LEHRBUCH DER BIOLOGIE

SIEBENTES SCHULJAHR

LEHRBUCH DER BIOLOGIE

FÜR DAS 7. SCHULJAHR

Mit 209 Abbildungen im Text

VOLK UND WISSEN VERLAG · BERLIN / LEIPZIG

1951

Herausgegeben von Willi Lemke

in Zusammenarbeit mit einem Autorenkollektiv

Bestell-Nr. 6025 DM 1.80 gbd. (DM 1.45 bei Lieferung über die Schule) · 1.–400. Tausend
Lizenz Nr. 334 · 1000/51-I-47/51
Satz: Bibliographisches Institut VEB, Leipzig (III/18/62)
Druck: Leipziger Druckhaus VEB, Leipzig (III/18/203)

INHALT

A. Vorbedingungen des Lebens 5

B. Zellen und Gewebe 8

I. Bau der Pflanzen- und Tierzelle 9

a) Die Pflanzenzelle 9

b) Die Tierzelle 12

II. Die Vermehrung der Zellen .. 13

III. Pflanzliche Gewebe und Organe 13

a) Bau des Blattes 13

b) Bau des Stengels 16

IV. Tierische Gewebe 18

a) Hautgewebe 19

b) Stützgewebe und Stützorgane 21

c) Muskelgewebe und Muskeln 24

C. Einzeller und niedere Vielzeller 25

I. Einzellige Lebewesen 25

a) Urtiere 25

b) Pflanzliche Einzeller 31

II. Die einfachsten Vielzeller 34

III. Vielzellige Algen 36

IV. Schwämme 37

V. Hohltiere 39

VI. Würmer 45

a) Plattwürmer 45

b) Fadenwürmer 48

c) Ringelwürmer 49

VII. Gliedertiere 52

VIII. Weichtiere 53

IX. Stachelhäuter 58

X. Zusammenstellung der besprochenen Lebewesen 60

D. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen 62

I. Der Boden 62

a) Bestandteile des Bodens .. 62

b) Entstehung des Bodens ... 64

c) Eigenschaften des Bodens . 65

d) Bodenfruchtbarkeit 66

e) Düngung 67

II. Aufnahme der Nährstoffe ... 69

a) Bestandteile der Pflanze .. 69

b) Nährstoffe der Pflanze 69

III. Aufbau der Pflanzenstoffe ... 72

a) Assimilation des Kohlenstoffs 72

b) Der Aufbau der organischen Stoffe 73

IV. Atmung 74

V. Fäulnisbewohner und Schmarotzer 76

VI. Schmarotzerpflanzen 79

VII. Pflanzliche Symbiosen 87

E. Ernährung und Stoffwechsel bei Tier und Mensch 89

I. Nährstoffe und Vitamine 89

Die Nahrung der Tiere und Menschen 89

II. Der Nahrungsbedarf der Tiere und Menschen 94

III. Verdauung und Ausscheidung 95

a) Die Verdauungsorgane des Menschen 95

b) Die Verdauungsorgane der Tiere 99

c) Sauerstoffaufnahme und Transport der Stoffe 101

d) Der Stoffwechsel im Körper 101

e) Die Ausscheidung 103

IV. Hormone 104

V. Tierische Schmarotzer 106

F. Bakterien 108

I. Bau- und Lebensweise 108

II. Fäulnis- und Gärungserreger. 112

III. Krankheitserreger 114

G. Nahrungsmittel und Rohstoffe 119

I. Nahrungsmittel 119

a) Nahrungsmittel aus dem Pflanzenreich 119
b) Gewürze und Genußmittel 127
c) Nahrungsmittel aus dem Tierreich 129

II. Pflanzliche und tierische Rohstoffe 135

a) Holz 135
b) Kautschuk 137
c) Leder 138
d) Farbstoffe 139
e) Faserstoffe 139

H. Streifzüge 145

I. Im Wald 145

II. Am Wasser 150

III. Im Moor 155

J. Kreislauf der Stoffe 162

I. Kreislauf des Wassers 162

II. Kreislauf des Kohlenstoffs... 162

III. Kreislauf des Stickstoffs..... 163

IV. Die Lebewesen im Kreislauf der Stoffe..... 164

Sach- und Namenregister 166

ABBILDUNGEN

Zeichnungen: Kurt Herschel, Leipzig

Weitere Vorlagen:

Deutsches Institut für Länderkunde, Leipzig (Abb. 164, 165); Großberliner Wasser- und Entwässerungswerke, Werk Friedrichshagen (Abb. 153); Kurt Herschel, Leipzig (Abb. 22, 23, 30, 46, 53, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 113, 114, 120, 178, 187, 195, 198, 199, 201, 202, 206); Alfred Hilprecht, Magdeburg (Abb. 203, 204, 205); Illus, Berlin (Abb. 163, 166, 167, 177, 180); Heinz Krüger, Falkensee (Abb. 155, 156, 169, 170, 171); Curt Michel, Nossen (Abb. 111); Verlag „Tägliche Rundschau", Berlin (Abb. 179, 183); B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig (Abb. 2, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 49, 54, 56, 58, 59, 63, 66, 67, 68, 69, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 99, 100, 110, 115, 117, 118, 151); TEXTIMA, Oberlausitzer Webstuhlfabrik VEB, Neugersdorf/Sa. (Abb. 182); Universitäts-Kinderklinik der Charité, Berlin (Abb. 127); Zentralinstitut für Film und Bild in Unterricht, Erziehung und Wissenschaft, Berlin (Abb. 158, 159, 162, 168, 176).

A. VORBEDINGUNGEN DES LEBENS

Die meisten Lebewesen der Erde bewohnen die *Erdoberfläche*. In höheren Luftschichten oder in größeren Meerestiefen leben immer weniger Arten. Im Erdboden hört schon nach wenigen Metern Tiefe nahezu jedes Leben auf. Auch in den Polarzonen und im Hochgebirge gibt es nur wenige Arten. In manchen Wüsten leben fast keine Pflanzen und Tiere.
In diesen lebensarmen oder lebensleeren Bezirken der Erde fehlen gewisse Vorbedingungen, die Pflanzen und Tieren erst das Leben ermöglichen. Wasser, Sauerstoff, Nährstoffe, geeignete Temperatur und Licht müssen ausreichend vorhanden sein, damit Lebewesen bestehen können.

Wasser. Die Körper aller Lebewesen enthalten Wasser. Aus abgepflückten Pflanzenteilen können wir Wasser herausdrücken. Auch das Holz frisch gefällter Bäume ist feucht. Ebenso ist in jedem Tierkörper Wasser enthalten.
Wasser wird von Pflanzen und Tieren ständig ausgeschieden. Die Landpflanzen verdunsten durch ihre Blätter fortgesetzt Wasser. Wie der Mensch geben alle Landtiere ununterbrochen Wasser in Form von Dampf durch die Haut und mit der Ausatmungsluft ab. Im Harn und im Kot scheiden sie Wasser aus. Das ausgeschiedene Wasser wird ständig ersetzt. Alle Pflanzen und Tiere nehmen Wasser auf, so daß der Wassergehalt ihres Körpers erhalten bleibt.
Wasserpflanzen und **Wassertiere** verbringen ihr ganzes Leben im Wasser. Sie decken ihren Wasserbedarf aus dem Wasser ihrer Umgebung. Andere Lebewesen, vor allem manche *Insekten* und die *Amphibien*, machen ihre Jugendentwicklung im Wasser durch (Eintagsfliegen, Libellen, Frösche u. a.; s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 193). Nach ihrer Metamorphose verlassen sie das Wasser und leben auf dem Lande. Hier decken sie ihren Wasserbedarf wie die Landtiere. Die *amphibischen Pflanzen* sind imstande, im Wasser und auf dem Lande zu leben (Wasserknöterich, Froschlöffel, Pfeilkraut u. a.; s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 188).
Landpflanzen und **Landtiere** führen dem Körper das nötige Wasser durch bestimmte Organe zu. Die Landpflanzen nehmen es im allgemeinen mit den Wurzeln aus dem Boden auf. In regenarmen Gebieten gedeihen Landpflanzen nur, solange das Grundwasser für sie erreichbar ist. Wo in der Wüste durch eine Bodensenke der Grundwasserspiegel nahe der Oberfläche liegt, entwickeln sich Pflanzen- und Tierleben (Oase).
Viele Arten der auf dem Lande lebenden Tiere benötigen nur das in der Nahrung enthaltene Wasser (z. B. Regenwürmer und die meisten Insekten, wie Mücken, Mehlkäfer und Blattläuse). Andere nehmen noch zusätzlich Wasser auf, sie trinken.

Der Feuchtigkeitsbedarf der Tiere auf dem Lande hängt in starkem Maße vom Bau ihrer Haut ab. Die Haut der Regenwürmer, Schnecken, Molche und Frösche schützt diese Tiere nicht vor dem Wasserverlust durch Verdunstung. Sie können nur in feuchter Luft gedeihen, in der ihr Körper wenig Wasser abgibt. In trockener Luft gehen Regenwurm oder Salamander schnell zugrunde. Bei anderen auf dem Lande lebenden Tieren hat sich in der Haut ein *Verdunstungsschutz* entwickelt. Die *Gliedertiere* sind mit einem Chitinpanzer bedeckt. Bei den *luftatmenden Wirbeltieren* sterben die obersten Zellschichten ab. Sie werden bei den Kriechtieren zu Hornschuppen oder Schildern. Bei den Vögeln bildet die Haut Federn und bei den Säugern Haare aus, die die Luftschicht zwischen sich festhalten und dadurch die Verdunstung herabsetzen. In heißen Gegenden mit geringer Luftfeuchtigkeit (Steppen und Wüsten) haben sich bei Tieren und Pflanzen besondere Einrichtungen herausgebildet, die das aufgenommene Wasser aufspeichern (z. B. verschließbare Kiemen bei Lungen- und Labyrinthfischen, Falten im Pansen der Kamele, Blätter vom Mauerpfeffer).

Sauerstoff. Für fast alle Lebewesen ist der Sauerstoff der Luft oder des Wassers lebensnotwendig. Die Pflanzen nehmen den Sauerstoff mit ihren Blättern auf. Die meisten Tiere und die Menschen haben besondere Organe (Kiemen, Tracheen, Lungen), mit denen sie den gasförmigen Sauerstoff aufnehmen. Tiere, die auf dem Lande leben, entnehmen den Sauerstoff der Luft. Im Wasser lebende, aber luftatmende Tiere steigen regelmäßig zur Oberfläche empor und holen Luft (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 191). Wenn sie daran gehindert werden, ersticken sie. Die im Wasser atmenden Tiere nehmen den im Wasser gelösten Sauerstoff auf; in abgekochtem oder sauerstofffreiem Wasser können sie nicht leben.

