylgruppe, nicht hingegen den Wasserstoff der Hydroxylgruppe und den an Kohlenstoff direkt gebundenen Wasserstoff. – Wie wird die Salizylsäure als Konservierungsmittel angewendet?

L.: Man bedeckt z. B. die im Einmacheglas enthaltenen Früchte mit einem feuchten Fließpapier und streut auf dieses das weiße, kristalline Pulver der Salizylsäure auf.

S.: Warum schüttet man die Salizylsäure nicht direkt auf die zu konservierenden Nahrungsmittel?

L.: Weil der Genuß größerer Mengen Salizylsäure nicht unbedenklich ist. Bei der angegebenen Methode können Sie vor dem Verbrauch das Papier mit der Salizylsäure bequem entfernen. Zu Fruchtsäften, ungenügend gesüßten Marmeladen usw. gibt man auch etwas Salizylsäurelösung, doch verwendet man stets nur sehr geringe Konzentrationen.
Welches ist die einfachste zweibasische aromatische Säure, und welcher Säure der Kettenverbindungen entspricht sie?

S.: Es ist die Phthalsäure $C_6H_4(COOH)_2$. Die zweibasische Säure der Fettreihe ist die Oxalsäure COOH · COOH.

D. Wiederholung

1. Welche Eigenschaften des Saccharins sind Ihnen bekannt? [901]
2. Welche Farbstoffe leiten sich von der Phthalsäure ab? [903]
3. Wie lautet die Formel der Gallussäure? [905]
4. Welches wichtige Arzneimittel leitet sich von der Salizylsäure ab? [904]
5. Wo kommt die Gallussäure in der Natur vor? [905]

E. Prüfungsfragen

1. Wie heißt die einfachste aromatische Säure, und wie ist ihre Formel aufgebaut?
2. Zu welcher Gruppe von Verbindungen gehört die Phthalsäure?
3. Wozu dient das Phenolphthalein im Laboratorium?
4. Wozu dient der Farbstoff Eosin in der Praxis?
5. Was ist Salizylsäure chemisch?
6. Wozu wird die Salizylsäure verwendet?

F. Übungen

1. Wodurch sind alle organischen Säuren ausgezeichnet?
2. An welcher Stelle des Säuremoleküls können Metalle Substitutionen durchführen?
3. Was ist Substitution?
4. Welche Indikationen für Laugen sind Ihnen bekannt?
5. Was ist eine Oxysäure?

C. Lehrgespräch (in der Gerberei)

Personen: Ein Schüler (S.), der Gerber (G.).

Schüler: Warum werden die Häute in der Gerberei besonders hergerichtet?

Gerber: Die tierische Haut ist wegen ihres hohen Gehaltes an Wasser und Eiweiß leicht der Fäulnis ausgesetzt. Diese muß aber verhindert werden.

S.: Aber das Fleisch, das ebenfalls aus Eiweißen besteht, fault doch auch nicht, wenn man es scharf trocknet.

G.: Erstens bleibt z. B. das Sohlenleder unserer Schuhe nicht immer trocken. Zweitens kann man die Häute durch Trocknen zwar vor Fäulnis schützen, aber nicht gebrauchsfähig machen, denn mit dem Verluste des Wassers verlieren die Häute gleichzeitig ihre Geschmeidigkeit; sie werden hart und brüchig.

S.: Worin besteht also die eigentliche Aufgabe des Gerbers?

G.: Der Gerber hat die Aufgabe, die Haut so herzurichten, daß sie einerseits nicht fault und andererseits geschmeidig bleibt.

S.: Wie beseitigen Sie die nicht zur Lederhaut gehörigen Hautschichten?

G.: Durch Schwitzen oder Äschern.

S.: Das Schwitzen geschieht sicherlich in der Wärme. Trocknen hierbei die Häute nicht aus?

G.: Das Schwitzen geschieht in geschlossenen Kammern, in denen die Häute auf Stangen hängen. In diese Kammern wird Wasserdampf eingeführt. In der feuchtwarmen Luft der Schwitzkammern faulen die Außen- und Innenschichten der Haut. Sie lassen sich dann, zusammen mit den Haaren und Hornschichten, durch Schaben leicht entfernen.

S.: Was versteht man unter „Äschern"?

G.: Eine Behandlung der Häute mit Ätzkalklösung. Der Ätzkalk lockert die Haare und läßt die Oberhaut und Unterhaut aufquellen.

S.: Worin besteht nun die eigentliche Gerbung?

G.: Die Gerbsäure verwandelt die weichen, leicht faulenden Eiweißstoffe der Lederhaut in harte, zähe, nichtfaulende Massen. Nach der Behandlung mit Gerbsäuren verleimt die in Leder verwandelte tierische Haut nicht mehr; sie fault nicht mehr und trocknet nicht mehr hornig auf.

D. Wiederholung

1. Sprechen Sie über den Gerbstoff Tannin! [907]
2. Schildern Sie die Vorgänge bei der Lohgerberei! [909]
3. Wodurch unterscheiden sich die Weißgerberei und die Chromgerberei von der Rotgerberei? [909] und [910]
4. Welche Stoffe entfalten die Gerbwirkung bei der Ölgerberei? [911]

E. Prüfungsfragen

1. Nennen Sie einen der bekanntesten Gerbstoffe!
2. Woraus wird die Eisengallustinte hergestellt?
3. Welche Arten der Gerberei sind Ihnen bekannt?
4. Welche Gerbungsart dient zur Gewinnung des Sohlenleders?
5. Welche Gerbungsart dient hauptsächlich zur Gewinnung des feinen Oberleders für unsere Schuhe?

F. Übungen

1. Wie wird die Eisengallustinte hergestellt?
2. Woraus gewinnt man die Gerbstoffe zur Tintenbereitung?
3. Suchen Sie in der Natur Galläpfel an Eichenblättern! Schneiden Sie die Galläpfel mit einem Federmesser auf! Zeigen sich Farbveränderungen auf der Schnittfläche der Galläpfel oder an der Messerklinge? Wetzen Sie die Klinge auf der Schnittfläche hin und her! – Was beobachten Sie hierbei? Wie können Sie die Erscheinung erklären?

123. Kapitel: Ätherische Öle, Harze, Kampfer – Kondensierte Benzolringe

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir unterscheiden zwei grundverschiedene Arten von Ölen in den Pflanzen. Welche sind das?
Schüler: Es sind die fetten Öle und die ätherischen Öle.
L.: Können Sie Beispiele für fette Öle nennen?
S.: Ich kenne Rüböl, Leinöl, Mohnöl, Olivenöl und Erdnußöl.
L.: Und Beispiele für ätherische Öle?
S.: Pfefferminzöl, Anisöl, Fenchelöl und Kümmelöl.
L.: Ferner gibt es Kamillenöl, Fichtennadelöl, Lavendelöl, Hopfenöl, Rosmarinöl, Salbeiöl, Rosenöl, Terpentinöl, Wacholderbeeröl, Zimtöl, Zitronenöl usw.
S.: Die Beispiele hören ja gar nicht wieder auf, und dem Namen nach sind es alles gute Bekannte. Da gibt es wohl sehr viele ätherische Öle?
L.: Man hat bereits über 1000 verschiedene ätherische Öle entdeckt und erforscht.
S.: Haben diese ätherischen Öle eine gemeinsame Formel?
L.: Die ätherischen Öle können keine chemischen Formeln haben; es sind komplizierte Gemische von Kohlenwasserstoffen, Alkoholen, Aldehyden, Säuren, Estern, Phenolen und anderen Verbindungstypen. – Was wissen Sie über die Beschaffenheit der ätherischen Öle und über ihre Löslichkeit?
S.: Es sind dünnflüssige, fast farblose Öle, die in Wasser nur wenig löslich sind, die sich aber in Äther, Benzol und Alkohol leicht lösen.

L.: Wie sind die fetten Öle chemisch zusammengesetzt?
S.: Es sind Gemische von Glyzerinestern gesättigter und ungesättigter Fettsäuren.
L.: Vergleichen Sie die fetten Öle mit den ätherischen Ölen!
S.: Die fetten Öle sind weniger dünnflüssig als die ätherischen Öle; sie sind meist gelb gefärbt. Die fetten Öle verdunsten nicht so leicht wie die ätherischen Öle.
L.: Führen Sie folgenden kleinen Versuch durch: Zerdrücken Sie auf einem Papierbogen a) Leinsamen oder einen Nußkern, b) Kümmel- oder Fenchelsamen! Im ersten Falle entsteht ein bleibender Fettfleck auf dem Papier; im zweiten Falle bildet sich ein Fettfleck, der aber in kurzer Zeit wieder verschwindet, wenn Sie das Papier in die Nähe des warmen Ofens oder in die wärmenden Strahlen der Sonne halten. Ätherische Öle verdunsten also leicht.
S.: Wo werden denn die ätherischen Öle gebildet?
L.: Sie entstehen in dünnwandigen Ölzellen in der Oberhaut der Pflanzen.
S.: Und wie kann man die ätherischen Öle gewinnen?
L.: Man zerkleinert das Pflanzenmaterial und bringt es in einen zur Hälfte mit Wasser gefüllten Kolben. In einem zweiten Kolben erhitzt man Wasser und leitet den Wasserdampf auf den Grund des mit Pflanzenmaterial beschickten Gefäßes. Werden nunmehr beide Kolben von unten her erhitzt, so reißt der aufsteigende Wasserdampf die ätherischen Öle mit sich. In einer wassergekühlten Vorlage werden anschließend der Wasserdampf und die ätherischen Öle wieder verdichtet und aufgefangen. Da letztere sich nicht mit Wasser mischen und leichter sind, schwimmen sie oben.

D. Wiederholung

1. Wodurch zeichnen sich die hydroaromatischen Verbindungen aus? [912]
2. Was wissen Sie über die Löslichkeit der ätherischen Öle? [913]
3. Beschreiben Sie die Versuchsanordnung zur Gewinnung von Terpentinöl aus Terpentin! ([913]; Lehrgespräch)
4. Auf welche Eigenschaft gründet sich die Verwendung des Terpentinöls zur Lackherstellung? [913]
5. Wie kann man die ätherischen Öle ihrer chemischen Zusammensetzung nach definieren? [913]

E. Prüfungsfragen

1. Nennen Sie die wichtigsten hydroaromatischen Verbindungen!
2. Wie gewinnt man das Terpentin?
3. Was ist Kolophonium?
4. Woraus bilden sich die Pflanzenharze?

F. Übungen

1. Nennen Sie die drei Grundverbindungen, die sich aus einem, aus zwei und aus drei Benzolringen aufbauen!
2. Welche Formeln kommen diesen Verbindungen zu?
3. Zeichnen Sie die vereinfachten Strukturformeln dieser Verbindungen auf!
4. Wie ist es zu erklären, daß Naphthalin und Anthrazen prozentual viel weniger Wasserstoff enthalten als das Benzol?

G. Gesamtwiederholung (116.–123. Kapitel)

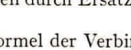
1. Welche höhermolekularen Verbindungen bauen sich aus Aminosäuren auf?
2. Durch welche chemischen Reaktionen können wir die Eiweißstoffe nachweisen?
3. Was sind Proteine und was sind Proteide?
4. Nennen Sie die Ausgangsverbindung
   a) der gesättigten Kohlenwasserstoffe,
   b) der Ringkohlenwasserstoffe!
5. Wie wird die Benzolformel bildlich dargestellt?
6. Aus welchem Rohstoff gewinnen wir das Benzol? Wie?
7. Wozu wird Benzol technisch und industriell verwendet?
8. Unter welcher Warenbezeichnung ist das Dichlorbenzol bekannt?
9. Wie heißt der Salpetersäureabkömmling des Benzols?
10. Welche Gruppe ist aus der Salpetersäure bei diesem Abkömmling in den Benzolring eingetreten?
11. Wie heißt der Ammoniakabkömmling des Benzols?
12. Was sind Phenole?
13. Nennen Sie einen aromatischen Aldehyd!
14. Welche Eigenschaften weisen die Dioxybenzole und die Trioxybenzole auf?
15. Wozu dienen sie in der chemischen Praxis?
16. Aus welchen Rohstoffen werden die Kunstharze erzeugt?
17. Welcher Kunststoff wird aus der Milch hergestellt?
18. Welcher Bestandteil der Milch dient zu seinem Aufbau? Welcher Rohstoff wird außerdem für die Produktion gebraucht?
19. Welche beiden Aufbauteile müssen im Molekül eines Farbstoffes stets vorhanden sein?
20. Nennen Sie a) einen Beizenfarbstoff, b) einen Küpenfarbstoff!
21. Welche Formel besitzt die Phthalsäure?
22. Von welcher Grundverbindung leitet sie sich ab? Wie?

23. Wozu dient die Salizylsäure?
24. Was ist Salizylsäure chemisch?
25. Welche Eigenschaften besitzen die Gerbstoffe?
26. Was ist Tannin?
27. Was geschieht beim Zusammentreffen von Tannin mit Eisen(3)salzen?
28. Welche Verbindungen bewirken die Gerbung von Tierhäuten in der Lohgerberei?
29. Welches sind die Gerbmittel in der Weißgerberei und in der Chromgerberei?
30. Was sind Terpene?
31. Woraus gewinnt man das Kolophonium?
32. Woraus entstehen die Pflanzenharze?
33. Wozu wird Kampfer in der chemischen Industrie gebraucht?
34. Schildern Sie den strukturellen Aufbau des Naphthalins!
35. Wie ist das Anthrazen strukturell aufgebaut?
36. Von welcher Grundverbindung leiten sich die Indanthrenfarbstoffe ab?

124. Kapitel: Die Alkaloide

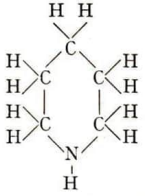
C. Lehrgespräch

Lehrer: Was wissen Sie über den Aufbau der Alkaloide?
Schüler: Es sind stickstoffhaltige Pflanzenbasen, bei denen der Stickstoff als Ringglied neben Kohlenstoff auftritt.
L.: Wie ist der Name „Pflanzenbasen" zu erklären?
S.: Der Name „Alkaloid" rührt von „Alkali" her, da diese Verbindungen basischen Charakter aufweisen. Die Endung „oid" bedeutet immer „ähnlich", z. B. in Metalloïd.
L.: Nennen Sie die einfachste Verbindung, in der N als Ringglied enthalten ist!
S.: Es ist das Pyridin mit der Formel C_5H_5N. Man kann sich das Pyridin aus dem Benzol abgeleitet denken durch Ersatz einer =CH-Gruppe durch das Stickstoffatom.
L.: Zeichnen Sie die Strukturformel der Verbindung auf!
S.:



L.: Bilden Sie nun die vom Pyridin abgeleitete hydroaromatische Verbindung!
S.: Es ist das Piperidin.
L.: Welche Formel und welche Strukturformel hat das Piperidin?

S.: Es hat die Formel $C_5H_{10}NH$ und die Strukturformel



L.: Wodurch zeichnen sich die meisten Alkaloide aus?
S.: Durch ihre große Giftigkeit. Zu den Alkaloiden gehören sehr starke Gifte, die aber gleichzeitig bei sachgemäßer Anwendung wertvolle Heilmittel sind.
L.: Nennen Sie verschiedene Wirkungsweisen von Alkaloiden auf den Menschen!
S.: Es gibt Alkaloide, die betäubend wirken, so z. B. das Morphin und das Kokain; andere wirken krampferregend, wie z. B. Strychnin; andere wieder wirken erregend auf das Nervensystem ein, wie das Kaffein, das Theobromin und das Nikotin (in geringen Mengen!).
L.: Nennen Sie einige Giftstoffe unter den Alkaloiden!
S.: Das Koniin, das Atropin, das Strychnin und das Bruzin.

D. Wiederholung

1. In welchen Pflanzenfamilien treten besonders viele Alkaloide auf? [922]
2. Nennen Sie die Alkaloide einiger menschlicher Genußmittel! [924], [927]
3. Wie heißt das wichtigste Alkaloid der Tollkirsche? [923]
4. Aus welchen Gewächsen werden schmerzlindernde Alkaloide gewonnen [925]

E. Prüfungsfragen

1. Wie heißt das bekannteste Alkaloid des Tabaks?
2. Welche Wirkung übt es auf den menschlichen Körper aus?
3. Welche Alkaloide werden medizinisch zur Schmerzlinderung verwendet?
4. Von welcher Verbindung leiten sich viele Alkaloide ab?
5. Auf welche Grundverbindung können Sie diesen Stoff zurückführen?

F. Übungen

1. Was verstehen Sie unter Chemotherapie?
2. Nennen Sie Beispiele von chemischen Heilstoffen!
3. Welche Bedingungen müssen die chemischen Heilstoffe bei ihrer Einwirkung erfüllen?
4. Welche Ziele verfolgt man bei der Herstellung synthetischer Heilmittel?

C. Lehrgespräch

Lehrer: Was fällt besonders auf, wenn man den chemischen Aufbau des Tieres mit dem der Pflanze vergleicht?

Schüler: Beide zeigen trotz ihrer verschiedenen Lebensweise und Gestaltung in ihrem chemischen Aufbau weitgehende Übereinstimmungen.

L.: Welche Verbindung ist am Aufbau aller Lebewesen am meisten beteiligt?

S.: Pflanzen und Tiere bestehen zu einem hohen Prozentsatz aus Wasser.

L.: Wozu dient dieses Wasser?

S.: Die Elemente des Wassers sind wichtige Aufbauteile aller organischen Verbindungen.

L.: Aus welchen Elementen bestehen die organischen Verbindungen in der Hauptsache?

S.: Aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, ferner in geringerer Menge aus Stickstoff, Phosphor und Schwefel.

L.: Welche Aufgaben hat das Wasser außerdem noch zu erfüllen?

S.: Die Pflanze kann als Nährstoffe nur gelöste Bodennährsalze aufnehmen, da alle Pflanzenzellen von festen Zellulosehüllen umgeben sind. Sie kann sie auch nur in gelöster Form weiterleiten. Das Wasser ist daher als Lösungs- und Transportmittel der Nährstoffe sehr wichtig.

L.: Vergleichen Sie die Nahrungsaufnahme des Tieres mit der Nahrungsaufnahme der Pflanze!

S.: Das Tier nimmt geformte organische Nahrung auf, die Pflanze nur gelöste, anorganische Salze.

L.: Führt die Mundöffnung tatsächlich in das Körperinnere des Tieres?

S.: Ja. Der Bissen verschwindet doch!

L.: Er gelangt nur scheinbar ins Körperinnere. In Wirklichkeit wandert er durch den Darmkanal und kommt, soweit er unverdaulich ist, auch wieder zum Vorschein, ohne die inneren Organe des Körpers erreicht zu haben.

S.: Ach richtig, die Nährstoffe werden zunächst verdaut, d. h. in lösliche Stoffe übergeführt, die nun durch die Darmwandungen in die Blutbahnen einwandern können.

L.: Man kann demnach den Darmkanal mit den Wurzeln der Pflanze vergleichen. Als Ausstülpung des Körpers durchdringt das Wurzelsystem der Pflanze das Erdreich und verankert die Pflanze gleichzeitig im Boden. Als Einstülpung durchzieht das Darmrohr den Körper beim Tier. Beide Aufnahmeorgane der Nahrung nehmen nur gelöste Nährstoffe durch die Zellwände hindurch auf.

S.: Das Wasser ist also in beiden Fällen die unerläßliche Voraussetzung der Ernährung.

D. Wiederholung

1. Aus welchen Elementen baut sich im wesentlichen der Pflanzenkörper auf? [930]
2. Aus welchen Elementen baut sich hauptsächlich der Tierkörper auf? [930]
3. Schildern Sie die Bedeutung des Wassers für die Pflanze! [932]
4. Schildern Sie den Wasserhaushalt der Tiere! [933]
5. Warum wirkt Wasserentzug tödlich auf die lebende Substanz? [936]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Verbindung überwiegt beim Aufbau des Pflanzen- und Tierkörpers?
2. Welches Element ist seiner Masse nach das wichtigste beim Aufbau des Pflanzenkörpers?
3. Aus welchen Elementen besteht die organische Substanz?

F. Übungen

1. Wiederholen Sie folgende Abschnitte:
   [67] Die Verbreitung des Wassers,
   [56] Sauerstoff und Kohlenstoff bilden einen Kreislauf in der Natur,
   [261] Der Kreislauf des Stickstoffs,
   [298] Der Kreislauf des Phosphors in der Natur und das 39. Kapitel: Der Mineralbedarf der Pflanzen und die künstliche Düngung (8. Brief).

126. Kapitel: Die Salzlösungen im Körper des Menschen

C. Lehrgespräch

Lehrer: Nennen Sie die wichtigsten Salze des Meerwassers!
Schüler: Natriumchlorid, Kalziumchlorid, Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid.
L.: Wo finden wir diese Salze des Meeres in großen Mengen aufgehäuft?
S.: In den Steinsalzlagern, die hauptsächlich aus Kochsalz, Anhydrit und aus den Abraumsalzen bestehen.
L.: Wo finden wir diese Salze nun wieder?
S.: Im Blute und in den Körperflüssigkeiten des Menschen und der Tiere, und zwar annähernd in der gleichen prozentualen Zusammensetzung wie im Meerwasser.
L.: Finden sich die Salze molekular im Blute?
S.: Nein. Sie sind dissoziiert. Die Salze kreisen in unserem Körper als Ionen.

L.: Welche neue Theorie knüpft an diese Entdeckung an?
S.: Man nimmt an, daß die Ionen ihre Ladungen an die einzelnen Zellen und die Gewebe abgeben und daß diese Ladungsabgabe elektrische Vorgänge in der Muskulatur, im Nervensystem usw. auslöst.
L.: Kommt es hierbei nur auf die Ladung der einzelnen Ionen an?
S.: Nein. Die einzelnen Ionen wirken spezifisch. So ist das Natrium-Ion der Beweger und Erreger unserer Muskulatur und das Kalzium-Ion die Bremse unserer Muskelbewegungen.
L.: Wie reagiert das Blut auf eine Veränderung der Salzkonzentration und damit der Ionenkonzentration?
S.: Eine derartige Veränderung wird sofort wieder ausgeglichen, ehe sie sich schädlich auswirken kann. Der Überschuß eines Ions wird an die umliegenden Gewebe abgegeben; beim Fehlen eines Ions wird dieses den umliegenden Geweben entzogen. Die Salzkonzentration im Blute wird auf diese Weise konstant gehalten.
L.: Welche Reaktion zeigt das Blut?
S.: Es reagiert neutral.
L.: Bei Muskelarbeit bildet sich Milchsäure, die in das Blut eintritt und die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes erhöht. Diese Milchsäure ruft mit die Ermüdung hervor. Wie kann die Säure unwirksam gemacht werden?
S.: Natriumbikarbonat, die Eiweißstoffe und die roten Blutkörperchen wirken als Puffer, fangen diesen Säurestoß auf und neutralisieren die Säure.
L.: Welches sind die wichtigsten Skelettbildner des Pflanzenreiches?
S.: Der Kohlenstoff, der Wasserstoff und der Sauerstoff, welche zusammen die Zellulose von Holz, Kork und Rinde aufbauen. Verschiedentlich zeigen sich auch Kieselsäureeinlagerungen in den Zellwänden, z. B. in Riedgräsern.
L.: Nennen Sie nun die wichtigsten Gerüstsubstanzen des Tierkörpers!
S.: Es sind Kalzium und Phosphor, die zusammen den phosphorsauren Kalk der Wirbeltierknochen bilden. Kalk baut auch die Skelette vieler niederer Tiere auf, z. B. bei Seeigel, Tintenfisch, Schnecke und Muschel.

D. Wiederholung

1. Welche säurebildenden Nichtmetalle sind am Aufbau des Tierkörpers beteiligt? [938]
2. Welche Metalle sind am Aufbau des Tierkörpers beteiligt? [938]
3. Welche Salze bilden sich bei Einwirkung der Metalle auf die angeführten Säuren? [938]

E. Prüfungsfragen

1. Wie wirken Natrium- und Kalzium-Ionen auf die Muskulatur des Menschen ein?
2. Wie reagiert das Blut?
3. Wodurch erhält das Blut seine ihm eigene Reaktion immer konstant?

F. Übungen

1. Welches sind die wichtigsten Skelettbildner des Menschen?
2. Welche wichtige Aufgabe fällt dem Phosphor außerdem zu?
3. Welches Metall ist im Blutfarbstoff und welches im Chlorophyll enthalten?

127. Kapitel: Unsere Nahrungsmittel

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche drei Gruppen von Nahrungsmitteln nehmen wir auf?
Schüler: Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße.
L.: Welche zwei Arten des Stoffwechsels unterscheiden wir?
S.: Den Betriebsstoffwechsel und den Baustoffwechsel.
L.: Was verstehen Sie unter „Betriebsstoffwechsel"?
S.: Im Betriebsstoffwechsel werden die Nahrungsmittel verbrannt, um deren chemische Energie in Körperwärme und Arbeitsenergie umzuformen. Die Nährstoffe sind also die Energiespender im Betriebsstoffwechsel.
L.: Welchen Sinn hat der Baustoffwechsel?
S.: Im Baustoffwechsel werden die Nährstoffe zu einfachen Grundbausteinen der lebenden Substanz abgebaut. Aus ihnen bauen die Lebewesen im Körper die körpereigene Substanz auf. Der Baustoffwechsel zielt auf Wachstum und auf Ersatz alternder Gewebe durch neue hin.
L.: Welche Nahrungsmittel decken hauptsächlich den Betriebsstoffwechsel?
S.: Die Kohlenhydrate und die Fette.
L.: Kann Eiweiß auch im Betriebsstoffwechsel verbraucht werden?
S.: Ja. Eiweiß wird stets dann im Betriebsstoffwechsel verbrannt, wenn nicht genügend Kohlenhydrate und Fette zur Verfügung stehen. Bei gemischter Kost dienen die Abbauprodukte der Eiweiße hauptsächlich zur Erzeugung arteigenen Eiweißes.
L.: Können die Kohlenhydrate und die Fette bei Eiweißmangel die Eiweiße ersetzen?
S.: Nein. Im Eiweiß sind außer den Elementen C, H und O auch die Elemente N, P und S enthalten. Diese werden zum Aufbau körpereigener Eiweiße unbedingt gebraucht. Eiweiße sind also unsere einzige organische Stickstoff- und Phosphorquelle.

D. Wiederholung

1. Worin besteht der Hauptwert des Obstes in der Ernährung? [953]
2. Nennen Sie unsere wichtigsten Zuckerlieferanten! [951]
3. Welche der drei Nährstoffgruppen hat den höchsten Nährwert? [954]
4. Schildern Sie den Eiweißhaushalt des menschlichen Körpers! [955]

E. Prüfungsfragen

1. Aus welchen Nahrungsmitteln beziehen wir unsere Kohlenhydrate?
2. Nennen Sie die verschiedenen Kohlenhydrate, die wir mit den Nahrungsmitteln aufnehmen!
3. Welche sind hiervon leicht und welche besonders schwer verdaulich?
4. Nennen Sie unsere wichtigsten Stärkelieferanten!
5. Wie heißt das tierische Kohlenhydrat, und wo wird es gespeichert?

F. Übungen

Wiederholen Sie folgende Abschnitte:

[808] Der Aufbau der Stärke durch die Pflanzen,
[809] Vom Formaldehyd zur Zellulose,
[810] Die Stärke als Speicherform der Kohlenhydrate im pflanzlichen und tierischen Stoffwechsel,
[811] Die Stärke als Nahrungsmittel im tierischen Stoffwechsel,
[780] Die Verdauung der Fette im menschlichen Körper,
[865] Der Abbau der Eiweißstoffe im tierischen Stoffwechsel,
[866] Die Eiweißverdauung unter verschiedenen Gesichtspunkten,
[867] Die Bildung des Harnstoffes.

128. Kapitel: Die Ergänzungsnährstoffe

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wie können Sie Traubenzucker aus Stärke gewinnen?
Schüler: Traubenzucker entsteht bei der Behandlung von Kartoffelstärke mit Schwefelsäure. Hierbei wird das Stärkemolekül unter Wasseraufnahme in Glukose gespalten.
L.: Ist das eine chemische Umsetzung des Stärkemoleküls mit dem Schwefelsäuremolekül?
S.: Nein. Die Säure wirkt nur katalytisch, das heißt beschleunigend auf eine bereits freiwillig, aber sehr langsam ablaufende Reaktion ein.
L.: Wodurch können wir im Laboratorium die Reaktionsgeschwindigkeit in vielen Fällen ebenfalls erhöhen?
S.: Durch eine Erwärmung um etwa 10° C wird die Reaktionsgeschwindigkeit in der Regel auf das Doppelte bis Dreifache gesteigert.
L.: Wie liegen die entsprechenden Verhältnisse bei Reaktionen innerhalb der Organismen?
S.: Pflanzen und Tiere können in ihrem Körper erhöhte Temperaturen nur in sehr geringem Ausmaße anwenden, da das Leben an enge Temperatur-

grenzen gebunden ist. Die anorganischen Katalysatoren können ebenfalls nur in den seltensten Fällen Verwendung finden, da sie häufig (wie z. B. die soeben angeführte Schwefelsäure) das Protoplasma schädigen.

L.: Hierdurch wird verständlich, daß sich Pflanzen und Tiere besonderer unschädlicher Katalysatoren bedienen müssen. Wie heißen diese?

S.: Es sind die Enzyme oder Fermente. – Welcher Unterschied besteht zwischen diesen beiden Formen?

L.: Der Ausdruck „Ferment" stammt vom Lateinischen „fermentatio" = Gärung ab und die Bezeichnung „Enzym" vom Griechischen „zyme" = Sauerteig. Man unterschied zunächst die sog. geformten oder organisierten Fermente, deren Wirkung an die lebende Zelle gebunden sein sollte (z. B. die Fermente innerhalb der Hefezellen), und die ungeformten Enzyme, deren Wirkung nicht an die Zelle gebunden ist, sondern sich auch isoliert von der lebenden Zelle entfaltet. Mit dem Fortschreiten der Forschung zeigte es sich, daß die „Fermentorganismen" ungeformten Enzymen ihre Wirkung verdanken; die Unterscheidung zwischen Ferment und Enzym wurde damit gegenstandslos, so daß man heute im allgemeinen den Ausdruck „Enzym" bevorzugt.

S.: Können Sie mir eine klare Definition für den Begriff „Enzym" geben?

L.: Enzyme sind kolloide Katalysatoren, welche von Organismen erzeugt werden und die Stoffwechselvorgänge in den Organismen beeinflussen. – Wodurch unterscheiden sich diese organischen von den anorganischen Katalysatoren?

S.: Während die anorganischen Katalysatoren häufig sehr verschiedenartige chemische Reaktionen beeinflussen, weisen die organischen Katalysatoren eine ganz spezifische Wirkungsweise auf.

L.: Die Anpassung an das Substrat geht oft so weit, daß sich eine ausgeprägte stereochemische Spezifität zeigt. Was heißt das?

S.: Von zwei Stereoisomeren wird nur eine durch ein bestimmtes Enzym beeinflußt.

L.: Emil Fischer[1]) verglich einmal das Verhältnis von Enzym zu Substrat mit dem eines Schlüssels zum Schloß. Beide sind streng aufeinander abgestimmt. – Schildern Sie die spezifische Enzymwirkung während des Verdauungsvorganges im Darmkanal der Tiere!

S.: Mit dem Speichel wird eine Amylase abgesondert, welche Stärke hydrolysiert (in Glukose spaltet). Die Drüsen der Magenschleimhaut bilden das eiweißspaltende Pepsin. Das Sekret der Bauchspeicheldrüse enthält neben einer Amylase auch eine fettspaltende Lipase und das eiweißspaltende Trypsin. – Zu welcher Gruppe von Verbindungen gehören die Enzyme?

L.: Die Enzyme gehören zu den Eiweißstoffen. Sie setzen sich aus zwei Kompo-

---

[1]) Emil Fischer, Chemiker, geb. 1852 in Enskirchen (Rheinland), gest. 1919 in Berlin, hat hervorragenden Anteil am Ausbau der organischen Chemie. Er erforschte die Zuckerarten, entdeckte den künstlichen Aufbau des Frucht- und Traubenzuckers und das Schlafmittel Veronal; er stellte Kaffein und Theobromin dar und wies durch Zurückführung der Eiweißkörper auf Aminosäuren der Physiologie neue Wege. 1902 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

nenten zusammen. Sie besitzen ein großes Molekül von kolloider Dimension, das als „Träger" wirkt und durch Adsorption des anzugreifenden Substrates die Voraussetzung für die Enzymreaktion schafft. Als zweite Komponente tritt eine „aktive Gruppe" oder Wirkgruppe hinzu, welche die eigentliche chemische Reaktion vermittelt.

S.: Die chemische Zusammensetzung macht erklärlich, warum die Enzyme mit den Eiweißstoffen die Temperaturempfindlichkeit teilen und z. T. schon durch relativ niedrige Temperaturen vernichtet werden.

L.: Auch die chemische Zusammensetzung der Wirkgruppe konnte in einigen Fällen ermittelt werden, und zwar zuerst durch Warburg im Jahre 1924. So sind die Wirkgruppen einiger Oxydasen, welche oxydierend wirken, eisenhaltige Verwandte des Blutfarbstoffes; es sind Gruppen vom Hämintypus. Das wasserstoffübertragende gelbe Ferment (Flavoprotein) enthält als Wirkgruppe einen Phosphorsäureester des Vitamins B_2.

S.: Wie verläuft der Mechanismus dieser chemischen Umsetzungen?

L.: Am besten sind wir über die Wirkungsweise der Oxydasen unterrichtet. Hier handelt es sich um Oxydations- und Reduktionsreaktionen, bei denen das Hämineisen des Atmungsfermentes durch Sauerstoff zu dreiwertigem Eisen oxydiert und darauf über verschiedene Zwischenstufen durch das Substrat wieder reduziert wird.

S.: Was geschieht mit dem gelben Ferment?

L.: Beim gelben Ferment wird der Farbstoff abwechselnd hydriert und dehydriert. Die meisten Reaktionen innerhalb der Organismen verlaufen sehr kompliziert, da an vielen Stoffwechselprozessen gleichzeitig mehrere Enzyme beteiligt sind. Man nimmt heute an, daß an der Sauerstoffübertragung bei der Atmung außer dem Atmungsferment noch drei eisenhaltige Enzyme und ein gelbes Ferment beteiligt sind.

S.: Der chemische Aufbau der Wirkgruppe des gelben Fermentes deutet auf einen zunächst überraschenden Zusammenhang mit den Vitaminen hin.

L.: Man hat noch mehrere derartige Übereinstimmungen des chemischen Aufbaues zwischen Enzymen und Vitaminen festgestellt. – Was versteht man unter „Vitaminen"?

S.: Vitamine sind Bestandteile gewisser Nahrungsmittel. Sie kommen in der Nahrung nur in äußerst geringer Menge vor und werden nicht als Bausteine zum Aufbau der Organismen verwendet.

L.: Wozu dienen sie denn?

S.: Sie regulieren als Katalysatoren den Stoffwechsel der Organismen.

L.: Über welche Katalysatoren verfügen die Lebewesen außerdem?

S.: Im Tierkörper werden von den Drüsen mit innerer Sekretion die Hormone gebildet, die ebenfalls die Stoffwechselvorgänge steuern. Auch die Pflanzen bilden Hormone, z. B. die Wuchsstoffe oder Auxine.

L.: Die Ausdrücke „Vitamine" und „Hormone" fassen wiederum keine chemischen Stoffgruppen zusammen, sondern sind biologisch bzw. medizinisch bedingt. In chemischer Hinsicht gehören die unter diesen Oberbegriffen zusammengefaßten Verbindungen ganz verschiedenen Verbindungstypen an. – Können Sie mir einige Hormone nennen?

S.: Zu den Hormonen gehören z. B. das Adrenalin und das Insulin.

L.: Das Adrenalin ist im Sekret der Nebennieren enthalten. Eine Adrenalin-Injektion zeigt die Wirkungsweise dieses Hormons an. Es steigt sofort der Blutdruck, und die Gefäße verengen sich, wodurch die blutstillende Wirkung des Adrenalins hervorgerufen wird. Außerdem steigert es den Zufluß des Zuckers aus der Leber. –
Welche Wirkung entfaltet das Insulin?

S.: Das von der Bauchspeicheldrüse sezernierte Insulin reguliert den Zuckergehalt des Blutes, indem es eine zu starke Zufuhr verhindert.

L.: Das Insulin wurde 1922 isoliert. Es ist kristallinisch und dient als Heilmittel gegen die Zuckerkrankheit. Durch Injektionen von Insulin kann Zuckerkranken geholfen werden. Leider müssen sie immer fortgesetzt werden, da keine Heilung der Bauchspeicheldrüse erfolgt.