Nährstoffe. Alle Lebewesen brauchen Nährstoffe, um zu gedeihen. Die Pflanzen können sich nur auf *nährstoffreichen Böden* kräftig entwickeln. Auf Sand oder auf salzigem Boden wachsen nur wenige Pflanzenarten. Diese Arten haben sich den besonderen Bedingungen angepaßt.
Alle grünen Pflanzen nehmen bestimmte Stoffe auf, die im Boden und in der Luft enthalten sind. Man nennt diese Stoffe **anorganische Stoffe.** Aus ihnen bauen die grünen Pflanzen körpereigene **organische Stoffe** auf.
Tiere und Menschen müssen organische Stoffe aufnehmen. Sie brauchen deshalb für ihre Ernährung die grünen Pflanzen. Viele Tiere leben von Pflanzen und Pflanzenstoffen (z. B. Honigbienen, Schmetterlinge, Huftiere). Andere (z. B. Raubinsekten, Raubfische, Kriechtiere, Raubtiere) fressen Tiere oder Teile von Tieren. Spinnen, Läuse, Mücken u. a. saugen tierische Säfte. Wenige Arten nehmen in gleichem Maße tierische und pflanzliche Nahrung zu sich. Sie sind *Allesfresser* (z. B. Hühner, Ratten, Schweine, Bären und Menschen). Gelegentlich nehmen *Fleischfresser* auch pflanzliche Nahrung zu sich (Igel) oder *Pflanzenfresser* tierische Nahrung (Affen).

Geeignete Temperatur. Wenn im Herbst die Tage kühler werden, stellen die Pflanzen ihr Wachstum ein. Die einjährigen unter ihnen sterben nach Ausbildung

von Samen ab. Stauden überwintern in der Erde als Knolle, Zwiebel oder Wurzelstock. Bäume und Sträucher verlieren zum größten Teil ihr Laub. Wird es im Frühjahr wieder wärmer, so entfaltet sich der Pflanzenwuchs aufs neue. Der Mangel an Wärme im Winter behindert die Lebenstätigkeit der Pflanzen.
Ebenso ist es in der Tierwelt. Viele Insekten oder ihre Larven und die wechselwarmen Lurche und Kriechtiere fallen in *Winterstarre*. Aber auch in der warmen Jahreszeit sind die *wechselwarmen Tiere* in ihren Lebenstätigkeiten von der Außentemperatur abhängig. Besonders die Kriechtiere sind bei kühlem Wetter träge. Sie verkriechen sich und nehmen wenig Nahrung zu sich. Bei warmem Sonnenschein dagegen sind sie lebhaft und flink (Eidechsen, Schlangen). Die tropischen Riesenschlangen, die man in Tierschauen sieht, sind bei uns ganz ungefährlich. Sie besitzen in unserem Klima nicht die riesigen Körperkräfte, die sie in ihrer heißen Heimat entwickeln.
Die *warmblütigen Tiere* (Vögel und Säugetiere) haben eine bestimmte gleichbleibende Körpertemperatur (Eigenwärme). Diese Eigenwärme macht sie in gewissen Grenzen von der Außentemperatur unabhängig. Der Mensch schützt sich zusätzlich durch Kleidung und Heizung vor schädigenden Einflüssen der Außentemperatur.
Die Temperaturgrenzen, zwischen denen das Leben möglich ist, sind ziemlich eng. Temperaturen unter 0° C und über 50° C ertragen die meisten Organismen nur sehr kurze Zeit.

Licht. Auch das Licht ist für die meisten Lebewesen unentbehrlich. Bekommen Zimmerpflanzen zu wenig Licht, so wachsen sie nur kümmerlich und gehen ein. Im schwachen Licht des Kellers treiben Pflanzen, die wir zur Überwinterung dorthin gestellt haben, krankhafte, blasse, langgestreckte Sprosse. Bei vollständiger Dunkelheit gedeihen grüne Pflanzen nicht.
Auch die Menschen und die meisten Tiere können das Licht nicht längere Zeit entbehren, ohne Schaden zu nehmen. Nur wenige Tiere leben bei vollständigem Lichtabschluß (z. B. Olm, Bandwurm, Spulwurm).

Wasser, Sauerstoff, Nährstoffe, geeignete Temperatur und Licht sind Voraussetzungen für das Leben. Wo sie alle in ausreichendem Maße vorhanden sind, entwickeln sich die Lebewesen am besten. Am üppigsten gedeiht das Leben in den Urwäldern der heißen Zone. Hier sind alle Vorbedingungen in reichstem Maße gegeben. Deshalb entwickelte sich in den Urwäldern eine große Anzahl von Pflanzen- und Tierarten. Von den einzelnen Arten gedeihen oft besonders viele Individuen. In den Wüsten fehlt es an Wasser, im Hochgebirge und in den Polargegenden an Wärme, deshalb sind diese Gegenden arm an Arten. Auch die Nährstoffe des Bodens sind in den verschiedenen Bodenarten in sehr unterschiedlicher Menge vorhanden. Auf nährstoffreichen Bodenarten finden wir einen üppigen Pflanzenwuchs, während auf Sandboden nur wenige Arten wachsen.
So ergeben sich für Tier- und Pflanzenwelt verschiedene **Umweltbedingungen.** Sie führen zu einer unterschiedlichen Ausbildung der Arten. Die Arten passen sich

ihrer Umwelt an. Die Pflanzen der Steppen und Wüsten z. B. haben sich so *angepaßt*, daß sie mit wenig Wasser auskommen, die Tiere der kalten Zone so, daß sie bei niedriger Außentemperatur leben können.

Abb. 1. Fuchsarten.
a Polarfuchs, *b* Rotfuchs, *c* Wüstenfuchs (Fenek)

Von der Gattung der **Füchse** hat sich z. B. der kurzohrige *Polarfuchs* in Körperbau und Lebensweise zu einem Bewohner der Polargebiete entwickelt. Der *Rotfuchs* dagegen ist zum Bewohner der Waldgebiete Nordamerikas, Europas und Sibiriens geworden. Der kleine, langohrige *Wüstenfuchs* lebt an den Wüstenrändern und in den Steppengebieten Afrikas (Abb. 1).

Die **Steinbrecharten** sind ausgesprochene Hochgebirgs- und Felspflanzen. Der *Körnige Steinbrech* hat sich jedoch dem Leben in feuchten Niederungen angepaßt. Er ist bei uns eine häufige Wiesenpflanze. Der *Dreiteilige Steinbrech* ist zu einem Ackerunkraut geworden und lebt unter ganz anderen Bedingungen als seine Verwandten.

Überall haben sich also Tiere und Pflanzen so entwickelt, daß sie den jeweiligen Lebensbedingungen angepaßt sind. Deshalb leben in den verschiedenen Gebieten der Erde jeweils andere Tier- und Pflanzenarten. Es ist die Aufgabe der **Pflanzen- und Tiergeographie,** zu erforschen, in welchen Gebieten die einzelnen Arten vorkommen. Nur wenige Arten sind über die ganze Erde verbreitet. Zum großen Teil sind sie durch den Menschen unabsichtlich verschleppt worden. So waren Haus- und Wanderratte ursprünglich in Vorder- und Mittelasien heimisch. Jetzt sind sie in allen Erdteilen, soweit dort Menschen in Häusern oder Hütten wohnen, verbreitet. Die meisten Unkräuter unserer Getreidefelder (Kornblume, Kornrade, Klatschmohn u. a.) sind mit dem Getreideanbau nach Europa gekommen. Der Breitblättrige Wegerich ist von Europa über alle Erdteile verschleppt worden. In Nordamerika erschien er den Indianern so eng an die Felder und Wohnungen der europäischen Einwanderer gebunden, daß sie ihn „Fußspur des weißen Mannes" nannten.

B. ZELLEN UND GEWEBE

Abb. 2. Zellen (nach Robert Hooke)

Der englische Forscher *Robert Hooke* sah bei seinen mikroskopischen Untersuchungen im Jahre 1667, daß dünne Korkscheiben aus kleinen kammerartigen Gebilden bestehen. Sie erinnerten ihn an die Zellen einer Honigwabe; er nannte sie

deshalb *Zellen* (Abb. 2). Spätere wissenschaftliche Untersuchungen ergaben, daß alle Lebewesen aus einer oder mehreren Zellen bestehen. Neben den Zellen gibt es aber auch ungeformtes lebendes Eiweiß, z. B. die Dotterteilchen im Hühnerei.

I. Bau der Pflanzen- und Tierzelle

Mit dem *Mikroskop* kann erforscht werden, wie eine Zelle gebaut ist. Es lassen sich jeweils nur kleine Teilchen eines Blattes, der Haut usw. untersuchen. Sie müssen so dünn sein, daß sie durchsichtig sind. Deshalb schneidet man den Gegenstand *(das Objekt)* mit dem Rasiermesser in feine Scheiben *(Schnitte)*. Man bringt einen Schnitt auf einer rechteckigen (26 · 76 mm) Glasplatte *(dem Objektträger)* in einen Tropfen Wasser. Dann wird der Schnitt mit einem ganz dünnen Glas *(dem Deckglas)* bedeckt. Damit haben wir ein einfaches *mikroskopisches Präparat* zur Untersuchung fertiggestellt.

a) Die Pflanzenzelle

Aufg. Betrachte unter dem Mikroskop dünne Schnitte von Holundermark und Kork.

Holundermark und Kork sind *tote* Pflanzenteile. Durch das Mikroskop sehen wir verschieden große und verschieden geformte Gebilde. Es sind die *Zellen*, die mit Luft gefüllt sind. Wir sehen von ihnen nur die *Zellwand* (Abb. 3). Diese besteht bei der Mehrzahl der Pflanzen aus *Zellulose*. In fast reiner Form haben wir Zellulose in den *pflanzlichen Gespinstfasern* vor uns.

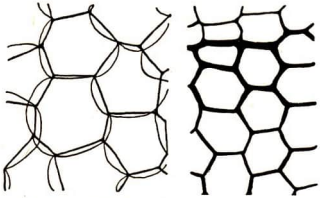


Abb. 3. Zellen (200fach vergr.); links Holundermark, rechts Kork

Aufg. 1. Bringe mit einer Nadel etwas Fruchtfleisch einer ausgereiften Birne, eines mehligen Apfels oder einer Schneebeere auf einen Objektträger. Betrachte diese Objekte unter dem Mikroskop. — 2. Zerschneide eine Küchenzwiebel. Löse von der Innenseite einer der weißen Zwiebelschalen ein Stückchen des dünnen Häutchens ab. Betrachte es unter dem Mikroskop.

In den Zellen aller *lebenden* Pflanzenteile erkennen wir einen durchscheinenden Stoff, das **Zellplasma** (Plasma). Es ist schleimig und zähflüssig. In ihm ist ein größerer, rundlicher Körper, der **Zellkern**, mit einem oder mehreren **Kernkörperchen** sichtbar (Abb. 4). Wir sehen im Plasma auch kleinere dunklere Teilchen, die

man als *Einschlüsse* bezeichnet. Alle diese Bestandteile der Zelle faßt man unter dem Namen **Protoplasma** zusammen. Das Protoplasma ist der lebende Teil der Zelle. Die **Zellwand** und viele Einschlüsse sind Ausscheidungen des Protoplasmas.

Junge Zellen sind zunächst ganz mit Plasma gefüllt; ihr Kern liegt nahe der Mitte. Ältere Zellen strecken sich. Sie bilden innerhalb des Plasmas Räume, die eine wässerige Flüssigkeit, den **Zellsaft,** enthalten. Bei älteren Zellen finden wir meist nur einen einzigen großen Saftraum. Nur die Innenseite der Zellwand ist dann noch von einer dünnen Schicht Plasma überzogen. Abgestorbene Zellen haben kein Plasma mehr.

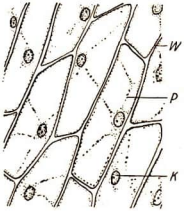


Abb. 4. Zwiebelhautzellen (70 fach vergr.).
K Zellkern, *P* Zellplasma, *W* Zellwand

Die *Form* der Zellen ist kugelig, würfelartig oder langgestreckt. Im Querschnitt sind sie kreisförmig bis eckig, meist fünf- oder sechseckig. Recht verschieden ist ihre *Größe*. Der Durchmesser beträgt durchschnittlich etwa 0,05 mm, schwankt aber zwischen 0,01 und 0,1 mm. Es gibt jedoch auch Zellen von mehreren Zentimetern Länge.

Einschlüsse im Zellplasma

Aufg. 1. Betrachte ein mit der Pinzette abgepflücktes Blättchen des Drehmooses oder ein Blatt von der Sproßspitze der Wasserpest unter dem Mikroskop. — 2. Bringe grüne Pflanzenteile in heißen Spiritus (im Wasserbad erhitzt). Laß sie einige Minuten darin stehen. Beobachte.

In das Zellplasma aller grünen Pflanzenteile sind kleine grüne Körperchen eingelagert. Sie sind durch einen Farbstoff, das *Blattgrün* oder **Chlorophyll,** gefärbt. Meist sind es kugel- oder linsenförmige Körnchen, die *Chlorophyllkörner* (Abb. 5). Heißer Spiritus löst aus ihnen das Chlorophyll heraus und entfärbt dadurch die Blätter. Chlorophyll bildet sich nur, wenn die Pflanzenteile Licht erhalten.

Bei mikroskopischer Betrachtung des *Wasserpestblattes* stellen wir fest, daß die Chlorophyllkörner an der Zellwand entlanggleiten. Das Zellplasma, das sie ein-

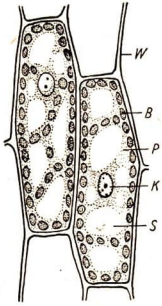


Abb. 5. Moosblattzellen (etwa 300 fach vergr.).
B Blattgrün- (Chlorophyll-) körner, *K* Zellkern, *P* Zellplasma, *S* Saftraum, *W* Zellwand

Abb. 6. Blumenblatt der Kapuzinerkresse mit Zellkern und Farbstoffkörperchen (600 fach vergr.)

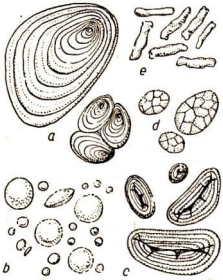


Abb. 7. Stärkekörner (400fach vergr.). *a* Kartoffel, *b* Weizen, *c* Bohne, *d* Hafer, *e* Wolfsmilch

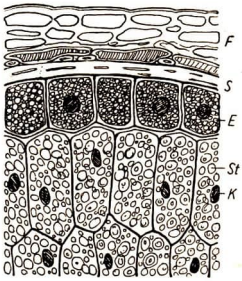


Abb. 8. Weizenkorn (Querschnitt, 200fach vergr.). *F* Fruchtschale, *S* Samenschale, *E* Eiweißschicht, *St* Stärkekörner, *K* Zellkern

schließt, bewegt sich langsam, es *strömt*. Bei dieser Strömung nimmt es die Chlorophyllkörner mit.

Aufg. 1. Betrachte durch das Mikroskop etwas Fruchtfleisch einer Tomate, einer Hagebutte oder Vogelbeere, das du dicht unter der Schale abgekratzt hast. — 2. Untersuche ein Blumenblatt der Pelargonie und Schnitte durch die Möhre. Stelle in allen Fällen fest, woher die Färbung kommt.

Auch die gelbe und hellrote Farbe vieler Blüten, Früchte und Wurzeln (z. B. der Möhre) rührt von Farbstoffkörperchen her. Sie liegen ebenfalls im Zellplasma. Ihr Farbstoff entsteht im Gegensatz zum Chlorophyll auch im Dunkeln. Der Farbstoff der blauen und violetten Blüten ist im Zellsaft *gelöst* (Abb. 6).

Aufg. 1. Schneide eine rohe Kartoffel durch und schabe etwas davon ab. Betrachte es unter dem Mikroskop. — 2. Schabe von der Fläche einer durchschnittenen Bohne, eines zerschnittenen Roggen-, Weizen- oder Haferkornes etwas Mehl ab. Betrachte durch das Mikroskop. — 3. Untersuche einen Tropfen Milchsaft aus einer frisch abgeschnittenen Wolfsmilchpflanze. — 4. Füge den unter Ziffer 1 bis 3 genannten Präparaten vom Rande her einen Tropfen Jodlösung bei. — 5. Betrachte ein Stückchen gekochte Kartoffel unter dem Mikroskop. Färbe mit Jodlösung.

In den genannten Pflanzen erkennen wir kleine Körner. Es sind *Stärkekörner*. Sie sind bei der Kartoffel muschelartig geschichtet, bei der Bohne in ihrem Aufbau oval und rissig. Die Stärkekörner des Weizens sind nahezu kreisrund. Der Hafer hat zusammengesetzte, die Wolfsmilch stabförmige Stärkekörner (Abb. 7). In *Knollen* und *Samen* ist besonders viel *Stärke* enthalten. Sie wird dort als Reservestoff zur Ernährung der neuen Pflanze aufgespeichert. Stärke ist leicht nachweisbar, da sie sich mit Jodlösung blau färbt. Beim Kochen quellen die Körner und ergeben Stärkekleister.

Aufg. Untersuche unter dem Mikroskop eine Spur Kartoffelmehl mit Zusatz von Jodlösung. Wiederhole den Versuch ohne Zusatz von Jodlösung.

Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß Kartoffelmehl aus den gleichen Körnern besteht, wie sie sich in der Kartoffelknolle finden. Sie färben sich durch Jodlösung blau. Auch Roggen-, Weizen- und Erbsenmehl färben sich durch Jodlösung. Alle Mehlsorten bestehen also zum größten Teil aus Stärke.
Die Zellen der Hülsenfrüchte und Getreidekörner enthalten neben der Stärke noch kleine Körnchen aus *Eiweiß*. In den Getreidekörnern liegen die meisten Eiweißkörner in einer besonderen Schicht unter der Schale (Abb. 8).

Aufg. Lege ein Stück einer trockenen Zwiebelschale einige Minuten in Spiritus. Betrachte es dann im Wassertropfen durch das Mikroskop. Suche in den Zellen nach Kristallen. Spiritus verdrängt die Luft aus den Zellen, so daß die Kristalle deutlicher sichtbar werden.

In vielen Zellen finden sich *Kristalle* einzeln oder in Bündeln. Es sind *Ausscheidungsprodukte* der Zellen (Abb. 9). Welke Blätter sind besonders reich an Kristallen. Manche Kristalle sind sehr scharfspitzig oder übelschmeckend.

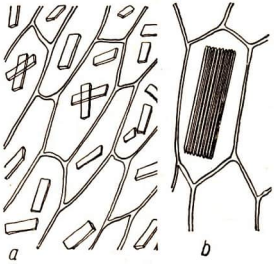


Abb. 9. Kristalleinschlüsse (300fach vergr.).
a Kristalle in einer trockenen Zwiebelschale, *b* Bündel von Kristallnadeln in einer Zelle vom Fruchtknoten des Schneeglöckchens

b) Die Tierzelle

Der *tierische Körper* ist wie der Pflanzenkörper aus Zellen und Zwischenzellsubstanz aufgebaut. Doch haben die tierischen Zellen *keine Zellwände* aus Zellulose. Die äußere Schicht ihres Zellplasmas kann sich zu einer dünnen, zarten Wand, der **Zellmembran,** verdichten. Die tierischen Zellen sind daher nicht so deutlich gegeneinander abgegrenzt wie die pflanzlichen Zellen. Außerdem enthalten die Zellen der Tiere – und auch die des Menschen – keine Chlorophyllkörner.
Die *Einzelheiten der tierischen Zelle* werden durch das Mikroskop nur sichtbar, wenn

Abb. 10. Verschiedene Formen von tierischen Zellen (etwa 300fach vergr.);
a quergestreifte Muskelfaser, *b* zwei glatte Muskelzellen, *c* Leberzellen, *d* Becherzelle in der Darmwand, *e* Blutzellen, *f* Zellen mit Farbstoffkörnchen (Pigmentzellen), *g* Fettzellen, *h* Nervenzelle aus dem Kleinhirn

man die Zellen vor der Untersuchung färbt. Im Zellplasma sind dann feine *Einschlüsse* zu erkennen. Der leicht färbbare *Zellkern* tritt besonders deutlich hervor. Die Zellen der Tiere sind im allgemeinen kleiner als die Pflanzenzellen. Ihre Formen sind noch mannigfaltiger als die der Pflanzenzellen (Abb. 10).

II. Die Vermehrung der Zellen

Die Zellen vermehren sich meist durch Zellteilung. Dabei teilt sich zuerst der Zellkern in zwei Kerne, die auseinanderrücken. Zwischen ihnen bildet sich eine neue Zellwand oder Zellmembran aus. So entstehen zwei Zellen, die *Tochterzellen*. Sie wachsen bald zur vollen Größe der alten Zelle, der *Mutterzelle*, heran und teilen sich dann wieder.

Auf diese Weise werden aus vorhandenen Zellen fortgesetzt neue: die Zellen vermehren sich. So entsteht aus der Eizelle das neue Lebewesen. Aus dem Hühnerei entwickelt sich das Kücken, aus der Eizelle im Fruchtknoten der Eichenblüte der Same, die Eichel, und später die junge Pflanze. Wie die sowjetische Biologin *Olga Borissowna Lepeschinskaja* nachgewiesen hat, können unter bestimmten Bedingungen jedoch auch aus ungeformten Dotterteilen Zellen entstehen.

Auch wenn das junge Lebewesen voll ausgebildet ist, gehen Zellteilung und Zellvermehrung weiter. Das Lebewesen wächst. Das Kücken wird zum Huhn, der Eichensämling zum Baum. Aber auch beim ausgewachsenen Lebewesen werden noch ständig neue Zellen als Ersatz für alte, verbrauchte gebildet. So entwickeln sich beim Baum in jedem Frühjahr neue Blätter und Blüten, bilden sich beim Huhn neue Federn. Beim Menschen wachsen Haare und Nägel ununterbrochen weiter. Auch die Haut erneuert sich ständig. Blutzellen gehen zugrunde und werden ersetzt.

III. Pflanzliche Gewebe und Organe

In jeder Pflanze gibt es Hunderte und Tausende von Zellen, die ähnlichen Bau haben. Wir bezeichnen sie dann als **Gewebe.** Mehrere Gewebe, die zusammenliegen und eine einheitliche Funktion ausüben, bilden ein **Organ.** Ein solches Organ ist z. B. das *Blatt*. Es dient der Ernährung und dem Gasaustausch. Das Blatt eines Obstbaumes besteht aus etwa ein bis zwei Millionen Zellen.

a) Bau des Blattes

Das Blatt ist aus verschiedenen Geweben aufgebaut. An seiner Außenfläche liegt an der Ober- und Unterseite je eine Zellschicht. Die Zellen dieser Schichten sind häufig so fest miteinander verbunden, daß wir sie als Haut abziehen können.