D. Wiederholung

1. Wie nennt man die organischen Katalysatoren? [956] und Lehrgespräch
2. Wie heißen die pflanzlichen und wie die tierischen Wirkstoffe? [956]
3. Nennen Sie einige organische Wirkstoffe, und schildern Sie die Mangelkrankheiten, die bei ihrem Fehlen auftreten! [958] bis [961]
4. In welchen Nahrungsmitteln sind die genannten Wirkstoffe besonders reichlich enthalten? [958] bis [962]

E. Prüfungsfragen

1. Worin besteht das Wesen der Katalysatorenwirkung?
2. Inwiefern sind die Amylasen Katalysatoren, da von einer freiwillig verlaufenden Verzuckerung der Stärkemoleküle nichts zu bemerken ist?

F. Übungen

1. Aus welchen beiden Teilen bestehen die Enzyme?
2. Beteiligt sich das Enzym an der Reaktion, oder beteiligt es sich nicht? – Begründen Sie Ihre Ansicht am Beispiel der Oxydasen, und gehen Sie dabei auf die verschiedene Wirkungsweise der beiden Komponenten bei den Enzymen ein!

G. Gesamtwiederholung (124.–128. Kapitel)

1. Welches neue Aufbau-Element lernten wir am Pyridinmolekül kennen?
2. Wie heißt die Formel des Pyridins?

3. Wozu wird das Pyridin verwendet? Warum?
4. Welche Verbindung entsteht aus dem Pyridin bei Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungszustand?
5. Was sind Alkaloide, und welche Eigenschaften haben sie?
6. Welche Pflanzenfamilien sind besonders reich an Alkaloiden?
7. Nennen Sie Alkaloide als Pflanzengifte!
8. Welche Wirkung übt Kokain auf den Menschen aus?
9. Wozu wird es medizinisch verwendet?
10. Nennen Sie ein Alkaloid, das schmerzlindernd wirkt!
11. Aus welchen Pflanzen wird dieses gewonnen?
12. Welche Alkaloide sind im Kaffee, im Tee und im Kakao enthalten?
13. Wie wirken diese Alkaloide auf den Menschen?
14. Von welchen Grundverbindungen leiten sie sich ab?
15. Was sind Vitamine?
16. Wodurch entstehen die Mangelkrankheiten?

H. Lösungen

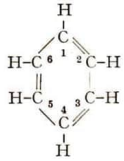
116. Kapitel: Die Eiweißstoffe

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Die Gelbfärbung der Eiweißstoffe durch Salpetersäure,
   b) die Violettfärbung bei Einwirkung von Alkalilauge und verdünnter Kupfersulfatlösung auf Eiweißstoffe (Biuretrektion).
2. Proteine sind einfache Eiweißstoffe, Proteide sind Verbindungen von einfachen Eiweißen mit anderen anorganischen oder organischen Verbindungen.
3. Hämoglobin ist ein Proteid, in dem Eiweißstoffe sich mit dem eisenhaltigen Hämin als Farbkomponente vereinigt haben.
4. Hämoglobin ist der Sauerstoffüberträger in unsere Gewebe. Es bindet in der Lunge den Sauerstoff der eingeatmeten Luft zu Oxyhämoglobin und gibt den Sauerstoff an die O-hungrigen Gewebe des Körpers wieder ab.
5. Durch Aufnahme von Kohlenoxyd. Diese Aufnahme erfolgt leichter als die Sauerstoffaufnahme. Kohlenoxydhämoglobin kann zunächst keinen Sauerstoff mehr aufnehmen und übertragen. Die Gewebe müssen ersticken. Erst bei großem Sauerstoffüberschuß kann das Kohlenoxyd langsam wieder gegen Sauerstoff ausgetauscht werden (künstliche Atmung).
6. Das Galalith. — Es entsteht durch Härten des Kaseins bei Einwirkung von Formaldehyd.
7. Zelluloid aus Zellulosenitrat, das mit Kampfer durchgewalzt wird, und Cellon aus Zelluloseazetat, das mit anderen Weichmachern behandelt wird.

117. Kapitel: Das Benzol als Ausgangsverbindung der aromatischen Ringkohlenwasserstoffe

Zu E. Prüfungsfragen

1. Als Nebenprodukte bei der Entgasung der Steinkohlen in den Gaswerken und Kokereien.
2. C_6H_6.
3. 
4. 
5. Jede Ecke des Ringes bedeutet: —C—H. Ist an einer Ecke ein Atom oder eine Atomgruppe angefügt, so heißt das: An dem betreffenden Kohlenstoffatom des Ringes ist der Wasserstoff durch dieses Atom oder Radikal substituiert (ausgetauscht).
6. Es ergeben sich drei Möglichkeiten räumlicher Anordnung.
7. a)  Orthostellung
   b)  Metastellung
   c)  Parastellung
8. Orthostellung bedeutet: Nachbarstellung der beiden substituierten Wasserstoffatome. Bei der Metastellung liegt zwischen den beiden neu eintretenden Atomen oder Gruppen noch ein unverändertes Wasserstoffatom; bei der Parastellung sind die beiden neu eintretenden Atome oder Gruppen durch zwei Wasserstoffatome getrennt (Gegenüberstellung der Substituenten).
9. a) o-Verbindung = 1,2-Verbindung,
   b) m-Verbindung = 1,3-Verbindung,
   c) p-Verbindung = 1,4-Verbindung.
10. Die Buchstaben sind die Abkürzungen der Worte „ortho", „meta" und „para". Die Ziffern zeigen die Stellung der ersetzten Wasserstoffatome im Benzolring an, wenn man die Ecken des Ringes der Reihe nach mit den Ziffern 1 bis 6 bezeichnet.

Zu F. Übungen

1. Eine Destillation ist eine physikalische Trennungsmethode für Gemische mit verschiedenen Siedepunkten. Beim Erhitzen verwandelt sich zuerst der Stoff mit dem niedrigsten Siedepunkt in Dampf, der dann für sich wieder kondensiert wird.

2. Die fraktionierte Destillation dient zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen in die verschieden siedenden Anteile.
3. Man erhitzt das Gemisch zunächst auf die Siedetemperatur des niedrigst siedenden Anteiles, wobei er als erste Fraktion dampfförmig aus dem Gemisch entweicht und nach Abkühlung in einem Kühler für sich aufgefangen wird. Dann wird auf die Siedetemperatur des nächstniedrig siedenden Anteiles erhitzt usf., bis alle Fraktionen getrennt aufgefangen worden sind.
4. Vergleichen Sie Ihre Zeichnung mit der Abbildung 9 in [10]!
5. Es gibt 3 Isomere.



[Man bezeichnet sie als vizinal (1,2,3), asymmetrisch (1,2,4) und symmetrisch (1,3,5).]

118. Kapitel: Benzolabkömmlinge

Zu E. Prüfungsfragen

1. $C_6H_4Cl_2$.
2. Anilin ist das Aminobenzol $C_6H_5NH_2$.
3. Anilin kann man ableiten a) vom Benzol C_6H_6 durch Ersatz eines Wasserstoffatoms durch die Aminogruppe $—NH_2$, b) vom Ammoniak NH_3 durch Ersatz eines Wasserstoffatoms durch den Benzolrest $—C_6H_5$.
4. Phenole sind Benzolabkömmlinge, bei denen Wasserstoffatome des Benzols durch Hydroxylgruppen ersetzt sind.
5. Die Phenole kann man mit Alkoholen vergleichen. Diese besitzen ebenfalls Hydroxylgruppen. Beide Verbindungstypen können Hydroxylwasserstoff durch Metall ersetzen (Bildung von Alkoholaten, Phenolaten); sie bilden Äther und Ester.
6. Phenyl ist die einwertige Restgruppe der Phenole $—C_6H_5$, die durch Abspaltung der Hydroxylgruppe entsteht.
7. a) Das Mononitrobenzol $C_6H_5 \cdot NO_2$ und b) der Benzaldehyd C_6H_5CHO, der auch Bittermandelöl heißt. Letzteres findet sich im Amygdalin der bittern Mandeln.
8. Eine Sulfonsäure ist eine Schwefelsäure, bei der (OH) durch einen Kohlenwasserstoffrest ersetzt ist.
9. Durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf den Kohlenwasserstoff.
10. Die Sulfonsäuren sind wasserlöslich. Eine Anzahl unlöslicher aromatischer Verbindungen werden durch Schwefelsäure in die löslichen Sulfonsäuren übergeführt und in dieser löslichen Form praktisch angewendet. So sind viele Farbstoffe Sulfonsäuren oder sulfonsaure Salze.

Zu F. Übungen

1. Die organischen Säuren besitzen die Karboxylgruppe. Während bei den anorganischen Säuren alle Wasserstoffatome durch Metalle ersetzbar sind, kann in den organischen Säuren nur der Karboxylwasserstoff durch Metalle ersetzt werden.
2. a) $(OH)^I$, b) $(NO_2)^I$, c) $(NH_2)^I$, d) $(COOH)^I$, e) $(C_6H_5)^I$, f) $(CHO)^I$, g) $(SO_3H)^I$, h) $(C_nH_{2\,n+1})^I$, i) $(CH_3)^I$, k) $(C_2H_5)^I$, l) $(C_3H_7)^I$, m) $(C_4H_9)^I$.
3. a) OH', b) NH_4', c) ClO_3', d) CN', e) NO_3', f) SO_4'', g) CO_3'', h) SiO_3'', i) PO_4'''.

Zu E. Prüfungsfragen

1. Die mehrwertigen Phenole bestehen aus einem Benzolring, in dem mehrere Wasserstoffatome durch Hydroxylgruppen ersetzt sind.
2. Die mehrwertigen Phenole wirken als Reduktionsmittel (Reduktion von Silbernitrat zu Silber; Reduktion von Fehlingscher Lösung).
3. Die mehrwertigen Phenole dienen als Entwicklersubstanzen in der Photographie.
4. Sie reduzieren die durch Belichtung bereits angeschlagenen Silberhalogenide zu schwarzem, metallischem Silber.
5. Die Kunstharze entstehen aus Formaldehyd und Phenol bzw. Harnstoff.
6. Anfangs sind die Kunstharze löslich, schmelzbar und gießbar. Beim Erwärmen auf höhere Temperaturen bilden manche Sorten feste und spröde Massen, die in der Hitze erweichen, geformt und gepreßt werden können. Bei noch stärkerem Erwärmen entstehen Kunststoffe, die chemisch fast unangreifbar sind und weder geschmolzen noch gepreßt und verformt werden können.
7. Hartpapiere entstehen aus gewöhnlichem Papier, von dem viele Lagen übereinandergelegt und mit Kunststoffmassen durchtränkt werden. Unter hohem Druck werden diese Schichtpakete dann zu Schichtkörpern verpreßt, wobei das Kunstharz die Papierlagen vergütet, härtet und zusammenleimt.
8. Die lichtempfindlichen Substanzen photographischer Schichten sind die Silberhalogenide AgCl (Silberchlorid), AgBr (Silberbromid) und AgJ (Silberjodid).
9. Die anorganischen Reduktionsmittel würden sofort alle Silberhalogenidteilchen zu metallischem Silber reduzieren. Sie würden keinen Unterschied zwischen belichtetem und unbelichtetem Silberhalogenid machen. Daher würden sich bei ihrer Einwirkung die photographischen Schichten gleichmäßig schwärzen. – Die organischen Entwicklersubstanzen greifen anfangs nur die belichteten Silberhalogenide an und lassen die unbelichteten Teilchen intakt. Es findet nur eine teilweise Schwärzung der Schicht statt, die der Stärke des aufgetroffenen Lichtes entspricht.
10. Die einmal begonnene Entwicklung wird durch zurückbleibende Entwicklerspuren auch nach dem Entwicklungsprozeß fortgesetzt, wobei zuletzt auch die unbelichteten Silberhalogenidteilchen reduziert werden; die Platte verschleiert allmählich. Um dieser nachträglichen Verschleierung vorzubeugen, wird das unbelichtete Silberhalogenid sofort nach der Entwicklung durch Fixiersalzlösung ($Na_2S_2O_3$) aus der photographischen Schicht herausgelöst.

Zu F. Übungen

1. Durch die Jodlösung wird keine Veränderung erzielt, da in dem Blatt keine Stärke mehr vorhanden ist.
2. In den Chlorophyllkörnchen hat eine geringe Stärkeproduktion stattgefunden. Daher nimmt das Blatt bei Behandlung mit Jodlösung eine leichte Blaufärbung an.
3. Die Blaufärbung durch Jodlösung ist wesentlich stärker.
4. Das Blatt, das den ganzen Tag über belichtet wurde, ist mit Stärke dicht beladen; es wird blauschwarz gefärbt. Die Färbungsintensität ist proportional den einfallenden Lichtstrahlen.
5. Nur der Ausschnitt in der Schablone läßt Licht auf die Blattfläche gelangen. Bei der Jodbehandlung erscheint der blauschwarz gefärbte Buchstabe „J" auf farblosem Blattgrund (Abb. 24).



Abb. 24. Das Blatt wurde längere Zeit durch eine Schablone belichtet, entfärbt und mit Jodlösung behandelt. Die Belichtung verursachte die Bildung von Stärke, die durch Jod blau gefärbt wird



Abb. 25. Das Blatt wurde durch ein photographisches Negativ belichtet, entfärbt und die Stärke durch Jodlösung nachgewiesen

6. Da die Menge der gebildeten Stärke der aufgetroffenen Lichtintensität entspricht, entsteht bei der Jodbehandlung auf der Blattfläche ein photographisches Positiv des Porträts auf farblosem Grunde (Abb. 25). An den hellsten Stellen des Negatives zeigt sich jetzt die tiefste Färbung auf dem Blatt, wie dies auch beim photographischen Abzug der Fall ist.

120. Kapitel: Die Chemie der Teerfarbstoffe

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Eine Farbträgergruppe, die sich durch den Besitz einer Doppelbindung auszeichnet, z. B. die Azogruppe —N=N—, die Nitrogruppe —N$\langle^{O}_{O}$, die Nitrosogruppe —N=O usw.,
   b) eine auxochrome Gruppe, die das Haften des Farbstoffes auf der Faser bewirkt; zu diesen gehören die Hydroxylgruppe —OH und die Aminogruppe $-NH_2$.
2. Ein Beizenfarbstoff haftet erst nach vorhergehender Behandlung des Gewebes mit einer Beize auf der Faser.
3. Als Beizen dienen Aluminium-, Chrom-, Eisen- und Zinnsalze

4. Die Beizen schlagen in den Fasern fein verteilte Metalloxyde oder Metallhydroxyde nieder, die sich mit dem Farbstoff zu Farblacken vereinigen.
5. Zu den Beizenfarbstoffen gehört das Alizarin.

Zu F. Übungen

1. Wir unterscheiden a) direkt färbende Farbstoffe, b) Beizenfarbstoffe, c) Entwicklungsfarbstoffe, d) Küpenfarbstoffe.
2. a) Direkte Farbstoffe färben die Gewebe ohne Vorbehandlung mit Beizen.
   b) Beizenfarbstoffe haften nur dann auf der Faser, wenn diese mit einer metallischen Beize vorbehandelt wurde. Die Farbstoffe bilden mit den Beizen auf der Faser gefärbte Metallverbindungen, die Farblacke, aus.
   c) Entwicklungsfarbstoffe sind unlösliche Farbstoffe, die sich während des Färbens auf der Faser aus mehreren Komponenten zusammensetzen.
   d) Die unlöslichen Küpenfarbstoffe werden durch Reduktion in unbunte, lösliche Verbindungen verwandelt. Mit diesen Lösungen, den Küpen, tränkt man die Gewebe. Bei nachfolgender Oxydation durch Luftsauerstoff bildet sich die gefärbte Verbindung wieder aus.
3. a) Zu den direkten Farbstoffen gehört das Kongorot, b) zu den Beizenfarbfen das Alizarin, c) zu den Entwicklungsfarben das Anilinschwarz und d) zu den Küpenfarbstoffen der Indigo.
4. Bei der Rasenbleiche bildet sich unter der Einwirkung des Sonnenlichtes aus dem Wasser Sauerstoff im Entstehungszustand. Dieser wirkt oxydierend und damit bleichend auf die natürlichen Pflanzenfarbstoffe ein (Veilchenblau!). Der natürliche Pflanzenfarbstoff auf den angefeuchteten Lappen wird ausgebleicht. Der Indanthrenfarbstoff hingegen widersteht weitestgehend den bleichenden Einflüssen; er ist licht- und waschecht.

121. Kapitel: Die aromatischen Säuren

Zu E. Prüfungsfragen

1. Die Benzoesäure $C_6H_5 \cdot COOH$.
2. Die Phthalsäure gehört zu den zweibasischen aromatischen Säuren, die sich vom Benzol durch Ersatz von zwei Wasserstoffatomen durch zwei Karboxylgruppen ableiten.
3. Als Indikator für Basen, die mit Phenolphthalein eine blutrote Färbung ergeben.
4. Es ist der Farbstoff der roten Tinte.
5. Salizylsäure ist eine Oxybenzoesäure mit der Formel $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOH$.
6. Als gärungshemmendes und fäulnisverhinderndes Konservierungsmittel für Nahrungsmittel und Getränke.

Zu F. Übungen

1. Durch den Besitz der einwertigen Karboxylgruppe —COOH.
2. Metalle können nur das Wasserstoffatom der Karboxylgruppe substituieren.
3. Substitution ist eine Ersetzung. Ein Atom oder eine Atomgruppe ersetzt in einer Verbindung ein anderes Atom oder eine andere Atomgruppe gemäß ihrer Wertigkeit.
4. a) Lackmus wird durch Laugen blau gefärbt,
   b) Phenolphthalein wird durch Laugen rot gefärbt.
5. In einer Oxysäure ist ein mit Kohlenstoff verbundenes Wasserstoffatom durch eine Hydroxylgruppe ersetzt.

Zu E. Prüfungsfragen

1. Das Tannin.
2. Aus Gallussäure (bzw. Tannin) und Eisen(2)salz.
3. Die Lohgerberei = Rotgerberei, die Weißgerberei, die Chromgerberei und die Ölgerberei.
4. Die Lohgerberei.
5. Die Chromgerberei.

Zu F. Übungen

1. Man versetzt eine Gerbsäurelösung (wässeriger Auszug aus Galläpfeln) mit Eisen(2)sulfat und fügt etwas Schwefelsäure und Gummiarabikum zu. Der Säurezusatz verhindert eine Oxydation von Eisen(2) zu Eisen(3), das mit den Gerbsäuren dicke, schwarze Niederschläge bildet. Gummiarabikum als Schutzkolloid verhindert ein schnelles Ausflocken der Eisen-Gerbsäureverbindung und bewirkt, daß die Tinte an der Feder haftet. Die Niederschlagsbildung der Tintenflüssigkeit erfolgt erst auf und in der Papierfaser. Dort wird der Säureüberschuß durch die basischen Füllstoffe (Al-Verbindung) neutralisiert, wodurch die Oxydation zu Eisen(3)salz und die Niederschlagsbildung ausgelöst wird. Die anfangs ziemlich farblose Tinte dunkelt auf dem Papier nach und wird schließlich tiefschwarz.
2. Aus Galläpfeln, von denen manche asiatische Arten bis 75% Tannin enthalten.
3. Auf der Schnittfläche zeigt sich eine leichte Schwärzung. Auch die Messerklinge weist diese Schwärzung auf. – Beim Wetzen werden die Klinge und die Schnittfläche tiefschwarz gefärbt.
   Die Messerklinge besteht aus Eisen. Gelöstes Eisen der Messerklinge bildet mit der Gerbsäure der Galläpfel Eisengallustinte auf der Schnittfläche und auf der Klinge.

123. Kapitel: Ätherische Öle, Harze, Kampfer – Kondensierte Benzolringe

Zu E. Prüfungsfragen

1. Es sind die Terpene $C_{10}H_{16}$.
2. Durch Einschneiden in die Rinde von Nadelhölzern.
3. Der feste Rückstand des Terpentins nach Abdestillation der flüchtigen ätherischen Öle.
4. Aus ätherischen Ölen durch Oxydation an der Luft.

Zu F. Übungen

1. Benzol, Naphthalin und Anthrazen.
2. C_6H_6 = Benzol, $C_{10}H_8$ = Naphthalin, $C_{14}H_{10}$ = Anthrazen.
3. 

4. Durch die Koppelung der Sechserringe gehen Wertigkeiten der Kohlenstoffatome infolge gegenseitiger Bindung verloren. Es stehen also weniger freie Wertigkeiten zur Anlagerung von Wasserstoff zur Verfügung.

Zu G. Gesamtwiederholung (116.–123. Kapitel)

1. Die Aminosäuren verketten sich untereinander zu den Eiweißstoffen. Zwei Moleküle Aminosäure bilden die Dipeptide, drei Moleküle die Tripeptide, vier und mehr Moleküle die Polypeptide.
2. Durch Gelbfärbung mit Salpetersäure und durch Violettfärbung mit Hilfe der Biuretreaktion (durch Alkalilauge und Kupfersulfatlösung).
3. Proteine sind Eiweißstoffe; Proteide sind Verbindungen von Eiweißstoffen mit anderen anorganischen oder organischen Verbindungen.
4. a) das Methan CH_4, b) das Benzol C_6H_6.
5.  .
6. Aus den Leich ölen des Steinkohlenteers durch fraktionierte Destillation.
7. Als Motorentreibstoff, als Ausgangsverbindung zur Darstellung vieler aromatischer Verbindungen, als Lösungsmittel für Fette, Harze und Kautschuk.
8. Unter dem Namen Globol als Mottenbekämpfungsmittel.
9. Nitrobenzol $C_6H_5NO_2$.
10. Die Nitrogruppe — NO_2.
11. Das Aminobenzol oder Anilin $C_6H_5NH_2$.
12. Die Hydroxylabkömmlinge des Benzols.
13. Der Benzaldehyd = Bittermandelöl C_6H_5CHO.
14. Es sind mild wirkende Reduktionsmittel.
15. Als photographische Entwickler, welche belichtetes Silberhalogenid zu metallischem Silber reduzieren.
16. Aus Formaldehyd und Phenol oder Harnstoff.
17. Kunsthorn = Galalith.
18. Galalith wird aus dem Kasein der Milch und aus Formaldehyd hergestellt.
19. Eine Gruppe mit Doppelbindung als Farbträger und eine auxochrome Gruppe (—OH oder —NH_2), welche das Haften des Farbstoffes auf der Faser bewirkt.
20. a) Alizarin ist ein Beizenfarbstoff, b) Indigo ein Küpenfarbstoff.
21. $C_6H_4(COOH)_2$.
22. Vom Benzol durch Ersatz von zwei Wasserstoffatomen durch zwei Karboxylgruppen.
23. Als fäulnis- und gärungsverhinderndes Konservierungsmittel in der Nahrungsmittelindustrie.
24. Salizylsäure ist Oxybenzoesäure mit der Formel $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOH$.
25. Sie wirken wie Säuren, haben einen zusammenziehenden Geschmack, sind wasserlöslich, fällen Eiweißstoffe und Alkaloide aus und führen Tierhäute in Leder über.
26. Ein Gerbstoff, der in den Galläpfeln vorkommt.
27. Es bildet sich eine tiefschwarze Fällung (Tintenbildung).
28. Die Gerbstoffe der Eichenrinde, Fichtenrinde usw.
29. In der Weißgerberei wird Alaun, in der Chromgerberei werden Chromsalze zur Gerbung verwendet.
30. Terpene sind hydroaromatische Verbindungen von der Formel $C_{10}H_{16}$, die in den ätherischen Ölen der Pflanzen weitverbreitet sind.

31. Aus dem Terpentin als Rückstand nach Abdestillation des Terpentinöls.
32. Aus den ätherischen Ölen durch Oxydation (Verharzen) an der Luft.
33. Zur Herstellung von Zelluloid aus Nitrozellulose.
34. Im Naphthalinmolekül sind zwei Benzolringe derart gekoppelt, daß sie zwei gemeinsame Kohlenstoffatome haben.
35. Das Anthrazenmolekül besteht aus drei gekoppelten Benzolringen.
36. Vom Anthrazen über Anthrachinon und Aminoanthrachinon hinweg.

124. Kapitel: Die Alkaloide

Zu E. Prüfungsfragen

1. Das Nikotin.
2. In geringen Mengen wirkt es anregend auf das Nervensystem ein, in größeren Mengen lähmt es das Atemzentrum und wirkt tödlich.
3. Das Kokain verursacht örtliche Schmerzlosigkeit, das Morphin wirkt einschläfernd und schmerzlindernd.
4. Vom Piperidin $C_5H_{10}NH$.
5. Auf das Pyridin C_5H_5N, aus dem es durch Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungszustand hervorgeht.

Zu F. Übungen

1. Die Bekämpfung von Seuchen und Infektionskrankheiten sowie von inneren Erkrankungen durch chemische Präparate.
2. Chinin ist ein natürliches Heilmittel; ähnliche Wirkungen entfalten die künstlich hergestellten Präparate Atebrin und Plasmochin.
3. Sie müssen die Krankheitserreger abtöten oder so weit schwächen, daß die Abwehrkraft des Körpers die Oberhand gewinnt; sie dürfen aber die gesunden Gewebe des Körpers nicht schädigen.
4. Man will Heilmittel herstellen, welche die Heilkraft der natürlichen Heilmittel in verstärktem Maße zeigen und die unerwünschten Nebenwirkungen dieser Mittel nicht aufweisen (Chinin, Atebrin).

125. Kapitel: Grundzüge des chemischen Aufbaues der Lebewesen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Es überwiegt bei weitem das Wasser.
2. Der Kohlenstoff liefert das Grundgerüst für alle organischen Verbindungen und nimmt der Masse nach in der Pflanze die erste Stelle ein. Wir erkennen dies beim Erhitzen von Pflanzensubstanz unter Luftabschluß. Es bleibt dann das Kohlenstoffgerüst zurück, das fast die Hälfte der Trockensubstanz der Pflanze ausmacht.
3. Aus C, H, O, N, S und P.

Zu F. Übungen

Entfallen.

126. Kapitel: Die Salzlösungen im Körper des Menschen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Natrium wirkt erregend, während Kalzium beruhigend und lähmend auf die Muskulatur einwirkt.
2. Es reagiert neutral.
3. Durch die Pufferwirkung des Natriumbikarbonats, der Eiweiße und der roten Blutkörperchen, welche die überschüssigen Wasserstoffionen neutralisieren.

Zu F. Übungen

1. Kalzium und Phosphor. Sie bilden als Trikalziumphosphat den Hauptbestandteil der Knochenmasse.
2. Er ist ein wichtiger Bestandteil der Kerneiweiße und der phosphorhaltigen Fette (Phosphatide).
3. Eisen ist im Blutfarbstoff der Wirbeltiere, Magnesium im Chlorophyll der Pflanzen enthalten.

C. L

Kapitel: Unsere Nahrungsmittel

Zu E. Prüfungsfragen

1. Aus den pflanzlichen Nährstoffen (Getreide, Kartoffel, Zuckerrübe, Obst, Gemüse).
2. Zucker, Stärke, Dextrin, Zellulose.
3. Leicht verdaulich sind die Monosaccharide (Trauben- und Fruchtzucker), besonders schwer verdaulich die Zellulosen (der älteren Pflanzenteile).
4. Das Getreide und die Kartoffel.
5. Glykogen; es wird in der Leber gespeichert.

Zu F. Übungen

Entfallen.

128. Kapitel: Die Ergänzungsnährstoffe

Zu E. Prüfungsfragen

1. Katalysatoren sind Wirkstoffe, welche die Geschwindigkeit einer Reaktion ändern, ohne selbst in den Endprodukten der Reaktion in Erscheinung zu treten.
2. Wenn eine Reaktion für gewöhnlich nicht feststellbar ist, so hindert dies nicht an der Annahme, daß sie unter den normal herrschenden Temperaturbedingungen mit unmeßbar geringer Geschwindigkeit abläuft. Die Wirkung der Amylasen besteht darin, die normalerweise mit geringer Geschwindigkeit ablaufende Reaktion so zu beschleunigen, daß sie in den meßbaren Bereich übergeführt wird.

Zu F. Übungen

1. Die Enzyme bestehen aus einem Träger, der sich durch seine kolloide Dimension auszeichnet, und aus einer Wirkgruppe, welche den Stoffumsatz vermittelt.

2. Die *Trägersubstanz* adsorbiert das Substrat, auf welches das Enzym einwirkt. Sie schafft damit die notwendige Erhöhung der Konzentration, welche eine Vorbedingung für die Beschleunigung der chemischen Reaktion darstellt. Mit der Reaktion selbst hat der Träger nichts zu tun.
Die *Wirkgruppe* schaltet sich z. B. bei den Oxydasen aktiv in die Reaktion ein. In diesem Falle ist die Wirkgruppe der Sauerstoffüberträger, der den Sauerstoff an das vom Träger konzentrierte Substrat abgibt. Die Wirkgruppe hat in diesem Falle eine Zwischenfunktion zu erfüllen und tritt in den entstehenden Endprodukten nicht mehr in die Erscheinung. Eine ähnliche Wirkungsweise zeigt sich auch bei einigen anorganischen Katalysatoren, wie z. B. bei den Stickoxyden im Schwefelsäure-Bleikammerprozeß.

Zu G. Gesamtwiederholung (124.–128. Kapitel)

1. Stickstoff tritt zusammen mit dem Kohlenstoff als Ringglied auf.
2. C_5H_5N.
3. Zum Denaturieren von Weingeist für industriellen Verbrauch. Pyridin hat einen widerlich scharfen Geruch und Geschmack. Da es einen ähnlichen Siedepunkt wie der Alkohol hat, kann es durch fraktionierte Destillation nicht aus diesem entfernt werden.
4. Das Piperidin $C_5H_{10}NH$.
5. Alkaloide oder Pflanzenbasen sind basisch reagierende Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels von chemisch uneinheitlichem Bau. Sie sind meist giftig.
6. Die Mohngewächse, die Nachtschattengewächse, die Hahnenfußgewächse und die Krappgewächse. Zu ihnen gehören die stärksten Giftpflanzen.
7. Koniin und Atropin.
8. Es bewirkt örtliche Schmerzlosigkeit.
9. Als lokales Betäubungsmittel in der Chirurgie.
10. Das Morphin.
11. Aus dem Milchsaft unreifer Mohnkapseln.
12. Das Kaffein und das Theobromin.
13. In geringen Mengen wirken sie anregend auf die Herz- und die Nierentätigkeit ein, in größeren Mengen schädigend.
14. Vom Harnstoff und der Harnsäure.
15. Vitamine sind Kolloide, organische Katalysatoren, die von den Pflanzen gebildet werden und die Reaktionen im Körper katalytisch beeinflussen.
16. Mangelkrankheiten bilden sich beim Fehlen bestimmter Vitamine; es treten Stoffwechselstörungen ein. Beispiele: Beriberi-Krankheit, Rachitis und Skorbut.

Best.-Nr. 16330 30 1.–9,2. Tsd. – 1000/49-IV-17 – Lizenz Nr. 334 – Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft – Herausgeber: Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin/Leipzig – Schriftleitung: Leipzig S 3, Arthur-Hoffmann-Straße 175 – Satz: Offizin Haag-Drugulin, Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg. 9) A, 45

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAG · BERLIN / LEIPZIG

Überblick über die organische Chemie

Sonderanweisung für den Studiengang

Mit den vorliegenden Chemiebriefen 31 und 32 haben Sie die letzte Lieferung des Lehrganges erhalten.

Der 31. Chemiebrief entspricht in seiner Gliederung dem Lehrbrief 20: es fehlen wiederum die besonderen Arbeitsstufen B. Kurzfassung und K. Zusammenfassung. Er bietet nochmals – in gedrängter Form – den Lehrstoff der organischen Chemie und rundet ihn durch stoffliche Erweiterungen zu einem Gesamtüberblick ab. In ihm können Sie sich schnell über die Kohlenstoffchemie orientieren und an Hand der zahlreichen Hinweise auf die Lehrabschnitte der vorangegangenen Lehrbriefe das Gesamtgebiet der organischen Chemie wiederholend durcharbeiten. Führen Sie diese Tätigkeit sehr gründlich durch und geben Sie sich Rechenschaft über Ihr bisheriges Wissen! Die eingesetzten Hinweise ermöglichen Ihnen die Überprüfung Ihrer Arbeit und entsprechen damit den Lösungen der Übungsstufen E, F und G.

Der Brief 31 enthält ein bis ins einzelne gehendes Stichwortverzeichnis, das den Lehrgang zu einem Lehr- und Nachschlagewerk erweitert. Sie finden z. B. unter dem Stichwort „Reduktion" nicht nur den Hinweis auf die Lehrbriefseite, auf der dieser Begriff erläutert wird, sondern auch eine Aufzählung der wichtigsten Reduktionsmittel, die während des Lehrganges besprochen worden sind. So bietet das Stichwortverzeichnis gleichzeitig Stoffzusammenfassungen unter bestimmten Titeln. Schließlich sind ein Tabellenverzeichnis und eine Liste empfehlenswerter Lehrbücher zum weiteren Studium beigefügt.

Der Chemiebrief 32 bringt als Hauptprüfung eine Gesamtwiederholung mit rund 100 Fragen, denen ausführliche Lösungen beigegeben sind. Diese Wiederholung bezieht sich auf das Gesamtgebiet der in den Lehrbriefen behandelten Chemie. Der Brief schließt mit Berichtigungen und Ergänzungen zu allen Briefen.

Das Inhaltsverzeichnis mit den Kapitelüberschriften des Lehrganges ist auf einem vierseitigen Blatt gedruckt, das der Lieferung lose beigefügt ist. Es wird empfohlen, dieses Blatt herauszunehmen und in den 1. Lehrbrief hinter der Titelseite einzukleben.

129. Kapitel: Der Aufbau der organischen Stoffe

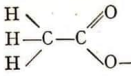
[963] **Die „organische Chemie".** Unter dem Begriff „organische Chemie" faßte man zu Beginn des 19. Jahrhunderts alles Wissen über die Verbindungen zusammen, die nur im Körper von Lebewesen, nirgends aber in der unbelebten Welt gefunden wurden (Berzelius). Man glaubte, daß bei ihrer Entstehung eine „Lebenskraft" innerhalb der Organismen mitwirke. Als Wöhler 1828 den Harnstoff synthetisch aus anorganischem Material erzeugte und bald darauf viele organische Verbindungen synthetisch hergestellt wurden, war der Beweis erbracht, daß die Bildung organischer Verbindungen nach den gleichen Gesetzen erfolgt wie die Bildung anorganischer. Obwohl die alte Einteilung der Chemie damit gegenstandslos geworden war, behielt man sie aus praktischen Gründen bei und faßt heute die Wissenschaft von den *Kohlenstoffverbindungen* unter dem Namen „organische Chemie" oder „Kohlenstoffchemie" zusammen. Nur das Kohlenmonoxyd, das Kohlendioxyd, die Kohlensäure und die Karbonate werden der anorganischen Chemie zugeteilt.

[964] **Der Aufbau der Kohlenstoffverbindungen.** Die Zahl der Kohlenstoffverbindungen ist sehr groß. Dies ist aus der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs und aus der Fähigkeit der Kohlenstoffatome zu erklären, sich untereinander zu Kohlenstoffketten oder Kohlenstoffringen zusammenzuschließen. Man teilt daher die Kohlenstoffverbindungen in *azyklische* oder *Kettenverbindungen* und in *zyklische* oder *Ringverbindungen* ein [689].

Die organischen Verbindungen enthalten in ihrem Molekül außer dem Kohlenstoff fast immer Wasserstoff, dazu sehr häufig Sauerstoff und vielfach auch Stickstoff (z. B. [856] und [921]), hingegen weniger die übrigen Elemente. Nach ihrer Zusammensetzung merken wir uns die große Gruppe der *Kohlenwasserstoffe* (Kapitel 95 ff.), die sich im wesentlichen aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufbauen, und die der *Kohlenhydrate* (Kapitel 107 ff.), die aus Kohlenstoff und aus Wasserstoff und Sauerstoff aufgebaut sind.

[965] **Isomerie und Strukturformel.** Als *Isomerie* [784] bezeichnen wir die Eigentümlichkeit, daß Verbindungen mit gleicher prozentualer Zusammensetzung und mit gleichem Molekulargewicht ganz verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften aufweisen. Die Isomerie findet ihre Erklärung in der verschiedenen Struktur der Moleküle und wird durch die *Strukturformeln* zur Darstellung gebracht. In vielen Fällen genügt zur Kennzeichnung einer Verbindung die *Konstitutionsformel*, die als zusammengezogene Strukturformel diejenigen Gruppen im Molekül zusammenfaßt, über deren Struktur kein Zweifel besteht. Die Konstitutionsformel hat vor der *Summenformel* den Vorzug, daß sie außer der quantitativen Zusammensetzung auch das chemische Verhalten einer Verbindung herausstellt.