Aufg. Löse mit der Pinzette ein Stück der farblosen Haut eines Schwertlilienblattes ab. Betrachte es unter dem Mikroskop.

Man bezeichnet die das Blatt überziehende Haut als **Oberhaut.** Sie sieht weißlich aus, da ihre Zellen kein Chlorophyll enthalten. In der Flächenansicht erkennen wir, daß die Oberhaut aus Zellen besteht, deren seitliche Wände gerade verlaufen oder wellig ineinander verzahnt sind (Abb. 11). Im Querschnitt erscheinen die Zellen oft pflasterförmig. Ihre Außenwände sind meist verdickt. Das fällt besonders bei Pflanzen auf, die an das Leben an trockenen Standorten angepaßt sind. Durch die verdickten Außenwände sind sie gegen zu starke Wasserverdunstung geschützt (Mauerpfeffer).

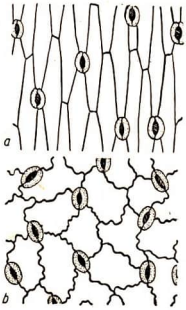


Abb. 11. Oberhaut mit Spaltöffnungen (200fach vergr.).
a Schwertlilie, *b* Unterseite der Nieswurz

Aufg. Ziehe die Oberhaut der Blätter verschiedener Pflanzen ab. Untersuche Ober- und Unterseite.

Die Oberhaut der Blätter weist vor allem an der Blattunterseite Poren auf, die *Spaltöffnungen.* Sie entstehen dadurch, daß zwei bohnenförmige Zellen mit ihren hohlen Seiten aneinanderliegen. Zwischen ihnen bleibt ein Spalt frei (Abb. 11). Diese beiden Zellen verengern oder erweitern die spaltförmige Öffnung. Sie werden darum als *Schließzellen* bezeichnet. Hinter jeder Spaltöffnung liegt ein größerer Hohlraum, die *Atemhöhle* (Abb. 14). Durch die Spaltöffnungen wird Wasser verdunstet.

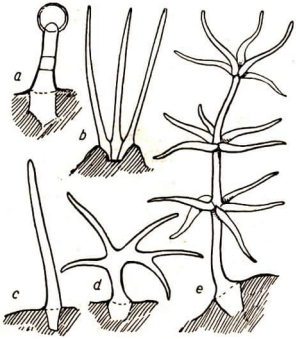


Abb. 12. Pflanzenhaare (80fach vergr.).
a Drüsenhaar der Primel, *b* dreiteiliges Haar der Malve, *c* Borstenhaar der Brennessel, *d* verzweigtes Haar der Levkoje, *e* mehrzelliges Haar vom Wollkraut

Bei den meisten Landpflanzen liegen die Spaltöffnungen auf der Blattunterseite. Dadurch werden sie von den Sonnenstrahlen nicht getroffen. So wird eine zu starke Verdunstung verhindert. Pflanzen an feuchtschattigen Standorten haben auch auf der Oberseite der Blätter Spaltöffnungen. Bei den Schwimmblättern der Wasserpflanzen (z. B. Seerose, Froschbiß) liegen die Spaltöffnungen nur auf der Oberseite.

Aufg. Ziehe vom Blatt der Brennessel ein Stück Haut mit Brennhaaren ab, ebenso von anderen Blättern, die mit Haaren besetzt sind. Betrachte sie unter dem Mikroskop.

Die Haare, die wir vielfach an Blättern sehen, sind aus Oberhautzellen hervorgegangen. Diese sind zu *einzelligen Haaren* ausgestülpt oder zu *mehrzelligen Haaren* ausgewachsen. Die Pflanzenhaare sind

mannigfach gestaltet (Abb. 12). Sie können verästelt oder zu kleinen Sternchen umgebildet sein. Diese Sternchen überziehen oft wie ein dicker Filz das ganze Blatt. Eigenartig sind die Brennhaare der Brennessel (Abb. 13). Die große Zelle endet in einem schräg aufsitzenden Köpfchen. Die Zellwand ist dort spröde wie Glas. Stoßen wir an das Köpfchen, so bricht es ab. Die haarfeine Spitze dringt in unsere Haut ein. Der Haarinhalt ergießt sich in die kleine Wunde und erzeugt einen brennenden Juckreiz.

Abb. 13. Brennhaar der Brennessel (60fach vergr.)

Aufg. Betrachte unter dem Mikroskop einen Querschnitt durch ein Blatt.

Die Gewebe eines Blattes sind meist in vier Schichten angeordnet (Abb. 14). Zwischen den beiden Schichten der Oberhaut (an der Ober- und der Unterseite des Blattes) liegen zwei weitere Schichten mit besonders gestalteten Zellen. Sie enthalten im Gegensatz zu den Oberhautzellen Chlorophyll. Unter der oberen Oberhaut liegen – senkrecht zu ihr – langgestreckte Zellen. Sie stehen wie Pfähle nebeneinander und bilden das **Palisadengewebe.** Darunter folgen die unregelmäßig geformten und nur locker miteinander verbundenen Zellen des **Schwammgewebes.** Die Zellen der beiden Schichten sind an den Kanten und Ecken abgerundet. Sie lassen zwischen sich Lücken frei, die **Zwischenzellräume** (Abb. 15). Die Zwischenzellräume stehen mit den Atemhöhlen der Spaltöffnungen in Verbindung.

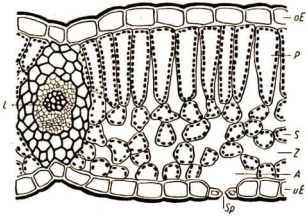


Abb. 14. Blattquerschnitt (300fach vergr.);
oE obere Epidermis, *P* Palisadengewebe, *L* Leitbündel, *S* Schwammgewebe, *Z* Zwischenzellräume, *A* Atemhöhle, *uE* untere Epidermis, *Sp* Spaltöffnung

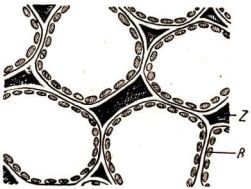


Abb. 15. Zellgewebe mit Zwischenzellräumen (900fach vergr.).
B Blattgrünkörner, *Z* Zwischenzellraum

Aufg. Trockne zwischen Löschpapier Ahorn- oder Pappelblätter, die zwei bis drei Wochen im Wasser an der Sonne faulten. Beklopfe sie mit einer weichen Bürste.

An jedem Blatt fallen uns die **Blattadern** auf. Sie ziehen vom Stiel her durch die Gewebe und treten, vor allem an der Blattunterseite, oft stark hervor. Die

Blattadern vereinigen sich im Blattstiel. In ihnen verläuft ein Saftstrom vom Stengel zum Blatt und umgekehrt.

b) Bau des Stengels

Aufg. Betrachte den Stengel der Taubnessel, der Sonnenblume, des Löwenzahns und des Waldmeisters. Achte auf die Stellung der Blätter.

Der **Stengel** ist meist rund, manchmal auch kantig. Er trägt die Blätter und Blüten. Wenn die Blätter am Grunde des Stengels entspringen (Löwenzahn), nennt man sie *grundständig*, wenn sie einzeln in ungleicher Höhe am Stengel stehen (Sonnenblume), *wechselständig*. Stehen sich zwei Blätter in gleicher Höhe gegenüber (Taubnessel), so nennt man sie *gegenständig*, entspringen mehrere Blätter in gleicher Höhe (Waldmeister), *quirlständig*.
Einen unbeblätterten Stengel nennen wir **Schaft** (Löwenzahn), einen hohlen, der ab und zu durch Knoten verdickt ist, **Halm** (Gräser). Sind die Stengel holzig und ausdauernd wie bei Sträuchern und Bäumen, so bezeichnen wir sie als **Stamm.**

Aufg. Betrachte den Querschnitt eines Kürbis- und eines Maisstengels durch die Lupe.

Im Querschnitt erkennen wir, daß auch die Stengel von einer *Oberhaut* überzogen sind. Es folgt eine Schicht, die wir **Rinde** nennen. Weiter innen sehen

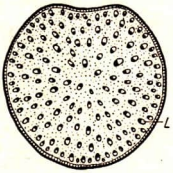


Abb. 16. Maisstengel (Querschnitt, 1,5 fach vergr.). *L* Leitbündel

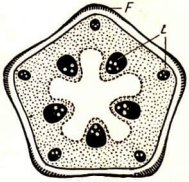


Abb. 17. Kürbisstengel (Querschnitt, 3 fach vergr.). *F* Festigungsgewebe, *L* Leitbündel

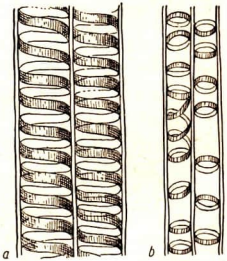


Abb. 18. Gefäße (200 fach vergr.) *a* Schraubengefäß, *b* Ringgefäß

wir Gruppen kreisförmiger Gebilde. Es sind die Querschnitte langer Röhren, die sogenannten **Leitbündel.** Im Maisstengel liegen sie gleichmäßig über den Blattquerschnitt verstreut (Abb. 16), im Kürbisstengel sind sie ringförmig angeordnet (Abb. 17). Diese Bündel sind das **Leitgewebe der Pflanze.** In ihnen vollzieht sich der Nährstofftransport. Die Pflanzen entnehmen dem Boden mit den Wurzeln Wasser und Nährsalze und leiten sie in alle Teile ihres Körpers. Bei Bäumen ist der Transportweg oft recht lang. Bei einer Fichte z. B. kann er 30 bis 40 m betragen.

Jede einzelne Röhre, die wir auch als **Gefäß** bezeichnen, ist oft viele Meter lang. Sie entsteht aus langgestreckten Zellen, deren Querwände teilweise aufgelöst sind. In den Gefäßen werden Wasser und Nährsalze von unten nach oben befördert. Ihre Wände sind durch ring- oder schraubenförmige Verdickungen versteift, so daß die langen Gefäße nicht zusammengedrückt werden (Abb. 18).

Ein anderer Saftstrom leitet die in den Blättern entstehenden organischen Stoffe (Zucker u. a.). Er fließt von den Blättern in die Stengel (z. B. Zuckerrohr), von dort meist weiter in die Früchte (z. B. Pflaumen) oder in die Wurzeln (z. B. Mohrrübe). Der Weg verläuft also von oben nach unten. Dieser Saftstrom fließt in den **Siebröhren.** Sie bestehen aus langen Zellen mit siebartig durchlöcherten Querwänden (Abb. 19). In jedem *Leitbündel* ist eine Anzahl Gefäße und Siebröhren vereinigt.

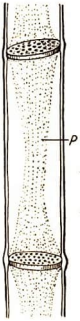


Abb. 19. Siebröhre (200 fach vergr.). *P* Protoplasma

Aufg. Untersuche Querschnitte durch einen Roggenhalm und durch einen Stengel der Taubnessel.

An einem im Winde wogenden Kornfeld können wir beobachten, daß die Stengel über große Festigkeit und außerordentliche Elastizität verfügen. Die langen, schlanken Roggenhalme brechen nicht unter der Last der schweren Ähren. Obgleich sie hohl sind und bei einer Länge von 1,5 bis 2 m nur einen Durchmesser von etwa 3 mm haben, knicken sie selbst bei stürmischem Wind nicht.

Diese Festigkeit und Elastizität werden durch den Bau und durch die Anordnung der Zellen eines besonderen *Festigungsgewebes* aus langgestreckten Zellen mit stark verdickten Wänden bewirkt. Beim Roggenhalm bildet es einen gleichmäßigen Mantel (Abb. 20). Im Stengel der Taubnessel findet es sich als Versteifung längs der vier Kanten (Abb. 21). In ähnlicher Weise sind die Tragmasten der Hochspannungsleitungen als Gittermaste mit vier festen Kanten gebaut.

Abb. 20. Roggenhalm (Querschnitt, 10 fach vergr.). Festigungsgewebe schwarz

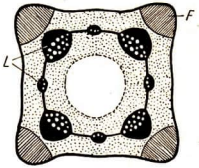


Abb. 21. Taubnesselstengel (Querschnitt, 10 fach vergr.). *F* Festigungsgewebe, *L* Leitbündel

Aufg. 1. Betrachte den Querschnitt eines Astes oder Stammes. — 2. Löse von fingerdicken Weidenzweigen ein Stück Rinde ab. Achte auf die feuchte, schleimige Schicht zwischen Rinde und Holz. — 3. Betrachte Holzquerschnitte unter dem Mikroskop. — 4. Untersuche dünne, mit dem Bleistiftspitzer abgetrennte Stückchen Bleistiftholz (Längsschnitte) unter dem Mikroskop.

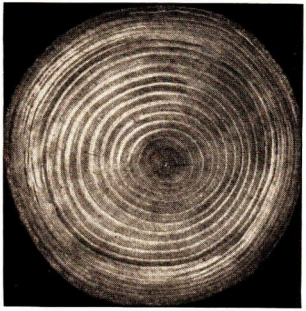


Abb. 22. Jahresringe im Stamm eines Maulbeerbaumes (nat. Gr.)

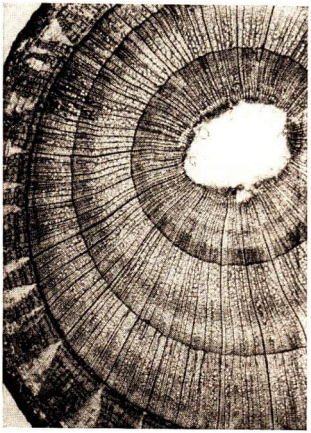


Abb. 23. Jahresringe in einem dreijährigen Lindenzweig (etwa 10fach vergr.)

An ausdauernden Stengeln, also Zweigen, Ästen und Stämmen, können wir ein *Dickenwachstum* erkennen. An der Schnittfläche eines gefällten Baumes sehen wir konzentrische Ringe, die *Jahresringe* (Abb. 22, 23). Sie sind die Zuwachszonen, um die der Stamm Jahr für Jahr dicker wird.

Dieses Dickenwachstum geht von einer dünnen Schicht zartwandiger Zellen aus, der **Wachstumsschicht.** Sie liegt zwischen Holz und Rinde und bildet einen zylindrischen Mantel. An der Wachstumsschicht läßt sich die Rinde leicht vom Holz lösen.

An Quer- und Längsschnitten von Holz erkennen wir unter dem Mikroskop, daß es im wesentlichen aus Gefäßen besteht, die zugleich der Festigung dienen. Die im Frühjahr gebildeten Gefäße haben oft einen größeren Querschnitt als die sich später entwickelnden. Der starke Wasserbedarf beim Austreiben im Frühjahr führt dazu, daß vor allem bei unseren Laubhölzern im Frühjahr größere Gefäße entwickelt werden als im Sommer oder Herbst. Durch diesen Wechsel von groß- und engzelligem Holz entstehen die Jahresringe. Am Holz der Eiche sind die großen Gefäße mit bloßem Auge zu sehen, im Querschnitt als Löcher, im Längsschnitt als Rillen.

IV. Tierische Gewebe

Auch bei den Tieren und Menschen bilden sich wie bei den Pflanzen *Gewebe* und *Organe* aus. Bei den höheren Tieren können wir Hautgewebe, Stützgewebe, Muskelgewebe und Nervengewebe unterscheiden.

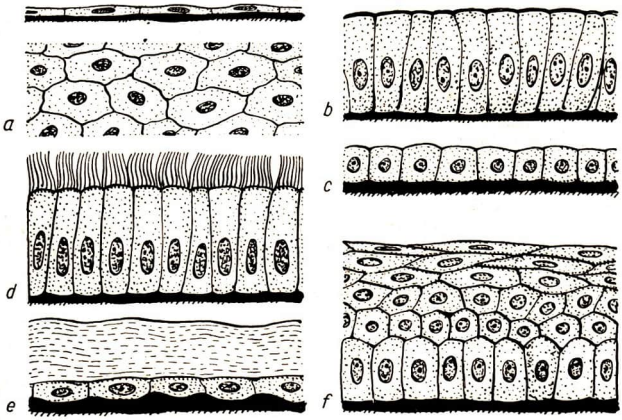


Abb. 24. Verschiedene Formen tierischer Hautzellen (etwa 500fach vergr.);
a plattenförmige Zellen, Querschnitt (oben) und Aufsicht (darunter), *b* zylinderförmige, *c* pflasterförmige Zellen, *d* Flimmerzellen, *e* Hautzellen mit Chitinbelag, *f* mehrschichtige Haut

a) Hautgewebe

Die **Haut der Tiere** begrenzt den Körper nach außen und schützt das Körperinnere. Aber auch für die Atmung ist die Haut von großer Bedeutung. Die Haut der wirbellosen Tiere besteht allermeist nur aus einer Zellschicht, ist also *einschichtig*. Die Haut der Wirbeltiere dagegen ist *mehrschichtig*. Einschichtiges Hautgewebe kleidet die inneren Hohlräume der Wirbeltiere aus, beispielsweise den Darmkanal und die Lunge. Diese Häute sind immer feucht und oft schleimig: *Schleimhaut*.

Aufg. Betrachte durch das Mikroskop die Teilchen, die sich mit einem Stäbchen von der Mundhöhlenschleimhaut abschaben lassen.

Die Form der **Hautzellen** ist verschieden (Abb. 24). Sie sind flach (Mundhöhle, a, c) oder hoch (Darmkanal, b). Manche Zellen tragen an ihrer Oberfläche feine Wimpern (z. B. Luftröhre und Bronchien der Säugetiere und des Menschen). Diese Flimmerzellen (d) befördern durch gleichmäßiges Schlagen der Wimpern den mit Staub beladenen Schleim aus der Luftröhre nach außen. Die Muscheln bewegen mit den Wimpern Nahrungsteilchen zur Mundöffnung und frisches Atemwasser durch ihre Kiemen.

Bei den *Gliedertieren* scheidet das einschichtige Hautgewebe den **Außenpanzer** aus hornartig biegsamem *Chitin* aus (e). Er wird bei der Häutung abgestoßen und erneuert.

Die meisten luftatmenden Wirbeltiere haben eine *mehrschichtige, außen verhornte Oberhaut* (f). Sie dichtet das Körperinnere gegen die trockene Luft ab. Die Oberhaut ist in ständiger Neubildung begriffen. Die äußeren Schichten reiben sich ab oder werden abgestoßen. Die unteren Lagen der Oberhaut bilden ständig neue Zellen, die sich nach oben schieben und verhornen.

Aus der *Haut der Wirbeltiere* geht eine Reihe von **besonderen Hautgebilden** hervor. So entstehen z. B. die **Schuppen** der Knorpelfische (Hai) aus der Haut. In manchen Fällen haben diese Schuppen neue Funktionen übernommen. Beim Haifisch werden sie am Rande der Kiefer kräftiger, verknöchern und dienen als **Zähne** zum Festhalten der Beute (Abb. 26). Solche verknöcherten Schuppen hatten die Knorpelfische, die vor Millionen von Jahren lebten, am Ober- und Unterkiefer. Aus den Schuppen der Knorpelfische gingen im Laufe einer langen Entwicklung die Zähne der Wirbeltiere hervor.

Abb. 25. Verwandte Hautgebilde.
a Schuppe, *b* Haar, *c* Feder

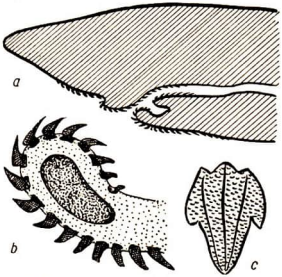


Abb. 26. Schuppen vom Hai.
a Übergang von Hautschuppen zu Zähnen,
b Unterkieferquerschnitt (vergrößert),
c einzelne Schuppe (etwa nat. Gr.)

Die *Haut der Kriechtiere* bildet an ihrer Oberfläche starre **Hornschuppen** (Abb. 25a). Trotzdem bleibt das Tier beweglich, da zwischen den Platten dünnere Hautfalten liegen. Wenn Schlangen oder Eidechsen sich *häuten*, haben sich bereits neue Hornplatten unter den alten gebildet. Die **Federn** der Vögel und die **Haare** der Säugetiere entstehen gleichfalls aus der Haut (Abb. 25b, c). In der *Mauserung* und beim *Wechsel* der Haare werden sie regelmäßig neu gebildet. Auch **Krallen, Nägel** und **Hufe** sind Gebilde der Haut. Die **Hörner** der horntragenden Huftiere und das **Geweih** der Hirsche gehen aus der Haut hervor. Die Entwicklung des Rehgeweihes zeigt das sehr deutlich (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 95, Abb. 120).

In die Haut vieler Tiere, besonders der *Säugetiere*, sind **Drüsen** eingelagert. In den Drüsenzellen wird die Absonderung (das Sekret) der Drüse gebildet (Abb. 27a). Wenn mehrere Drüsenzellen nebeneinanderliegen und sich einsenken, entsteht ein Organ, die **Drüse** (Abb. 27b, c).

Die Drüsenzellen bilden je nach ihrer Art verschiedene Stoffe. Die einen erzeugen *Schleim* und erhalten damit die Haut feucht. Der Schleim ist in manchen Fällen

für andere Lebewesen ätzend oder giftig (Schleimhautdrüsen der Kröten). Andere Drüsen bilden *Talg* (Talgdrüsen), mit dem Haut, Haare und Federn (Bürzeldrüse der Wasservögel) eingefettet werden. Der Talg macht z. B. das Gefieder der Wasservögel wasserundurchlässig. Aus den *Schweißdrüsen* verdunstet ständig Wasser, wodurch der Körper abgekühlt wird. Bei heißem Wetter, Fieber, anstrengender Arbeit scheiden sie auch flüssiges Wasser aus, in dem verschiedene Salze gelöst sind: der Körper schwitzt.

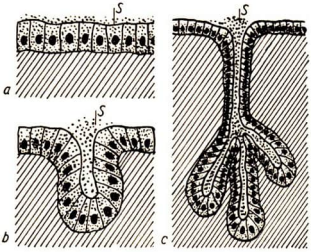


Abb. 27. Entstehung einer Drüse.
a Mehrere Drüsenzellen liegen nebeneinander, *b* sie senken sich ein, *c* eine Drüse mit Ausführungsgang ist entstanden. *S* Sekret

Aus der Haut sind auch die *Milchdrüsen* der Säugetiere hervorgegangen. Sie entnehmen dem Blut die für die Ernährung des jungen Tieres nötigen Stoffe. Aus diesen Stoffen bilden sie die Milch. Die Ausführungsgänge der Milchdrüsen sammeln sich in den Zitzen. Die Zitzen sind auf der ganzen Bauchseite des Tieres verteilt (Schweine) oder stehen zusammen und bilden ein Euter (Rinder, Ziegen).