Am Beispiel der Essigsäure ($CH_3 \cdot COOH$) ist zu erkennen, daß diese Verbindung wegen der Karboxylgruppe —COOH eine organische Säure ist:



Strukturformel | $CH_3 \cdot COOH$ Konstitutionsformel | $C_2H_4O_2$ Summenformel

[966] Stereoisomerie. Van 't Hoff und Le Bel stellten die Theorie von der Tetraederstruktur der Kohlenstoffverbindungen [781] auf, nach der die vier Valenzen des im Zentrum eines Tetraeders stehenden Kohlenstoffatoms nach den vier Ecken des Tetraeders gerichtet sind. Werden sie durch vier verschiedene Atomgruppen oder Atome abgesättigt, so kann man durch das Kohlenstoffatom keine Symmetrieebene mehr legen; man bezeichnet es als *asymmetrisch* [788]. Bei Verbindungen mit einem asymmetrischen Kohlenstoffatom ist die Reihenfolge der vier gebundenen Atome oder Atomgruppen nicht gleichgültig. Es lassen sich zwei Formeln aufstellen, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten. Die durch beide Formeln dargestellten Verbindungen sind chemisch identisch, drehen aber die Ebene des polarisierten Lichtes in entgegengesetzter Richtung; sie sind *optisch aktiv* [790]. Diese Erscheinung bezeichnet man als *Stereoisomerie.*

A. Kettenverbindungen = Verbindungen der Fettreihe

130. Kapitel: Die Kohlenwasserstoffe

[967] Das Methan. Die einfachsten Vertreter der azyklischen Verbindungen sind die *Kohlenwasserstoffe,* an deren Aufbau außer dem Kohlenstoff nur der Wasserstoff beteiligt ist. Die Ausgangsverbindung der gesättigten Kettenkohlenwasserstoffe ist das Methan CH_4 [692]. Es entsteht als Faulgas oder Sumpfgas im Faulschlamm am Grunde der Gewässer (als Grubengas ist es in den Kohlenflözen eingeschlossen) und bildet mit der Luft explosive Gasgemische (Schlagende Wetter). In Erdölgebieten entströmt es als Erdgas den Bohrlöchern; auch bildet es einen wesentlichen Bestandteil des in Gaswerken und Kokereien gewonnenen Gasgemisches. Es ist ein farb- und geruchloses brennbares Gas.

[968] Die Halogenabkömmlinge des Methans. Das Methan hat vier gleichartige Wasserstoffatome, die durch Halogene substituiert werden können [828]. Halogen ersetzt den Wasserstoff, der dann mit weiterem Halogen zu Halogenwasserstoff zusammentritt:

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl.$$

Die Reaktion verläuft in direktem Sonnenlicht explosionsartig, in zerstreutem Tageslicht hingegen langsam. Außer dem Methylchlorid = Monochlormethan CH_3Cl bilden sich hierbei noch weitere Substitutionsprodukte, näm-

lich CH_2Cl_2 = Dichlormethan, $CHCl_3$ = Trichlormethan oder Chloroform und CCl_4 = Tetrachlormethan oder Tetrachlorkohlenstoff.
Da die Reaktion nur schwer in einer bestimmten Richtung geführt werden kann, werden die Halogenderivate meist auf andere Weise hergestellt.

Chloroform $CHCl_3$ [829] ist eine farblose Flüssigkeit von süßlichem Geruch, die leicht flüchtig (Siedepunkt bei 61,2°) und schwerer als Wasser ist. Chloroform wird als Betäubungsmittel in der Medizin und als Lösungsmittel für Harze, Kautschuk usw. in der chemischen Technik verwendet.

Tetrachlorkohlenstoff CCl_4 [832] dient als Lösungsmittel für Harze und Fette und als Reinigungsmittel in Wäschereien. Es hat vor dem ebenfalls fettlösenden Benzin und Schwefelkohlenstoff den Vorzug, daß es nicht feuergefährlich ist. Es wird als Feuerlöschmittel verwendet.

Den Chlorabkömmlingen des Methans entsprechen die Brom- und Jodderivate, unter denen das wichtigste das *Jodoform* CHJ_3 [831] ist, das als Antiseptikum in der Wundbehandlung medizinische Verwendung findet.

[969] **Die Würtzsche Synthese der Kohlenwasserstoffe.** Lassen wir zwei Atome Natrium auf zwei Moleküle Methyljodid einwirken, so entsteht Natriumjodid, während sich die beiden frei werdenden Methylradikale zu einem neuen Kohlenwasserstoff vereinigen (Würtzsche Synthese):

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!\begin{matrix} J + Na \\ J + Na \end{matrix} \longrightarrow 2\,NaJ + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3. \end{matrix}$$

Aus Methyljodid entsteht das *Äthan* mit der Summenformel C_2H_6 und der Konstitutionsformel $CH_3 \cdot CH_3$. Aus Methyljodid und Äthyljodid baut sich durch die entsprechende Reaktion der nächste gesättigte Kohlenwasserstoff mit einer dreigliedrigen Kohlenstoffkette auf:

$$CH_3J + C_2H_5J + 2\,Na \longrightarrow 2\,NaJ + C_3H_8.$$

Es entsteht das Propan C_3H_8 mit der Konstitutionsformel $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$. Da sich das Verfahren weiter fortsetzen läßt und da das Methan aus den Elementen synthetisch gewonnen werden kann, besteht die Möglichkeit, immer neue Kohlenwasserstoffreste aneinanderzuketten und eine theoretisch unbegrenzte Reihe von Kohlenwasserstoffen synthetisch aufzubauen.

[970] **Die homologe Reihe der Methankohlenwasserstoffe oder Paraffine.** Da der Kohlenstoff vierwertig ist, kann ein Kohlenstoffatom nicht mehr als vier Wasserstoffatome binden. Zwei Kohlenstoffatome, die sich gegenseitig durch eine Wertigkeit gebunden haben, können nicht mehr als 6 Wasserstoffatome, drei nicht mehr als 8 Wasserstoffatome binden. Ein Kohlenwasserstoff mit n Kohlenstoffatomen kann nicht mehr als 2 n + 2 Wasserstoffatome binden. Es ergibt sich ([693], [694]) als allgemeine Formel der gesättigten Kohlenwasserstoffe oder Methankohlenwasserstoffe:

$$C_nH_{2n+2}.$$

Anzahl der C-Atome	Summenformel	Konstitutionsformel	Name	Formel des Radikals	Name
1	CH_4	CH_4	Methan	CH_3—	Methyl-
2	C_2H_6	$CH_3 \cdot CH_3$	Aethan	C_2H_5—	Aethyl-
3	C_3H_8	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$	Propan	C_3H_7—	Propyl-
4	C_4H_{10}	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$	Butan	C_4H_9—	Butyl-
5	C_5H_{12}	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$	Pentan	C_5H_{11}—	Amyl-

Verbindungen, die in ihren chemischen Eigenschaften große Ähnlichkeit aufweisen und in ihrer Zusammensetzung voneinander um CH_2 oder ein Vielfaches davon abweichen, bezeichnet man als *homolog*. Man kann diese Verbindungen nach steigender Kohlenstoffanzahl in *homologen Reihen* zusammenfassen. Da die Differenz um CH_2 oder ein Vielfaches davon auf die chemischen Eigenschaften der Verbindungen keinen nennenswerten Einfluß ausübt, kann man bei der Kenntnis eines Gliedes der Reihe die Eigenschaften der übrigen Glieder voraussagen. Dem gleichen chemischen Verhalten innerhalb einer homologen Reihe stehen mit zunehmender Anzahl der Kohlenstoffatome gesetzmäßige Änderungen der physikalischen Eigenschaften gegenüber. Die niedersten Glieder der Paraffinreihe (bis C_4) sind Gase, die Glieder C_5 bis C_{16} sind flüssige, die höheren Glieder sind feste Stoffe; sie alle sind chemisch träge (daher der Name „Paraffin" = mit geringer Affinität ausgestattet).
Die Methankohlenwasserstoffe kommen in der Natur als Erdöl vor, das ein Gemisch zahlreicher Kohlenwasserstoffe vom Typus C_nH_{2n+2} ist. Auch der Asphalt ist ein Gemenge hochmolekularer Kohlenwasserstoffe. Das Erdgas besteht zu etwa 90% aus Methan.

[971] **Kohlenwasserstoffe mit Doppelbindung.** Außer den gesättigten Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe kennen wir ungesättigte Kohlenwasserstoffe, die sich durch eine Doppelbindung in der Kohlenstoffkette auszeichnen. Man faßt sie als *Olefine* [734] zusammen. Die Grundverbindung dieser Reihe ist das *Äthen* . Äthen ([733] und [735]) entsteht im Gaswerk bei der Entgasung der Kohle neben dem Methan. Man gewinnt es durch Erhitzen von Äthylalkohol mit konzentrierter Schwefelsäure, die dem Alkohol die Elemente des Wassers entreißt:

$$C_2H_5 \cdot OH \xrightarrow{H_2SO_4} H_2O + H_2C{=}CH_2.$$

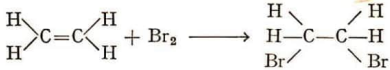
Äthen ist ein farbloses, süßlich riechendes Gas, das mit heller Flamme brennt. Das Äthen ist das Anfangsglied einer homologen Reihe, die man als *Olefinreihe* bezeichnet [734].

Anzahl der Kohlenstoffatome	Summenformel	Konstitutionsformel	Name
2	C_2H_4	$CH_2{=}CH_2$	Äthen = Äthylen
3	C_3H_6	$CH_3{-}CH{=}CH_2$	Propen = Propylen
4	C_4H_8	$CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$	Buten
5	C_5H_{10}	$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$	Penten

Die niedersten Glieder der Olefinreihe sind Gase, die mittleren Flüssigkeiten, die höheren hingegen feste Stoffe. Ihre allgemeine Formel lautet

$$C_nH_{2n}.$$

[972] **Die Reaktion der ungesättigten Kohlenwasserstoffe.** Das Äthen und die anderen ungesättigten Kohlenwasserstoffe nehmen Wasserstoff in statu nascendi, ferner Chlor, Brom, Jod sowie Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff und Jodwasserstoff in das Molekül auf. Während bei den gesättigten Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe nur eine Substitution der Wasserstoffatome durch Halogen möglich ist [827], findet bei den ungesättigten Kohlenwasserstoffen eine Addition statt [826]:



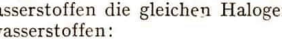
Äthylenbromid

Bei der Addition von Wasserstoff entstehen Paraffine:



Äthan

Bei der Addition von Halogen bilden sich Äthylenhalogenide und bei der Addition von Halogenwasserstoffen die gleichen Halogenderivate wie bei den gesättigten Kohlenwasserstoffen:



Äthyljodid

Bei der Addition werden die Doppelbindungen im Molekül in Einfachbindungen verwandelt. Ganz allgemein sind die Verbindungen mit Mehrfachbindung im Molekül instabiler als die gesättigten und können leicht in solche mit Einfachbindungen umgewandelt werden [733].

[973] **Kohlenwasserstoffe mit Dreifachbindung.** Es gibt auch Kohlenwasserstoffe, die sich von den Paraffinen durch einen Mindergehalt von vier Wasserstoffatomen im Molekül unterscheiden und eine Dreifachbindung aufweisen [736]. Zu ihnen gehört das Azetylen C_2H_2 [737] mit der Strukturformel H—C≡C—H. Es entsteht ebenfalls bei der Entgasung der Kohlen und wird in der Technik durch Zersetzung von Kalziumkarbid CaC_2 mit Wasser gewonnen: $CaC_2 + H_2O \longrightarrow C_2H_2\uparrow + CaO$.
Azetylen ist ein giftiges Gas, das mit stark rußender Flamme verbrennt.
Auch die Kohlenwasserstoffe mit Dreifachbindung im Molekül bilden eine homologe Reihe, die Reihe der *Alkine*.

Anzahl der Kohlenstoffatome	Summenformel	Konstitutionsformel	Name
2	C_2H_2	$HC{\equiv}CH$	Äthin = Azetylen
3	C_3H_4	$CH_3{-}C{\equiv}CH$	Propin = Allylen
4	C_4H_6	$CH_3{-}CH_2{-}C{\equiv}CH$	Butin
5	C_5H_8	$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}CH$	Pentin

Die allgemeine Formel der Alkine ist

$$C_nH_{2n-2}.$$

Durch katalytische Hydrierung lassen sich die Alkine in Olefine oder in Paraffine überführen. Mit vier Halogenatomen oder mit 2 Molekülen Halogenwasserstoff geben sie Halogenderivate der gesättigten Methankohlenwasserstoffe:

$C_2H_2 + 2\,H_2 \longrightarrow C_2H_6$ Äthan
$C_2H_2 + 2\,Br_2 \longrightarrow CHBr_2—CHBr_2$ Tetrabromäthan
$C_2H_2 + 2\,HBr \longrightarrow CH_2Br—CH_2Br$ Dibromäthan.

Die Addition von Wasserstoff, Halogen und Halogenwasserstoff erfolgt bei den Alkinen im allgemeinen noch leichter als bei den Olefinen.

131. Kapitel: Die Alkohole und die Alkoholabkömmlinge

[974] Die Alkyle. Bei der Substitution eines Wasserstoffatoms durch irgendein anderes Atom oder ein Radikal bleibt ein Restkörper der Paraffine von der allgemeinen Formel C_nH_{2n+1} übrig, der als Atomgruppe von einer Verbindung in die andere übergeht und eine freie Wertigkeit besitzt. Dieser Restkörper erhält den Namen *Alkyl* [699]. Wir kürzen diesen Restkörper in den folgenden Abschnitten mit „R" ab.

CH_4	Methan	minus H	$\longrightarrow CH_3—$	Methyl-
C_2H_6	Äthan	minus H	$\longrightarrow C_2H_5—$	Äthyl-
C_3H_8	Propan	minus H	$\longrightarrow C_3H_7—$	Propyl-
C_4H_{10}	Butan	minus H	$\longrightarrow C_4H_9—$	Butyl-
C_5H_{12}	Pentan	minus H	$\longrightarrow C_5H_{11}—$	Amyl-

[975] Die Alkylhalogenide und ihre Reaktionen. Die Alkylhalogenide [718] können nicht nur zum Aufbau der höheren Paraffine dienen, sondern durch Austausch von Halogen gegen andere Atome oder Radikale auch zum Aufbau zahlreicher anderer organischer Verbindungen.

Mit Wasser (oder wasserübertragenden Substanzen) ergeben die Alkylhalogenide die *Alkylhydroxyde*:

$$R \cdot Cl + H_2O \longrightarrow R \cdot OH + HCl.$$

Mit Ammoniak bilden die Alkylhalogenide die *Alkylamine*:

$$R \cdot Cl + NH_3 \longrightarrow R \cdot NH_2 + HCl.$$

Mit Kaliumzyanid bilden die Alkylhalogenide die *Alkylzyanide* oder *Nitrile*:

$$R \cdot Cl + K \cdot CN \longrightarrow R \cdot CN + KCl.$$

[976] Die Alkylhydroxyde oder Alkohole. Die Alkohole [698] enthalten die Hydroxylgruppe —OH, gebunden an den Kohlenstoff eines Alkyls. Jede organische Verbindung, welche die Hydroxylgruppe an C gebunden enthält, ist im weitesten Sinne ein „Alkohol".

Die Alkohole der Paraffinreihe bezeichnet man entweder nach den in ihnen enthaltenen Alkylgruppen (Methylalkohol, Äthylalkohol usw.) oder durch Anfügen der Endung -ol an den Namen des Kohlenwasserstoffes: Methanol, Äthanol usw. [701].

Man kann die Alkohole aus den Alkylhalogeniden durch Einwirkung von Wasser oder besser durch Einwirkung einer wasserübertragenden Substanz, wie z. B. Kaliumkarbonat, gewinnen, wobei das Halogen durch Hydroxyl ersetzt wird. In der Praxis werden die Alkohole meist auf andere Art gewonnen.

Die allgemeine Gleichung der Alkoholbildung lautet:

$$\underset{\text{Kohlenwasserstoff der Paraffinreihe}}{C_nH_{2n+2}} \xrightarrow[+\,OH]{-\,H} \underset{\text{Alkohol der Paraffinreihe}}{C_nH_{2n+1} \cdot OH} + H$$

[977] Die homologe Reihe der Hydroxylabkömmlinge der Methankohlenwasserstoffe.

Anzahl der Kohlenstoffatome	Formel	Name
1	$CH_3 \cdot OH$	Methylalkohol = Methanol
2	$C_2H_5 \cdot OH$	Äthylalkohol = Äthanol
3	$C_3H_7 \cdot OH$	Propylalkohol = Propanol
4	$C_4H_9 \cdot OH$	Butylalkohol = Butanol
5	$C_5H_{11} \cdot OH$	Amylalkohol = Pentanol

Die niedrigsten Glieder der Alkoholreihe (C_1 bis C_4) sind bewegliche Flüssigkeiten [701], die mittleren Glieder (C_5 bis C_{11}) sind mehr ölig und die höheren Glieder sind bei Zimmertemperatur fest. Die ersten drei Glieder der Reihe (C_1 bis C_3) sind in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar; dann nimmt die Löslichkeit in Wasser rasch ab, weil die länger werdende Kohlenwasserstoffkette den Einfluß der Hydroxylgruppe mehr und mehr zurückdrängt. Die niedrigsten Glieder besitzen einen weingeistartigen Geruch, die mittleren riechen unangenehm, die festen Alkohole sind geruchlos.

Die allgemeine Formel der Alkohole dieser Reihe lautet:

$$C_nH_{2n+1} \cdot OH\,.$$

[978] Die Isomerie bei den Alkoholen. Isomere Alkohole entstehen durch die verschiedene Stellung der OH-Gruppe innerhalb des Moleküls [785]. Die Zahl der Isomeren wird dadurch vergrößert, daß Normalketten oder verzweigte Ketten als Ausgangsstoff dienen können. Das *Butan* C_4H_{10} bildet folgende Isomere:

a) $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ = Normalbutan = n-Butan
(Normalkette = unverzweigte Kette)

b) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH \cdot CH_3$ = Isobutan
(verzweigte Kette = Isoverbindung).

Der vom Butan abgeleitete Butylalkohol $C_4H_9 \cdot OH$ bildet folgende Isomere:

a) $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ primäres n-Butanol

b) $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CHOH \cdot CH_3$ sekundäres n-Butanol

c) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH \cdot CH_2OH$ Isobutanol

d) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!COH$ tertiäres Butanol

Kohlenstoffatome, die nur mit *einem* anderen Kohlenstoffatom verknüpft sind, bezeichnet man als *primär* gebunden. Kohlenstoffatome, die an zwei (bzw. drei) andere Kohlenstoffatome gebunden sind, nennt man *sekundär* (bzw. *tertiär*) gebunden.

Bei *primären Alkoholen* ist die Hydroxylgruppe an ein primäres Kohlenstoffatom gebunden, bei *sekundären Alkoholen* an ein sekundäres, bei *tertiären Alkoholen* an ein tertiäres Kohlenstoffatom.

[979] Einwertige und mehrwertige Alkohole. Die einwertigen Alkohole besitzen nur *eine* Hydroxylgruppe im Molekül. Je nach ihrer Stellung unterscheiden wir primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole [785]:

	primäre Alkohole	sekundäre Alkohole	tertiäre Alkohole
Allgemeine Formel	$R—CH_2(OH)$	$R_1—CH(OH)—R_2$	$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!>\!C(OH)—R_3$
Charaktergruppe	$—CH_2(OH)$	$—CH(OH)$	$>C(OH)$

R_1, R_2 und R_3 sind beliebige einwertige Kohlenwassrestoffradikale.

Es gibt auch Alkohole, die mehrere Hydroxylgruppen im Molekül enthalten. Man spricht dann von mehrwertigen Alkoholen [712]. An jedem Kohlenstoffatom der Kette sitzt aber stets nur *eine* Hydroxylgruppe. Der einfachste zweiwertige Alkohol ist das Glykol [712] mit der Formel

$$\begin{matrix} CH_2 \cdot OH \\ | \\ CH_2 \cdot OH. \end{matrix}$$

Der einfachste dreiwertige Alkohol ist das Glyzerin [713] mit der Formel

$$\begin{matrix} CH_2 \cdot OH \\ | \\ CH \cdot OH \\ | \\ CH_2 \cdot OH. \end{matrix}$$

[980] Der Methylalkohol = Methanol = Holzgeist $CH_3 \cdot OH$. Man gewinnt den Methylalkohol [702] durch Trockendestillation des Holzes. Der dabei anfallende rohe Holzessig enthält unter anderem 5 bis 6% Essigsäure und

etwa 1 bis 2% Methylalkohol. Die Essigsäure wird an Ätzkalk gebunden und dann der Methylalkohol durch fraktionierte Destillation rein dargestellt. Technisch wird Methylalkohol durch katalytische Hydrierung von Wassergas dargestellt:

$$\underbrace{CO + H_2}_{\text{Wassergas}} + H_2 \longrightarrow CH_3 \cdot OH.$$

Methylalkohol ist eine farblose Flüssigkeit von eigentümlichem Geruch und brennendem Geschmack. Er ist sehr giftig; sein Genuß führt zum Erblinden, unter Umständen zum Tode. Mit Wasser ist er in jedem Verhältnis mischbar. Er ist ein gutes Lösungsmittel für Harze und brennt mit blaßblauer Flamme ab. Technisch wird er zur Darstellung von Anilinfarbstoffen und Formaldehyd, zur Firnis- und Lackherstellung, zum Denaturieren von Alkohol und als Treibstoffzusatz verwendet.

[981] **Der Äthylalkohol = Äthanol = Weingeist = Spiritus = „Alkohol" $C_2H_5 \cdot OH$.** Man gewinnt den Äthylalkohol [704] durch Vergären zuckerhaltiger Flüssigkeiten (alkoholische Gärung) und nachfolgende Destillation:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Zymase der Hefe}} 2\,C_2H_5 \cdot OH + 2\,CO_2\uparrow$$

Die direkte Vergärung von Glukose spielt in der Praxis eine untergeordnete Rolle. Meist geht man vom Rohrzucker der Zuckerrübe [707] oder von der Kartoffelstärke [706] aus, wobei die Stärke durch die Diastase des Malzes zu Disacchariden abgebaut wird.
Aus Getreide wird der Kornbranntwein, aus Kartoffeln der Kartoffelschnaps hergestellt. Bier [709] und Wein [708] sind undestillierte Gärungsprodukte.
Die technische Synthese des Äthylalkohols führt über Azetylen und Azetaldehyd [741]:

a) Brennen des Kalkes: $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2\uparrow$
b) Gewinnung von Kalziumkarbid durch Zusammenschmelzen von Ätzkalk mit Kohle im elektrischen Ofen: $CaO + 3\,C \longrightarrow CaC_2 + CO\uparrow$
c) Gewinnung von Azetylen: $CaC_2 + 2\,H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$
d) Gewinnung von Azetaldehyd:

$$HC{\equiv}CH + H_2O \longrightarrow CH_3{-}C\begin{matrix}H\\ \diagup\!\!\diagdown\\ O\end{matrix}$$

e) Gewinnung von Äthylalkohol:

$$CH_3{-}C\begin{matrix}H\\ \diagup\!\!\diagdown\\ O\end{matrix} + H_2 \longrightarrow CH_3{-}C\begin{matrix}H\\ \diagup\!\!\diagdown\\ H\\ \diagup\!\!\diagdown\\ O{-}H\end{matrix}$$

(Karbidspiritus)

Ferner werden in den Zellulosefabriken die Abwässer [814], welche 1 bis $1^1/_2$ % vergärbaren Zucker enthalten, nach einer vorausgehenden Reinigung mit Hefe vergoren. Es entsteht der Sulfitspiritus.

Äthylalkohol [704] ist eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruch; er ist giftig, in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar und verbrennt mit bläulicher Flamme. Ferner ist er ein gutes Lösungsmittel für ätherische Öle und Harze. Man verwendet den Äthylalkohol als Lösungsmittel und zur Herstellung wohlriechender Essenzen (Kölnisch Wasser), zur Bereitung von Spirituslacken und Firnissen, zur Darstellung von pharmazeutischen Präparaten und von Teerfarbstoffen, zum Abtöten von niederen Lebewesen (Sterilisation), als Heizmittel (Spiritusbrenner) und als Motorentreibstoff. Als Genußmittel [705] ist der Äthylalkohol Bestandteil aller alkoholischen Getränke. Denaturierter (= vergällter) Spiritus (z. B. Brennspiritus) ist Äthylalkohol, der mit Methanol [702] und Pyridin [921] versetzt ist (Wegfall der Alkoholsteuer für industriellen Verbrauch).

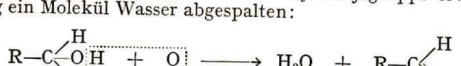
[982] Glyzerin. Der dreiwertige Alkohol Glyzerin [713] leitet sich vom Propan [695] ab. Glyzerin findet sich, an Säuren gebunden, in der Natur in den tierischen und pflanzlichen Fetten und tritt als Nebenprodukt bei der alkoholischen Gärung auf. Man gewinnt es als Nebenprodukt bei der Seifen- und Kerzenherstellung durch Fettspaltung, synthetisch aus Azeton. Glyzerin ist eine ölige Flüssigkeit von süßem Geschmack, die mit Wasser und Alkohol mischbar ist. Glyzerin gefriert schwer und dient daher als Sperrflüssigkeit in Gasuhren usw. Man verwendet es als Zusatz zu Likören und zur Herstellung von Stempelfarben (verhindert das Austrocknen). Außerdem findet es medizinische und kosmetische Anwendung (Zusatz zu Seifen und Salben).

[983] Die Äther. Wie wir die Alkohole als Alkylhydroxyde kennenlernten, so kann man die Äther [721] als Alkyloxyde ansehen. Sie entstehen durch Wasserabspaltung aus zwei Molekülen Alkohol, sind also die Anhydride der Alkohole. Es gibt einfache und gemischte Äther. Der *einfache Äther* enthält zwei gleiche Alkyle, der *gemischte Äther* zwei verschiedene Alkyle in seinem Molekül:

$$C_nH_{2n+1} \cdot OH + C_mH_{2m+1} \cdot OH \longrightarrow H_2O + C_nH_{2n+1} \cdot O \cdot C_mH_{2m+1}.$$

Wir bilden die Namen der Äther [722] aus den Alkylbezeichnungen und der Endung „-äther"; $CH_3 \cdot O \cdot CH_3$ = Dimethyläther (einfacher Äther), $CH_3 \cdot O \cdot C_2H_5$ = Methyläthyläther (gemischter Äther).
Die bekannteste Verbindung in der homologen Reihe der Äther ist der Diäthyläther $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$, auch als „Äther" schlechthin bezeichnet [724]. Er bildet sich beim Erwärmen von Alkohol mit konzentrierter Schwefelsäure als wasserentziehendem Mittel und ist eine sehr flüchtige, leicht entzündliche und daher äußerst feuergefährliche, farblose und leicht bewegliche Flüssigkeit von angenehm süßlichem Geruch. In Wasser ist der Äther wenig löslich, hingegen mit Alkohol mischbar. Er verdunstet unter starker Abkühlung. Äther findet Verwendung als Lösungsmittel für Fette, Harze, Kautschuk, Farbstoffe, Heilmittel, Brom und Jod. Medizinisch dient er zur Narkose und zur Herstellung von Hoffmannstropfen.

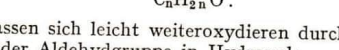
[984] **Die Oxydation der primären Alkohole zu Aldehyden.** Primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole verhalten sich bei der Oxydation verschieden. Bei den primären Alkoholen $R \cdot CH_2 \cdot OH$ wird durch Oxydation ein Wasserstoffatom der Endgruppe zu einer Hydroxylgruppe erweitert und gleichzeitig ein Molekül Wasser abgespalten:



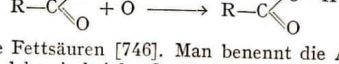
Es entsteht eine Verbindung mit der Charaktergruppe $-C\begin{matrix}H\\ \diagup\!\!\diagup O\end{matrix}$, ein *Aldehyd* [725] (Einzahl: der Aldehyd; abgeleitet von *al*kohol *dehyd*rogenatus). Die Aldehyde sind die ersten Oxydationsprodukte der primären Alkohole; es sind Alkohole, denen Wasserstoff entzogen wurde. Sie haben die allgemeine Formel

$$C_nH_{2n}O\,.$$

Die Aldehyde lassen sich leicht weiteroxydieren durch Verwandlung des Wasserstoffs in der Aldehydgruppe in Hydroxyl:



Es entstehen die Fettsäuren [746]. Man benennt die Aldehyde nach den Fettsäuren, in welche sie bei der Oxydation übergehen [728]:

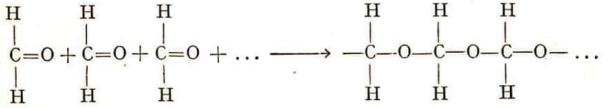


Azetaldehyd — Essigsäure (acidum aceticum)

Infolge ihrer leichten Oxydierbarkeit gehören die Aldehyde zu den Reduktionsmitteln [729]; sie reduzieren Fehlingsche Lösung unter Abscheidung von rotem Cu_2O, sowie ammoniakalische Silberlösung zu metallischem Silber (Silberspiegel). Entsprechend ihrer Zwischenstellung zwischen Alkoholen und Fettsäuren können sie durch Reduktion in Alkohole und durch Oxydation in Fettsäuren verwandelt werden [751].
Durch den Besitz einer Doppelbindung im Molekül sind sie als ungesättigte Verbindungen ausgewiesen und haben als solche ein starkes Additionsvermögen [726]; sie können durch Anlagerung von Atomen oder Atomgruppen neue Verbindungen bilden.

[985] **Formaldehyd und Azetaldehyd.** Der *Formaldehyd* = Ameisensäurealdehyd (= Formalin) $H-C\begin{matrix}H\\ \diagup\!\!\diagup O\end{matrix}$ ist wahrscheinlich ein Zwischenprodukt bei der Kohlensäureassimilation im Chlorophyll der Pflanzen. Er entsteht beim Überleiten eines Gemisches von Methanoldämpfen und Luftsauer-

stoff [730] über eine glühende Kupferspirale durch katalytische Abspaltung von Wasserstoff (Dehydrierung). Formaldehyd ist ein giftiges Gas von stechendem Geruch, das in Wasser leicht löslich ist [731]. Eine 40%ige Lösung ist als Formalin = Formol im Handel. Formaldehyd hat ein starkes Reduktionsvermögen. Er polymerisiert [727] sich leicht zu festem, weißem *Paraformaldehyd* [731], der durch Erhitzen wieder depolymerisiert und in Formaldehyd zurückverwandelt werden kann. Die Polymerisation des Formaldehyds zu langkettigen Verbindungen verläuft nach dem Schema:

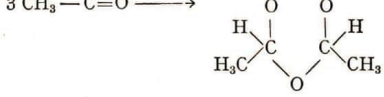


Formaldehyd bringt Eiweiß zum Gerinnen [731]. Daher ist der Formaldehyd für Lebewesen ein Gift, und die Formalindämpfe dienen zum Desinfizieren von Krankenzimmern. Aus Formaldehyd + Phenol [882] entstehen die Phenolkunstharze [892], aus Formaldehyd + Harnstoff die Harnstoffkunstharze, aus Formalin + Kasein das Kunsthorn Galalith [870]. Damit ist Formaldehyd einer der wichtigsten Rohstoffe für die Kunstharzindustrie.

Azetaldehyd CH_3CHO [732] entsteht als normales Zwischenprodukt bei der alkoholischen Gärung [707]. Man gewinnt ihn durch Wasseranlagerung aus

Azetylen: $HC{\equiv}CH + H_2O \longrightarrow CH_3 . C\!\!<\!\!\begin{matrix}H\\O\end{matrix}$ [741]. Azetaldehyd [731]

ist eine farblose Flüssigkeit, welche leicht verdampft und in Wasser gut löslich ist; durch Oxydation liefert er Essigsäure. Bei Gegenwart von Katalysatoren (Schwefelsäure) polymerisiert er leicht zu *Paraldehyd* [727] von der Formel $(CH_3CHO)_3$. Die Entstehung des Paraldehyds erfolgt nach folgendem Schema:



Azetaldehyd dient zur synthetischen Erzeugung der Essigsäure [753]. Er ist das Ausgangsprodukt der Bunasynthese [745].

[986] **Die Oxydation der sekundären und tertiären Alkohole.** Werden die sekundären Alkohole oxydiert, so spalten sie zwei Wasserstoffatome ab:



Es entstehen als Restkörper die *Ketone*, welche durch den Besitz der —CO-Gruppe charakterisiert sind [799]. Da die Ketongruppe kein Wasserstoffatom mehr besitzt, können die Ketone ohne Sprengung des Moleküls nicht weiter oxydiert werden.

Das gleiche gilt für die tertiären Alkohole , bei denen am Kohlenstoff direkt kein Wasserstoff mehr angelagert ist. Daher können auch die tertiären Alkohole ohne Sprengung des Moleküls nicht oxydiert werden.

Die Ketone sind nicht oxydierbar, also haben sie auch keine reduzierenden Eigenschaften und unterscheiden sich hierdurch klar von den Aldehyden, die zu den Reduktionsmitteln gehören. Die Ketone sind zu sekundären Alkoholen reduzierbar. Sonst zeigen sie ähnliche Eigenschaften wie die Aldehyde und können durch ihre Doppelbindung ebenfalls leicht andere Atome oder Atomgruppen addieren.

Das bekannteste Keton ist das *Azeton* $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$. Es ist eine farblose Flüssigkeit mit obstartigem Geruch, die als Lösungsmittel für Harze usw., in der Photographie, in der Färberei, in der Zeugdruckerei und bei der Herstellung zahlreicher organischer Verbindungen verwendet wird.

132. Kapitel: Die Fettsäuren (= einbasische gesättigte Säuren) und die Fette

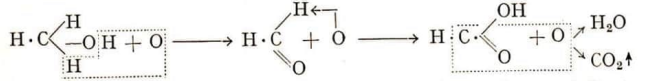
[987] Die homologe Reihe der Fettsäuren. Die Fettsäuren entstehen durch Oxydation aus primären Alkoholen über das Zwischenprodukt Aldehyd hinweg [746]. Sie besitzen als Charaktergruppe die Karboxylgruppe  [749], die an Alkyl gebunden ist. Nur der Wasserstoff der Karboxylgruppe ist als Ion abspaltbar und durch Metall ersetzbar. Daher sind alle organischen Säuren mit einer Karboxylgruppe einbasisch.

Methylalkohol	$H \cdot CH_2OH$	liefert die Ameisensäure	$H \cdot COOH$
Äthylalkohol	$CH_3 \cdot CH_2OH$	liefert die Essigsäure	$CH_3 \cdot COOH$
Propylalkohol	$C_2H_5 \cdot CH_2OH$	liefert die Propionsäure	$C_2H_5 \cdot COOH$
Butylalkohol	$C_3H_7 \cdot CH_2OH$	liefert die Buttersäure	$C_3H_7 \cdot COOH$
Amylalkohol	$C_4H_9 \cdot CH_2OH$	liefert die Valeriansäure	$C_4H_9 \cdot COOH$

Die niederen Glieder dieser homologen Reihe [748] sind bei gewöhnlicher Temperatur Flüssigkeiten von stark saurem Geschmack und mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar. Sie können ohne Zersetzung destilliert werden. Die mittleren Glieder (C_4 bis C_9) sind ölige Flüssigkeiten von schweißartigem Geruch, die nur begrenzt mit Wasser mischbar sind. Die höheren Glieder sind geruchlos, fest, paraffinartig und in Wasser unlöslich.

[988] Die Ameisensäure H·COOH. Die Ameisensäure [750] kommt in den Giftdrüsen der Ameisen, in den Brennhaaren der Brennessel, in den Fichtennadeln und im Schweiße vor. Man kann sie durch Oxydation des Methanols erzeugen.

Die stufenweise Oxydation des Methylalkohols:



Die Ameisensäure ist die einfachste Fettsäure. Es ist eine stechend riechende, farblose Flüssigkeit, die auf der Haut Blasen und Entzündungen hervorruft. Sie wirkt stark reduzierend. Die Ameisensäure hat in ihrer Strukturformel Ähnlichkeit mit einem Aldehyd [751], denn beide besitzen die



Daher wirkt die Ameisensäure stark reduzierend und scheidet aus einer ammoniakalischen Silberlösung das Metall ab. Durch diese Eigenschaft unterscheidet sie sich von allen übrigen Säuren der Fettsäurereihe. Die Salze der Ameisensäure heißen *Formiate* [750]. Natriumformiat = HCOONa.