Aufg. Stelle eine Tabelle der Hautorgane zusammen. Gib bei jedem an, an welchen Tieren es auftritt.

b) Stützgewebe und Stützorgane

Die *Gehäuse* der Schnecken und die *Schalen* der Muscheln schützen den weichen Körper nicht nur, sondern geben ihm auch Halt. Die Gliedertiere, besonders die Krebse und Käfer, tragen einen festen Schutz- und Stützpanzer aus Chitin, den man als **Außenskelett** bezeichnet.

Im Gegensatz zu den Gliedertieren besitzen die Wirbeltiere ein knöchernes **Innenskelett.** Gegenüber dem Außenskelett gestattet das Innenskelett dem Tier eine größere Beweglichkeit, besonders nach den Seiten und beim Wechsel der Bewegungsrichtung (Hakenschlagen des Hasen). Durch das Außenskelett wird auch eine Vergrößerung und Entwicklung der inneren Organe erschwert. Die lebende Haut, die an Stelle des starren, toten Panzers den Körper bedeckt, ist nicht nur dehnbar und elastisch, durch sie wird auch in großem Ausmaße die Ausbildung von besonderen Hautgebilden und von Sinnesorganen ermöglicht. So stellt das Innenskelett eine höhere Entwicklungsstufe dar als das Außenskelett. Nur das empfindlichste Organ der Wirbeltiere, das Gehirn, ist von einer festen Skelettkapsel, dem Hirnschädel, eingeschlossen.

Bindegewebe. Eine wichtige Form des Stützgewebes ist das Bindegewebe. Es umhüllt die einzelnen Organe des Körpers und füllt die Zwischenräume zwischen

ihnen aus. Dadurch verbindet es die einzelnen Organe miteinander. Das Bindegewebe besteht aus Zellen und Zwischenzellsubstanz. Es tritt in sehr verschiedenen Formen auf. Als *straffes Bindegewebe* bildet es die Sehnen der Muskeln. Die Sehnen verbinden die Muskeln mit den Knochen. Auch das *Fettgewebe* gehört zum Bindegewebe. Seine Zellen speichern große Fetttropfen. Das *elastische Bindegewebe* läßt sich wie Gummi dehnen. Es findet sich vor allem in der Wand der großen Schlagadern. Aus Bindegewebe entwickeln sich auch Knorpel und Knochen.

Knorpel. Wenn sich im Hühnerei das Kücken entwickelt, hat es in der ersten Zeit noch kein festes Skelett. Es entwickeln sich zunächst faserige Stränge von **Bindegewebe.** Bei der weiteren Entwicklung werden sie zu **Knorpel** und weiterhin zu **Knochen.** Bei den niedersten Wirbeltieren, den Knorpelfischen, besteht das Skelett zeitlebens aus Knorpel. Bei den Knochenfischen und allen höheren Wirbeltieren wird es zu Knochen. Doch bleiben auch bei ihnen knorpelige Teile erhalten. Beim Menschen z. B. finden wir Knorpel in der Nasenspitze, den Ohrmuscheln, als Zwischenwirbelscheiben, an den Rippenenden und an den Gelenken.

Aufg. Betrachte durch das Mikroskop dünne Schnitte durch ein Stück Knorpel.

Der Knorpel entsteht, indem bestimmte Zellen, die *Knorpelzellen*, Knorpelmasse ausscheiden. An einem Schnitt durch einen Knorpel sehen wir die Knorpelzellen einzeln oder in kleinen Gruppen innerhalb der Knorpelmasse liegen (Abb. 28). Die Knorpelmasse ist fest und zugleich elastisch (Ohrmuscheln, Nasenspitze).

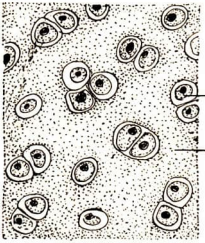


Abb. 28. Knorpelgewebe (200fach vergr.).
Z Knorpelzelle,
Zw Zwischenzellsubstanz

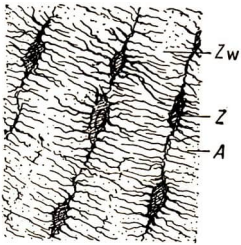
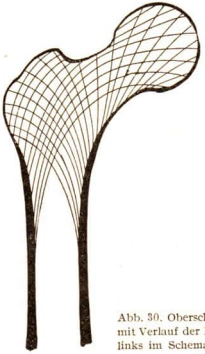


Abb. 29. Knochengewebe (400fach vergr.).
A Ausläufer,
Z Knochenzelle,
Zw Zwischenzellsubstanz

Knochen. Der Knochen entsteht aus *Knochenzellen*. Unter dem Mikroskop sehen wir an einem dünn geschliffenen Knochenstück diese Knochenzellen in langen Reihen oder Kreisen in der Knochenmasse liegen (Abb. 29). Sie haben nach allen Seiten *Ausläufer*, durch die sie miteinander in Verbindung stehen. Die Knochenzellen scheiden die feste Knochenmasse als feine Plättchen aus. Die dazu nötigen Stoffe entnehmen sie aus *Blutgefäßen*, die in größeren Kanälen den Knochen nach allen Richtungen durchziehen. Um jeden solchen Kanal liegen stets mehrere Ringe von Knochenzellen. Die Blutgefäße kommen von der *Knochenhaut*, die den Knochen außen überzieht. Ständig wird im Knochen Knochensubstanz aufgelöst und andere abgelagert. Auch die Knochen unterliegen einem ständigen Veränderungsprozeß.

Aufg. 1. Stelle einen längeren Knochen, z. B. eine Rippe, in einen Glaszylinder mit verdünnter Salzsäure und erneuere diese nach zwei Tagen. — 2. Glühe einen Knochen im Herdfeuer aus. Vergleiche.

Ein Knochen, den wir einige Tage in Salzsäure legen, wird weich und biegsam. Die Säure hat die anorganischen Bestandteile aus dem Knochen herausgelöst. Es ist eine knorpelartige organische Masse übriggeblieben.
Glühen wir einen Knochen aus, so verbrennen die organischen Bestandteile. Es bleibt eine spröde, bröcklige Masse zurück, die aus anorganischen Kalksalzen besteht. Im lebenden Knochen sind die anorganischen Substanzen in die organische Substanz eingelagert. Die biegsame organische Masse gibt dem Knochen *Elastizität*, die anorganische *Festigkeit*. Beide zusammen machen den Knochen fähig, starke Belastungen, z. B. beim Springen, auszuhalten.
Mit zunehmendem *Alter* nimmt im Knochen der Gehalt an organischen Stoffen ab, der an anorganischen aber zu. Die Knochen von Kindern sind darum viel elastischer als die älterer Menschen und brechen seltener. Bei alten Menschen sind die Knochen spröde und brechen leichter.
Bei den vierfüßigen Wirbeltieren ruht die Hauptlast des Körpers auf den säulenförmigen *Röhrenknochen* der Gliedmaßen. Der Mittelteil dieser Knochen ist mit **gelbem Knochenmark** gefüllt. In den Enden ist die Knochenmasse zu feinen *Knochenbälkchen* aufgelockert. Diese sind so angeordnet, daß sie, ähnlich wie das Strebewerk in einem Kran, die Last verteilen (Abb. 30). Sie entstehen durch die Druck- und Zugreize, die auf den Knochen bei seiner Beanspruchung einwirken. Das Innere der kurzen platten Knochen ist ganz mit Knochenbälkchen ausgefüllt.



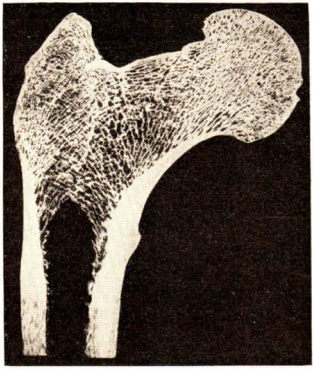


Abb. 30. Oberschenkelknochen mit Verlauf der Knochenbälkchen; links im Schema, rechts im Foto

In den Lücken zwischen den Knochenbälkchen liegt bei den kurzen platten Knochen das **rote Knochenmark.** Es ist eine Bildungsstätte der roten Blutkörperchen.

c) Muskelgewebe und Muskeln

Die Knochen werden durch Muskeln bewegt.

Aufg. Koche ein ganz kleines Stückchen Fleisch 1 bis 2 Minuten in 0,9%iger Kochsalzlösung. Zerzupfe es dann auf einem Objektträger in einem Tropfen der Lösung. Betrachte es durch das Mikroskop.

Beim Kochen zerfällt der Muskel in Fasern. Es sind die *Fleischfasern*, die man an gekochtem Fleisch besonders deutlich erkennen kann. Sie setzen sich aus noch feineren Fasern zusammen, den **Muskelfasern.** Sie sind wie Knochen und Knorpel aus Zellen, den **Muskelzellen,** entstanden. Die Muskelzellen liegen in langer Reihe hintereinander und scheiden seitlich dünne Fädchen, die Muskelfaserchen, ab (Abb. 10a, S. 12); mehrere dieser Fädchen bilden die Muskelfaser. Das Plasma der Muskelzellen wird dabei fast aufgebraucht, es bleiben nur die Zellkerne zurück, die man an den Fasern unter dem Mikroskop sehen kann. Die ausgeschiedenen Fasern haben die Fähigkeit, sich zusammenzuziehen und wieder zu erschlaffen. Durch das Zusammenwirken von vielen Tausenden von Fasern entsteht die Tätigkeit des Muskels.

Bei den Wirbeltieren und den Gliedertieren unterscheiden wir zwei Gruppen von Muskeln. Man unterscheidet sie, je nachdem, welche Organe sie bewegen, in *Skelettmuskeln* oder *Eingeweidemuskeln*. Die Skelettmuskeln bewegen die Skeletteile. Andere Muskeln verschließen als Ringmuskeln die Öffnungen des Körpers (Auge, Mund, After). Aber auch die Eingeweide (Speiseröhre, Magen, Darm, Harnblase u. a.) bewegen sich. Die Blutgefäße und die Pupillen werden verengert und erweitert. Die *Eingeweidemuskeln* unterscheiden sich von den Skelettmuskeln. Niemals sind sie strangförmig wie der Oberarmmuskel oder der Kaumuskel; die Darmmuskeln z. B. liegen als ein Geflecht von Muskelfasern in der Darmwand. Die Fasern der Skelettmuskeln zeigen unter dem Mikroskop eine feine **Querstreifung,** die durch abwechselnd hellere und dunklere Scheiben zustande kommt. Die Fasern der Eingeweidemuskeln sind dagegen **glatt** (Abb. 10b, S. 12). Die Skelettmuskeln mit ihren quergestreiften Muskelfasern können wir durch unseren Willen in Tätigkeit setzen; die Eingeweidemuskeln aber sind vom Willen unabhängig. Die **quergestreiften** Muskelfasern arbeiten **willkürlich,** die **glatten** dagegen **unwillkürlich.**

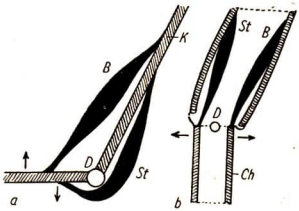


Abb. 31. Wirkung der Muskeln bei Wirbeltieren und Gliedertieren.

a Wirbeltier, *b* Insekt.

B Beuger, *Ch* Chitinpanzer, *D* Drehpunkt, *K* Knochen, *St* Strecker

Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden besteht auch darin, daß sich quergestreifte Muskelfasern schnell und kräftig zusammenziehen können. Sie ermüden jedoch verhältnismäßig rasch. Glatte Muskeln dagegen ziehen sich nur langsam, aber ausdauernder zusammen.
Die wirbellosen Tiere haben meist nur *glatte Muskelfasern*. Eine Ausnahme bilden die Gliedertiere, sie besitzen in ihren Gliedmaßen Muskeln aus quergestreiften Fasern (Abb. 31).

C. EINZELLER UND NIEDERE VIELZELLER

I. Einzellige Lebewesen

Ein großes Lebewesen, etwa ein Baum oder ein Pferd, setzt sich aus vielen Millionen von Zellen zusammen, ein kleines, z. B. eine Moospflanze, baut sich aus einigen Millionen oder gar nur Tausenden von Zellen auf. Sie alle sind **Vielzeller.** Daneben gibt es Lebewesen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Man nennt sie **Einzeller.** Sie sind meist so klein, daß wir sie mit bloßem Auge nicht sehen können und zu ihrer Beobachtung ein Mikroskop zu Hilfe nehmen müssen. Heute wissen wir, daß fast überall, wo es feucht ist, Einzeller zu finden sind. Es gibt unter ihnen Pflanzen und Tiere.

Aufg. 1. Übergieße in einem größeren Glase eine Handvoll Heu, Salatblätter oder andere Pflanzenteile mit Wasser aus einem Graben oder Tümpel. Beobachte den Aufguß mehrere Wochen lang. — 2. Stelle gleichzeitig einen zweiten Aufguß her. Koche ihn einige Zeit. Bringe ihn in eine weithalsige Flasche. Verschließe sie mit einem Wattebausch.

Untersuchen wir einen Tropfen eines frisch angesetzten oder eines abgekochten *Heuaufgusses* unter dem Mikroskop, so finden wir in ihm keine oder nur sehr wenige Lebewesen. Nach einer Reihe von Tagen jedoch bedeckt sich der Aufguß mit einer grauen, schleimigen Haut, der *Kahmhaut.* Unter dem Mikroskop sehen wir, daß sie aus dicht nebeneinanderliegenden Reihen kleiner Stäbchen besteht. Es sind **Bakterien** (Abb. 32), Einzeller ohne Zellkern. Sie ernähren sich von den aufgeweichten faulenden Pflanzenstoffen.

Abb. 32. Bakterien (Heubazillen) in Kahmhaut;
a etwa 200fach, *b* etwa 1000fach vergr.

a) Urtiere

Wir finden in dem Heuaufguß aber auch Einzeller mit Kern. Man nennt sie Urtiere, wenn sie farblos sind.

Wechseltierchen. Nach vier bis sechs Tagen entdecken wir zwischen den Bakterien kleine, blasse *Schleimklümpchen*, die *langsam umherkriechen*. Dabei verändern sie ihre Gestalt. Einmal sind sie kurz und rundlich, dann wieder lang und schmal, manchmal tropfenförmig oder gespalten usw. Ihrer wechselnden Gestalt wegen heißen sie *Wechseltierchen* oder *Amöben*. Das ganze Tier ist ein *Protoplasmatröpfchen*. Es besitzt einen **Kern,** aber keine Zellhaut. Das Wechseltierchen bewegt sich vorwärts, indem sein Protoplasma an einer Stelle einen Fortsatz, ein **Scheinfüßchen,** ausstreckt, dem der Rest des Protoplasmas nachfließt. Bei der größten Art, die man meist in nassen Moosrasen findet, sind die Scheinfüßchen verzweigt und können nach allen Richtungen ausgestreckt werden (Abb. 33a, b).

Trifft ein Wechseltierchen bei seiner Fortbewegung auf Bakterien, so umfließt es diese und nimmt sie mit etwas Wasser in seinen Körper auf (c). Dort bildet sich um sie ein Bläschen, die **Nahrungsvakuole**, in der sie verdaut werden. Unverdauliche Teile werden beim Weiterkriechen ausgeschieden.

Aufnahme und Ausscheidung können *an jeder beliebigen Stelle des Körpers* erfolgen, da der Körper nicht mit einer Haut nach außen abgeschlossen ist. Außer den Nahrungsvakuolen und dem Kern sehen wir im Wechseltierchen ein größeres Bläschen. Es nimmt aus dem Protoplasma überschüssiges Wasser auf und schwillt dadurch an. In regelmäßigen Abständen entleert es seinen Inhalt nach außen und schrumpft zusammen. Weil es seine Tätigkeit ununterbrochen und regelmäßig ausübt, so wie unser Puls schlägt, nennt man es **pulsierende Vakuole.**

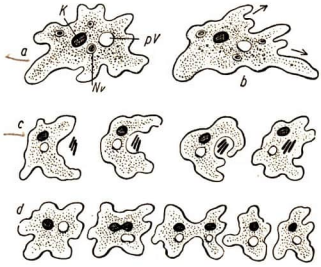


Abb. 33. Wechseltierchen (etwa 50fach vergr.); *a* in Ruhe, *b* in Fortbewegung, *c* Nahrungsaufnahme, *d* Teilung. *K* Kern, *Nv* Nahrungsvakuole, *pV* pulsierende Vakuole

Die Vermehrung eines Wechseltierchens erfolgt meist durch Teilung der Zelle in zwei Tochterzellen (d).

Trocknet der Aufenthaltsort eines Wechseltierchens aus, so kapselt es sich ein, indem es eine *wasserundurchlässige* Haut ausscheidet. In dieser *Einkapselung* kann es jahrelang verharren. Es kann mit dem Staube verweht oder von Tieren verschleppt werden. Bei günstigen Lebensbedingungen, d. h. bei genügender Feuchtigkeit und Nahrung, platzt die Kapsel; das Tierchen kriecht heraus. Ehe man die Dauerkapseln der Wechseltierchen kannte, konnte man sich das plötzliche Auftreten solcher Kleintiere und Bakterien nicht erklären. Man nahm an, Staub oder Schmutz verwandele sich, wenn Wasser hinzukommt, zu solchen Lebewesen. Auch von größeren Tieren, so von Flöhen und Würmern, ja sogar von Fröschen glaubte man, daß sie durch eine solche *Urzeugung* aus nicht lebenden Stoffen entstünden. Wir wissen aber, daß diese Tiere sich aus Eiern entwickeln, die von Flöhen, Würmern oder Fröschen abgesetzt wurden. Auch Wechseltierchen können sich in

einem Heuaufguß nicht entwickeln, wenn nicht Dauerkapseln darin vorhanden sind oder aus der Luft hineinfallen.
Wenn man in einem Heuaufguß die Kapseln durch starkes Kochen tötet und durch einen Wattebausch verhindert, daß andere Kapseln aus der Luft hineinfallen, finden sich in ihm keine Bakterien und Urtiere. Nehmen wir aber den Wattepfropfen ab, so wird sich nach einigen Tagen auf dem Aufguß eine Kahmhaut bilden, in der wir ebenfalls Wechseltierchen finden können.

Wechseltierchen mit Gehäuse. In nassen Moospolstern, besonders im Torfmoos, stellen wir *Wechseltierchen* fest, die in einem *Gehäuse* stecken. Die einen scheiden an der Oberfläche ihres Zellplasmas eine Chitinschale aus, die die Form eines gewölbten Uhrglases hat *(Uhrglasamöbe,* Abb. 34a*)*. Andere kleben feinste Sandkörnchen zu verschieden gestalteten Wohngehäusen zusammen *(Sandhäuschen,* Abb. 34b*)*. Im Meere lebt in zahlreichen Arten eine Gruppe mit Kalkgehäusen, die in Kammern geteilt sind. Ihre Wände sind von Poren durchlöchert, aus denen die Zelle sehr feine, fädige Scheinfüßchen hervorstreckt. Diese *Kammertierchen* (Abb. 35) leben meist schwebend im Wasser. Wenn die

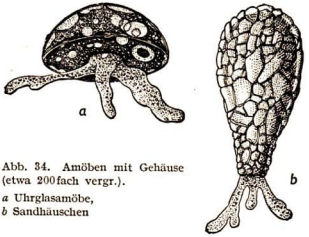


Abb. 34. Amöben mit Gehäuse (etwa 200fach vergr.).
a Uhrglasamöbe,
b Sandhäuschen

Abb. 35. Kammertierchen aus der Kreide von Rügen (etwa 250fach vergr.)

Tierchen absterben, sinken die Gehäuse zu Boden und bilden dort einen feinen Kalkschlamm. Muscheln und Schneckenschalen, Seeigelpanzer und Reste vieler anderer Tiere werden darin eingebettet. So kommt es auf dem Meeresboden zu einer Ansammlung der Hartteile von Lebewesen, die einst in diesem Meere lebten. Die Kreidefelsen der Insel Rügen bestehen aus solchen Tiergehäusen. Das zeigt, daß hier vor etwa 100 Millionen Jahren, als sich die Kreide bildete, Meeresboden war.
Wechseltierchen, Kammertierchen und Sonnentierchen gehören mit ihren Verwandten zu einer *Klasse der Urtiere.* Wir nennen sie **Wurzelfüßer.**

Geißelträger. Einige Tage später entdecken wir im Heuaufguß zahlreiche schnell schwimmende Einzeller. Es sind *Geißelträger.* Sie tragen am Vorderende des Körpers einen oder mehrere Plasmafäden, die **Geißeln.** Diese Geißeln bewegen sich peitschenartig und ziehen dadurch das Tier vorwärts. Im Gegensatz zu den Wechseltierchen haben die Geißelträger eine **Plasmahaut.** Ihr Körper hat dadurch eine verhältnismäßig *feste Form* (Abb. 36). Am Grunde der Geißeln hat bei vielen die Außenhaut eine Öffnung, den **Zellmund,** durch den das Tier die Nahrungsteilchen aufnimmt. Die Nahrung wird durch den Wasserstrudel, den die Geißeln bei ihrer Bewegung erzeugen, in den Zellmund gestrudelt. Die kleineren Arten leben von Bakterien, größere von kleineren Urtieren oder einzelligen Pflanzen, andere auch von faulenden Stoffen. Sie vermehren sich, indem sie sich der Länge nach teilen. Die Geißelträger bilden eine andere Klasse der Urtiere.

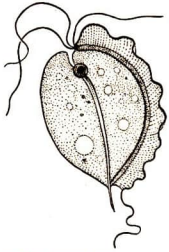


Abb. 36. Geißelträger (etwa 500fach vergr.)