[989] Die Essigsäure $CH_3 \cdot COOH$. Die Essigsäure [752] ist der wesentliche Bestandteil des Essigs; sie findet sich in einigen Pflanzen- und Tiersäften. Essigsäure entsteht häufig bei der alkoholischen Gärung, weil sich der primär gebildete Alkohol durch Oxydation an der Luft in Essigsäure verwandelt:

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot OH + O_2 \longrightarrow CH_3 \cdot COOH + H_2O.$$

Technisch gewinnt man die Essigsäure durch Essigsäuregärung aus Alkohol [752], durch Trockendestillation aus Holz (Holzessig), ferner synthetisch aus Azetylen [753] über Azetaldehyd durch dessen Oxydation:

$$\underset{\text{Karbid}}{CaC_2} \longrightarrow \underset{\text{Azetylen}}{C_2H_2} \xrightarrow{(+H_2O)} \underset{\text{Azetaldehyd}}{CH_3CHO} \xrightarrow{(+O)} \underset{\text{Essigsäure}}{CH_3COOH}$$

Die Essigsäure ist eine farblose Flüssigkeit von stark saurem Geruch und Geschmack [754]. Die wasserfreie Essigsäure („Eisessig") erstarrt bei 16°. Die konzentrierte Essigsäure wirkt stark ätzend. 4%ige Essigsäure ist als Essig bekannt. Die Salze der Essigsäure sind die *Azetate* [755]. Bekannte Azetate sind

Bleiazetat = Bleizucker $(CH_3 \cdot COO)_2Pb$
Basisches Bleiazetat = Bleiessig $(CH_3COO)Pb(OH)$
} dienen zur Herstellung von Bleiweiß

Aluminiumazetat = essigsaure Tonerde $(CH_3 \cdot COO)_3Al$
Basisches Kupferazetat = Grünspan $(CH_3COO)\,Cu\,(OH)$
} medizinische Verwendung

[990] Die Buttersäure und die höheren Fettsäuren. Die Buttersäure [756] $C_3H_7 \cdot COOH$ findet sich im Schweiß; sie entsteht bei der Buttersäuregärung der Kohlenhydrate und bei der Eiweißfäulnis (im alten Käse). Isobuttersäure ist in der Arnika enthalten. Man erhält die Buttersäure durch Spaltpilzgärung aus Zucker oder Stärkemehl. Sie ist eine dicke Flüssigkeit, die unangenehm schweißartig riecht und den ranzigen Geruch und Geschmack alter Butter bewirkt.

Palmitinsäure $C_{15}H_{31}COOH$ [757] und Stearinsäure $C_{17}H_{35}COOH$ finden sich als Glyzerinester in den pflanzlichen und tierischen Fetten [769] und werden durch Fettspaltung mit überhitztem Wasserdampf aus diesen gewonnen [770]. Es sind feste, fettartige, kristalline Massen, die zur Herstellung von Kerzen, Seifen und Salben Verwendung finden [757]. Eine ungesättigte Säure mit Doppelbindung im Molekül ist die Ölsäure $C_{17}H_{33}COOH$ [759]. Sie findet sich ebenfalls als Glyzerinester in den flüssigen tierischen und pflanzlichen Fetten und oxydiert an der Luft (ranziger Geruch).

[991] Die Esterbildung. Wie sich in der anorganischen Chemie die Säuren mit den Basen unter Wasseraustritt zu Salzen vereinigen, so reagieren in der organischen Chemie die Alkohole mit anorganischen oder organischen Säuren unter Wasseraustritt und Esterbildung [717]. Die Ester sind die Umsetzungsprodukte zwischen Alkohol und Säure und bestehen aus einem Alkyl und dem Säurerest.

$$\underset{\text{Alkohol}}{R \cdot OH} + \underset{\substack{\text{anorganische}\\ \text{Säure}}}{H\,X} \longrightarrow \underset{\text{Wasser}}{H \cdot OH} + \underset{\substack{\text{Ester der}\\ \text{anorganischen Säure}}}{RX} \quad (R = \text{Alkyl};\ X = \text{Säurerest})$$

$$\underset{\text{Alkohol}}{R_1 \cdot OH} + \underset{\substack{\text{organische}\\ \text{Säure}}}{R_2 \cdot COOH} \longrightarrow \underset{\text{Wasser}}{H \cdot OH} + \underset{\substack{\text{Ester der}\\ \text{organischen Säure}}}{R_2COO \cdot R_1}$$

Da die Alkohole nicht dissoziiert sind, erfolgt die Esterbildung nicht als Ionenreaktion und verläuft sehr langsam. Durch Zusatz von Mineralsäuren wird ihre Bildung katalytisch beschleunigt. Die Esterbildung strebt einem Gleichgewichtszustand zu, wenn etwa $^1/_3$ der anfänglich vorhandenen Alkoholmenge verbraucht ist, weil das entstehende Wasser den Ester wieder zerlegt (Hydrolyse).

Als *Salzsäureester* [761] lernten wir bereits die Alkylchloride kennen: CH_3Cl = Methylchlorid, C_2H_5Cl = Äthylchlorid.

Salpetersäureester der Zellulose bilden die Kollodiumwolle, die durch Erhitzen mit Kampfer den ersten Kunststoff der chemischen Industrie, das Zelluloid, ergab. Durch Denitrieren wird die nitrierte Zellulose auf Kunstseide verarbeitet (Chardonnet).

Die Ester der Fettsäuren sind farblose, neutral reagierende Flüssigkeiten; sie sind leichter als Wasser und besitzen häufig einen angenehmen, fruchtartigen Geruch [763]. Sie werden als Fruchtessenzen fabrikmäßig hergestellt. Die Früchte verdanken ihren Duft vielfach derartigen Estern. Der Essigsäureisoamylester riecht nach Birnen, der Buttersäureäthylester nach Ananas, der Isovaleriansäureisoamylester nach Äpfeln.

[992] **Die Fette.** Die Fette sind in ihrer überwiegenden Mehrzahl Gemische aus Estern des Glyzerins mit Fettsäuren [769], und zwar besonders mit Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure, Leinölsäure, Buttersäure u. a. Die Fette sind in Wasser unlöslich, hingegen löslich in Äther, Chloroform, Benzin, Benzol und Schwefelkohlenstoff [765]. Es bildet die

		Smp.°C			Smp.°C
Palmitinsäure	$C_{15}H_{31}COOH$	(62)	das Tripalmitin	$(C_{15}H_{31}COO)_3C_3H_5$	(65)
Stearinsäure	$C_{17}H_{35}COOH$	(69)	das Tristearin	$(C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5$	(72)
Ölsäure	$C_{17}H_{33}COOH$	(14)	das Triolein	$(C_{17}H_{33}COO)_3C_3H_5$	(–17)
Linolsäure (= Leinölsäure)	$C_{17}H_{31}COOH$	(–9)	die Verbindung	$(C_{17}H_{31}COO)_3C_3H_5$ (= Leinölsäureglyzerinester)	(flüssig)

Je nach dem Mengenverhältnis, in dem sich diese festen bzw. flüssigen Ester zu den natürlichen Fetten des Tier- und Pflanzenreiches mischen, sind die Fette fest (Talg), halbfest (Butter) oder flüssig (Öle). So sind die Pflanzenöle und Trane reich an Triolein, der Talg hingegen ist reich an Tristearin. Die natürlich vorkommenden Fette und Öle sind ganz überwiegend Gemenge gemischter Glyzeride, die verschiedene Fettsäuren im gleichen Glyzeridmolekül enthalten. So wurden nachgewiesen:

in der Butter das Glyzerin-oleo-palmito-butyrat

$$\begin{array}{l} CH_2 \cdot OOC \cdot C_{17}H_{33} \\ | \\ CH \cdot OOC \cdot C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2 \cdot OOC \cdot C_3H_7 \end{array}$$

im Schweineschmalz das Glyzerin-oleo-palmito-stearat

$$\begin{array}{l} CH_2 \cdot OOC \cdot C_{17}H_{33} \\ | \\ CH \cdot OOC \cdot C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2 \cdot OOC \cdot C_{17}H_{35} \end{array}$$

[993] **Trocknende und nichttrocknende Öle.** Während sich die Stearinsäure und die Palmitinsäure von gesättigten Kohlenwasserstoffen ableiten, ist die Ölsäure ungesättigt und hat eine Doppelbindung im Molekül. Die Linolsäure ist eine noch stärker ungesättigte Verbindung und enthält im Molekül zwei Doppelbindungen:

$$CH_3 \cdot (CH_2)_4 \cdot CH{=}CH \cdot CH_2 \cdot CH{=}CH \cdot (CH_2)_7 \cdot COOH.$$

Zu den Ölen mit einem beträchtlichen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Linolsäure) gehört das Leinöl. Ein derartiges Öl verwandelt sich in dünnen Schichten an der Luft durch Sauerstoffaufnahme und unter Polymerisation in elastische, transparente Schichten, die man als Firnisse bezeichnet [767]. Den Vorgang selbst bezeichnet man als „Trocknen" des Öles und unterscheidet hiernach trocknende Öle und nichttrocknende Öle. Das Polymerisationsprodukt der Linolsäure, das Linoxyn, wird technisch hergestellt und mit Korkpulver und Harzen vermischt auf Zeugstreifen gepreßt: es entsteht das Linoleum [768]. Die Linoxynbildung wird durch Trockenmittel (= Sikkative) beschleunigt. Der Firnis ist ein mit Katalysatoren behandeltes, rasch trocknendes Leinöl [767].

[994] **Fetthärtung und Fettsäuresynthese.** Die in großer Menge zur Verfügung stehenden billigen Öle (Fischöl, Baumwollsaatöl) und weiche Fette

haben als ungesättigte Verbindungen die Fähigkeit, Wasserstoff anzulagern und hierbei in feste Fette überzugehen [771]. Bei diesem Vorgang werden die stark ungesättigten Verbindungen der Fischöle und des Waltrans eher angegriffen als die Ölsäure, die nur *eine* Doppelbindung enthält. Unter der Einwirkung von Nickel als Katalysator wird bei 180° der Wasserstoff angelagert, wobei sich die wenig wertvollen Trane in feste Fette verwandeln, die anschließend zur Margarineherstellung Verwendung finden können. Die gehärteten Fette werden mit ausgeschmolzenem Triolein und mit Pflanzenölen vermischt und durch einen Zusatz von Magermilch emulgiert. Bei der Kohlehydrierung nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren wird Paraffin gewonnen. Die Paraffinkette besitzt als gesättigter Kohlenwasserstoff die Endgruppe $-CH_3$. Bei der Umwandlung in Fettsäure [772] muß diese Endgruppe in eine Karboxylgruppe umgewandelt werden. Dies geschieht durch Anlagerung von Sauerstoff, wobei sich der überschüssige Wasserstoff als Wasser abscheidet:

$$R \cdot CH_3 + 3\,O \xrightarrow{\text{Katalysator}} R \cdot COOH + H_2O.$$

Die aus Paraffinen erhaltenen Fettsäuren werden auf Seifen verarbeitet.

[995] **Die Verseifung der Ester.** Die Umkehrreaktion der Esterbildung wird als „Verseifung" bezeichnet. Darunter versteht man die Spaltung des Esters in Alkohol und Säure. Die Verseifung erfolgt in der Natur durch fettspaltende Enzyme, die *Lipasen*, die in keimenden fetthaltigen Samen (z. B. in Rizinussamen) gebildet werden. Technisch wird die Verseifung durch überhitzten Wasserdampf oder durch Basen [773] durchgeführt. Bei der Fettspaltung durch Hydrolyse nimmt der Säurerest aus dem Wassermolekül ein Wasserstoffatom und der Alkoholrest die Hydroxylgruppe auf:

$$CH_3 \cdot COO \cdot C_2H_5 + H \cdot OH \longrightarrow CH_3 \cdot COOH + C_2H_5 \cdot OH.$$

Bei Baseneinwirkung entstehen statt der Fettsäuren fettsaure Salze, die Seifen. Natronseife ist hart und bildet die Kernseife, Kaliseife ist weich und bildet die Schmierseife.

$$\begin{array}{l} CH_2 \cdot OOC \cdot C_{15}H_{31} \\ | \\ CH \cdot OOC \cdot C_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2 \cdot OOC \cdot C_{17}H_{33} \end{array} + \begin{array}{l} NaOH \\ \\ NaOH \\ \\ NaOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2 \cdot OH \\ | \\ CH \cdot OH \\ | \\ CH_2 \cdot OH \end{array} + \begin{array}{l} C_{15}H_{31}COONa \\ \\ C_{17}H_{35}COONa \\ \\ C_{17}H_{33}COONa \end{array}$$

Palmito-stearo-oleo-glyzerid — Natronlauge — Glyzerin — Fettsaures Natron = Kernseife

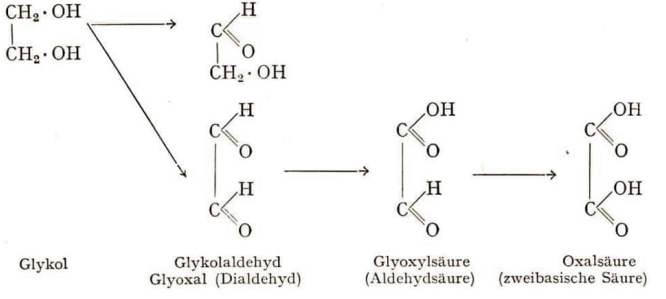
Seifen können auch durch katalytische Druckhydrierung und durch Neutralisieren der entstehenden Fettsäuren mit Sodalösung oder Natronlauge gewonnen werden.

Wie die Fette Gemenge verschiedener Glyzeride sind, so sind auch die Seifen Gemenge von fettsauren Salzen. Die Seifen sind als Salze schwacher

Säuren in wässeriger Lösung hydrolytisch gespalten [774]. Sie setzen die Oberflächenspannung des Wassers stark herab [778], wodurch das Wasser die Schmutzteile benetzt. Als oberflächenaktive Substanzen reichern sie sich an der Grenzfläche an und bilden einen beständigen Schaum, der an seiner Oberfläche die Schmutzteile aufnimmt [775].
Kalkhaltiges Wasser eignet sich nicht zum Waschen, da die gelösten Kalziumsalze mit der Seife unter Bildung unlöslicher Kalkseife reagieren, die durch ihre Entstehung die Reinigungswirkung der Seife vermindert und sich auf den Geweben absetzt (Vergilben der Gewebe).

133. Kapitel: Mehrbasische Säuren und Oxysäuren

[996] **Zweibasische Säuren.** Wie die einbasischen Säuren als Oxydationsprodukte der einwertigen Alkohole über die Aldehyde als Zwischenprodukte entstehen, so bilden sich durch Oxydation der zweiwertigen Alkohole Dialdehyde [835], die bei weiterer Oxydation Aldehydsäuren und zweibasische Säuren liefern. Die Aldehydsäuren enthalten eine Aldehydgruppe und eine Karboxylgruppe, die zweibasischen Säuren zwei Karboxylgruppen.
So bildet das Glykol sowohl den Glykolaldehyd als auch den Dialdehyd Glyoxal, und dieser liefert bei Oxydation eine Aldehydsäure (Glyoxylsäure) bzw. die Oxalsäure als zweibasische Säure:



Glykol — Glykolaldehyd, Glyoxal (Dialdehyd) — Glyoxylsäure (Aldehydsäure) — Oxalsäure (zweibasische Säure)

Wie bei den zweibasischen anorganischen Säuren kennen wir auch bei den Säuren mit zwei Karboxylgruppen zwei Reihen von Salzen: die neutralen und die sauren Salze. Auch die zweibasischen Säuren bilden eine homologe Reihe, deren Einzelglieder sich durch einen Mehrgehalt von jeweils einer CH_2-Gruppe unterscheiden [837]. Die zweibasischen Säuren sind stärkere Säuren als die entsprechenden einbasischen Säuren.
Vom Äthan $CH_3 \cdot CH_3$ leitet sich die Oxalsäure $COOH \cdot COOH$ ab,
vom Propan $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ die Malonsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot COOH$ und
vom Butan $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ die Bernsteinsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$.

[997] **Die Oxalsäure = Kleesäure.** Die Oxalsäure $HOOC \cdot COOH + 2\,H_2O$ ist die einfachste zweibasische Säure [836]. Sie entsteht durch Oxydation zahlreicher Kohlenstoffverbindungen, so z. B. beim Erwärmen von Zucker mit Salpetersäure und beim Erhitzen von Sägespänen mit Ätzkali. Die Oxalsäure ist eine kristalline Substanz, die in der Maßanalyse zur Bereitung von n-Säure [468] und zur Einstellung von Normalbasen beim Titrieren verwendet wird. Die Oxalsäure ist giftig und reagiert stark sauer. Ihre Salze sind die *Oxalate.*

Das bekannteste Oxalat ist das *Kalziumoxalat* [836], das in kristalliner Form in vielen Pflanzenzellen eingelagert ist. Die giftige Oxalsäure, die als Stoffwechselprodukt in den Pflanzen entsteht, wird durch Überführen in das wasserunlösliche Kalziumoxalat gebunden und damit für die Pflanzenzelle entgiftet.

Die *Malonsäure* [837] kommt in den Wurzeln der Runkelrübe vor. Beim Erhitzen geht sie unter Kohlendioxydabspaltung in Essigsäure über.

Die *Bernsteinsäure* entsteht bei der Trockendestillation des Bernsteins; sie findet sich in zahlreichen Pflanzen und auch im Bier, weil sie bei der alkoholischen Gärung als Nebenprodukt entsteht.

[998] **Oxysäuren, Aldehyd- und Ketonsäuren.** Oxysäuren enthalten außer der Karboxylgruppe noch eine oder mehrere Hydroxylgruppen im Molekül [838]. Sie sind Säuren und Alkohole zugleich. Daher können sie sowohl mit Alkoholen als auch mit Säuren unter Esterbildung zusammentreten. Je nach der Stellung der Hydroxylgruppe am karboxyltragenden oder an einem entfernteren Kohlenstoffatom unterscheidet man α-, β-, γ-, δ- usw. Oxysäuren.

Stellungsunterschiede: $\overset{\delta}{C}H_3 \cdot \overset{\gamma}{C}H_2 \cdot \overset{\beta}{C}H_2 \cdot \overset{\alpha}{C}H_2 \cdot COOH.$

So entsteht die Oxyessigsäure oder Glykolsäure [839] aus der Essigsäure durch Ersatz eines Wasserstoffatoms der Methylgruppe durch Hydroxyl. Sie hat die Formel $CH_2(OH) \cdot COOH$ und kommt in unreifen Weintrauben und in den Blättern des wilden Weines vor.

Außer den Alkoholsäuren oder Oxysäuren gibt es auch Aldehydsäuren und Ketonsäuren. Bei den einen tritt die Aldehydgruppe, bei den anderen die Ketongruppe auf. Das erste Glied in der Reihe der Aldehydsäuren ist die Glyoxylsäure $C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown O\end{matrix}\!\!-COOH$, die sich in unreifen Früchten findet.

Das erste Glied in der Reihe der Ketonsäuren ist die Brenztraubensäure $CH_3 \cdot CO \cdot COOH$. Ihr Name rührt daher, daß sie sich bei der Destillation von Weinsäure und Traubensäure bildet. Sie ist ein Zwischenprodukt bei der alkoholischen Gärung.

[999] **Die Milchsäure.** Die Gärungsmilchsäure ist eine α-Oxypropionsäure mit der Formel $CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$ [840]. Sie entsteht durch Einwirkung von Milchsäurebakterien (Bacterium acidi lactici) auf Milchzucker und andere Zuckerarten. Sie bildet sich beim Sauerwerden der Milch, im Sauerkraut, in den sauren Gurken und im Sauerteig. Ihre Salze sind die

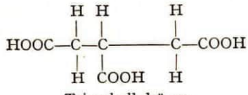
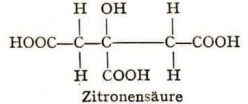
Laktate. Da die Milchsäure ein asymmetrisches Kohlenstoffatom [788] im Molekül besitzt, unterscheidet man zwei optisch aktive Isomere, die Rechtsmilchsäure und die Linksmilchsäure [840]. Läßt man polarisiertes Licht durch eine Schicht Gärungsmilchsäure gehen, so wird die Polarisationsebene nicht gedreht. Die Gärungsmilchsäure ist also ein Gemisch von gleich viel Molekülen Rechtsmilchsäure und Linksmilchsäure. Die *Rechtsmilchsäure* kann aus Fleischextrakt gewonnen werden und wird daher auch als Fleischmilchsäure bezeichnet. Sie findet sich im tierischen Muskel und spielt eine große Rolle bei der Muskelarbeit, wobei sie aus dem Muskelzucker (Glykogen) entsteht. Chemisch unterscheidet sie sich von der Gärungsmilchsäure nicht.

Gärungsmilchsäure (optisch inaktiv)
[= Linksmilchsäure + Rechtsmilchsäure]
↓ ↓
Linksmilchsäure (optisch aktiv) | Rechtsmilchsäure = Fleischmilchsäure (optisch aktiv) | (optisch aktiv)

Die β-Oxypropionsäure enthält kein asymmetrisches Kohlenstoffatom; also kann sie nicht optisch aktiv auftreten.

[1000] Zweibasische und dreibasische Säuren und Oxysäuren. Die zweibasischen Oxysäuren verfügen außer der Hydroxylgruppe über zwei, die dreibasischen über drei Karboxylgruppen.

Zweibasische Säuren		Zweibasische Oxysäuren	
HOOC—COOH	Oxalsäure	—	
	Malonsäure		Tartronsäure
	Bernsteinsäure		Apfelsäure = Monooxybernsteinsäure
			Weinsäure = Dioxybernsteinsäure

Dreibasische Säure	Dreibasische Oxysäure
 Tricarballylsäure	 Zitronensäure

Die *Äpfelsäure* $COOH \cdot CHOH \cdot CH_2 \cdot COOH$ ist eine Monooxybernsteinsäure [841]. Sie kommt in unreifen Äpfeln, Quitten, Weintrauben, Vogelbeeren und vielen anderen unreifen Früchten vor. Man gewinnt sie aus unreifen Vogelbeeren. – Die *Zitronensäure* [845] ist im Safte der Zitronen, der Apfelsinen, der Johannis- und Stachelbeeren, der Heidel- und Preißelbeeren enthalten und wird zur Herstellung von Limonaden verwendet.

[1001] **Die Weinsäure.** Als Dioxybernsteinsäure [842] findet sich die Weinsäure $HOOC \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot COOH$ besonders im Safte der Weintrauben als saures Kaliumsalz. Man nennt es Weinstein; es besitzt die Formel $HOOC \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot COOK$. Bei der Gärung des Traubensaftes scheidet sich der Weinstein [844] als schwer lösliches Salz am Boden der Fässer ab. Aus ihm gewinnt man die Weinsäure, die in großen, durchsichtigen Prismen kristallisiert. Man verwendet die Weinsäure als Säuerungsmittel in Fruchtessenzen und Limonaden und in Mischung mit doppeltkohlensaurem Natron als Backpulver und Brausepulver. Die Salze der Weinsäure heißen *Tartrate*.
Die Weinsäure besitzt zwei asymmetrische Kohlenstoffatome im Molekül. Wir unterscheiden die Rechts- und die Linksweinsäure [843] als optisch aktive Isomere. Ferner kennen wir zwei optisch inaktive Formen, die Mesoweinsäure, deren beide Molekülhälften das polarisierte Licht in entgegengesetzter Richtung drehen, so daß sich ihre optische Wirkung aufhebt, und die Traubensäure, die gleich viele Moleküle d-Weinsäure und l-Weinsäure enthält, so daß abermals der Betrag des Drehungsvermögens gleich Null ist. Vermischt man eine Lösung von Seignettesalz (Kaliumnatriumtartrat) mit einer Kupfersulfatlösung und gibt Alkalilauge hinzu, so entsteht die Fehlingsche Lösung [844], die zum Traubenzuckernachweis im Harn dient und sowohl vom Traubenzucker als auch ganz allgemein von den Aldehyden zu rotem Cu_2O reduziert wird.

134. Kapitel: Zyanverbindungen, Kohlensäurederivate und Aminoverbindungen

[1002] **Das Zyan.** Die Zyanverbindungen leiten sich von der Zyangruppe $-C\equiv N$ ab [846]. Diese Gruppe ist ein einwertiges Radikal, das sich in vielen Verbindungen als so fest zusammengehörig erweist, daß es wie ein Element von einer Verbindung in die andere übergeht. Für sich ist die Zyangruppe nicht beständig; sie lagert sich mit einer zweiten Zyangruppe zu $(CN)_2$ zusammen. In dieser Beziehung verhält sie sich wie ein elementares, zweiatomiges Gas. $(CN)_2$ ist ein Bestandteil der Hochofengase; es riecht nach bitteren Mandeln und verbrennt mit purpurgesäumter Flamme. Man bezeichnet es als *Dizyan*. Es ist sehr giftig.
Das Dizyan kann sich weiter zu Parazyan $(CN)_n$, einem braunen, amorphen Pulver, polymerisieren, das bei 800° wieder in Dizyan zerfällt. Dizyan zeigt

in vielen Beziehungen ähnliche Reaktionen wie Chlor. Es verbindet sich unmittelbar mit Wasserstoff, wenn man ein Gemenge beider Bestandteile mit dunklen elektrischen Entladungen behandelt oder erhitzt.

[1003] Die Blausäure HCN. Die Zyanwasserstoffsäure oder Blausäure $H \cdot C \equiv N$ ist eine einbasische Säure, die sich ähnlich wie die Halogenwasserstoffsäuren verhält [847]. Sie kommt im Amygdalin der bitteren Mandeln vor, das bei Gegenwart von Wasser durch das ebenfalls in den bitteren Mandeln enthaltene Enzym Emulsin in Bittermandelöl, Traubenzucker und Blausäure zerlegt wird. Die Blausäure ist eine farblose Flüssigkeit, die einen bittermandelartigen Geruch besitzt und schon bei 26° siedet. Sie gehört zu den stärksten Giften; ihre tödliche Dosis beträgt nur 0,05 g (Gegenmittel: chlorhaltige Luft oder H_2O_2). Als Säure ist die Verbindung schwach dissoziiert; sie gehört zu den schwächsten Säuren und rötet Lackmusfarbstoff kaum. Die Blausäure wird aus ihren Salzen, den Zyaniden, schon durch die schwache Kohlensäure in Freiheit gesetzt:

$$2\,KCN + CO_2 + H_2O \longrightarrow K_2CO_3 + 2\,HCN.$$

Technisch gewinnt man die Blausäure vielfach durch Destillation von gelbem Blutlaugensalz mit verdünnter Schwefelsäure.

[1004] Die Zyanide. Die Zyanide [848] werden durch zahlreiche technische Verfahren in großem Maßstabe dargestellt und dienen hauptsächlich zum Auslaugen von Gold und Silber aus ihren Erzen. Zyanide werden auch als Nebenprodukte in Gaswerken und Kokereien bei der Reinigung des Industriegases gewonnen. Alle einfachen Zyanide sind äußerst giftig.

Das *Kaliumzyanid* KCN [848] gehört zu den stärksten Giften. Es bildet farblose, zerfließliche Würfel, die sich in Wasser leicht lösen. Schon durch die Kohlensäure der Luft wird KCN in Kaliumkarbonat und Blausäure umgesetzt; deshalb riecht es stets nach Blausäure. Da Kalium-Ion eine starke Base, Zyan-Ion aber nur eine schwache Säure bildet, ist die Zyankaliumlösung hydrolytisch gespalten und reagiert stark alkalisch. Eine Lösung von Kaliumzyanid fällt fast alle Metallsalze aus:

$$KCN + AgNO_3 \longrightarrow AgCN\downarrow + KNO_3.$$

Die entstehenden Niederschläge lösen sich meist im Überschuß des Fällungsmittels (KCN) unter Bildung von komplexen Salzen auf. Daher verwendet man KCN-Lösung in der Galvanoplastik als Lösungsmittel für Schwermetallsalze. Der weiße, käsige Niederschlag von Silberzyanid AgCN, der dem Silberchloridniederschlag ähnlich sieht, löst sich bei Zusatz von überschüssigem Kaliumzyanid wieder auf unter Bildung eines komplexen Silberzyan-Ions:

$$AgCN + KCN \longrightarrow \underset{\text{Kaliumsilberzyanid}}{K\,[Ag(CN)_2]}$$

Das Kaliumsilberzyanid bildet in wässeriger Lösung nur die Ionen $K^{\cdot}$ und $[Ag(CN)_2]'$, zeigt also z. B. nicht die Reaktionen des Silber-Ions und des Zyan-Ions. Die Wertigkeit des komplexen Ions ergibt sich aus einer positiven Wertigkeit des Silbers minus zwei negativen Wertigkeiten der beiden Zyangruppen als negativ einwertig. $K[Ag(CN)_2]$ und $K[Au(CN)_2]$ werden zur galvanischen Versilberung bzw. Vergoldung gebraucht.

[1005] Die Blutlaugensalze. Besonders wichtig sind für die Praxis die komplexen Eisenzyanide [849]. Das *gelbe Blutlaugensalz* oder Kaliumeisen(2)zyanid hat die Formel $K_4[Fe(CN)_6]$. Der komplexe Charakter dieser Verbindung ergibt sich schon daraus, daß in wäßriger Lösung alle gewöhnlichen $Fe^{\cdot\cdot}$-Reaktionen ausbleiben, da der Komplex $[Fe(CN)_6]''''$ $\rightleftarrows$ $Fe^{\cdot\cdot} + 6\,CN'$ zu wenig ionisiert ist.

Die Zweiwertigkeit des Eisens ergibt sich aus folgender Berechnung: Den 6 Minusladungen der 6 Zyangruppen stehen 4 positive Wertigkeiten der 4 Kalium-Ionen gegenüber; also bleiben zwei negative Ladungen übrig, die durch die beiden positiven Ladungen des Eisens gebunden sein müssen. Das gelbe Blutlaugensalz gewinnt man aus der Gasreinigungsmasse der Gaswerke, die einen großen Teil des im Rohgas enthaltenen Zyans bindet.

Das gelbe Blutlaugensalz kristallisiert in schwefelgelben Kristallen von der Formel $K_4[Fe(CN)_6] + 3\,H_2O$ aus. Es ist nicht giftig, da das Zyan komplex gebunden ist. Aus dem gelben Blutlaugensalz können alle anderen Zyanverbindungen gewonnen werden. Bei Einwirkung von HCl entsteht die *Eisen(2)-zyanwasserstoffsäure* $H_4[Fe(CN)_6]$.

Beim Einleiten von Chlor in eine kalt gesättigte Lösung von gelbem Blutlaugensalz geht deren gelbe Farbe allmählich in Braun über. Das Chlor nimmt eine negative Ladung auf und geht in den Anionenzustand über ($Cl + \ominus \longrightarrow Cl'$). Hierdurch zeigt sich ein Übergang von $[Fe(CN)_6]''''$ in $[Fe(CN)_6]'''$, d. h. aus dem Eisen(2)zyan-Ion ist ein Eisen(3)zyan-Ion geworden. Kaliumeisen(2)zyanid ist in Kaliumeisen(3)zyanid $K_3[Fe(CN)_6]$ übergegangen, das man auch als rotes *Blutlaugensalz* bezeichnet.

Das rote Blutlaugensalz bildet rubinrote Kristalle. In der chemischen Analyse gehören die Blutlaugensalze zu den wichtigsten Reagenzien für das Eisen-Ion [850]:

	$Fe^{\cdot\cdot}$	$Fe^{\cdot\cdot\cdot}$
gelbes Blutlaugensalz	weißer Niederschlag	*Berliner Blau* Eisen(3)-Eisen(2)zyanid $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$
rotes Blutlaugensalz	Turnbulls Blau Eisen(2)-Eisen(3)zyanid $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	Braunfärbung

Durch einen Überschuß von Blutlaugensalz gehen beide tiefblaue Niederschläge in lösliche Form über und bilden wichtige Farbstoffe, die in der Färberei und technisch im Lichtpausverfahren angewendet werden.

[1006] **Die Zyansäure und ihre Abkömmlinge.** Durch Oxydationsmittel, wie z. B. Bleidioxyd, wird Kaliumzyanid beim Schmelzen zu Kaliumzyanat oxydiert: $K—C\equiv N + O \longrightarrow K—O—C\equiv N$

Kaliumzyanid — Kaliumzyanat

Das Kaliumzyanat ist ein Salz der sehr unbeständigen *Zyansäure* HOCN, die ihrer Zusammensetzung nach der unterchlorigen Säure HOCl entspricht. Ersetzt man den Sauerstoff des Kaliumzyanats durch Schwefel, so entsteht ein Salz von der Zusammensetzung KSCN, das *Kaliumrhodanid* [851]. Man erhält es durch Zusammenschmelzen von Kaliumzyanid mit Schwefel. Es ist ein Salz der *Rhodanwasserstoffsäure* HSCN [851]. Das Salz kristallisiert in farblosen Prismen, die in Wasser sehr leicht löslich sind. Die Kaliumrhodanidlösung ist eines der empfindlichsten Reagenzien auf Eisen(3)ion, mit dem es eine blutrote Färbung von Eisen(3)sulfozyanat ergibt:

$$FeCl_3 + 3\ KSCN \longrightarrow 3\ KCl + Fe(SCN)_3.$$

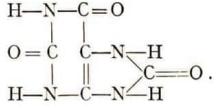
Die Rhodanwasserstoffsäure HSCN bildet mit Alkoholen Rhodanester = Sulfozyansäureester von der allgemeinen Formel R—SCN, bei denen Alkyl an Schwefel gebunden ist. Isomer damit sind die Senföle mit der Strukturformel R—N=C=S. Am bekanntesten ist das Allylsenföl von der Formel $C_3H_5 \cdot NCS$, das in schwarzem Senf als gelbliches, scharf riechendes Öl enthalten ist. Es zieht auf der Haut Blasen und ist der wirksame Bestandteil des medizinisch angewendeten Senfpflasters.

[1007] **Kohlensäurederivate.** Die Kohlensäure H_2CO_3 ist eine zweibasische Säure [852], die auch als Oxyameisensäure aufgefaßt werden kann: HO · COOH. Sie ist nur in wässeriger Lösung bekannt und zerfällt leicht in Kohlensäureanhydrid und Wasser: $H_2CO_3 \longrightarrow H_2O + CO_2\uparrow$.
Der Schwefelkohlenstoff CS_2 [853] entspricht formal dem Kohlendioxyd: $C\langle^{S}_{S}$: $C\langle^{O}_{O}$. Er entsteht beim Überleiten von Schwefeldämpfen über glühende Holzkohle. Schwefelkohlenstoff ist eine fast farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit, die sehr leicht entzündlich ist (Siedepunkt 46° C) und ein gutes Lösungsmittel für Fette, Öle, Schwefel und gelben Phosphor darstellt. Die Schwefelkohlenstoffdämpfe sind giftig. Man verwendet den Schwefelkohlenstoff zur Extraktion von Fetten und Ölen aus Samen und Früchten.
Die Salze der Kohlensäure werden der anorganischen Chemie zugerechnet. Nur ihre Chloride, Amide und Ester gehören zur organischen Chemie.

[1008] **Der Harnstoff $CO(NH_2)_2$.** Das Diamid der Kohlensäure ist unter dem Namen Harnstoff [854] bekannt. In ihm sind die beiden OH-Gruppen der Kohlensäure durch Amidogruppen (—NH_2) ersetzt: $C\langle^{NH_2}_{O}$.
$\quad\quad\quad

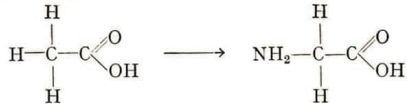
menschlichen Körper. Er wird mit dem Harn ausgeschieden. Technisch gewinnt man ihn durch Einwirkung von Kohlendioxyd auf Ammoniak bei Hochdruckkatalyse: $CO_2 + 2\,NH_3 \longrightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$.
Harnstoff ist eine schwache Base und bildet mit Säuren Salze. Einige komplizierte Ableitungsprodukte des Harnstoffes sind wichtige Schlafmittel, so z. B. Veronal. Unter Mitwirkung von Bakterien spaltet der Harnstoff Ammoniak ab (Ammoniakgeruch in Pferdeställen und Abortanlagen). Auch im Ackerboden findet diese Zersetzung durch Bakterien statt, wobei das entstehende Ammoniakgas durch nitrifizierende Bakterien zu Salpetersäure oxydiert wird, die sich mit Bodenbestandteilen zu Nitraten umsetzt. Technisch hergestellter Harnstoff wird als wertvoller stickstoffreicher Kunstdünger in der Landwirtschaft verwendet.

[1009] Die Harnsäure. Von anderer Struktur ist die Harnsäure. Sie bildet ein sechsgliedriges Kohlenstoff-Stickstoff-Skelett, das mit einem Harnstoffrest verknüpft ist:



Die Harnsäure findet sich in geringer Menge im Harn der Säugetiere und bildet als Ammoniumsalz den Hauptbestandteil des Vogelharnes und des Schlangenharnes. In Form schwer löslicher Salze bildet die Harnsäure sowohl die Blasensteine als auch bei der Gicht die Ablagerungen in den Gelenkknorpeln. Derivate der Harnsäure sind das Theobromin der Kakaobohnen und das Kaffein oder Thein, das den wirksamen Bestandteil der Kaffeebohnen und des Tees bildet. Es wird aus Teestaub gewonnen und kann auch synthetisch dargestellt werden. Kaffein ist ein bekanntes Herzmittel. Theobrominderivate bilden wirksame harntreibende Heilmittel.

[1010] Aminosäuren und Eiweißstoffe. Unter Aminosäuren [860] verstehen wir organische Säuren, in denen an Kohlenstoff gebundener Wasserstoff durch die Aminogruppe $-NH_2$ ersetzt ist. So entsteht aus der Essigsäure die Aminoessigsäure = Glykokoll:



Sowohl die Aminoessigsäure [859] als auch die höheren Aminosäuren, die den höheren Fettsäuren entsprechen, treten als Abbauprodukte von Eiweißstoffen auf. Das Alanin $CH_3 \cdot CH(NH_2)COOH$ ist die Aminopropionsäure, die Asparaginsäure $COOH \cdot CH(NH_2) \cdot CH_2 \cdot COOH$ ist die Aminobernsteinsäure. Die Aminosäuren sind amphotere Stoffe; sie sind ebensowohl Säuren

(Besitz der Karboxylgruppe —COOH) als auch Basen (Besitz der Aminogruppe $—NH_2$).
Die Eiweißstoffe [863] sind kompliziert gebaute Verbindungen mit sehr hohen Molekulargewichten. In diesen Verbindungen sind die einzelnen Aminosäuren amidartig verknüpft, d. h. die Aminogruppe des einen Moleküls ist mit der Karboxylgruppe des anderen Moleküls verbunden. Die amidartige Struktur ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß es Emil Fischer gelang, Aminosäuren zu Polypeptiden aufzubauen. Sie haben große Ähnlichkeit mit den natürlichen Peptonen, die als erste Abbauprodukte des Eiweißes im Magen auftreten. Durch Spaltungsmethoden gelang es Emil Fischer auch, aus den Eiweißstoffen eine Reihe von Aminosäuren zu isolieren.

135. Kapitel: Die Kohlenhydrate

[1011] Einteilung der Kohlenhydrate. Die Kohlenhydrate [791] bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und enthalten die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff in dem gleichen Gewichtsverhältnis, wie sie im Wasser vorkommen. Ihre vereinfachte Formel lautet $C_m(H_2O)_n$. Wie Emil Fischer nachwies, sind alle einfachen Zuckerarten chemisch als die ersten Oxydationsprodukte mehrwertiger Alkohole von Aldehydcharakter oder Ketoncharakter anzusehen. So bildet sich aus dem sechswertigen Alkohol $CH_2OH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot CH_2OH$ entweder die Aldose $CH_2OH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot C\begin{matrix}H\\ \diagdown\\ O\end{matrix}$ (= Traubenzucker) oder die Ketose $CH_2OH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot \overset{*}{C}HOH \cdot CO \cdot CH_2OH$ (= Fruchtzucker). Die meisten Zucker gehören zu den Aldosen und reduzieren Fehlingsche Lösung.
Wir teilen die Kohlenhydrate ein [794] in
a) einfache Zucker = Monosaccharide = Monosen $C_6H_{12}O_6$,
b) Disaccharide = Biosen $2\,C_6H_{12}O_6 - H_2O \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11}$,
c) Polysaccharide = Polyosen $(C_6H_{10}O_5)_n$.

[1012] Der Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$. Zu den Monosen gehören der Traubenzucker [797], der auch die Bezeichnung Dextrose oder d-Glukose führt, und der Fruchtzucker = Fruktose [799], die beide die gleiche Summenformel haben. Der Traubenzucker findet sich, meist zusammen mit dem Fruchtzucker, im Safte der Weintrauben und der meisten süßen Früchte. Er ist ein Bestandteil des Honigs, aus dem er sich oft körnig ausscheidet. Großtechnisch wird er durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Stärke (Hydrolyse) gewonnen [806]; dann fällt man die Sulfat-Ionen durch Kalk aus und dampft im Vakuum ein, wobei sich körnig-kristalliner Traubenzucker ausscheidet. Beim Auskristallisieren aus Wasser besitzt der Trauben-

zucker ein Molekül Kristallwasser: $C_6H_{12}O_6 + H_2O$, beim Auskristallisieren aus Alkohol ist er wasserfrei.
Die wässerige Lösung der d-Glukose dreht die Polarisationsebene des Lichtes stark nach rechts (Dextrose). Der Traubenzucker ist vergärbar [797]. Allgemein versteht man unter Vergärung eine langsame, meist mit Gasentwicklung verbundene Zersetzung organischer Substanzen. Man unterscheidet dann

a) die alkoholische Gärung durch Hefezellen, wobei aus Traubenzucker Äthylalkohol und Kohlendioxyd entstehen,
b) die Milchsäuregärung durch Milchsäurebazillen, die als Endprodukt Milchsäure liefert,
c) die Buttersäuregärung durch Buttersäurebakterien, die nur unter Ausschluß von Sauerstoff leben können,
d) die Essigsäuregärung des Alkohols durch Essigbakterien und
e) die schleimige Gärung durch Fadenpilze.

In der Natur finden sich zahlreiche Pflanzenstoffe, die als *Glukoside* bezeichnet werden und Derivate der Glukose sind. Sie liefern durch Hydrolyse mit Schwefelsäure oder durch Einwirkung von Enzymen (Fermenten) neben anderen Verbindungen in der Regel auch Glukose. So wird das Amygdalin der bitteren Mandeln und der Samen von Äpfeln und Birnen durch Säure oder durch das Ferment Emulsin in Glukose, Benzaldehyd und Blausäure hydrolytisch gespalten. Andere Glukoside sind das Koniferin in den Nadeln der Nadelbäume (Coniferae) und das Solanin in den Nachtschattengewächsen (Solanum = Kartoffel).

[1013] **Der Fruchtzucker.** Den Fruchtzucker [799] gewinnt man aus dem Inulin der Zichorienwurzel durch Hydrolyse mit verdünnter Säure. Er ist etwas süßer als Traubenzucker, aber bei weitem nicht so süß wie der Rohrzucker. Seine Lösung in Wasser dreht die Polarisationsebene nach links, und zwar stärker, als eine Lösung von Dextrose der gleichen Konzentration sie nach rechts dreht.
Glukose und Fruktose sind Isomere. Beide sind leicht oxydierbar und reduzieren daher ammoniakalische Silberlösung und Fehlingsche Lösung. Wasserstoff in statu nascendi verwandelt sie in sechswertige Alkohole.
Nach der Hypothese von A. v. Baeyer zerlegt das Chlorophyll der Pflanzen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes Kohlendioxyd in $CO + O$ und setzt das Kohlenoxyd zu Formaldehyd CH_2O um. Der Formaldehyd hat die Fähigkeit, sich zu polymerisieren. So entstehen in den Chlorophyllkörnern der Pflanzen Monosen von der Formel $C_6H_{12}O_6$, die dann meist sofort in unlösliche kolloidale Stärke übergehen.

[1014] **Der Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$.** Der Rohrzucker [800] findet sich hauptsächlich im Zuckerrohr und in der Zuckerrübe sowie in vielen Früchten. Man gewinnt ihn technisch durch Auslaugen der Rübenschnitzel [803], Ausfällen der im Rohsaft vorhandenen freien Säuren mit Ätzkalk und Aus-

scheiden des überschüssigen Kalkes durch Einleiten von Kohlendioxyd (Saturieren). Der Dünnsaft wird unter vermindertem Druck eingedickt und in der Kälte der Kristallisation überlassen.

Der Rohrzucker ist in Wasser sehr leicht löslich, in Alkohol hingegen nur schwer. Bei starkem Erhitzen bräunt er sich und geht in den glasig-amorphen Bonbonzucker über. Durch Kochen von Rohrzucker mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure findet eine hydrolytische Spaltung (unter Wasseraufnahme) in je ein Molekül Glukose und ein Molekül Fruktose statt:

$$\underset{\text{Rohrzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Fruchtzucker}}{C_6H_{12}O_6}$$

Wir bezeichnen diesen Vorgang als Inversion (Umkehrung) [802], weil die Lösung des Invertzuckers das polarisierte Licht nicht mehr nach rechts wie der Rohrzucker, sondern wegen der stärkeren Linksdrehung der Fruktose nach links ablenkt. Ein natürlicher Invertzucker ist der Honig, der 70 bis 80% Invertzucker enthält und daneben kleinere Mengen von Wachs, Eiweiß, Farb- und Riechstoffen, sowie Säuren und Salzen. Er entsteht aus dem Nektar der Blüten, welcher Rohrzucker enthält, durch Inversion im Honigmagen der Bienen unter Mitwirkung von Fermenten. – Kunsthonig ist durch Säuren invertierter Rohrzucker.

Am Rohrzuckermolekül sind durch die gegenseitige Bindung der Glukose und der Fruktose weder freie Aldehydgruppen noch freie Ketongruppen vorhanden. Daher zeigt die Rohrzuckerlösung auch keinen Aldehydcharakter und reduziert weder ammoniakalische Silberlösung noch Fehlingsche Lösung [801]. Rohrzucker ist nicht vergärbar. Da ein in den Hefezellen enthaltenes Enzym, die Invertase, die Inversion des Rohrzuckers durchführt, werden verdünnte Rohrzuckerlösungen trotzdem von Hefe angegriffen und der invertierte Zucker durch das Enzym Zymase der Hefezellen vergoren.

[1015] Milchzucker und Malzzucker. Zu den Disacchariden gehören auch der Milchzucker und der Malzzucker, welche Isomere des Rohrzuckers sind. Der Milchzucker ist in der Kuhmilch enthalten und verleiht dieser einen leicht süßen Geschmack. Man gewinnt ihn aus Molke, die nach dem Herausziehen von Fett- und Kaseinbestandteilen aus der Magermilch übrigbleibt. Beim Eindampfen der Molke kristallisiert er in harten weißen Kristallen aus, die sich in Wasser ziemlich langsam lösen und wenig süß sind.

Milchzucker ist rechtsdrehend und reduziert Fehlingsche Lösung. Durch Hydrolyse wird er in Glukose und Galaktose gespalten. Das Gerinnen und Sauerwerden der Milch ist auf Milchsäuregärung des Milchzuckers zurückzuführen. Mit Hilfe von Fermenten kann man auch eine alkoholische Gärung des Milchzuckers herbeiführen (Kefir).

Der Malzzucker (Maltose) bildet sich neben Dextrin durch Einwirkung von Diastase auf Zucker; er ist daher ein wichtiges Zwischenprodukt in der Gärungsindustrie. Seine Kristallnadeln sind in Wasser leicht löslich. Die Lösung wirkt stark rechtsdrehend und ist durch Hefe leicht zu Alkohol ver-

gärbar. Sie reduziert Fehlingsche Lösung. Beim Kochen mit verdünnter Säure entsteht ausschließlich Glukose.

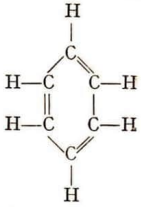
[1016] **Die Polysaccharide.** Die Polysaccharide sind meist nicht kristallisiert und besitzen keinen süßen Geschmack. Sie sind, wie die Disaccharide, als Anhydride der einfachen Zucker zu betrachten und verhalten sich meist optisch aktiv. Durch Hydrolyse werden sie schließlich in Monosaccharide gespalten. Ihre allgemeine Formel ist $n \cdot (C_6H_{12}O_6) - (n-1)H_2O$.
Nimmt n einen großen Wert an, wie dies bei der Stärke und der Zellulose der Fall ist, so kann man statt dessen annähernd die Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$ setzen, die auch durch die Elementaranalyse gefunden wird.
Als erstes sichtbares Assimilationsprodukt tritt in den Chlorophyllkörnchen unlösliche kolloidale Stärke auf [804]. Sie wird nachts, wenn die Pflanzen nicht mehr assimilieren, sondern nur noch atmen, in löslichen, kristalloiden Zucker zurückverwandelt. Dieser wandert in den Leitungsbahnen des Pflanzengewebes zu den Orten des Bedarfes, vor allem zu den Vegetationspunkten der Stengel und Wurzeln [810]. Der nicht verbrauchte Zucker wird zu den Reservespeichern geführt und dort wieder in Form von unlöslicher Stärke aufbewahrt. Bei der Keimung von Pflanzensamen usw. findet dann abermals eine hydrolytische Spaltung der Stärke in Zucker und eine Wanderung des Zuckers zu den Stellen des Verbrauchs statt.
Die Stärke ist ein geruch- und geschmackloses Pulver, das in kaltem Wasser unlöslich ist und in heißem Wasser zu einem Stärkekleister aufquillt. Beim Kochen mit verdünnten Säuren wird die Stärke in Glukose gespalten. Bei der Stärkespaltung treten als erste Zwischenprodukte die *Dextrine* [807] auf. Es sind gummiartige, wasserlösliche Polysaccharide, deren Molekulargewicht kleiner als das der Stärke ist. Die Dextrinlösungen dienen als Klebemittel. Dextrin entsteht auch beim Bügeln gestärkter Wäsche und verklebt beim Backprozeß die Rinde des Brotes.
Glykogen oder Leberstärke [811] findet sich im tierischen Organismus als Speicherstoff, besonders in der Leber und in den Muskeln. Es ist ein amorphes, farbloses Pulver, das bereits in kaltem Wasser aufquillt und bei Hydrolyse Glukose liefert. Der von den Blutbahnen aus dem Verdauungssystem entnommene Zucker gelangt in die Leber, die den Zuckergehalt des Blutes reguliert (0,5 g bis 1 g pro Liter). Bei Zuckerüberschuß wird dieser zu Glykogen polymerisiert und gespeichert. Auch die Muskeln können aus dem Blutzucker Glykogen bilden und diesen als Reservestoff für Stunden gesteigerter Muskelarbeit speichern.
Das Molekulargewicht der *Zellulose* [812] beträgt etwa 300 000. Die Zellulose bildet den Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwandungen. Man erhält sie durch Behandlung von Gespinstfasern mit verdünnten Säuren oder mit Alkalien. Die Zellulose ist unlöslich in Wasser, in Alkalien und verdünnten Säuren. Durch Behandlung mit Schwefelsäure wird sie hydrolytisch in Glukose gespalten. Man verwendet sie in der Textilindustrie (Baumwoll-, Flachs-, Jutefaser), ferner technisch zur Herstellung von Papier [815], Kunstseide [817ff.], Zellwolle [824] und zur Holzverzuckerung [806].

B. Die ringförmigen Kohlenwasserstoffe

136. Kapitel: Ringförmige Kohlenwasserstoffe I
(Benzol, Phenol, Nitro-, Amino- und Azoverbindungen)

[1017] Benzol und die Benzolkohlenwasserstoffe. Das Benzol [873] wird aus dem Steinkohlenteer gewonnen. Es ist eine wasserhelle, lichtbrechende Flüssigkeit von eigentümlich aromatischem Geruch. Es verbrennt mit leuchtender, stark rußender Flamme und besitzt ein hohes Lösungsvermögen für Fette, Harze und Kautschuk. Es findet als Lösungs- und Extraktionsmittel, als Motorentreibstoff und als Ausgangsstoff zur Herstellung zahlreicher Ringverbindungen Verwendung.

Kekulés Strukturformel des Benzols hat folgendes Aussehen:



Sie wird vereinfacht durch ein Sechseck dargestellt:

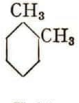


Die Homologen des Benzols enthalten an Stelle eines oder mehrerer Wasserstoffatome einen oder mehrere Alkylreste, und zwar meist die Methylgruppe —CH_3. Der Benzolwasserstoff ist dann durch Methyl substituiert.
Toluol $C_6H_5 \cdot CH_3$ ist Methylbenzol [889]. Es ist dem Benzol sehr ähnlich und wird aus dem Leichtöl des Steinkohlenteers gewonnen.
Das *Xylol* $C_6H_4(CH_3)_2$ [889] ist Dimethylbenzol. Es kommt ebenfalls im Steinkohlenteer vor. Die Benzolhomologen sind sämtlich Flüssigkeiten mit aromatischem Geruch. Ihre Siedepunkte steigen mit wachsendem Kohlenstoffgehalt an. Sie dienen zur Darstellung anderer aromatischer Verbindungen, und zwar besonders zur Darstellung von Farbstoffen.

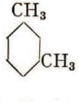
[1018] Die Isomerie bei den Benzolhomologen. Bei den mehrfach substituierten Benzolhomologen tritt Isomerie dadurch auf, daß die Methylgruppen innerhalb des Benzolkernes verschiedene Stellungen zueinander einnehmen können [874]; man benennt die sechs Kohlenstoffatome des Benzolringes der Reihe nach mit den Ziffern 1 bis 6 und bezeichnet

a) das 1—2-Substitutionsprodukt als Orthoverbindung,
b) das 1—3-Substitutionsprodukt als Metaverbindung,
c) das 1—4-Substitutionsprodukt als Paraverbindung.





o-Xylol



m-Xylol



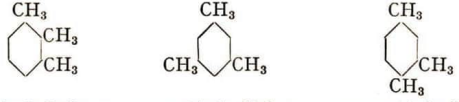
p-Xylol

Werden drei Wasserstoffatome des Benzols substituiert, so unterscheiden wir

a) die vizinale oder Nachbarstellung: Die drei Substituenten sind benachbart;

b) die symmetrische Stellung: Die drei Substituenten sind symmetrisch verteilt und sitzen abwechselnd mit den restlichen Wasserstoffatomen am Benzolkern;

c) die asymmetrische Stellung: Die drei Substituenten sind asymmetrisch (unregelmäßig) verteilt.



vizinale Stellung symmetrische Stellung asymmetrische Stellung

[1019] Das Phenol $C_6H_5 \cdot OH$. Werden Wasserstoffatome des Benzolringes durch Hydroxylgruppen ersetzt, so entstehen die *Phenole* [882]. Sie entsprechen den Alkoholen der Kettenkohlenwasserstoffe, unterscheiden sich aber von diesen durch ihren sauren Charakter.
Das *Phenol* oder die Karbolsäure $C_6H_5 \cdot OH$ [882] findet sich im Mittelöl des Steinkohlenteers. Es bildet farblose, lange Kristallnadeln, die sich an der Luft rötlich färben. Phenol hat einen teerartigen Geruch und Geschmack; es ist sehr giftig und wirkt antiseptisch (fäulniswidrig). In Wasser ist es schwer löslich, in Alkohol hingegen leicht. Die wässerige Lösung wird als Desinfektionsmittel benutzt. In Natronlauge löst sich das Phenol leicht unter Bildung von Natriumphenolat $C_6H_5 \cdot ONa$. Diese Reaktion des Phenols mit Basen zeigt seinen sauren Charakter an; man bezeichnet daher das Phenol auch als „Karbolsäure". Die Karbolsäure hat aber nichts mit den Karbonsäuren zu tun, die durch den Besitz der Karboxylgruppe ausgezeichnet sind.
An die Stelle der früher üblichen antiseptischen Wundbehandlung mit Karbolsäure ist in der moderneren Chirurgie die aseptische Behandlung getreten, die sich der Kresole und des Sublimats $HgCl_2$ bedient.
Die *Kresole* [890] haben die Formel $C_6H_4 \cdot CH_3 \cdot OH$. Von diesen Methylphenolen kennt man drei Isomere. Sie finden sich in geringer Menge im Steinkohlenteer und treten zum Teil auch als Fäulnisprodukte des Eiweißes auf (p-Kresol). Die Lösung der Kresole in Seifenwasser bezeichnet man als „*Lysol*" und verwendet sie als wirkungsvolles Desinfektionsmittel.

[1020] Mehrwertige Phenole und aromatische Äther. Die mehrwertigen Phenole entstehen durch Ersatz mehrerer Wasserstoffatome des Benzolkernes durch ebenso viele Hydroxylgruppen [886]. Sie haben in alkalischer Lösung stark reduzierende Eigenschaften und werden als photographische Entwickler verwendet. Die drei Isomeren der zweiwertigen Phenole sind:



Brenzkatechin
= o-Dioxybenzol
= 1,2-Dioxybenzol



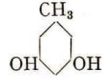
Resorzin
= m-Dioxybenzol
= 1,3-Dioxybenzol



Hydrochinon
= p-Dioxybenzol
= 1,4-Dioxybenzol

Das *Brenzkatechin* [887] findet sich in vielen Harzen und wird aus Buchenholzteer gewonnen. Es dient als Antiseptikum und zum Schnellräuchern des Fleisches, ferner als photographischer Entwickler.

Das *Resorzin* ist ebenfalls wegen seiner stark reduzierenden Wirkung ein photographischer Entwickler und wird als außerordentlich mildes Antiseptikum gebraucht. Es dient zur Herstellung von Vanillin, Fluoreszein, Eosin (rote Tinte) und zahlreicher Azofarbstoffe. Ein Homologes des Resorzins ist das Orzin, das 3,5-Dioxytoluol, das in zahlreichen Flechten vorkommt und die Muttersubstanz des kompliziert zusammengesetzten Lackmusfarbstoffes darstellt, der im chemischen Laboratorium als Indikator eine große Rolle spielt.



Orzin

Das *Hydrochinon* [887] ist einer der wichtigsten photographischen Entwickler.

Das *Pyrogallol* [888] = Pyrogallussäure ist das 1,2,3-Trioxybenzol mit der Konstitutionsformel $C_6H_3(OH)_3$ und der Strukturformel:



Pyrogallol

Seine farblosen, nadelförmigen Kristalle sind leicht in Wasser löslich. Sie nehmen in alkalischen Lösungen unter Braunfärbung leicht Sauerstoff auf, so daß sie in der Gasanalyse zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in Gasgemengen Verwendung finden. In der Photographie benutzt man Pyrogallol als kräftig wirkenden Entwickler. Man erhält ihn durch Erhitzen von Gallussäure, wobei Kohlendioxyd abgespalten wird:

$$C_6H_2(OH)_3 \cdot COOH \longrightarrow C_6H_3(OH)_3 + CO_2\uparrow$$

Der Hydroxylwasserstoff des Phenols ist durch Alkyl oder Phenyl ersetzbar. Es entstehen dann *fettaromatische Äther*, z. B. $C_6H_5—O—CH_3$ = Methylphenyläther (Anisol), oder *rein aromatische Äther*, z. B. $C_6H_5—O—C_6H_5$ = Diphenyläther.

[1021] Die Sulfoverbindungen. Die Wasserstoffatome des Benzolkernes können auch durch Sulfogruppen $—SO_2 \cdot OH$ ersetzt werden [881]. Durch Sulfurieren des Benzols entsteht die einbasische Monobenzolsulfonsäure:

$$C_6H_6 + H_2SO_4 \longrightarrow C_6H_5 \cdot SO_3H + H_2O.$$

Man verwandelt unlösliche Verbindungen in Sulfonsäuren, um sie wasserlöslich zu machen. So sind viele unserer gebräuchlichen Farbstoffe Sulfonsäuren oder deren Salze.

[1022] Nitro- und Aminoverbindungen. Wird der Wasserstoff des Benzolkernes durch die Nitrogruppe $-N\begin{matrix}O\\ \diagdown\\ \diagup\\ O\end{matrix}$ ersetzt, so erhalten wir die Nitrobenzole [879]. $C_6H_5 \cdot NO_2$ ist Mononitrobenzol. Es ist eine giftige Flüssigkeit, die wegen ihres intensiven Bittermandelgeruches zum Parfümieren billiger Seifen Verwendung findet und in den Anilinfabriken in großer Menge hergestellt wird. Aus Nitrobenzol gewinnt man das Anilin.

Das *Anilin* = Aminobenzol = Phenylamin $C_6H_5 \cdot NH_2$ ist eine farblose, an der Luft sich bräunende Flüssigkeit [880]; sie ist stark lichtbrechend, riecht unangenehm und ist ein heftiges Blutgift. Anilin ist das hauptsächlichste Rohmaterial zur Fabrikation von Anilinfarbstoffen. Es entsteht bei Einwirkung von naszierendem Wasserstoff auf Nitrobenzol:

$$C_6H_5 \cdot NO_2 + 6\,H \longrightarrow C_6H_5 \cdot NH_2 + 2\,H_2O.$$

Allgemein nennt man die durch Reduktion organischer Nitroverbindungen entstehenden Ammoniakabkömmlinge *Amine*. Man kann sie auch als Ammoniak auffassen, in dem ein oder mehrere Wasserstoffatome durch Kohlenwasserstoffreste ersetzt sind.

Wie man das Anilin als Ammoniak auffassen kann, in dem ein Wasserstoffatom durch Phenyl ersetzt ist, so kann man das salzsaure Anilin entsprechend als Ammoniumchlorid (NH_4Cl) auffassen, in dem ein Wasserstoff durch Phenyl substituiert wurde: $NH_3Cl \cdot C_6H_5$ = salzsaures Anilin.

[1023] Diazoverbindungen. Wenn man unter guter Kühlung salpetrige Säure auf eine Lösung von salzsaurem Anilin einwirken läßt, so entsteht Diazobenzolchlorid:

$$\begin{matrix}C_6H_5 \cdot N\,H_2 \cdot H\,Cl\\ +\ N\,O_2\,H\end{matrix} \longrightarrow 2\,H_2O + C_6H_5N{=}NCl.$$

Die entstehende Verbindung enthält das zweiwertige Stickstoffpaar —N=N—, das einerseits den Benzolring und andererseits den Säurerest der Salzsäure (das Cl) bindet. Man nennt Verbindungen, die mit einem zweiwertigen Stickstoffpaar zwischen Benzolkern und Säureradikal ausgerüstet sind, *Diazoverbindungen*. Sie haben die allgemeine Formel $C_6H_5{-}N{=}N{-}X$. Alle Diazoverbindungen sind wenig beständig und sehr reaktionsfähig. Daher sind sie für technische Synthesen wichtig.

[1024] **Azoverbindungen.** Diazoverbindungen tauschen leicht das Säureradikal gegen einen Kohlenwasserstoffrest aus:

$$\underset{\text{Diazobenzolchlorid}}{C_6H_5 \cdot N{=}N \cdot Cl} + \underset{\text{Anilin}}{C_6H_5 \cdot NH_2} \longrightarrow \underset{\text{Aminoazobenzol}}{C_6H_5 \cdot N{=}N \cdot C_6H_4 \cdot NH_2} + HCl$$

Es entstehen *Azoverbindungen*, wobei die Azogruppe —N=N— zwei Phenylreste verbindet. Das Aminoazobenzol färbt in schwach saurer Lösung Wolle und Seide direkt gelb (Anilingelb). Die Azoverbindungen werden aus Diazoverbindungen hergestellt. Es sind Farbstoffe, welche tierische Fasern ohne Verwendung von Beizen direkt gelb, rot, braun, blau und schwarz färben. Die Azogruppe ist in den Molekülen dieser Farbstoffe oft mehrfach vorhanden. Hierher gehören der als Indikator in der Chemie viel verwendete Farbstoff Methylorange, dessen gelbe Lösung beim Ansäuern in Rot umschlägt, und der Farbstoff Kongorot.

[1025] **Aromatische Alkohole.** Die aromatischen Alkohole entstehen durch Substitution an der Methylgruppe der Homologen des Benzols. So bildet das Toluol $C_6H_5 \cdot CH_3$ den Benzylalkohol $C_6H_5 \cdot CH_2OH$. Im Gegensatz zu den Phenolen ist das Hydroxyl in diesem Falle an die Seitenketten gebunden, während es beim Phenol direkt am Benzolkern hängt. Der Benzylalkohol weist daher auch keine Eigenschaften der Phenole auf, sondern entspricht in seinem chemischen Verhalten den Alkoholen der Methankohlenwasserstoffe. Dazu ist er umwandlungsfähig wie das Benzol. Das Toluol kann man als ein Methan CH_4 auffassen, bei dem ein Wasserstoff durch Phenyl—C_6H_5 ersetzt ist (Phenylmethan). Dann ist der Benzylalkohol ein Methylalkohol mit einem Phenylrest. Benzylalkohol ist eine farblose, in Wasser schwer lösliche Flüssigkeit, deren Ester in zahlreichen Balsamen und im Jasminblütenöl vorkommen.

137. Kapitel: Ringförmige Kohlenwasserstoffe II (Aldehyde, Säuren, Mehrfachringe, stickstoffhaltige Ringe)

[1026] **Benzaldehyd.** Der Benzaldehyd [884] ist oxydierter Benzylalkohol; auch seine Aldehydgruppe bildet eine Seitenkette am Benzolring. Er hat die Formel $C_6H_5 \cdot CHO$ und entspricht dem Formaldehyd $H \cdot CHO$. Er ist eine leicht oxydierbare, ölige Verbindung, die aus dem Amygdalin der bitteren Mandeln gewonnen wird. Man bezeichnet ihn daher auch als *Bittermandelöl*. Man verwendet ihn als Riechstoff für Liköre und Konditoreiwaren, in der Parfümerie und in der Farbstoffindustrie, da er sich mit Phenolen leicht zu Triphenylmethanderivaten kondensieren läßt, zu denen eine Reihe leuchtender Farbstoffe gehört.

[1027] **Die Benzoesäure.** Die Benzoesäure $C_6H_5 \cdot COOH$ entsteht durch Oxydation des Toluols [901]. Sie bildet glänzende weiße Plättchen, die in

kaltem Wasser schwer, in heißem Wasser, Alkohol und Äther leicht löslich sind. In der Natur findet man sie in den Preißelbeeren.
Das Natriumsalz der Benzoesäure C_6H_5COONa dient als Konservierungsmittel für Marmeladen und Früchte. Bei der Behandlung von Benzol mit konzentrierter Schwefelsäure entsteht die Benzolsulfonsäure:

$$C_6H_6 + SO_2(OH)_2 \longrightarrow H_2O + C_6H_5 \cdot SO_2 \cdot OH.$$

Ein Ammoniakderivat der Sulfonbenzoesäure $C_6H_4 \cdot SO_2 \cdot OH \cdot COOH$ ist der Süßstoff Saccharin. Er hat die Formel $C_6H_4\langle^{SO_2}_{CO}\rangle NH$. Diese Verbindung und ihr Natriumsalz $CH_4\langle^{SO_2}_{CO}\rangle NNa$, deren farblose Kristalle etwa 500 mal so stark süßen wie Rohrzucker, werden zum Süßen von Speisen und Getränken verwendet; sie besitzen aber keinen Nährwert.

[1028] **Zweibasische Säuren der aromatischen Reihe.** Die Phthalsäure $C_6H_4(COOH)_2$ [902] ist eine zweibasische Säure, deren Karboxylgruppen in der Orthostellung stehen. Sie entsteht durch Oxydation von o-Xylol:

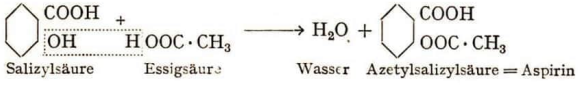


Technisch gewinnt man die Phthalsäure für die Indigofabrikation durch Oxydation von Naphthalin mit rauchender Schwefelsäure, wobei der eine Kern des Naphthalins gesprengt und die hierbei entstehenden beiden Seitenketten in Orthostellung zu Karboxylgruppen oxydiert werden. Aus dem Anhydrid der Phthalsäure gewinnt man die Farbstoffe Phenolphthalein [903] und Fluoreszein. Während letzteres durch eine intensive gelbgrüne Fluoreszenz auffällt, ist das Phenolphthalein ein wichtiger Indikator bei der Maßanalyse, da er sich in alkalischen Flüssigkeiten mit prächtig roter Farbe auflöst, in saurer Lösung hingegen keine Verfärbung erfährt.

[1029] **Salizylsäure.** Die Salizylsäure [904] ist eine Orthooxybenzoesäure mit der Formel $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOH$:



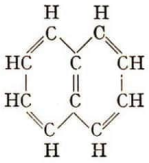
Sie ist ein kristallines Pulver, das in kaltem Wasser schwer löslich ist und gärunghemmend und fäulniswidrig wirkt. Man verwendet die Säure und das Natriumsalizylat $C_6H_4(OH)COONa$ zur Konservierung von Nahrungsmitteln, ferner zur technischen Darstellung von Aspirin:



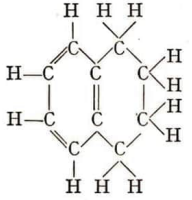
Salizylsäure Essigsäure Wasser Azetylsalizylsäure = Aspirin

[1030] Die Gallussäure. Die Gallussäure [905] ist eine Trioxybenzoesäure von der Formel $C_6H_2 \cdot (OH)_3 \cdot COOH$. Sie kommt in freiem Zustande im chinesischen Tee vor, ist im Tannin als Gallussäureglukoseester enthalten und findet sich neben viel Tannin in den Galläpfeln. Man gewinnt sie durch Kochen von Tannin mit verdünnten Säuren. Sie kristallisiert in feinen Nadeln, ist in kochendem Wasser leicht löslich und besitzt einen säuerlichen, zusammenziehenden Geschmack. Beim Erhitzen spaltet sie Kohlendioxyd ab und geht in Pyrogallol über. Man verwendet die Gallussäure zur Herstellung schwarzer Tinte. Die Haltbarkeit der „Urkundentinte" beruht auf der Tatsache, daß die Gallussäure mit einem Eisen(3)salz einen schwarzen Niederschlag bildet, während der Niederschlag beim Zusammenbringen mit Eisen(2)salzen nicht zustande kommt. Man mischt in Wasser gelöste Gallussäure mit einer Eisenvitriollösung ($Fe^{\cdot\cdot}$), die durch etwas Indigolösung blau angefärbt wird und etwas freie Säure enthält. Beim Auftragen der blassen Tintenschrift auf das Papier wird die Säure der Tintenflüssigkeit durch die basischen Stoffe des Papiers (Tonerde usw.) neutralisiert, so daß die Eisen(2)salze zu Eisen(3)salzen oxydiert werden; hierdurch entsteht in den Papierfasern der tiefschwarze Niederschlag. Da er nicht oberflächlich auf dem Papier haftet, kann er mechanisch nicht wieder entfernt (d. h. oberflächlich vom Papier abgehoben) werden.
Das Tannin [907] gehört zur Gruppe der Gerbstoffe, die im Pflanzenreich weit verbreitet ist. Die Gerbstoffe sind wasserlösliche Verbindungen von zusammenziehendem Geschmack, die Eiweißstoffe ausfällen und Tierhaut in Leder überführen (Gerberei).

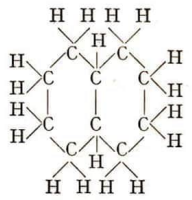
[1031] Das Naphthalin $C_{10}H_8$. Das Naphthalin [917], das aus dem Steinkohlenteer gewonnen wird, kristallisiert in glänzenden Plättchen aus, die stark und eigenartig riechen und leicht vergasen (Mottenpulver). In seinem chemischen Verhalten zeigt es Ähnlichkeit mit dem Benzol. Naphthalin ist unlöslich in Wasser, aber leicht löslich in heißem Alkohol; es findet hauptsächlich in der Farbenindustrie zur Erzeugung des Indigos Verwendung. Chemisch ist das Naphthalin eine Verbindung aus zwei kondensierten Benzolkernen und hat die Strukturformel



Das Naphthalin $C_{10}H_8$ ist Ausgangspunkt für zahlreiche Substitutionsprodukte, die denen des Benzols vollkommen analog sind. Den Phenolen entsprechen die Naphthole $C_{10}H_7 \cdot OH$ usw., dem Nitrobenzol entspricht das Nitronaphthalin $C_{10}H_7 \cdot NO_2$, dem Anilin das Naphthylamin $C_{10}H_7 \cdot NH_2$. Die Naphthylamine dienen zur Herstellung wertvoller Azofarbstoffe. Durch katalytische Hydrierung erhält man Verbindungen, bei denen der eine Kern oder beide Kerne des Naphthalins völlig hydriert sind:



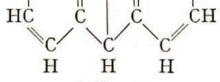
Tetralin
= Tetrahydronaphthalin
$C_{10}H_{12}$



Dekalin
= Dekahydronaphthalin
$C_{10}H_{18}$

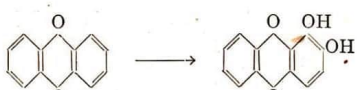
Da beim Dekalin alle Doppelbindungen aufgelöst sind, ähnelt es in seinem Verhalten den Kettenverbindungen. Tetralin und Dekalin sind gute Lösungsmittel für viele organische Verbindungen. Sie dienen als Brennstoffe für Motoren und als Ersatzmittel für Terpentinöl in Firnissen und Lacken.

[1032] **Das Anthrazen $C_{14}H_{10}$.** Das Anthrazen [918] ist ebenfalls ein Destillationsprodukt des Steinkohlenteers. Es besteht aus drei kondensierten Benzolringen und bildet farblose, violett fluoreszierende Tafeln. Anthrazen ist der Ausgangsstoff für die Darstellung der wichtigen Alizarinfarben.



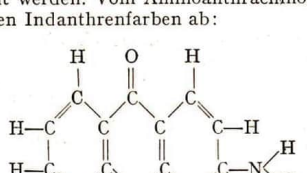
Anthrazen

Bei der Oxydation entsteht aus Anthrazen das Anthrachinon, ein gelbes Pulver, das zur technischen Darstellung des Alizarins, des roten Farbstoffes der Krappwurzel, dient. Alizarin ist 1,2-Dioxyanthrachinon:

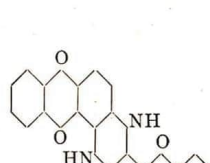


Anthrachinon Alizarin

Das Alizarin bildet mit Metallen prächtig gefärbte, unlösliche Verbindungen, die sich durch Licht- und Luftbeständigkeit auszeichnen und Farblacke genannt werden. Vom Aminoanthrachinon leiten sich die licht- und waschechten Indanthrenfarben ab:



Aminoanthrachinon

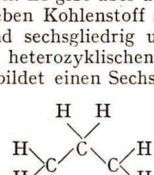


Indanthrenblau

[1033] **Das Pyridin C_5H_5N.** Im Benzolmolekül haben sich sechs Kohlenstoffatome zu einem Ring zusammengeschlossen. Es gibt aber auch Verbindungen, in denen Stickstoff und Schwefel neben Kohlenstoff als Ringglieder auftreten. Derartige Ringe sind fünf- und sechsgliedrig und werden als *heterozyklische Ringe* bezeichnet. Zu den heterozyklischen Verbindungen gehört das Pyridin [921]. Sein Molekül bildet einen Sechserring wie das



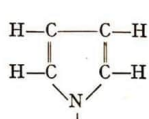
Pyridin



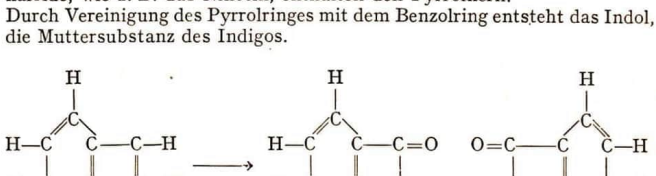
Piperidin

Benzol, wobei ein Stickstoffatom an Stelle einer CH-Gruppe steht. Pyridin findet sich im Steinkohlenteer und ist eine in Wasser lösliche, alkalisch reagierende Flüssigkeit von eigenartigem, starkem Geruch. Es dient zur Denaturierung des Weingeistes. Beim Behandeln mit Wasserstoff in statu nascendi werden die drei Doppelbindungen gelöst und mit Wasserstoff gesättigt. Es entsteht das pfefferartig riechende Piperidin $C_5H_{10}NH$, das in enger Beziehung zu einigen Alkaloiden steht.

[1034] Der Pyrrolkern. Der Pyrrolkern ist ein fünfgliedriger Ring aus 4 Kohlenstoffatomen und einem Stickstoffatom, der als Träger von 5 Wasserstoffatomen auftritt:



Pyrrol ist eine farblose, am Licht sich bräunende Flüssigkeit, die aus dem Steinkohlenteer und aus den Destillaten von Knochen gewonnen oder auch synthetisch aufgebaut werden kann.
Der Blutfarbstoff Hämoglobin, das Chlorophyll der Pflanzen und einige Alkaloide, wie z. B. das Nikotin, enthalten den Pyrrolkern.
Durch Vereinigung des Pyrrolringes mit dem Benzolring entsteht das Indol, die Muttersubstanz des Indigos.



Indol Indigoblau

In der Indigopflanze und im Färberwaid findet man Indikan, das durch ein Ferment oder durch Säuren gespalten das schwachgelbliche Indoxyl liefert. Dieses führt man durch Oxydation in Indigoblau über. Die Gewinnung aus dem Pflanzensaft tritt jetzt völlig durch die technische Gewinnung aus Anilin in den Hintergrund. Durch Reduktion geht das in den meisten Lösungsmitteln unlösliche Indigoblau in Indigoweiß über, das in Alkalien löslich ist und durch Oxydation wiederum in Indigoblau verwandelt werden kann. Es ist auch möglich, das unlösliche Indigoblau durch Sulfonierung in die lösliche Indigosulfonsäure überzuführen.

Best.-Nr. 16330/31 1.-8,5. Tsd. – Lizenz Nr. 334 · 1000/50–VI–10/50 – Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft – Herausgeber: Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin/Leipzig – Schriftleitung: Leipzig S 3, Arthur-Hoffmann-Straße 175 – Satz: VEB Offizin Haag-Drugulin, Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg. 8)

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAG · BERLIN / LEIPZIG

Fragen und Aufgaben aus der anorganischen und der organischen Chemie

1. Was verstehen Sie unter Oxydation?
2. Welche verschiedenen Möglichkeiten der Oxydation kennen Sie?
3. Nennen Sie bekannte Oxydationsmittel! (Formeln!)
4. Wieviel Gramm Sauerstoff werden beim Zersetzen von 50 g Quecksilberoxyd frei?[1])
5. Wieviel Gramm und Liter (0° C, 760 mm Hg) Sauerstoff erhält man durch Erhitzen von 50 g Kaliumchlorat?
6. Um wieviel Gramm erhöht sich das Gewicht von 50 g Eisenpulver, wenn wir es in einem Luftstrom glühen und dabei in Fe_3O_4 überführen?
7. Was verstehen Sie unter Reduktion?
8. Nennen Sie die verschiedenen Möglichkeiten der Reduktion!
9. Stellen Sie die wichtigsten Reduktionsmittel zusammen! (Formeln!)
10. a) Wieviel Gramm und Liter (0° C, 760 mm Hg) Wasserstoff entstehen im Kippschen Apparat bei der Einwirkung von 300 g Schwefelsäure auf Zink? – b) Wieviel Gramm Zink werden hierbei verbraucht? – c) Wieviel Kilogramm kristallisiertes Zinksulfat (Zinkvitriol) können beim Eindampfen der Lösung gewonnen werden?
11. a) Wieviel Gramm und Liter (0° C, 760 mm Hg) Wasserstoff werden beim Überleiten von Wasserdampf über 100 g glühendes Eisenpulver in Freiheit gesetzt? – b) Wieviel Gramm Fe_3O_4 entstehen hierbei?
12. In einem Glührohr erhitzen wir 50 g Kupfer(2)oxyd und leiten Wasserstoffgas darüber. a) Wieviel Gramm und Liter (0° C, 760 mm Hg) Wasserstoff sind zur Reduktion des Kupfer(2)oxyds zu metallischem Kupfer notwendig? – b) Wieviel Gramm Zink und wieviel Gramm Schwefelsäure liefern den erforderlichen Wasserstoff? – c) Wieviel Gramm Wasser entstehen bei der Reduktion?
13. Beim Überleiten trockener Luft über glühendes Kupfer erhalten wir 150 g Kupfer(2)oxyd. Wieviel Litern Luft wird hierbei unter Normalverhältnissen der Sauerstoff entzogen?

[1]) Lösen Sie die stöchiometrischen Aufgaben ohne Benutzung von Hilfsmitteln! Verwenden Sie nur die Tabelle 1 (Atomgewichte) im Chemie-Lehrbrief 1, S. 31!

14. Nennen Sie die Identitätsreaktionen für folgende Elemente und Verbindungen und bilden Sie die dazugehörigen Reaktionsgleichungen!

a) Cl'	d) Na	g) CO_2
b) $Fe^{\cdot\cdot}$	e) HNO_3	h) O
c) $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	f) NH_3	i) SO_4''

15. Was verstehen Sie unter säurebildenden und basenbildenden Oxyden? Erklären Sie die Namengebung!
16. Nach welchen Regeln kann man die Säuren aus ihren Salzen gewinnen? Bilden Sie Beispiele!
17. a) Wieviel Kilogramm Natronsalpeter werden bei der Gewinnung von 100 kg 40%iger Salpetersäure verbraucht? – b) Wieviel Kilogramm Kalisalpeter würde die gleiche Ausbeute an Salpetersäure ergeben? – c) Wieviel Kilogramm konzentrierte Schwefelsäure werden hierbei verbraucht?
18. Erklären Sie den Ausdruck „Neutralisation"!
19. Was verstehen Sie unter Äquivalenz und unter Äquivalentgewicht?
20. Wieviel Gramm Natronlauge von 15% sind notwendig, um 300 g Salpetersäure von 40% zu neutralisieren?
21. Im Laboratorium eines chemischen Betriebes wird bei der Untersuchung einer Natronlauge unbekannter Konzentration mit $^1/_{10}$n-Oxalsäure titriert. Zur Neutralisation von 25 cm^3 Lauge werden 20 cm^3 $^1/_{10}$n-Oxalsäure verbraucht. Wie groß ist der Prozentgehalt der Natronlauge?
22. Zur Wasseruntersuchung auf Chlor wird in einem Betriebslaboratorium eine $^1/_{10}$n-Silbernitratlösung zur Titration gebraucht. Wie kann diese hergestellt werden?
23. Welche Säuren des Chlors kennen Sie, und wie heißen deren Salze? (Formeln!)
24. Wie gewinnt man Salzsäure in der Technik?
25. Welche Oxydationsmittel dienen zur Chlordarstellung aus Salzsäure?
26. Wieviel Gramm und Liter Chlor (0° C, 760 mm Hg) entstehen durch Oxydation von Salzsäure zu Wasser mittels 300 g Braunstein MnO_2? Die Reaktionsgleichung lautet:

$$MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2\,H_2O + Cl_2\uparrow.$$

27. In einem mitteldeutschen Kaliwerk enthält die Carnallitlauge 0,31% $MgBr_2$. a) Wieviel Kilogramm Br können aus 15000 kg dieser Mutterlauge gewonnen werden, wenn 3,5% Verluste entstehen? – b) Wieviel Kilogramm Braunstein von 84% MnO_2-Gehalt und wieviel 40,4%ige Salzsäure werden zur Herstellung des Chlors verbraucht, das zum Austreiben des Broms notwendig ist, wenn ein Überschuß von 1 Gewichtsprozent Chlor zur Deckung von Verlusten erforderlich ist? (Gleichung: $MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2\,H_2O$).
28. Wie stellt man Flußsäure her, und wozu verwendet man sie?
29. Wie wird die photographische Trockenplatte hergestellt?
30. Welche Vorgänge spielen sich beim Belichten, beim Entwickeln und beim Fixieren der photographischen Platten ab?

31. Wie erkennt man Sulfate? Geben Sie die Gleichung für den Nachweis irgendeines Sulfates in molekularer Schreibweise und in Ionenform an!
32. a) Wieviel Kilogramm einer 15%igen Ammoniaklösung braucht man, um 20 kg 55%ige Schwefelsäure zu neutralisieren? – b) Was entsteht hierbei? – c) Wozu wird das Endprodukt verwendet?
33. In einem Pyritwerk der Deutschen Demokratischen Republik wird Pyrit mit 8,7% Gangart verarbeitet. Wieviel Tonnen Eisen(3)oxyd bleiben beim Abrösten von 7,5 t Pyrit übrig?
34. Wieviel t Kammersäure (H_2SO_4, 60%ig) können im Bleikammerwerk aus den 7,5 t Pyrit der Aufgabe 33 gewonnen werden, wenn im Fabrikationsgang 3,8% Verluste an Schwefeldioxyd eintreten?
35. In einer Akku-Ladestation sollen 1000 kg verdünnte Schwefelsäure als Akkumulatorensäure verwendet werden. Die Säure enthält 0,01% Arsen als Arsentrioxyd, das vorher durch Schwefelwasserstoff ausgefällt werden muß. Wieviel 80%iges Schwefeleisen muß zur Darstellung des hierfür erforderlichen Schwefelwasserstoffs verwendet werden, wenn 0,2 Gewichtsprozent H_2S bei der Fällung verlorengehen? (Atomgewicht As = 75)
36. Wodurch unterscheiden sich Stickoxyd und Stickstoffdioxyd?
37. Wie verläuft die Haber-Bosch-Ammoniaksynthese?
38. Wie können wir in Deutschland Salpetersäure gewinnen?
39. Wodurch unterscheidet sich die Salpetersäure von den übrigen starken anorganischen Säuren?
40. a) Welche Wechselwirkung zeigt sich zwischen Kupfer und Salpetersäure? Erklären Sie die Erscheinung elektrochemisch! – b) Woran erkennt man schon äußerlich das Ablaufen der Reaktion zwischen dem Kupfer und der Salpetersäure?
41. In einem Betriebslaboratorium füllt man bei einer quantitativen Bestimmung 100 cm^3 einer zu untersuchenden Kochsalzlösung mit destilliertem Wasser auf 1000 cm^3 auf, entnimmt von der verdünnten Lösung 10 cm^3 mit einer Vollpipette, gießt diese Menge in ein Becherglas und versetzt sie mit Silbernitratlösung so lange, bis sich kein Niederschlag mehr bildet. Wieviel Prozent NaCl enthält die Lösung, wenn man eine Silberchloridfällung von 201,6 mg festgestellt hat?
42. Welche technischen Verfahren dienen zur Bindung des Luftstickstoffes, und welche Erstprodukte entstehen hierbei?
43. Was entsteht beim Verbrennen von 20 g P, und wieviel entsteht von dieser Verbindung?
44. Die Orthophosphorsäure H_3PO_4 kann man durch Oxydation von Phosphor mit Salpetersäure gewinnen. – Wieviel Gramm P müssen mit Salpetersäure erhitzt werden, wenn man 250 g Phosphorsäure erhalten will?
45. Im Betriebslaboratorium eines Phosphor erzeugenden Werkes soll festgestellt werden, wieviel Phosphor aus 20 kg Rohstoff gewonnen werden kann. Als Rohstoff liegt ein Phosphorit vor, dessen Analyse einen Gehalt von 65% $Ca_3(PO_4)_2$ ergibt. Er soll im elektrischen Schmelzofen ver-

arbeitet werden, wobei man im Fabrikationsgang mit einem Verlust von 5% Phosphor rechnen muß.

46. Woher bezieht die Pflanze ihre Nährstoffe? – Welche Elemente sind für die Ernährung der Pflanze unentbehrlich, und welche davon sind Mangelstoffe im Ackerboden?
47. Geben Sie eine Zusammenstellung der wichtigsten künstlichen Düngemittel mit kurzer Angabe der Herstellungsverfahren!
48. Die Analyse eines Arsenerzes ergab in 100 Gewichtsteilen 61 Gewichtsteile Arsen und 39 Gewichtsteile Schwefel. Wie heißt die chemische Formel der Verbindung? (Atomgewicht des Arsens = 75)
49. Die Analyse eines zweiten Arsenerzes ergab 48,4% Arsen und 51,6% Schwefel. Wie heißt die Formel dieses Erzes?
50. Welche verschiedenen Kohlearten kennen Sie, und wo werden sie in Deutschland abgebaut?
51. Woraus besteht das Stadtgas? – Welche nichtbrennenden Anteile sind in ihm enthalten?
52. Wie kann man Kohlendioxyd im Laboratorium und großtechnisch darstellen?
53. Wieviel Gramm Kohlendioxyd entstehen, wenn man 250 g reinen Marmor mit Salzsäure übergießt?
54. Wieviel Gramm Marmor werden gebraucht, wenn man mit dem entstehenden Kohlendioxyd einen Zylinder mit dem Radius $r = 6{,}5$ cm und der Höhe $h = 50$ cm füllen will?
55. Was ist hartes Wasser? Mit welcher Maßeinheit bezeichnet man die Wasserhärte? – Wie kann man das Wasser enthärten?
56. Das Betriebslaboratorium eines Metallwerks untersucht Neusilberproben auf ihren Kupfer- und Nickelgehalt. Beide Metalle werden gewichtsanalytisch als Kupfer bzw. als Nickeloxyd bestimmt. Bei einer Probe werden 0,8565 g Späne eingewogen. Die Auswaagen betragen 0,5080 g Cu und 0,0425 g NiO, wobei sich der zweite Wert auf den fünften Teil der Einwaage bezieht. Wie hoch waren der Kupfer- und der Nickelgehalt der Probe?
57. Nennen Sie das wichtigste technische Verfahren zur Herstellung von Soda! – Beschreiben Sie den Fabrikationsgang!
58. Wie kommt es, daß Sodalösung rotes Lackmuspapier blau färbt?
59. Was ist eine kolloide Lösung, und woran erkennt man sie?
60. Was verstehen Sie unter Molvolumen? Wie kann man das Molvolumen errechnen? – Welche Vorteile bietet die Rechnung mit dem Molvolumen? Was ist bei derartigen Berechnungen zu beachten?
61. Wodurch unterscheiden sich „Äquivalentgewicht" und „Val"? Wie berechnet man das Äquivalentgewicht der wichtigsten Verbindungstypen?
62. Wodurch unterscheidet sich die Molekularkonzentration von der Äquivalentkonzentration?
63. Was sind Normallösungen, und wozu dienen sie?
64. Was gibt der Dissoziationsgrad an? – Welche Bedeutung kommt dieser Größe zu?

65. Welche Aufgabe hat die Ionengleichung zu erfüllen?
66. Was verstehen Sie unter gesättigten Kohlenwasserstoffen? – Welche gesättigten Kohlenwasserstoffe kennen Sie? – Was wissen Sie allgemein von ihnen?
67. Welche drei homologen Reihen von Kohlenwasserstoffen sind Ihnen bekannt? – Wie heißen ihre Grundglieder und deren Formeln? – Wie lauten die allgemeinen Formeln? – Wodurch sind diese Verbindungen charakterisiert?
68. Welche Halogenverbindungen der gesättigten Kohlenwasserstoffe spielen praktisch eine Rolle, und wozu werden sie verwendet? (Formeln!)
69. Warum verwendet man in der Technik trotz des geringen Heizwertes lieber Generatorgas als Wassergas?
70. Nach welchen Verfahren gewinnt man synthetisches Benzin?
71. Was ist ein exothermer, was ein endothermer Vorgang? Wie drückt man die thermochemischen Veränderungen in der Gleichung aus?
72. Wie unterscheiden sich Naturkautschuk und Buna in chemischer Hinsicht?
73. Begründen Sie die Notwendigkeit der Vulkanisation! Wie wird die Vulkanisation technisch durchgeführt?
74. Schildern Sie den Fabrikationsgang bei der Bunagewinnung!
75. Was sind Alkohole?
76. Wie unterscheiden sich primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole?
77. Was sind einwertige, zweiwertige und dreiwertige Alkohole?
78. Was ist alkoholische Gärung?
79. Was ist Malz? Wie wird es gewonnen, und wozu dient es?
80. Welche Möglichkeiten der Alkoholgewinnung sind Ihnen bekannt?
81. Welche Verbindungen entstehen nacheinander durch Oxydation der primären Alkohole? Durch welche Charaktergruppen sind diese Verbindungen gekennzeichnet?
82. Welche Eigenschaften besitzen die Aldehyde?
83. Wozu wird Formaldehyd verwendet?
84. Nennen Sie die wichtigsten Fettsäuren mit Namen und Formeln und dazu die allgemeine Formel der gesättigten Fettsäuren!
85. Wie ist es zu erklären, daß die Ameisensäure als einzige Fettsäure Fehlingsche Lösung reduziert?
86. Wie gewinnt man die Essigsäure?
87. Stellen Sie die allgemeine Gleichung der Esterbildung auf!
88. Was sind Fette chemisch, und aus welchen Bestandteilen setzen sie sich vorwiegend zusammen?
89. Woraus besteht die Milch, und wie erklärt sich das Sauerwerden der Milch?
90. Was sind Seifen, und wie stellt man sie technisch her?
91. Wie kann man Seife auch ohne den Rohstoff Fett gewinnen?
92. Warum soll man die Wäsche nicht mit hartem Wasser waschen?
93. Leiten Sie von der Essigsäure die Formeln für die Chloressigsäuren und die Aminoessigsäure ab!

94. Was sind Oxyfettsäuren?
95. Erklären Sie am Beispiel der Milchsäure die verschiedenen Stellungsmöglichkeiten der Hydroxylgruppe innerhalb des Moleküls!
96. Welches ist die einfachste zweiwertige organische Säure? – Welche anderen zweiwertigen organischen Säuren sind Ihnen bekannt? – Welche Oxysäuren leiten sich von diesen ab?
97. Wie weist man Eisen(2)salze und Eisen(3)salze nach?
98. Wie stellt man Harnstoff her, und welche Bedeutung hat er?
99. Was sind Kohlenhydrate, und wie teilt man sie ein?
100. Ordnen Sie die Ihnen bekannten Kohlenhydrate in diese Einteilung ein!
101. Wie weist man Traubenzucker im Harn nach?
102. Was ist Invertzucker? Wie wird er gebildet? Nennen Sie einen natürlich vorkommenden Invertzucker!
103. Welche Arten von Kunstseide unterscheidet man? – Wie wird die Viskosekunstseide hergestellt?
104. Zeichnen Sie die Konstitutionsformel des Benzols auf! Von wem stammt sie?
105. Welche Verbindungen entstehen aus dem Benzol, wenn man ein Wasserstoffatom durch die Nitro-, Amino-, Methyl- und Hydroxylgruppe ersetzt?

Lösungen zu den Fragen und Aufgaben aus der anorganischen und der organischen Chemie

1. Oxydation ist ein Elektronenentzug; Oxydationsmittel wirken Elektronen entziehend.
2. a) Sauerstoff wirkt oxydierend, weil er z. B. den Metallen zwei Elektronen entzieht und sich selbst eine Achterschale aufbaut. Oxydation ist Vereinigung mit Sauerstoff.
   b) Chlor und andere elektronenentziehende Mittel wirken ebenfalls oxydierend. Oxydation ist auch Vereinigung mit Chlor und anderen elektronenentziehenden Stoffen.
   c) Ionen können oxydierend wirken, wenn sie durch Aufnahme von Elektronen in einen anderen Ladungszustand übergehen, z. B. $Fe^{\cdots} + \ominus \longrightarrow Fe^{\cdot\cdot}$.
   d) Eine Oxydation auf elektrischem Wege ist die anodische Oxydation, wobei Elektronenaufnahme durch die Anode erfolgt.
3. Zu den schwachen Oxydationsmitteln gehören Jod, Eisen(3)salze, Silbersalze und Arsentrioxyd As_2O_3.

   Stärkere Oxydationsmittel sind die Chromate (z. B. Na_2CrO_4), die Bichromate (z. B. $K_2Cr_2O_7$), Chromtrioxyd CrO_3, Braunstein MnO_2, Chlor, Chlorkalk, die Hypochlorite (z. B. NaClO und KClO), Wasserstoffperoxyd H_2O_2, die Chlorate (z. B. $KClO_3$) und die Perchlorate (z. B. $KClO_4$).

Starke Oxydationsmittel sind Kaliumpermanganat $KMnO_4$, Ozon O_3, Fluor und Salpetersäure HNO_3.

4. $HgO \longrightarrow Hg + O\uparrow$
   216,6 16
   216,6 g Quecksilberoxyd liefern 16 g Sauerstoff
   50 g Quecksilberoxyd liefern x g Sauerstoff

$$\frac{216{,}6}{50} = \frac{16}{x}; \quad x = \frac{16 \cdot 50}{216{,}6} \approx 3{,}7$$

Es werden 3,7 g Sauerstoff frei.

5. a) $KClO_3 \longrightarrow KCl + 3\,O\uparrow$
   122,5 48
   122,5 g Kaliumchlorat liefern 48 g Sauerstoff
   50 g Kaliumchlorat liefern x g Sauerstoff

$$\frac{122{,}5}{50} = \frac{48}{x}; \quad x = \frac{48 \cdot 50}{122{,}5} \approx 19{,}6$$

Man erhält 19,6 g Sauerstoff.

b) $2\,KClO_3 \longrightarrow 2\,KCl + 3\,O_2\uparrow$
   245 67,2 l
   245 g Kaliumchlorat liefern 67,2 l Sauerstoff
   50 g Kaliumchlorat liefern y l Sauerstoff

$$\frac{245}{50} = \frac{67{,}2}{y}; \quad y = \frac{67{,}2 \cdot 50}{245} \approx 13{,}7$$

Man erhält 13,7 l Sauerstoff (0° C, 760 mm Hg).

6. $3\,Fe + 2\,O_2 \longrightarrow Fe_3O_4$
   167,4 64
   167,4 g Fe erfahren eine Gewichtszunahme von 64 g
   50 g Fe erfahren eine Gewichtszunahme von x g

$$\frac{167{,}4}{50} = \frac{64}{x}; \quad x = \frac{64 \cdot 50}{167{,}4} \approx 19{,}1$$

Das Gewicht erhöht sich um 19,1 g.

7. Reduktion ist die „Rückgängigmachung" der Oxydation (reducere = zurückführen). Reduktion ist die Zufuhr der bei der Oxydation abgegebenen Elektronen. Reduktionsmittel sind elektronenzuführende Mittel.

8. a) Der ungeladene Wasserstoff gibt beim Übergang in den Ionenzustand sein Außenelektron ab und wirkt hierdurch als Reduktionsmittel.

   b) Reduktion oder Elektronenzufuhr kann auch durch andere Stoffe, z. B. durch Natrium, erfolgen, wobei Na ebenfalls in den Ionenzustand übergeht.

   c) Ionen geben Elektronen ab und gehen in eine höhere Wertigkeitsstufe über: $Cr^{\cdot\cdot} \longrightarrow \ominus + Cr^{\cdot\cdot\cdot}$

   d) Bei der Elektrolyse erfolgt kathodische Reduktion, indem die Kathode Elektronen abgibt.

9. Schwache Reduktionsmittel sind Zinn(2)salze (z. B. $SnCl_2$), Kupfer, Jodwasserstoff HJ, Eisen(2)salze (z. B. $FeCl_2$).
   Stärkere Reduktionsmittel sind Schwefelwasserstoff H_2S, Schwefeldioxyd SO_2, salpetrige Säure HNO_2, Wasserstoff, Kohlenstoff und Kohlenoxyd.
   Starke Reduktionsmittel sind Natrium, Magnesium, Aluminium und Zink.

10. a) $\underset{98}{Zn + H_2SO_4} \longrightarrow ZnSO_4 + \underset{2}{H_2\uparrow}$

98 g Schwefelsäure ergeben 2 g Wasserstoff
300 g Schwefelsäure ergeben x g Wasserstoff

$$\frac{98}{300} = \frac{2}{x}; \quad x = \frac{600}{98} \approx 6{,}1$$

Es entstehen 6,1 g Wasserstoff.

$$\underset{98}{Zn + H_2SO_4} \longrightarrow ZnSO_4 + \underset{22{,}4\ l}{H_2\uparrow}$$

98 g Schwefelsäure ergeben 22,4 l Wasserstoff
300 g Schwefelsäure ergeben y l Wasserstoff

$$\frac{98}{300} = \frac{22{,}4}{y}; \quad y = \frac{22{,}4 \cdot 300}{98} \approx 68{,}6$$

Es entstehen 68,6 l Wasserstoff (0° C, 760 mm Hg).

b) $\underset{65}{Zn} + \underset{98}{H_2SO_4} \longrightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

98 g Schwefelsäure erfordern 65 g Zink
300 g Schwefelsäure erfordern z g Zink

$$\frac{98}{300} = \frac{65}{z}; \quad z = \frac{65 \cdot 300}{98} \approx 199$$

Es werden 199 g Zink gebraucht.

c) $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$ (Wasserstoffentwicklung)

$$ZnSO_4 \xrightarrow{\text{Auskristallisation}} \underbrace{ZnSO_4 + 7\,H_2O}_{287}$$

98 g Schwefelsäure ergeben 287 g Zinksulfat krist.
300 g Schwefelsäure ergeben w g Zinksulfat krist.

$$\frac{98}{300} = \frac{287}{w}; \quad w = \frac{287 \cdot 300}{98} \approx 878{,}6$$

Beim Eindampfen werden 0,879 kg kristallisiertes Zinksulfat gewonnen.

11. a) $\underset{167{,}4}{3\,Fe + 4\,H_2O} \longrightarrow Fe_3O_4 + \underset{8}{4\,H_2\uparrow}$

167,4 g Eisen liefern 8 g Wasserstoff
100 g Eisen liefern x g Wasserstoff

$$\frac{167{,}4}{100} = \frac{8}{x}; \quad x = \frac{8 \cdot 100}{167{,}4} \approx 4{,}8$$

Es werden 4,8 g Wasserstoff in Freiheit gesetzt.

$$\underset{167{,}4}{3\,Fe + 4\,H_2O} \longrightarrow Fe_3O_4 + \underset{89{,}6\ l}{4\,H_2\uparrow}$$

167,4 g Eisen liefern 89,6 l Wasserstoff
100 g Eisen liefern y l Wasserstoff

$$\frac{167{,}4}{100} = \frac{89{,}6}{y}; \quad y = \frac{89{,}6 \cdot 100}{167{,}4} \approx 53{,}5$$

Es werden 53,5 l Wasserstoff (0° C, 760 mm Hg) in Freiheit gesetzt.

b) $3\,Fe + 4\,H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4\,H_2\uparrow$
$167{,}4 \qquad\qquad 231{,}4$
167,4 g Eisen ergeben 231,4 g Fe_3O_4
100 g Eisen ergeben z g Fe_3O_4

$$z = \frac{231{,}4 \cdot 100}{167{,}4}\,;\quad z \approx 138{,}2$$

Es entstehen 138,2 g Fe_3O_4.

12. a) $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$
$80 \quad 2$
80 g CuO erfordern 2 g H_2
50 g CuO erfordern x g H_2

$$x = \frac{2 \cdot 50}{80} = 1{,}25$$

Es sind 1,25 g H_2 erforderlich.

$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$
$80 \quad 22{,}4\ l$
80 g CuO erfordern 22,4 l H_2
50 g CuO erfordern y H_2

$$y = \frac{22{,}4 \cdot 50}{80} = 14$$

Es sind 14 l H_2 (0° C, 760 mm Hg) erforderlich.

b) $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$
$65 \quad 98 \qquad\qquad 161 \quad 22{,}4\ l$
22,4 l H_2 entstehen aus 65 g Zn und 98 g H_2SO_4
14 l H_2 entstehen aus v g Zn und w g H_2SO_4

$$v = \frac{65 \cdot 14}{22{,}4} \approx 40{,}6; \qquad w = \frac{98 \cdot 14}{22{,}4} \approx 61{,}25$$

Es werden hierbei 40,6 g Zink und 61,25 g Schwefelsäure verbraucht.

c) Aus 80 g CuO entstehen 18 g Wasser
Aus 50 g CuO entstehen z g Wasser

$$z = \frac{18 \cdot 50}{80} = 11{,}25$$

Bei der Reduktion entstehen 11,25 g Wasser.

13. $2\,Cu + O_2 \longrightarrow 2\,CuO$
$128 \quad 22{,}4 \qquad 160$
160 g CuO erfordern 22,4 l O_2
150 g CuO erfordern x l O_2

$$x = \frac{22{,}4 \cdot 150}{160}$$

Luft enthält $^1/_5$ Sauerstoff.

Der Luftverbrauch in Litern beträgt $\frac{22{,}4 \cdot 150 \cdot 5}{160} = 105$

105 Litern Luft wird der Sauerstoff entzogen.

14. a) Cl' wird durch Silbernitrat $AgNO_3$ nachgewiesen:
$Cl' + Ag' \longrightarrow AgCl\downarrow$

b) Nachweis von $Fe^{\cdot\cdot}$
1. durch Farbe der Lösung: grünlich,
2. durch Natronlauge, die grünliches Eisen(2)hydroxyd ausfällt:
$Fe^{\cdot\cdot} + 2\,OH' \longrightarrow Fe(OH)_2\downarrow$
3. durch rotes Blutlaugensalz, das Turnbulls Blau ausfällt:
$3\,Fe^{\cdot\cdot} + 2\,[Fe(CN)_6]''' \longrightarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow$

c) Nachweis von $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$
1. durch Farbe der Lösung: gelbbraun,
2. durch Natronlauge die rotbraunes Eisen(3)hydroxyd ausfällt:
$Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3\,OH' \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow$,
3. durch gelbes Blutlaugensalz, das Berliner Blau ausfällt:
$4\,Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3\,[Fe(CN)_6]'''' \longrightarrow Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3\downarrow$,
4. durch Rhodankalium; es entsteht blutrotes Eisen(3)rhodanid:
$Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3\,(SCN)' \longrightarrow Fe(SCN)_3$

d) Natrium wird durch die Flammenfärbung nachgewiesen: leuchtend gelb.

e) 1. Die Flüssigkeit ist meist rotbraun gefärbt. Über der Flüssigkeit sammelt sich rotbraunes Gas an (NO_2).
2. Salpetersäure färbt organische Verbindungen (Holzstab) intensiv gelb.
3. Bei Einwirkung der konzentrierten Salpetersäure auf Kupfer bilden sich dicke Wolken von rotbraunem NO_2.

f) NH_3 bildet bei Berührung mit konzentrierter Salzsäure weiße Nebel von Salmiak: $NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$.

g) 1. Eine eingetauchte brennende Kerze erlischt,
2. Kalkwasser trübt sich durch Kalkabscheidung:
$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$.

h) Ein glimmender Span flammt hell auf.

i) Bariumchlorid ergibt mit SO_4-Jonen einen weißen Niederschlag:
$Ba^{\cdot\cdot} + SO_4'' \longrightarrow BaSO_4\downarrow$.

15. Säurebildende Oxyde sind die Nichtmetalloxyde, denn sie bilden mit Wasser Säuren: $SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$. Man nennt sie daher auch Säureanhydride. Basenbildende Oxyde sind die Metalloxyde, denn sie bilden mit Wasser Basen: $Na_2O + H_2O \longrightarrow 2\,NaOH$.

16. a) Starke Säuren setzen die schwächeren Säuren aus deren Salzen in Freiheit:

$$\underset{\substack{\text{Salzsäure}\\\text{(stark)}}}{2\,HCl} + \underset{\substack{\text{Salz der}\\\text{schwachen}\\\text{Kohlensäure}}}{CaCO_3} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Salz der}\\\text{starken}\\\text{Salzsäure}}}{CaCl_2} + \underset{\substack{\text{Kohlensäure}\\\text{(schwach)}}}{H_2CO_3} \longrightarrow \begin{matrix}\nearrow H_2O\\ \searrow CO_2\uparrow\end{matrix}$$

Wasser
Kohlendioxyd

b) Beim Zusammentreffen zweier starker Säuren macht die Schwefelsäure wegen ihres hohen Siedepunktes von 338° C die anderen starken Säuren, die einen wesentlich niedrigeren Siedepunkt haben, aus deren Salzen frei.

$$\underset{\substack{\text{Schwefelsäure}\\\text{(stark)}}}{H_2SO_4} + \underset{\substack{\text{Natriumchlorid}\\\text{Salz der starken}\\\text{Salzsäure}}}{2\,NaCl} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Natriumsulfat}\\\text{Salz der starken}\\\text{Schwefelsäure}}}{Na_2SO_4} + \underset{\substack{\text{Salzsäure}\\\text{(stark)}}}{2\,HCl}$$

17. a) $\underset{85}{2\,NaNO_3} + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + \underset{63}{2\,HNO_3}$

63 kg Salpetersäure (100%) entstehen aus 85 kg Natronsalpeter
100 kg Salpetersäure (100%) entstehen aus x kg Natronsalpeter

$$x = \frac{85 \cdot 100}{63} \text{ (Salpetersäure 100\%)}$$

$$x' = \frac{85 \cdot 100 \cdot 40}{63 \cdot 100} \text{ (Salpetersäure 40\%)} \approx 53{,}97$$

Es werden 54,0 kg Natronsalpeter verbraucht.

b) Lösung 1: KNO_3
101

$$x'' = \frac{101 \cdot 100 \cdot 40}{63 \cdot 100} \approx 64{,}1$$

Lösung 2: $NaNO_3$ KNO_3
85 101

$$\frac{85}{101} = \frac{53{,}97}{x}$$

$$x = \frac{101 \cdot 53{,}97}{85} \approx 64{,}1$$

Die gleiche Ausbeute wird bei 64,1 kg Kalisalpeter erreicht.

c) $2\,NaNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\,HNO_3$
170 98

Für 170 kg $NaNO_3$ werden 98 kg H_2SO_4 verbraucht
Für 53,97 kg $NaNO_3$ werden x kg H_2SO_4 verbraucht

$$\frac{170}{53{,}97} = \frac{98}{x};\quad x = \frac{98 \cdot 53{,}97}{170} \approx 31{,}1$$

Hierbei werden 31,1 kg H_2SO_4 konz. verbraucht.

18. Neutralisation ist der Ausgleich zwischen Säurewirkung und Basenwirkung. Die Neutralisation kommt durch die Bindung des Säurewasserstoffes durch die Hydroxylgruppe der Base zustande, wobei undissoziiertes Wasser entsteht:
$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$
Säuren werden durch äquivalente Mengen von Basen neutralisiert und umgekehrt.

19. Äquivalenz ist chemische Gleichwertigkeit.
Das Äquivalentgewicht ist der Quotient aus Atomgewicht und Wertigkeit. Allgemein ist das Äquivalentgewicht eines Elementes die Menge, die sich mit einem Atomgewicht des Wasserstoffes oder eines dem Wasserstoff gleichwertigen Elementes zu verbinden oder dieses in seinen Verbindungen zu ersetzen vermag.

20. $NaOH + HNO_3 \longrightarrow H_2O + NaNO_3$
40 63 18 85

1. Lösung:
63 g Salpetersäure (100%) erfordern 40 g Natronlauge (100%)
300 g Salpetersäure (100%) erfordern x g Natronlauge (100%)

$$\frac{63}{300} = \frac{40}{x};\quad x = \frac{40 \cdot 300}{63} \text{ (100\%)}$$

$$x' = \frac{40 \cdot 300 \cdot 100 \cdot 40}{15 \cdot 63 \cdot 100} \approx 507{,}9$$

Es sind 507,9 g NaOH (15%ig) erforderlich.

2. Lösung:
63 g Salpetersäure (100%) ergeben 157,5 g Salpetersäure (40%)
40 g Natronlauge (100%) ergeben 266,7 g Natronlauge (15%)
157,5 g Salpetersäure (40%) neutralisieren 266,7 g Natronlauge (15%)
300 g Salpetersäure (40%) neutralisieren x g Natronlauge (15%)

$$x = \frac{266{,}7 \cdot 300}{157{,}5} \approx 507{,}9$$

Es sind 507,9 g NaOH (15%ig) erforderlich.

21. Wäre die Lauge ebenfalls $^1/_{10}$n, so hätte man 25 cm³ gebraucht. Hier liegt eine schwächere Lösung vor, die nur $^{20}/_{25}$ der Konzentration einer $^1/_{10}$n-Lauge enthält. Sie besitzt nur $^{20}/_{25}$ von $^1/_{10}$ Äquivalentgewicht NaOH im Liter.
Molekulargewicht NaOH = 23 + 16 + 1 = 40
$^1/_{10}$n-NaOH enthält im Liter 4 g NaOH. Die untersuchte Lauge enthält im Liter $^{20}/_{25} \cdot 4 = 3{,}2$ g. Der Gehalt an NaOH beträgt 0,32%.

22. $AgNO_3$
Molekulargewicht: $108 + 14 + 3 \cdot 16 = 170$
1 Mol (= 1 Äquivalent) $AgNO_3$ = 170 g
$^1/_{10}$ Mol (= $^1/_{10}$ Äquivalent) $AgNO_3$ = 17,0 g
17,0 g $AgNO_3$ werden in destilliertem Wasser auf 1 l gelöst.

23. Die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure HCl bildet die Chloride, z. B. NaCl,
die unterchlorige Säure HClO bildet die Hypochlorite, z. B. NaClO,
die chlorige Säure $HClO_2$ bildet die Chlorite, z. B. $NaClO_2$,
die Chlorsäure $HClO_3$ bildet die Chlorate, z. B. $NaClO_3$,
die Überchlorsäure $HClO_4$ bildet die Perchlorate, z. B. $NaClO_4$.

24. Salzsäure gewinnt man durch Erhitzen von Kochsalz mit Schwefelsäure:
$2\,NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$.

25. Das Salzsäuremolekül wird durch Kaliumpermanganat $KMnO_4$ oder durch Braunstein MnO_2 zu Wasser oxydiert, wobei Chlorgas frei wird.

26. a) $MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2\,H_2O + Cl_2\uparrow$
87 71
87 g Braunstein ergeben 71 g Chlor
300 g Braunstein ergeben x g Chlor

$$x = \frac{71 \cdot 300}{87} \approx 244{,}8$$

Es entstehen 244,8 g Chlor.

b) $MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2\,H_2O + Cl_2\uparrow$
87 22,4 l
87 g Braunstein ergeben 22,4 l Chlor
300 g Braunstein ergeben x l Chlor

$$x = \frac{22{,}4 \cdot 300}{87} \approx 77{,}2$$

Es entstehen 77,2 l Chlor (0° C; 760 mm Hg).

27. a) Die Carnallitlauge enthält
$\frac{15000 \cdot 0{,}31}{100} = 46{,}5$ kg $MgBr_2$.

Darin sind enthalten
(Molekulargewicht $MgBr_2$ 184; Atomgewicht Br 80)

$$\frac{46{,}5 \cdot 160}{184} \approx 40{,}4 \text{ kg Br.}$$

Hiervon gehen verloren

$$3{,}5\ \% = \frac{40{,}4 \cdot 3{,}5}{100} = 1{,}414 \text{ kg.}$$

Es bleiben 39 kg Br.

b) $MgBr_2 + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2 + Br_2$
1 Atom Br wird durch 1 Atom Cl ersetzt.
80 g Br werden durch 35,5 g Cl ersetzt.
Es werden also verbraucht

$$\frac{39 \cdot 35{,}5}{80} \approx 17{,}3 \text{ kg Chlor}$$

$$+\ 1\%\ \text{Überschuß} \quad 0{,}173 \text{ kg Chlor}$$

$$\approx 17{,}5 \text{ kg Chlor}$$

$$MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2\,H_2O$$
$$87 \qquad 146 \qquad\qquad 71$$

71 kg Cl_2 entstehen aus 87 kg MnO_2 + 146 kg HCl
17,5 kg Cl_2 entstehen aus x kg MnO_2 + y kg HCl

$$x = \frac{87 \cdot 17{,}5}{71} \approx 21{,}4; \quad y = \frac{146 \cdot 17{,}5}{71} \approx 36$$

Es werden 21,4 kg Braunstein (100%) verbraucht, das sind

$$\frac{21{,}4 \cdot 100}{84} \approx 25{,}48 \text{ kg Braunstein (84\%ig),}$$

und 36 kg HCl (100%), das sind $\frac{36 \cdot 100}{40{,}4} = 89{,}1$ kg HCl (40,4%ig).

28. Flußsäure entsteht beim Erwärmen von Flußspat mit konzentrierter Schwefelsäure: $CaF_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2\,HF$.
Der entstehende Fluorwasserstoff löst sich in Wasser zu Flußsäure. Flußsäure ist die einzige Säure, die Glas angreift und SiO_2 (= Kieselsäureanhydrid) unter Bildung von Siliziumfluorid SiF_4 löst. Sie wird daher zum Ätzen von Glas verwendet. Mit Fluorwasserstoffgas erreicht man Mattätzung, mit Fluorwasserstoffsäure hingegen Blankätzung.

29. Man erzeugt im Finsteren innerhalb der Gelatine einen kolloidal verteilten, lichtempfindlichen Halogensilberniederschlag, gießt dann die Gelatine auf eine Glasplatte und läßt sie im Dunkeln erstarren.

30. Beim Belichten wird Bromsilber an den vom Licht getroffenen Stellen zersetzt, wobei sich das Silber, für uns unsichtbar, in kolloider Form abscheidet. Beim Entwickeln wird dieses kolloide Silber (die sogenannten Silberkeime) in schwarzes metallisches Silber verwandelt. Ebenso werden die benachbarten Bromsilbermoleküle von der Reduktion erfaßt und zu metallischem Silber reduziert, wobei das kolloide Silber katalytisch mitwirkt. Das während der Belichtung und Fixierung noch unveränderte Bromsilber wird durch das Fixiersalz = Natriumthiosulfat $Na_2S_2O_3$ in lösliche Form gebracht. Durch nachfolgendes Wässern werden anschließend die löslichen Silbersalze aus der Schicht ausgewaschen und die Fixierbadreste entfernt; die Schicht ist damit lichtbeständig geworden.

31. Alle Sulfate bilden mit Bariumchlorid einen weißen, unlöslichen Niederschlag von Bariumsulfat:

$Na_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4\downarrow + 2\,NaCl.$

Die Ionenform dieser Gleichung lautet:

$2\,Na^{\cdot} + SO_4'' + Ba^{\cdot\cdot} + 2\,Cl' \longrightarrow BaSO_4\downarrow + 2\,Na^{\cdot} + 2\,Cl'.$

Hieraus läßt sich die vereinfachte Ionengleichung entwickeln, bei der alle an der Reaktion unbeteiligten Ionen fortgelassen werden.

Ionengleichung: $SO_4'' + Ba^{\cdot\cdot} \longrightarrow BaSO_4\downarrow$.

Während die oberen Gleichungen nur für einen speziellen Fall gelten, hat die Ionengleichung allgemeine Gültigkeit für den Nachweis von Sulfat-Ion durch Barium-Ion.

32. a) $\underset{34}{2\,NH_3} + \underset{98}{H_2SO_4} \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$

1. Lösung:

98 kg H_2SO_4 (100%) neutralisieren 34 kg NH_3 (100%)
20 kg H_2SO_4 (100%) neutralisieren x kg NH_3 (100%)

$$\frac{98}{20} = \frac{34}{x}; \quad x = \frac{34 \cdot 20}{98}\ (100\%)$$

$$x' = \frac{34 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 55}{15 \cdot 98 \cdot 100} \approx 25{,}4$$

2. Lösung:

34 kg NH_3 (100%) entsprechen 226,7 kg NH_3-Lösung (15%)
98 kg H_2SO_4 (100%) entsprechen 178,2 kg H_2SO_4 (55%)

178 kg H_2SO_4 (55%) neutralisieren 226,7 kg NH_3-Lösung (15%)
20 kg H_2SO_4 (55%) neutralisieren x'' kg NH_3-Lösung (15%)

$$x'' = \frac{226{,}7 \cdot 20}{178} \approx 25{,}4$$

Es werden 25,4 kg NH_3-Lösung (15%ig) gebraucht.

b) Es entsteht hierbei als Endprodukt Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$.

c) Das Ammoniumsulfat wird als künstliches Stickstoffdüngemittel verwendet.

33. 7,5 t Pyrit enthalten $\frac{100}{8{,}7} = \frac{7{,}5}{x}$ t Gangart; $x = 0{,}6525$ t.

Sie enthalten $7{,}5 - 0{,}6525 = 6{,}8475$ t FeS_2.

$$\underset{239{,}6}{2\,FeS_2} + 11\,O = \underset{159{,}6}{Fe_2O_3} + 4\,SO_2\uparrow$$

$$\frac{239{,}6}{159{,}6} = \frac{6{,}8475}{y}; \quad y = 4{,}56119$$

Es entstehen 4,56 t Fe_2O_3.

34. $\underset{239{,}6}{2\,FeS_2} + 11\,O \longrightarrow Fe_2O_3 + \underset{256}{4\,SO_2}\uparrow$

239,6 t FeS_2 liefern 256 t SO_2
6,85 t FeS_2 liefern x t SO_2

$$x = \frac{256 \cdot 6{,}85}{239{,}6} \approx 7{,}32$$

Es entstehen 7,32 t SO_2.

Die SO_2-Verluste betragen $\frac{7{,}32 \cdot 3{,}8}{100} \approx 0{,}28$ (t).

Es bleiben 7,32—0,28 = 7,04 t SO_2 übrig.

64 t SO_2 ergeben 98 t H_2SO_4

7,04 t SO_2 ergeben y t H_2SO_4

$$y = \frac{98 \cdot 7{,}04}{64} = 10{,}78$$

Es entstehen 10,78 t H_2SO_4 (100%).

10,78 t H_2SO_4 liefern $\frac{10{,}78 \cdot 100}{60} = 17{,}97$ t H_2SO_4 (60%).

35. a) 1000 kg H_2SO_4 enthalten 0,01% = 0,1 kg = 100 g As.

b) $As_2O_3 + 3\,H_2S \longrightarrow As_2S_3 + 3\,H_2O$

1 Mol As erfordert 3 Mole H_2S.

150 g As erfordern 102 g H_2S.

100 g As erfordern $\frac{102 \cdot 2}{3} = 68$ g H_2S.

Zur Deckung des Verlustes werden ferner gebraucht 0,2% = 0,14 g, zusammen also 68 + 0,14 = 68,14 g H_2S.

c) $FeS + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{34}{H_2S\uparrow} + FeSO_4$

87,8

Zur Darstellung von 34 g H_2S werden 87,8 g FeS verbraucht

Zur Darstellung von 68,14 g H_2S werden y g FeS verbraucht

$$y = \frac{87{,}8 \cdot 68{,}14}{34} \approx 175{,}96 \approx 176$$

Man braucht 176 g FeS (100%), bzw.

$\frac{176 \cdot 100}{80} = 220$ g FeS (80%).

36. Stickoxyd NO ist ein farbloses Gas, das sich mit Luftsauerstoff zu dem stechend riechenden, rotbraunen Stickstoffdioxyd NO_2 verbindet. Stickstoffdioxyd löst sich in Wasser unter Bildung von salpetriger Säure + Salpetersäure auf.

37. In Generatoröfen wird ein Gemisch von Wasserdampf und Luft durch weißglühende Koksmassen geblasen. Hierbei entsteht ein Mischgas, das 30% Kohlenmonoxyd und 15% Wasserstoff enthält. Nachdem das Gas im Gasreiniger durch Aktivkohle entschwefelt ist, wird CO in Wasserstoffkontaktöfen zu CO_2 oxydiert, wobei gleichzeitig Wasserstoff neu gebildet wird. Im Kohlensäurewäscher wird anschließend das Kohlendioxyd unter Druck in Wasser gelöst. Das Reingas = Synthesegas gelangt in den Ammoniakkontaktofen, wird dort in Wärmeaustauschröhren vorgewärmt und innerhalb einer halben Minute unter der Einwirkung einer Kontaktmasse aus Eisen- und Aluminiumoxyd zu Ammoniak vereinigt. Ausbeute 11%. Das gebildete Ammoniak wird durch Wasserkühlanlagen verflüssigt und durch Ammoniakwäscher dem Reaktionsgemisch entzogen, während die unveränderten Restgase wieder in den Ammoniakkontaktofen zurückfließen.

38. In Deutschland gewinnt man die Salpetersäure durch katalytische Ammoniakverbrennung nach dem Ostwald-Verfahren. Man leitet Ammoniak mit überschüssiger Luft in Verbrennungsöfen, in denen Ammoniak zu Stickoxyd oxydiert wird. Das Stickoxyd muß dem Reaktionsgemisch sofort entzogen werden,

da es sonst in Stickstoff und Sauerstoff zerfällt. Das farblose Stickoxyd wird durch Sauerstoff zu rotbraunem Stickstoffdioxyd oxydiert und dieses in Rieseltürmen mit Wasser zu einer 40- bis 50%igen Salpetersäure umgesetzt.
Die Salpetersäure kann auch durch Oxydation von Luftstickstoff durch Luftsauerstoff in der Temperatur des elektrischen Lichtbogens (Birkeland-Eyde-Verfahren, Schönherr-Verfahren) hergestellt werden, wobei das entstehende Stickoxyd dem Reaktionsgemisch durch Abkühlung entzogen, zu Stickstoffdioxyd oxydiert und mit Wasser zu Salpetersäure umgesetzt wird. Die Ausbeute beträgt etwa 2,5%. Dieses Verfahren kommt nur für Länder mit großen Wasserkraftwerken in Frage, für Deutschland also nicht.

39. Die konzentrierte Salpetersäure zerfällt leicht unter Sauerstoffabgabe. Sie ist daher ein starkes Oxydationsmittel.

40. a) Allgemein lösen die Säuren Metalle, wobei Wasserstoff frei wird. Das Metall geht hierbei vom atomaren in den ionogenen Zustand über, indem es Elektronen abspaltet. Der Säurewasserstoff wirkt als Oxydationsmittel, d. h. als elektronenentziehendes Mittel.
Das Kupfer wird von der Salpetersäure nicht gelöst, da Wasserstoff ein größeres Potential als das Kupfer besitzt und daher keine Elektronen vom Kupfer aufnehmen kann. Man erkennt dies beim Betrachten der Spannungsreihe, in welcher der Wasserstoff links vom Kupfer steht. Salpetersäure wirkt oxydierend auf das Kupfer ein und verwandelt das Kupfer in Kupferoxyd:
$3\,Cu + 2\,HNO_3 \longrightarrow 3\,CuO + H_2O + 2\,NO\uparrow$.
Nachträglich wird das entstandene Kupferoxyd von der Salpetersäure gelöst: $CuO + 2\,HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$.
Salpetersäure löst also im Endeffekt Kupfer, Silber und Quecksilber auf, die von nichtoxydierenden Säuren nicht angegriffen werden.

b) Das entstehende farblose NO wird durch Luftsauerstoff zu Stickstoffdioxyd NO_2 oxydiert, das dunkelrotbraun gefärbt ist.
Das entstehende Kupfernitrat bildet eine blaugrüne Lösung. Alle Kupfersalzlösungen sind blau bis grün gefärbt.

41. Die ursprünglichen 100 cm³ Untersuchungsflüssigkeit sind auf 1000 cm³ verteilt. Sie ergeben $201{,}6\text{ mg} \cdot 100 = 20160\text{ mg}$ oder 20,16 g Chloridfällung.

$$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + HNO_3$$
$$58{,}5 \qquad\qquad 143{,}5$$

143,5 g AgCl entstehen aus 58,5 g NaCl
20,16 g AgCl entstehen aus x g NaCl

$$\frac{143{,}5}{20{,}16} = \frac{58{,}5}{x}; \quad x = \frac{58{,}5 \cdot 20{,}16}{143{,}5} \approx 8{,}2$$

Die Fällung entspricht 8,2 g NaCl.
Da die 8,2 g NaCl in 100 cm³ Untersuchungsflüssigkeit enthalten sind, ist die Lösung 8,2%ig.

42. a) Technische Bindung des Luftstickstoffes durch die Haber-Bosch-Ammoniaksynthese. Es werden Stickstoff und Wasserstoff katalytisch zu Ammoniak vereinigt.

b) Die Oxydation des Luftstickstoffes durch Luftsauerstoff in der Temperatur des elektrischen Lichtbogens nach dem Birkeland-Eyde-Verfahren oder nach dem Schönherr-Verfahren. Es entsteht Stickoxyd, das über Stickstoffdioxyd zu Salpetersäure umgesetzt wird.

c) Das Kalkstickstoffverfahren, in dem Kalziumkarbid CaC_2 den Stickstoff zu $CaCN_2$ bindet.

43. a) Es entsteht Phosphorpentoxyd P_2O_5.

b) $\underset{62}{2\,P} + \underset{80}{5\,O} \longrightarrow \underset{142}{P_2O_5}$

62 g Phosphor ergeben 142 g Phosphorpentoxyd
20 g Phosphor ergeben x g Phosphorpentoxyd

$$\frac{62}{20} = \frac{142}{x}\,; \quad x = \frac{142 \cdot 20}{62} \approx 45{,}8$$

Es entstehen 45,8 g Phosphorpentoxyd.

44. $\underset{31}{P} \xrightarrow{+HNO_3} \underset{98}{H_3PO_4}$

98 g Phosphorsäure entstehen aus 31 g Phosphor
250 g Phosphorsäure entstehen aus x g Phosphor

$$\frac{98}{250} = \frac{31}{x}\,; \quad x = \frac{31 \cdot 250}{98} \approx 79$$

Es sind 79 g Phosphor erforderlich.

45. $\underset{310}{Ca_3(PO_4)_2} + 3\,SiO_2 + 5\,C \longrightarrow 3\,CaSiO_3 + 5\,CO\uparrow + \underset{62}{2\,P}$

20 kg Phosphorit enthalten $\frac{20 \cdot 65}{100} = 13$ kg Trikalziumphosphat.

310 kg Trikalziumphosphat ergeben 62 kg Phosphor
13 kg Trikalziumphosphat ergeben x kg Phosphor

$$\frac{310}{13} = \frac{62}{x}\,; \quad x = \frac{62 \cdot 13}{310} = 2{,}6$$

1% von 2,6 kg = 0,026 kg
5% von 2,6 kg = 0,13 kg; 2,6—0,13 = 2,47
Es entstehen 2,47 kg Phosphor.

46. Die Pflanze braucht zu ihrer Ernährung Wasserstoff und Sauerstoff, die sie dem Bodenwasser, sowie Kohlenstoff, den sie dem Kohlendioxyd der Luft entnimmt. Die übrigen Nährstoffe entzieht sie in gelöster Form dem Erdboden. Unter ihnen sind die vier Elemente Kalzium, Kalium, Stickstoff und Phosphor Mangelstoffe des Ackerbodens. Der im Minimum vorhandene Nährstoff ist der wachstumsbegrenzende Faktor für die Vegetation (Gesetz vom Minimum).

47. a) Kalzium ist häufig im Boden als Kalkstein, Anhydrit und Gips vorhanden. Wo diese Stoffe dem Ackerboden fehlen, muß gekalkt werden. Hierbei erfüllt der Kalk die doppelte Funktion eines Pflanzennährstoffes und eines Entsäuerungsmittels für den Ackerboden; er neutralisiert den durch künstliche Düngemittel erhöhten Säuregehalt des Bodens.

b) Kali wird in großen Mengen in den Kalisalzlagern Mitteleuropas gewonnen und in den angeschlossenen Kalifabriken zu hochprozentigem Kaliumchlorid verarbeitet. Die Deutsche Demokratische Republik ist ein wichtiges Ausfuhrland für Kalidüngemittel.

c) Als Stickstoffdünger werden gewonnen und verwendet:
Ammoniumsulfat als Nebenprodukt in Gaswerken und Kokereien durch Einleiten von Ammoniakgas in Schwefelsäure. Als Ausgangsprodukt der Ammoniumsulfatgewinnung kann auch das Ammoniakgas dienen, das nach dem Haber-Bosch-Verfahren synthetisch hergestellt wird.
Salpeter durch katalytische Ammoniakverbrennung nach dem Ostwald verfahren und anschließende Umsetzung der gewonnenen Salpetersäure mit NaCl bzw. KCl. – Die Ausfuhr von Chilesalpeter spielt praktisch keine Rolle mehr.

d) Als Phosphordüngemittel kommen in Frage:
Superphosphat, ein Gemisch von Monokalziumphosphat und Kalziumsulfat, das durch Aufschluß von Phosphorit (Trikalziumphosphat) mit Schwefelsäure entsteht,
Knochenmehl,
Thomasmehl, die gemahlene Thomasschlacke, die bei der Verhüttung phosphorhaltiger Erze anfällt.

48. In 100 g Erz sind 61 g As $= \frac{61}{75}$ g-Atome As enthalten.

In 100 g Erz sind 39 g S $= \frac{39}{32}$ g-Atome S enthalten.

As: S $= \frac{61}{75} : \frac{39}{32} = 1 : \frac{39 \cdot 75}{32 \cdot 61} \approx 1 : 1{,}5 = 2 : 3$; die Formel lautet As_2S_3.

49. $\frac{As}{S} = \frac{48{,}4}{51{,}6}$

$\frac{As}{S} = \frac{48{,}4}{75} : \frac{51{,}6}{32} = \frac{48{,}4 \cdot 32}{75 \cdot 51{,}6} \approx \frac{2}{5}$; Formel As_2S_5.

50. a) Torf. Große Torflager finden sich in weiten Gebieten der Norddeutschen Tiefebene (Bourtanger Moor), kleinere Lager im Alpenvorland.
b) Braunkohle: Wichtige Braunkohlenlager Deutschlands sind:
der Niederrheinische Braunkohlenbezirk bei Köln,
der Niederhessische Braunkohlenbezirk bei Kassel,
der Braunschweig-Magdeburger Bezirk,
der Thüringisch-Sächsische Bezirk,
der Niederlausitzer Bezirk und
der Oberlausitzer Bezirk.
c) Steinkohle; Wichtige deutsche Steinkohlenlager sind:
das Aachener Becken,
das Rheinisch-Westfälische Becken (Ruhrgebiet),
die sächsischen Vorkommen bei Zwickau, Lugau-Oelsnitz und im Plauenschen Grunde bei Dresden.
d) Anthrazit. (In Deutschland nur ganz begrenzte Vorkommen.)

51. Das Stadtgas besteht durchschnittlich aus 52% Wasserstoff, 20% Methan, 18% Kohlenmonoxyd, 6% Stickstoff, 2% höheren Kohlenwasserstoffen und 2% Kohlendioxyd.
Die einzigen nichtbrennenden Anteile sind der Stickstoff und das Kohlendioxyd.

52. a) Im Laboratorium wird Kohlendioxyd am bequemsten aus Marmor und Salzsäure im Kippschen Apparat gewonnen:
$CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$
b) In der Technik gewinnt man Kohlendioxyd durch Brennen von Kalk:
$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2\uparrow$

53. $\underset{100}{CaCO_3} + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + \underset{44}{CO_2}\uparrow$
100 g $CaCO_3$ ergeben 44 g CO_2
250 g $CaCO_3$ ergeben x g CO_2

$x = \frac{44 \cdot 250}{100} = 110$

Es entstehen 110 g CO_2.

54. Zylinder: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h \approx 3{,}14 \cdot 6{,}5 \cdot 6{,}5 \cdot 50 \approx 6633\ cm^3 = 6{,}633\ l$

22,4 l Kohlendioxyd entstehen aus 100 g Marmor

6,633 l Kohlendioxyd entstehen aus x g Marmor

$$x = \frac{100 \cdot 6{,}633}{22{,}4} \approx 29{,}6$$

Es werden rund 30 g Marmor gebraucht.

55. a) Hartes Wasser enthält gelöste Kalzium- und Magnesiumsalze, vor allem Kalziumbikarbonat $Ca(HCO_3)_2$ und Kalziumsulfat $CaSO_4$ sowie Magnesiumbikarbonat $Mg(HCO_3)_2$ und Magnesiumsulfat $MgSO_4$.

b) Die Wasserhärte wird nach Graden gemessen, wobei ein Härtegrad einer Menge von 1 g CaO in 100 l Wasser entspricht. Die im Wasser gelösten Härtebildner werden auf äquivalente Mengen CaO umgerechnet.

$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaO + H_2O + 2\,CO_2$; $CaSO_4 \longrightarrow CaO + SO_3$ usw.

c) Im Haushalt kann man das Wasser durch Kochen und durch Sodazusatz enthärten. Beim Kochen von kalziumbikarbonathaltigem Wasser scheidet sich Kalziumkarbonat als Kesselstein ab. Sodazusatz fällt Bikarbonate und Sulfate als Kalkschlamm aus dem Wasser aus.

d) Die technische Wasserenthärtung erfolgt durch das Kalk-Soda-Verfahren, wobei die Karbonathärte durch Kalkmilchzusatz und die Sulfathärte durch Sodazusatz beseitigt wird.

56. a) $x = \frac{A_1 \cdot 100}{E} = \frac{0{,}5080 \cdot 100}{0{,}8565} \approx 59{,}3$

b) $Ni : NiO = 59 : 75 \approx 0{,}787$

$$y = \frac{5 \cdot A_2 \cdot 0{,}787 \cdot 100}{E} = \frac{5 \cdot 0{,}0425 \cdot 0{,}787 \cdot 100}{0{,}8565} \approx 19{,}5$$

Der Kupfergehalt beträgt 59,3%, der Nickelgehalt 19,5%.

57. Soda wird nach dem Ammoniaksodaverfahren von Solvay (1866) gewonnen. Man leitet Ammoniak und dann Kohlendioxyd unter Druck in eine gesättigte Kochsalzlösung ein. Es bildet sich schwer lösliches Natriumbikarbonat, das sich absetzt und beim Erhitzen in Natriumkarbonat übergeht. Das erforderliche Kohlendioxyd wird durch Kalkbrennen gewonnen. Der abfallende Branntkalk CaO setzt sich mit dem Nebenprodukt Ammoniumchlorid unter Bildung von Kalziumchlorid, Wasser und Ammoniak um. Ammoniak kehrt wieder in den Fabrikationsprozeß zurück.

58. Das Molekül der Soda setzt sich aus dem Metall einer starken Base (NaOH) und dem Säurerest einer schwachen Säure (H_2CO_3) zusammen. Derartige Salze zeigen die Erscheinung der Hydrolyse, der Umkehrreaktion der Neutralisation. Na_2CO_3 zerfällt in wässeriger Lösung in Natrium-Ionen und Karbonat-Ionen, während das Wasser geringe Mengen von Wasserstoff-Ionen und Hydroxyl-Ionen bildet. Die Wasserstoff-Ionen vereinigen sich mit den Karbonat-Ionen zu wenig dissoziierter Kohlensäure, so daß Hydroxyl-Ionen im Überschuß vorhanden sind. Diese bewirken die Blaufärbung des Lackmuspapiers.

59. Kolloide Lösungen erscheinen im durchfallenden Licht klar, im auffallenden Licht hingegen trübe. Ein gerichteter Lichtstrahl erzeugt in ihnen den Faraday-Tyndall-Effekt. Die in kolloiden Lösungen schwebenden Teilchen haben eine Größe von 0,1 µ bis 1 mµ ($= {}^1/_{10\,000}$ mm bis ${}^1/_{1\,000\,000}$ mm). Die kolloiden Lösungen stehen zwischen den echten Lösungen und den Suspensionen.

60. Das Molvolumen ist das Volumen eines Mols (= Gramm-Moleküls) bei 0° C und 760 mm Hg Druck. Man kann das Molvolumen durch Division des Mols durch das Litergewicht errechnen.

Nach der Hypothese von Avogadro enthalten gleiche Raumteile aller Gase bei gleicher Temperatur und bei gleichem Druck eine gleiche Anzahl von Molekülen. Daher beträgt das Molvolumen für alle Gase einheitlich 22,4 l.
Bei Berechnungen mit gasförmigen Elementen und Verbindungen können wir mit Hilfe des Molvolumens sofort in der Gleichung die Volumina einsetzen und sparen damit die Umrechnung der Gewichtsmenge auf das Volumen.
Bei Berechnungen mit dem Molvolumen ist zu beachten, daß das Molvolumen sich auf das Grammolekül bezieht. Bei elementaren Gasen müssen die Gleichungen so umgestaltet werden, daß wir Gasmoleküle zu zwei Atomen erhalten (H_2, O_2 usw.; Ausnahme: die Edelgase). Bei Temperaturabweichungen muß außerdem eine Volumenumrechnung nach dem Gay-Lussacschen Gesetz vorgenommen werden : $V_t = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$.

61. Äquivalentgewicht = Atomgewicht: Wertigkeit.
Das Val ist die dem Äquivalentgewicht zahlenmäßig entsprechende Grammmenge eines Stoffes.
Das Äquivalentgewicht eines Elementes ist der Teil des Atomgewichtes, welcher der Wertigkeit des betreffenden Atoms entspricht. Äquivalentgewicht einer Verbindung = Molekulargewicht : Anzahl der Wertigkeiten des chemisch wirksamen Bestandteiles der Verbindung.
Das Äquivalentgewicht der Säuren ist also das Molekulargewicht geteilt durch die Anzahl der durch Metall ersetzbaren Wasserstoffatome.
Das Äquivalentgewicht der Basen ist das Molekulargewicht geteilt durch die Anzahl der im Molekül vorhandenen OH-Gruppen.
Das Äquivalentgewicht der Salze = Molekulargewicht : Anzahl der Wertigkeiten des für eine bestimmte Reaktion in Frage kommenden Elements oder Radikals. Das Äquivalentgewicht kann unter Umständen für ein und dasselbe Salz mehrere Werte haben.
62. Molekularkonzentration bedeutet: In einem Liter ist ein Mol Substanz gelöst. Die Molekularkonzentration sagt nichts über die chemischen Fähigkeiten dieser Lösung aus. Die chemischen Fähigkeiten kommen aber in der Äquivalentkonzentration zum Ausdruck, bei der ein Äquivalent der betreffenden Substanz im Liter gelöst ist. Äquivalentkonzentration = Molekularkonzentration : Wertigkeit des chemisch wirksamen Bestandteiles.
63. Normallösungen enthalten ein Val im Liter Lösung. Sie dienen in der Maßanalyse zur Ermittlung der Menge eines im festgestellten Volumen der Untersuchungsflüssigkeit gelösten Stoffes. Im Titrierverfahren werden Basen unbekannter Konzentration mit Säuren bekannter Konzentration (n-Säuren) neutralisiert und umgekehrt, wobei Lackmus, Phenolphthalein und Methylorange als Indikatoren durch Farbumschlag den Neutralpunkt anzeigen.
64. Der Dissoziationsgrad gibt den Prozentsatz der in wäßriger Lösung dissoziierten Moleküle an. Da die meisten chemischen Reaktionen Ionenreaktionen sind, ist der Dissoziationsgrad ein Maßstab für die Menge der für eine bestimmte Reaktion zur Verfügung stehenden Ionen. Der Dissoziationsgrad gibt ein Bild von der chemischen Wirksamkeit der Elektrolyten. Er bestimmt z. B. die Stärke der Säuren und Basen.
65. In der Ionengleichung werden nur die Ionen genannt, welche die Träger der betreffenden Reaktion sind. Ionen, die sowohl auf der rechten als auch auf der linken Gleichungsseite auftreten, werden weggelassen. Damit hebt die Ionengleichung das Wesentliche einer chemischen Reaktion heraus und stellt

das Gemeinsame zahlreicher chemischer Einzelreaktionen dar. Die Ionengleichung zeigt uns das Wesen einer chemischen Reaktion unter Abstraktion von nebensächlichen Einzelheiten.

66. Die gesättigten Kohlenwasserstoffe, Methankohlenwasserstoffe oder Paraffine bestehen (mit Ausnahme des eingliedrigen Methans) aus einer Kohlenstoffkette, wobei die freien Wertigkeiten der einzelnen Kohlenstoffatome durch Wasserstoffatome abgesättigt sind (Gesättigte Kohlenwasserstoffe). Sie haben die allgemeine Formel C_nH_{2n+2}. Die Anfangsglieder der Reihe sind das Methan CH_4, das Äthan C_2H_6, das Propan C_3H_8, das Butan C_4H_{10} und das Pentan C_5H_{12}.
Die ersten Glieder der Reihe bis zum Butan sind brennbare Gase, die folgenden Glieder Flüssigkeiten und die höchsten Glieder feste Stoffe. Methan kommt in der Natur als Gruben- und Sumpfgas vor und ist zusammen mit dem Äthan im Stadtgas enthalten. Propan bildet mit Butan zusammen das Flüssiggas zum Antrieb von Autos. Die mittleren Glieder der Reihe setzen das Erdöl zusammen. Ein Gemisch fester Kohlenwasserstoffe ist das Paraffin. Alle gesättigten Kohlenwasserstoffe können nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren synthetisch hergestellt werden.

67. Die gesättigten Kohlenwasserstoffe = Grenzkohlenwasserstoffe = Methankohlenwasserstoffe = Paraffine haben die allgemeine Formel C_nH_{2n+2}. Ihr Grundglied ist das Methan CH_4. Die freien Wertigkeiten der Kohlenstoffatome sind mit Wasserstoff abgesättigt. Die Moleküle besitzen nur Einfachbindungen.
Die Reihe der Olefine oder Alkene hat die allgemeine Formel C_nH_{2n}. Ihr Grundglied ist das Äthylen oder Äthen C_2H_4. Die Olefine sind ungesättigte Verbindungen mit einer Doppelbindung im Molekül: $H_2C{=}CH_2$.
Die Reihe der Alkine besitzt die Allgemeinformel C_nH_{2n-2}. Das Grundglied ist das Azetylen C_2H_2. Die Alkine sind ungesättigte Verbindungen mit einer Dreifachbindung im Molekül: $HC{\equiv}CH$.

68. Unter den gesättigten Halogenkohlenwasserstoffen sind besonders wichtig:
das Chloroform $CHCl_3$, das als Lösungsmittel im Laboratorium und medizinisch als Betäubungsmittel (Chloroformnarkose) verwendet wird,
das Jodoform CHJ_3, das als Desinfektionsmittel dient, und
der Tetrachlorkohlenstoff CCl_4, der wegen seiner Fettlöslichkeit als Fleckenwasser und wegen der Bildung schwerer, unbrennbarer Tetrachlorkohlenstoffdämpfe als Feuerlöschmittel bei Azetylenbränden und Ölbränden dient, bei denen Wasser als Löschmittel nicht angewendet werden kann.

69. Die Darstellung von Wassergas ist ein endothermer Vorgang, bei dem Wärme verbraucht wird; der Koks kühlt sich also ab (Kaltblasen). Um ihn wieder auf höhere Temperatur zu bringen, muß man ihn heißblasen, indem man einen Luftstrom durch den Generator streichen läßt; hierbei wird der Koks zu neuer Glut entfacht. Die Gewinnung von Wassergas ist also umständlicher als die von Generatorgas, dessen Erzeugung als exothermer Vorgang in gleichmäßigem Luftstrom erfolgt.

70. Synthetisches Benzin entsteht
   a) bei der Kohleverflüssigung nach dem Bergius-Verfahren, wobei die Kohlenwasserstoffe der Kohle durch katalytische Hydrierung wasserstoffreicher gemacht werden; die Wasserstoffanlagerung erfolgt unter Druck.
   b) bei der Fischer-Tropsch-Benzinsynthese, die von einer totalen Zerstörung des Kohlengefüges ausgeht. Es wird ein modifiziertes Wassergas mit H_2-Überschuß erzeugt, dessen beide Bestandteile Wasserstoff und Kohlenmonoxyd sich unter Mitwirkung von Katalysatoren zu Benzin vereinigen.

71. Bei exothermen Vorgängen wird chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt, die nach außen abgegeben wird. Bei endothermen Vorgängen wird Wärme

gebunden und als chemische Energie aufgespeichert. Die bei endothermen Prozessen entstehenden Endprodukte sind also energiereicher als die Ausgangsstoffe und können die aufgespeicherte Energie bei der Umkehrreaktion wieder abgeben. Die entstehende oder verbrauchte Energie fügt man in kcal auf der rechten bzw. linken Gleichungsseite ein.

72. Naturkautschuk ist ein Polymerisationsprodukt des Isoprens und hat die Formel $(C_5H_8)_x$. – Buna ist ein Polymerisationsprodukt des Butadiëns mit der Formel $(C_4H_6)_y$.
73. Der Rohkautschuk ist für manche wirtschaftlichen Zwecke ungeeignet. Er wird nämlich beim Abkühlen auf 0° C hart und brüchig, beim Erwärmen über 50° C hingegen klebrig. Durch Vulkanisation verliert er in der Kälte seine Sprödigkeit und in der Hitze seine Klebrigkeit und geht in den elastischen Gummi über. Bei der Vulkanisation wird der Kautschuk mit Schwefel in feinster Verteilung sorgfältig durchgeknetet und in Autoklaven (luftdicht verschlossenen Kesseln) bei etwa 180° C längere Zeit erwärmt. Mit steigendem Schwefelgehalt sinkt die Dehnbarkeit, aber es steigt die Festigkeit des Endproduktes an. Ein Schwefelgehalt von 1 bis 10% ergibt den Weichgummi in verschiedenen Abstufungen, ein Schwefelgehalt bis zu 45% den Hartgummi.
74. Aus Steinkohle gewinnt man zunächst Koks und durch Brennen von Kalkstein gebrannten Kalk. Koks und gebrannter Kalk werden im elektrischen Ofen zu Kalziumkarbid CaC_2 zusammengeschmolzen, das bei Wasserzusatz Azetylen C_2H_2 entwickelt. Durch Anlagerung eines Wassermoleküls erhält man aus Azetylen den Azetaldehyd, von dem sich zwei Moleküle zu Aldol kondensieren lassen. An das gebildete Aldol wird unter Druck Wasserstoff angelagert, wobei der Alkohol Butol entsteht, aus dem durch Abspaltung von zwei Wassermolekülen Butadiën hergestellt wird. Zahlreiche Butadiënmoleküle werden durch Polymerisation zu hochmolekularen Stoffen von kautschukartigem Charakter, dem Buna, zusammengefügt.
75. Alkohole sind Hydroxylabkömmlinge der Kohlenwasserstoffe. Sie entstehen durch Ersatz eines oder mehrerer Wasserstoffatome eines Kohlenwasserstoffes durch die Hydroxylgruppe.
76. Primäre Alkohole besitzen die —CH_2OH-Gruppe, sekundäre Alkohole die Gruppe —CHOH— und tertiäre Alkohole die Gruppe $-\!\!>\!\!\text{COH}$, wobei im letzten Falle das Kohlenstoffatom an drei andere Kohlenstoffatome gebunden ist.
77. Die Wertigkeit eines Alkohols wird durch die Anzahl der im Molekül vorhandenen Hydroxylgruppen bestimmt. Einwertige Alkohole enthalten eine, zweiwertige Alkohole zwei und dreiwertige Alkohole drei Hydroxylgruppen.
78. Alkoholische Gärung ist die Umsetzung von Monosacchariden (besonders von Traubenzucker) in Alkohol und Kohlendioxyd durch das in der Hefe vorkommende Enzym Zymase.
79. Malz ist gekeimte Gerste. Bei der Keimung entsteht in den Gerstenkörnern sehr viel Diastase, welche als Enzym die Umwandlung der Reservestärke in Zucker durchführt. Dieser wird als wasserlösliches Kohlenhydrat zu den Vegetationspunkten als den Stellen des stärksten Pflanzenwachstums und damit des stärksten Stoffverbrauches transportiert. Da die Zymase der Hefezellen nur Monosaccharide, hingegen nicht das Polysaccharid Stärke vergären kann, macht man sich in der Technik die katalytische Wirkung der Diastase zunutze. Zunächst läßt man Gerstenkörner ankeimen und vermengt dann in den Maischbottichen Kartoffelbrei mit fein zerquetschtem Malz, dessen Diastasegehalt die Kartoffelstärke in Zucker verwandelt, der anschließend vergoren werden kann.

80. a) Alkoholische Gärung von Traubenzucker, der hauptsächlich aus Kartoffelstärke gewonnen wird.
b) Alkoholgewinnung aus Holz, wobei man den Zellstoff durch Kochen mit schwefliger Säure in vergärbaren Zucker überführt.
c) Alkoholgewinnung aus Azetylen, an das man unter Mitwirkung eines Katalysators Wasser anlagert; den entstandenen Azetaldehyd reduziert man zu Alkohol.

81. Aus den primären Alkoholen entstehen bei Oxydation zunächst die Aldehyde, welche durch die Charaktergruppe $-C\begin{matrix}O\\ \diagdown H\end{matrix}$ gekennzeichnet sind. Bei weiter fortschreitender Oxydation gehen die Aldehyde in gesättigte Fettsäuren mit der Karboxylgruppe —COOH als Charaktergruppe über.

82. Die Aldehyde wirken stark reduzierend. Sie scheiden aus ammoniakalischer Silberlösung Silber ab. Fehlingsche Lösung reduzieren sie zu rotem Kupfer(1)-oxyd Cu_2O.

83. Eine 40%ige Lösung von Formaldehyd ist das als Desinfektionsmittel verwendete Formalin. Mit Phenol bildet der Formaldehyd die Phenolkunstharze, zu denen Bakelit gehört, mit Kasein das zur Herstellung von Knöpfen viel gebrauchte Kunsthorn Galalith.

84. Die wichtigsten gesättigten Fettsäuren sind die Ameisensäure $H \cdot COOH$, die Essigsäure $CH_3 \cdot COOH$, die Propionsäure $C_2H_5 \cdot COOH$, die Buttersäure $C_3H_7 \cdot COOH$, die Palmitinsäure $C_{15}H_{31} \cdot COOH$, die Margarinsäure $C_{16}H_{33} \cdot COOH$ und die Stearinsäure $C_{17}H_{35} \cdot COOH$. Die allgemeine Formel der gesättigten Fettsäuren ist $C_nH_{2n+1} \cdot COOH$.

85. Die Ameisensäure ist die einzige gesättigte Fettsäure, die strukturmäßig eine $-C\begin{matrix}O\\ \diagdown H\end{matrix}$-Gruppe enthält, denn ihr Strukturbild ist $H-C\begin{matrix}O\\ \diagdown OH\end{matrix}$. Diese Aldehydgruppe reduziert Fehlingsche Lösung.

86. Die Essigsäure gewinnt man
a) durch Oxydation von Alkohol durch Einwirkung von Essigsäurebakterien,
b) bei der Trockendestillation (beim Erhitzen unter Luftabschluß) von Holz,
c) technisch durch Oxydation von Azetaldehyd.

87. Alkohol + Säure = Ester + Wasser.

88. Fette sind die Glyzerinester höherer Fettsäuren, und zwar vorwiegend der Palmitinsäure $C_{15}H_{31} \cdot COOH$, der Stearinsäure $C_{17}H_{35} \cdot COOH$, der ungesättigten Ölsäure $C_{17}H_{33} \cdot COOH$ und der noch stärker ungesättigten Linolsäure $C_{17}H_{31} \cdot COOH$. Sie bilden mit dem Glyzerin das Tripalmitin $(C_{15}H_{31})_3 \cdot C_3H_5$, das Tristearin $(C_{17}H_{35})_3 \cdot C_3H_5$, das Triolein $(C_{17}H_{33})_3 \cdot C_3H_5$ und den Linolsäureglyzerinester $(C_{17}H_{31})_3 \cdot C_3H_5$. Die Öle enthalten vorwiegend Triolein und den Linolsäureglyzerinester, die festen Fette vorwiegend Tristearin; die halbfesten Fette sind Gemische beider Gruppen. Meist sind die Fette Gemische mehrerer Ester, in denen häufig verschiedene Fettsäurereste an den Glyzerinrest gebunden sind. Die Fettsäuremoleküle stellen lange Kohlenstoffketten dar.

89. Milch besteht aus Wasser, Fett, Eiweiß, Milchzucker und Salzen. Durch Milchsäurebakterien wird die Milchsäuregärung eingeleitet, wobei der Milchzucker in Milchsäure umgesetzt wird. Die Milchsäure bringt als Elektrolyt das Eiweiß (Kasein) der Milch zum Gerinnen.

90. Seifen sind die Alkalisalze höherer Fettsäuren. Die Natriumsalze bezeichnet man als Kernseifen; sie sind fest. Die Kalisalze sind die weichen Schmierseifen. Man gewinnt die Seifen

a) durch Einwirkung von Natriumhydroxyd oder Kaliumhydroxyd auf Fette und
b) durch Einwirkung von Natriumkarbonat oder Kaliumkarbonat auf freie Fettsäuren.

Die Ausgangsstoffe werden in eisernen Kesseln so lange mit den Laugen erhitzt, bis ein fadenziehender Seifenleim entstanden ist. Durch Eindampfen erhält man daraus die wasserreichen Leimseifen, die außer überschüssiger Lauge auch das als Nebenprodukt entstandene Glyzerin einschließen. Die wasserarmen Kernseifen erhält man durch Aussalzen, das heißt durch Zusatz von Kochsalz zu dem noch flüssigen Seifenleim, wobei sich die Seife von der glyzerinhaltigen Unterlauge abscheidet.

91. Man gewinnt Seife aus Kohle und Wasser, indem man zunächst Wassergas herstellt und dieses nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren in höhere gesättigte Kohlenwasserstoffe überführt. Diese oxydiert man zu Fettsäuren, die sich beim Erhitzen mit Soda zu Natronseife umsetzen.

92. Hartes Wasser enthält Kalzium- und Magnesiumsalze gelöst, besonders das Kalziumbikarbonat und das Kalziumsulfat. Die Härtebildner setzen sich mit der Seife zu unlöslicher Kalkseife, dem Kalziumsalz der höheren Fettsäuren, um. Die Kalkseife bildet keinen Schaum und hat keine reinigende Kraft, fällt also für die Reinigungswirkung der Seife aus. Mit steigender Wasserhärte entstehen in der Praxis hohe Seifenverluste. Die ausfallende Kalkseife verklebt die Poren der Wäsche und führt zu deren Vergilben.

93. Die verschiedenen Chloressigsäuren erhält man, wenn man in der Methylgruppe der Essigsäure die Wasserstoffatome nacheinander durch Chloratome ersetzt. Es entstehen die Monochloressigsäure $CH_2Cl \cdot COOH$, die Dichloressigsäure $CHCl_2 \cdot COOH$ und die Trichloressigsäure $CCl_3 \cdot COOH$. Die Aminoessigsäure entsteht beim Ersetzen eines Wasserstoffatoms der Methylgruppe durch die Aminogruppe $—NH_2$; sie hat die Formel $CH_2(NH_2) \cdot COOH$ und heißt auch Glykokoll.

94. Oxyfettsäuren sind Fettsäuren, in denen Wasserstoffatome des Säurerestes durch die Hydroxylgruppe ersetzt sind.

95. Milchsäure ist Oxypropionsäure. Je nachdem, an welchem Kohlenstoffatom man die Substitution vornimmt, erhält man zwei verschiedene Milchsäuren, die man als α- und β-Milchsäure unterscheidet: $CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$ = α-Milchsäure, $CH_2(OH) \cdot CH_2 \cdot COOH$ = β-Milchsäure. Bei der α-Säure ist die Substitution an dem der Karboxylgruppe benachbarten Kohlenstoffatom erfolgt.

96. a) Die einfachste zweiwertige organische Säure ist die Oxalsäure COOH—COOH. Weitere Glieder der zweibasischen organischen Säuren sind die Malonsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot COOH$ und die Bernsteinsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$.
b) Von der Malonsäure leitet sich die Tartronsäure $COOH \cdot CH(OH) \cdot COOH$ ab. Die Bernsteinsäure bildet als Monooxybernsteinsäure die Apfelsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot CH(OH) \cdot COOH$ und als Dioxybernsteinsäure die Weinsäure $COOH \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot COOH$.

97. Die Eisen(2)salze geben mit rotem Blutlaugensalz (= Kalium-Eisen(3)zyanid) $K_3[Fe(CN)_6]$ eine tiefblaue Fällung von Turnbulls Blau (= Eisen(2)-Eisen(3)-zyanid) $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$.
Die Eisen(3)salze geben mit gelbem Blutlaugensalz (= Kalium-Eisen(2)zyanid) $K_4[Fe(CN)_6]$ eine tiefblaue Fällung von Berliner Blau (= Eisen(3)-Eisen(2)-zyanid) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.
Außerdem kann man die Eisen(3)salze auch durch Rhodankalium KSCN nachweisen, mit dem eine blutrote Färbung durch gebildetes Eisen(3)rhodanid $Fe(SCN)_3$ eintritt.

98. Harnstoff gewinnt man synthetisch aus Kohlendioxyd und Ammoniak. Er ist als erster „organischer Stoff" synthetisch aus anorganischen Grundstoffen aufgebaut worden (Wöhler 1828). Harnstoff ist heute ein wichtiger stickstoffhaltiger Kunstdünger.

99. Kohlenhydrate sind Verbindungen des Kohlenstoffs mit den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff, die darin meist im Verhältnis 2 : 1 vorkommen (wie im Wasser).
Wir unterscheiden Monosaccharide oder Monosen $C_6H_{12}O_6$,
Disaccharide oder Biosen $C_{12}H_{22}O_{11}$ und
Polysaccharide oder Polyosen $(C_6H_{10}O_5)_n$.

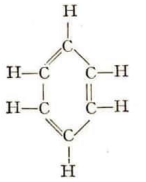
100. Traubenzucker und Fruchtzucker sind Monosaccharide,
Rohrzucker, Milchzucker und Malzzucker sind Disaccharide,
Stärke und Zellulose sind Polysaccharide.

101. Traubenzucker kann man im Harn durch Erwärmen mit Fehlingscher Lösung nachweisen, wobei der Traubenzucker mit seiner Aldehydgruppe die Fehlingsche Lösung zu rotem Kupfer(1)oxyd Cu_2O reduziert. Roter Bodensatz zeigt Traubenzucker in der Untersuchungsflüssigkeit an.

102. Invertzucker ist ein Gemisch aus Trauben- und Fruchtzucker, der sich beim Kochen von Rohrzucker mit verdünnten Säuren durch hydrolytische Spaltung bildet. Bienenhonig besteht zu etwa 70% aus Invertzucker.

103. Wir kennen Chardonnetkunstseide, Viskosekunstseide, Kupferkunstseide und Azetatkunstseide.
Bei der Fabrikation von Viskosekunstseide wird Zellulose mit Natronlauge behandelt, durch Abpressen von der überschüssigen Lauge befreit und der Rückstand in Schwefelkohlenstoff gelöst. Es entsteht das Xanthogenat, aus dem sich beim Mischen mit Natronlauge die sirupartige Viskose bildet. Nach 24 Stunden wird die Viskose durch sehr feine Düsen in ein Fällungsbad gedrückt, in dem sie zu Kunstseidefäden erstarrt.

104.



Die sechs Kohlenstoffatome des Benzols bilden die Ecken eines regelmäßigen Sechsecks und sind untereinander abwechselnd einfach und doppelt gebunden. An jedem Kohlenstoffatom sitzt an der freien Wertigkeit ein Wasserstoffatom. Diese Konstitutionsformel stammt von Kekulé.

105. Es entstehen das Nitrobenzol $C_6H_5 \cdot NO_2$,
das Aminobenzol oder Anilin $C_6H_5 \cdot NH_2$,
das Monomethylbenzol oder Toluol $C_6H_5 \cdot CH_3$,
das Oxybenzol oder Phenol $C_6H_5 \cdot OH$.

BERICHTIGUNGEN UND ERGÄNZUNGEN

1/5, Als Überschrift voranstellen „Die anorganische Chemie"
20, Zeile 8 v. u.: Das Wort „meist" muß vor „wasserunlöslich" stehen; Kurzfassung entsprechend
31, Ergänze Tabelle 1:

„Arsen	As	75	3,5	Nichtmetall	fest	5,7 — —
Silizium	Si	28	4	Nichtmetall	fest	2,3 1413°∼2500°

35, Zeile 15 v. u.: siehe 1/20

2/61, [73], Zeile 5: statt „gelöst worden" lies „Lösung enthalten"
[73] Kurzfassung: statt „Wasser gelöst worden" lies „Lösung enthalten"
[73], Zeile 9: statt „Wasser" lies „Lösung"
72, 12. Kapitel Mitte: statt „Wasser gelöst" lies „Lösung enthalten"

3/4, Zeile 4 v. u.: ändern wie bei 1/20
22, Zeile 11: wie 2/61 [73] Kurzfassung
34, Zeile 4: lies „d) 6900 : 0,25 = 27600 Minuten = 460 Stunden ≈ 19 Tage
Zeile 5 ist zu streichen.

4/101, [130]: Hinter der Gleichung füge ein „Sonnenlicht wirkt beschleunigend."
103, [135], Zeile 7: statt „bei 220°" lies „mit steigender Temperatur zunächst zäh-, oberhalb 250° jedoch wieder"
103, Fußnote streichen
106, Zeile 11: statt „Heißwasser" lies „überhitzte Wasserdämpfe (165°)"; Kurzfassung entsprechend

5/110, [142], Zeile 4: lies „Eiweißes"
[143], Zeile 4/5: lies „Schwefelwasserstoffwasser"
113, [148], letzte Zeile: statt „Eisentrioxyd" lies „Eisen(3)oxyd"
121, Zeile 5 v. u.: ersetze „Na_2SO_2" durch „Na_2SO_3"
122, Tabelle 3, Zeile „Schwefel" ersetze „H_2SO_2" durch „H_2SO_3"
122, Zeile „Silizium": streiche „H_2SiO_3"; statt „Kieselsäure" lies „Kieselsäuren", statt „Silikat" lies „Silikate"
136, [193], Zeile 3 v. u.: streiche „sehr"
137, [196]: statt „Kalziumsulfit $CaSO_3$" lies „Kalziumbisulfit $Ca(HSO_3)_2$

6/43, E 1: statt „orange" lies „gelb"
61, F 1: statt „Natronlauge" lies „Natriumhydroxyd"
71, F 1: siehe 6/61

7/170, [256], Zeile 10: statt „Metalloxyd" lies „Ammoniak"

8/214, Zeile 9: statt „Stickstoff" lies „Stickoxyd"

9/98, F 1: Formel muß lauten $2\,Na + 2\,H_2O = 2\,NaOH + H_2\uparrow$
100, F: statt „179" lies „170", statt „1,2" lies „1,16"

10/242, Zeile 1: füge hinter der Klammer ein „sowie bei der Gärung"
249, Formel: statt „Ag" lies „2 Ag"

11/261, [371], Zeile 10: statt „Benzin" lies „Benzol"; Kurzfassung entsprechend

12/138, 44. Kapitel, F 2: statt „3,6" lies „3,97"; statt „45,6" lies „45,97"
139, 45. Kapitel, F: statt „37 cm^3" lies „370 cm^3"

13/289, [417], Zeile 4: füge hinter Na_2CO_3 ein „oder Pottasche (= Kaliumkarbonat) K_2CO_3"

14/327, [468], Zeile 2 v. u.: statt „diesen-Laugen" lies „diese n-Laugen"
348, Zeile 5 v. u.: statt „93" lies „0"

15/175, G 3: siehe 13/289
178, Zeile 4 v. u.: statt „1" lies „0"

16/364, [516], Zeilen 7–10: hinter „dienen" lies „und zwar solcher Elemente, denen zur Edelgasschale noch zwei Elektronen fehlen (z. B. Sauerstoff). Sie lagern sich mit der Elektronenlücke an die freien Elektronenpaare. Diese Bindungsform bezeichnet man als koordinative Bindung. Sie ist dadurch charakterisiert, daß das gemeinsame Elektronenpaar von einem Bindungspartner geliefert wird, während bei der Atombindung jeder Partner ein Elektron beisteuert. So entstehen ..."
373, [526], Zeile 4 v. u.: statt „NO_3" lies „NO_3'"
387, Zeile 4 v. u.: statt „Atombindung" lies „koordinative Bindung"

17/404, Vers. 233: Die Formel lautet „$2\ Fe^{\cdot\cdot} + Cl_2 \longrightarrow 2\ Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 2\ Cl'$"
411, letzte Zeile: statt „Anode" lies „Kathode"; Kurzfassung entsprechend
412, Zeile 4: statt „Kathode" lies „Anode"; Kurzfassung entsprechend
414, [566], letzte Zeile: statt „Alle" lies „Fast alle"; Kurzfassung entsprechend

17/423, [579], Zeile 4: statt „belichteten" lies „unbelichteten"

18/183, Zeile 5: statt „Ionen" lies „Elektronen"
205, Zeile 3 v. u.: die Frage muß die Nr. 25 tragen
206, 69. Kap, E 2: statt „Atombindung" lies „koordinative Bindung"
208, G 1, Zeile 2: siehe 18/206
208, G 2: die Antwort muß lauten „Oxydation ist Entzug von Elektronen"
210, Zeile 2 v. u.: statt „25,16 g" lies „50 g"

Zeile 1 v. u.: statt „$\frac{25{,}16 \cdot 287}{161} \approx 44{,}85$" lies „$\frac{50 \cdot 287}{161} \approx 89$"

19/429, Zeile 5 v. u.: hinter der Formel füge ein „Das entstandene Kohlenmonoxyd reduziert ebenfalls weiteres Bleioxyd zu metallischem Blei:
$PbO + CO \xrightarrow{\text{Reduktion}} Pb + CO_2\uparrow$"
443, Zeile 3 v. u.: nach der Formel einfügen „Auf diese Weise gewinnt man außer Chrom noch Mangan, Silizium und Titan."
446, Zeile 1: statt der angegebenen Formel lies:
„$Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow NaAlO_2 + 2\ H_2O$"
446, Zeile 9: statt der angegebenen Formel lies:
„$Al + NaOH + H_2O \longrightarrow NaAlO_2 + 3\ H\uparrow$"
458, 2. Gleichung v. o.: siehe 19/446, Zeile 1

20/474, Zeile 4: statt „60000" lies „30000"

21/221, Zeile 4: statt „... H_3AlO_3, wobei (AlO_3)" ..." lies „... $HAlO_2 + H_2O$, wobei $(AlO_2)'$ ..."
221, Zeile 9: lies „$Al + KOH + H_2O \longrightarrow KAlO_2 + 3\ H\uparrow$"
221, Zeile 11: statt „K_3AlO_3" lies „$KAlO_2$"
248, 82. Kapitel, E 4b): lies $Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow NaAlO_2 + 2\ H_2O$
248, 82. Kapitel, E 5b): Ein Molekül Aluminiumhydroxyd löst sich in einem Molekül Natronlauge unter Bildung von einem Molekül Natriumaluminat und 2 Molekülen Wasser.
249, 83. Kapitel, E 4): lies Heliumkerne, Wasserstoffkerne (= Protonen), Kerne des schweren Wasserstoffs (= Deuteronen) und die Neutronen.

22/519, Zeile 4 v. u.: statt „Stoffwechselprodukte von" lies „Tätigkeit der"
540, Zeile 7: statt „Besitz" lies „Auftreten"

23/543, Zeile 8 v. u.: statt „Antimontrisulfid" lies „Antimonpentasulfid"

24/275, Zeile 1 v. u.: streiche „zu Kohlendioxyd und Milchsäure"
276, Zeile 1: füge ein „Diese Milchsäuregärung verläuft ohne Gasentwicklung nach der Formel

$$\underset{\text{Milchzucker}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{Gärung}} \underset{\text{Milchsäure}}{2\,CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH}"$$

276, Zeile 13/14: statt „Milchsäurebakterien in Milchsäure, Kohlendioxyd und Wasserstoff gespalten" lies „Milchsäurebakterien gespalten; dabei entsteht hauptsächlich Milchsäure"

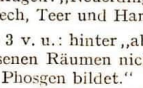
25/606, Zeile 5/7: streiche „Daher geben ... Reaktion" und lies dafür „Malzzucker und Milchzucker reduzieren aber wie die Monosaccharide Fehlingsche Lösung"
613, Zeile 13; einfügen: „Neuerdings wird die Ablauge eingedickt und der Rückstand als Pech, Teer und Harz verwendet."

26/627, [832], Zeile 3 v. u.: hinter „abgeschlossen" einfügen: „Tetralöscher dürfen in geschlossenen Räumen nicht benutzt werden, da sich in der Hitze das giftige Gas Phosgen bildet."
643, Die Formel am Schluß von [851] lautet richtig:

$$FeCl_3 + 3\ KSCN \longrightarrow 3\ KCl + Fe(SCN)_3$$

646, Zeile 6: statt „Der" lies „Das"
650, Zeile 3 v. u.: statt „Kampfer" lies „Trikresylphosphat"

27/321, F 3: streiche Formel e) und ersetze sie durch die Formel



324, G 21: ergänze „und die Disaccharide Malzzucker und Milchzucker"
326, 113. Kapitel, E 4: der 2. Satz muß lauten: „Sie wird beim Erhitzen zu rotem Kupfer(1)oxyd reduziert."

28/653, [863], Zeile 3 v. u.: und entsprechend Kurzfassung: statt „in der Größenordnung 50000 bis 100000" lies „etwa zwischen 17000 und 6 Millionen"
660, [873], Zeile 8: statt „Kekulé" lies „Kekulé[1])"
663, [879], letzte Zeile: statt „verbraucht" lies „zu Anilin verarbeitet"

28/669, Zeile 3: statt „Zusammenschmelzen" lies „Erwärmen"

30/364, 118. Kapitel: F 2m): statt „$(C_4H_9)^1$" lies „$(C_5H_{11})^1$"
F 3b): statt „NH_4'" lies „NH_4^+"

Lest.-Nr. 16330 32 | 1.–8.5. Tsd. – 1000/50-VI-10/50 – Lizenz Nr. 331 – Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft – Herausgeber: Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin/Leipzig – Schriftleitung: Leipzig S 3, Arthur-Hoffmann-Straße 175 – Satz: VEB Offizin Haag-Drugulin, Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg. 8)

INHALTSVERZEICHNIS CHEMIE

Brief	Kapitel		Seite
1		*Einleitung*	3
		Die anorganische Chemie	
	1	Physikalische und chemische Vorgänge	5
	2	Gemenge und deren Trennung	12
	3	Verbindungen – Synthese	18
	4	Der Verbrennungsvorgang – Analyse	21
	5	Elemente	28
	6	Symbole, Formeln und Gleichungen	31
2	7	Atom und Molekül	37
	8	Verbindungsneigung	39
	9	Die Luft	41
	10	Sauerstoff und Oxydation	43
	11	Wertigkeit – Benennung der Oxyde	53
	12	Das Wasser	56
	13	Wasserstoff – Reduktion	65
4	14	Reduktion und Reduktionsmittel – Chemische Grundgesetze	73
	15	Atomgewicht – Molekulargewicht – Chemische Berechnungen	78
	16	Das Kochsalz	84
	17	Zusammensetzung und Elektrolyse des Kochsalzes	91
	18	Die Salzsäure	94
	19	Das Chlor	97
	20	Der Schwefel	103
5	21	Die Schwefelsäuren	109
	22	Die Säuren	113
	23	Die Salze	119
	24	Sulfide – Gesetz von den mehrfachen Gewichtsverhältnissen	125
	25	Die Schwefelsäure – Hygroskopische Substanzen	130
	26	Sulfate und Sulfite	135
	27	Die Leichtmetalle Natrium, Kalium und Kalzium	137
7	28	Die Laugen	145
	29	Die Salzbildung	147
	30	Allgemeine Regeln über den Ablauf chemischer Reaktionen	152
	31	Stickstoff und die Salpetersäure	155
	32	Die Einwirkung von Salpetersäure auf Metalle – Die Nitrate	159
	33	Ammoniak und Ammoniumverbindungen	166
8	34	Die Bindung des Luftstickstoffes a) Vorbereitende Prozesse	181
	35	Die Bindung des Luftstickstoffes b) Die Hochdruckkatalyse des Ammoniaks	186
	36	Die Bindung des Luftstickstoffes c) Salpetersäuregewinnung aus Ammoniak – Stickstoffdüngemittel	190

Brief	Kapitel		Seite
8	37	Der Phosphor	197
	38	Die Phosphorverbindungen und die Verwendung des Phosphors	200
	39	Der Mineralbedarf der Pflanzen und die künstliche Düngung	205
	40	Arsen	209
10	41	Der Kohlenstoff	217
	42	Die Kohlen	222
	43	Flamme und Beleuchtung	232
	44	Kohlendioxyd	238
	45	Die Karbonate	243
	46	Kohlenmonoxyd	246
11	47	Ein Besuch im Gaswerk	253
	48	In der Kokerei	258
	49	Verschwelung und Teerverarbeitung	261
	50	Die Kohleverflüssigung	263
	51	Das Erdöl	267
	52	Siliziumdioxyd, Kieselsäure und Silikate	274
	53	Quarz und Kieselsäure als Verwitterungsprodukte	279
	54	Die Kieselsäure als gesteinsbildender Faktor	281
13	55	Technische Silikate I: Das Glas	289
	56	Die Verarbeitung des Glases	292
	57	Soda und Pottasche	297
	58	Kalziumkarbonat	301
	59	Technische Silikate II: Tonwaren mit porigem Scherben	305
	60	Technische Silikate III: Tonwaren mit dichtem Scherben	309
	61	Chemisches Rechnen I: Atomgewicht, Molekulargewicht, Mol und Molvolumen	314
	62	Chemisches Rechnen II: Rechnen mit Molvolumen und Äquivalenten	317
14	63	Normallösungen und Maßanalyse	325
	64	Elektrochemie – Dissoziation und Elektrolyse	331
	65	Die Ionenlehre	338
	66	Ionenreaktionen, Ionengleichungen, Hydrolyse	342
	67	Vom Bau der Atome	347
	68	Die Ionenbindung oder Elektrovalenz	351
16	69	Atombindung, Metallbindung, Komplexe	361
	70	Wandlung chemischer Grundbegriffe durch die Elektronentheorie der Valenz	366
	71	Die elektrochemische Spannungsreihe	369
	72	Das Periodensystem der Elemente	374
	73	Das Eisen I: Vorkommen und Verhüttung	380
17	74	Das Eisen II: Die Verarbeitung des Roheisens	389
	75	Die Eisenverbindungen	402
	76	Die Metalle der Zinkgruppe: Zink und Quecksilber	409
	77	Das Kupfer	414
	78	Die Edelmetalle der Kupfergruppe: Silber und Gold – Die Platingruppe	419

Brief	Kapitel		Seite
19	79	Die Bleigruppe I: Das Blei	429
	80	Die Bleigruppe II: Die Bleiverbindungen – Das Zinn	433
	81	Die leichten Gebrauchsmetalle I: Das Magnesium	437
	82	Die leichten Gebrauchsmetalle II: Das Aluminium	440
	83	Radioaktivität	448
	84	Übersicht über die Hauptgruppen I bis III (Leichtmetalle)	456
	85	Übersicht über die Hauptgruppen IV bis VIII	458

Überblick über die anorganische Chemie

20	86	Überblick über die einwertigen und zweiwertigen Nichtmetalle	465
	87	Überblick über die dreiwertigen und vierwertigen Nichtmetalle	471
	88	Die Nichtmetall-Wasserstoff-Verbindungen und ihre Salze	475
	89	Die Nichtmetalloxyde	481
	90	Die Sauerstoffsäuren der Nichtmetalle	482
	91	Die Salze wichtiger Sauerstoffsäuren	489
	92	Die Leichtmetalle und die Basen	495
	93	Die Schwermetalle	498

Die Chemie der Kohlenstoffverbindungen

22	94	Aufbau und Einteilung der organischen Chemie	505
		A. Kettenverbindungen = Verbindungen der Fettreihe	
	95	Die gesättigten Kohlenwasserstoffe	508
	96	Die Alkohole	512
	97	Das Gärungsgewerbe – Mehrwertige Alkohole	516
	98	Alkoholate und Ester	522
	99	Äther und Aldehyde – Polymerisation	526
	100	Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe	533
23	101	Azetylen als Ausgangsprodukt organischer Großsynthesen	541
	102	Die Fettsäuren	549
	103	Die höheren Fettsäuren – Esterbildung	556
	104	Die Fette	561
	105	Verseifung der Fette – Waschwirkung der Seife	567
25	106	Strukturmodell und Strukturformel: Isomerie und Stereoisomerie	581
	107	Der Aufbau der Kohlenhydrate	592
	108	Traubenzucker und Rohrzucker	596
	109	Die Polysaccharide: Stärke und Zellulose	603
	110	Die Zellstoffindustrie	611
26	111	Die Erzeugung künstlicher Faserstoffe	617
	112	Die Halogenabkömmlinge der Kettenkohlenwasserstoffe	624
	113	Mehrbasische Säuren und Oxysäuren	627
	114	Die Abkömmlinge der Blausäure und der Kohlensäure	639
	115	Die Amine und die Aminosäuren	647
28	116	Die Eiweißstoffe	653

Brief Kapitel Seite

B. Die ringförmigen Kohlenwasserstoffe

28 117 Das Benzol als Ausgangsverbindung der aromatischen Ringkohlenwasserstoffe ... 659
118 Benzolabkömmlinge ... 662
119 Mehrwertige Phenole – Phenolkunstharze ... 666
120 Die Chemie der Teerfarbstoffe ... 671
121 Die aromatischen Säuren ... 676
122 Gerbstoffe und Gerberei ... 679

29 123 Ätherische Öle, Harze, Kampfer – Kondensierte Benzolringe ... 685
124 Die Alkaloide ... 690
125 Grundzüge des chemischen Aufbaues der Lebewesen ... 695
126 Die Salzlösungen im Körper des Menschen ... 700
127 Unsere Nahrungsmittel ... 708
128 Die Ergänzungsnährstoffe ... 715

Überblick über die organische Chemie

31 129 Der Aufbau der organischen Stoffe ... 722

A. Kettenverbindungen = Verbindungen der Fettreihe

130 Die Kohlenwasserstoffe ... 723
131 Die Alkohole und die Alkoholabkömmlinge ... 727
132 Die Fettsäuren (= einbasische gesättigte Säuren) und die Fette. 734
133 Mehrbasische Säuren und Oxysäuren ... 739
134 Zyanverbindungen, Kohlensäurederivate und Aminoverbindungen 742
135 Die Kohlenhydrate ... 747

B. Die ringförmigen Kohlenwasserstoffe

136 Ringförmige Kohlenwasserstoffe I (Benzol, Phenol, Nitro-, Amino- und Azoverbindungen) ... 751
137 Ringförmige Kohlenwasserstoffe II (Aldehyde, Säuren, Mehrfachringe, stickstoffhaltige Ringe) ... 755

Stichwortverzeichnis Chemie ... 761
Verzeichnis der Tabellen und Tafeln ... 774
Literatur zur Weiterbildung ... 775

Die Briefe 3, 6, 9, ..., 27, 30 sind Übungsbriefe; der Brief 32 enthält die Gesamtwiederholung sowie Berichtigungen und Ergänzungen.