Wimpertierchen. Wenn der Heuaufguß zwei bis drei Wochen alt ist, wird er von einer Unmenge von Einzellern belebt, die fast alle zu einer weiteren Urtierklasse gehören, den **Wimpertierchen.** Sie schwimmen sehr schnell durch das Blickfeld des Mikroskops und drehen sich dabei um ihre Längsachse. Zu ihnen gehört das **Pantoffeltierchen** (Abb. 37). Sein Körperbau ist nicht so einfach wie der Bau der anderen Urtiere. Der pantoffelförmige Körper des Pantoffeltierchens hat, wie der der Geißelträger, eine Plasmahaut, kann aber trotzdem seine Form etwas verändern, so daß sich das Tier auch durch enge Stellen hindurchwinden kann. Die Oberfläche ist dicht mit **Wimpern** besetzt, die in ständiger Bewegung sind und das Tier vorwärts und rückwärts treiben.
Eine Spirale von stärkeren Wimpern umsäumt die

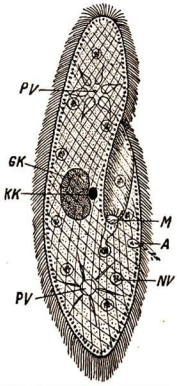


Abb. 37. Pantoffeltierchen (etwa 300fach vergr.).
A Zellafter, *GK* Großkern, *KK* Kleinkern, *M* Mundöffnung, *NV* Nahrungsvakuole, *PV* pulsierende Vakuole

trichterförmige *Mundöffnung* und strudelt die Nahrung (kleinere Urtiere, Bakterien, einzellige Pflanzen) in sie hinein. Die Nahrung wird in *Nahrungsvakuolen* eingeschlossen und wandert langsam durch den Zellkörper. In dem Maße, wie die Nahrung verdaut wird, schrumpfen die Vakuolen und verschwinden zuletzt. Unverdauliche Nahrungsreste werden an einer bestimmten Stelle der Plasmahaut, dem *Zellafter*, ausgestoßen. Nahe dem Vorder- und Hinterende des Tieres liegt im Zellplasma je eine *pulsierende Vakuole*.

Im mikroskopischen Präparat ist am Deckglasrand und dort, wo ein Luftbläschen mit eingeschlossen ist, das Gewimmel der Wimpertierchen besonders dicht. Dort tritt aus der Luft frischer Sauerstoff ins Wasser, den die Tiere zur *Atmung* brauchen.

Das Pantoffeltierchen hat einen *großen* und einen *kleinen Zellkern*. Der kleine Zellkern ist für die Vermehrung wichtig. Gewöhnlich vermehrt sich das Pantoffeltierchen, indem es sich in der Mitte querüber in zwei Teile teilt (Abb. 38). Jeder Teil wächst zu einem neuen Tier aus. Doch nach einiger Zeit können sich die Tiere nicht mehr auf diese Weise teilen. Dann legen sich zwei Tierchen zusammen und *tauschen Teile ihres kleinen Kernes* miteinander aus, während der Großkern sich auflöst. Danach schwimmen sie wieder auseinander, und der eine neue Kern jedes Tieres teilt sich in einen Klein- und einen Großkern. Nach einiger Zeit beginnt die Vermehrung durch Zellteilung von neuem.

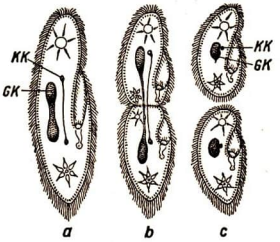


Abb. 38. Teilung eines Pantoffeltierchens (stark vereinfacht).
GK Großkern, *KK* Kleinkern

Wie alle Urtierchen kann sich auch das Pantoffeltierchen vor Trockenheit und Kälte schützen, indem es sich mit einer festen Kapsel umgibt.

Neben vielen frei schwimmenden und kriechenden Arten von Wimpertierchen gibt es auch andere, die sich vorübergehend oder dauernd an Pflanzen u. a. festsetzen. Die **Glockentierchen** haben einen langen, hohlen Stiel mit einer schraubigen zusammenziehbaren Faser, auf dem oben der glockenförmige Zellkörper sitzt (Abb. 39a). Die Wimpern stehen in einer Spirale um die Mundöffnung und strudeln Nahrung herbei.

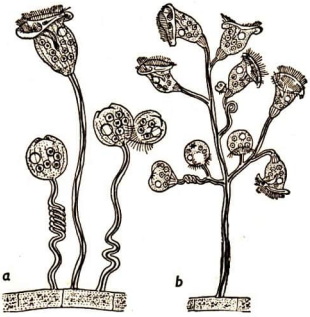


Abb. 39. Glockentierchen (etwa 150fach vergr.); *a* einzellebend, *b* koloniebildend

Andere Wimpern sind nicht vorhanden. Bei jeder Berührung schließt sich die Glocke ruckartig, und der Stiel rollt sich korkenzieherartig ein. Nach einiger Zeit streckt sich der Stiel wieder, die Glocke öffnet sich, und die Mundwimpern beginnen erneut zu strudeln. Bei der Teilung teilt sich bei manchen Glockentierchen auch der Stiel bis zum Grunde, so daß vollständig getrennte Tiere entstehen.

Andere Arten von Glockentierchen teilen sich nicht bis zum Stielgrund. Die Einzeltierchen bleiben vielmehr mit ihren Stielen aneinander hängen. Sie bilden eine **Kolonie** (Abb. 39b). Solche Kolonien sieht man zuweilen in Aquarien an untergetauchten Stengeln und Blättern als schimmelartigen, 2 bis 3 mm hohen Belag, der bei Berührung zusammenzuckt.

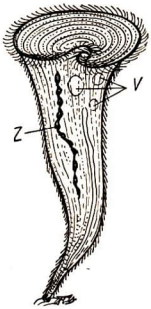


Abb. 40. Trompetentierchen (etwa 100fach vergr.).
V Vakuolen, *Z* Zellkern

Ein weitverbreitetes Wimpertierchen ist das etwa 1 mm lange **Trompetentierchen** (Abb. 40), das mit dem dünnen Ende seines trompetenförmigen Körpers an einer Unterlage festsitzt. Von dieser löst es sich oft und schwimmt mit Hilfe der Mundwimpern eine Weile umher, dann setzt es sich wieder fest. Sein eigenartig geformter Zellkern gleicht einer Perlschnur.

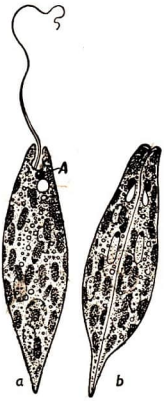


Abb. 41. Augentierchen (etwa 800fach vergr.);
a schwimmend (am Vorderende mit einer Geißel), *b* in Längsteilung (Geißel eingezogen).
A roter Augenfleck, hinter *A* pulsierende Vakuole; im Plasma zahlreiche Chlorophyllkörper; nahe dem Hinterende der Zellkern

Grüne Geißelträger. Wenn das Wasser im Aufguß sich zu klären beginnt, nimmt es oft *grünliche Färbung* an. Diese rührt von Geißelträgern her, deren Protoplasma im Gegensatz zu den anfangs beobachteten Geißelträgern Chlorophyll bildet. Ein solcher Geißelträger ist das **Augentierchen** *(Euglena viridis*, Abb. 41*)*. Es hat seinen Namen nach einem roten, lichtempfindlichen Fleck am Vorderende des Körpers, mit dem es Hell und Dunkel unterscheidet. Augentierchen suchen z. B. im Aufgußglas oder im Aquarium immer die dem Licht zugewandte Seite auf. Sie leben von anorganischen Stoffen, also als *Pflanzen*. Sie brauchen das Licht wie jede grüne Pflanze. Werden sie im Dunkeln gehalten, so bildet sich kein Blattgrün. Sie leben dann wie farblose Geißelträger von Bakterien, kleineren Geißlern und Amöben, d. h. von organischen Stoffen als *Tiere*.

Manche grüne Geißelträger sind also Lebewesen, die als Tiere und als Pflanzen leben können. Sie *vereinigen Eigenschaften von Tieren und Pflanzen* in sich und sind beides zugleich. Man nimmt an, daß aus Geißelträgern, die in ihrer Lebensweise dem Augentierchen ähnelten, sich Formen mit ständig tierischer oder ständig pflanzlicher

Lebensweise entwickelt haben. Aus ihnen entwickelte sich dann einerseits das ganze Tierreich, andererseits das ganze Pflanzenreich.

Krankheiterregende Urtiere. Unter den Urtieren gibt es auch Arten, die im Körper von Tieren und Menschen Krankheiten hervorrufen. Ein Wechseltierchen, die **Ruhramöbe,** kommt in wärmeren Ländern vor und bewirkt eine schwere Darmkrankheit, die *Amöbenruhr*. Der Erreger der in Afrika verbreiteten *Schlafkrankheit* gehört zu den Geißelträgern. Die Schlafkrankheit wird durch den Stich einer Fliege, der Tsetse-Fliege, übertragen und verläuft ohne Heilmittel meist tödlich. Durch Urtierarten aus einer anderen Urtierklasse, die **Sporentierchen,** wird das in warmen Sumpfgegenden häufig auftretende *Wechselfieber* (Malaria) hervorgerufen. Die Erreger dieser Krankheit leben im Blut des Menschen und werden durch den Stich der Mücke übertragen. Beim Stich gelangen die Urtiere in das Blut eines anderen Menschen, dringen in die roten Blutkörperchen ein und zerstören sie. Am dritten oder vierten Tage vermehren sie sich, die roten Blutkörperchen zerfallen und die neuentstandenen Schmarotzer befallen neue Blutkörperchen. Das ist mit einem hohen Fieberanfall verbunden, dem ein oder zwei fieberfreie Tage folgen. Als Heilmittel benutzt man seit langem das aus der Rinde des Chinarindenbaumes gewonnene außerordentlich bittere *Chinin*. Jetzt werden auch weniger übel schmeckende und schneller wirkende Heilmittel chemisch hergestellt. In den Fiebergegenden hat man die Krankheit dadurch eingedämmt, daß man die Sümpfe trockenlegte und so der Fiebermücke die Entwicklungsmöglichkeit nahm.

b) Pflanzliche Einzeller

Aufg. 1. Kratze etwas von dem grünen Anflug an feuchten Mauern oder Baumrinden ab. Verteile ihn in einem Tropfen Wasser. Betrachte durch das Mikroskop. — 2. Untersuche grüngefärbtes Wasser und Schlammproben aus Teichen, Tümpeln und Pfützen unter dem Mikroskop. — 3. Untersuche ebenso den braunen, schmierigen Belag an Schilfstengeln.

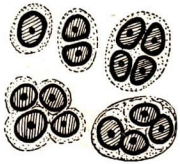


Abb. 42. Urkugelalgen (etwa 200fach vergr.)

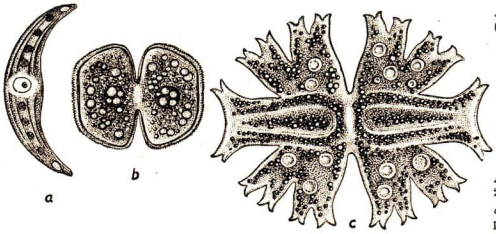
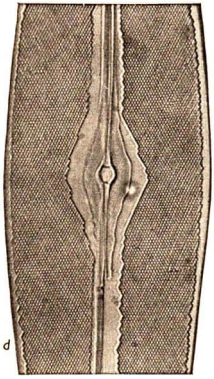


Abb. 43. Zieralgen (etwa 200fach vergr.).
a Mondalge, *b* eine Doppelform, *c* Malteserkreuz

An feuchten Mauern und Baumrinden sehen wir neben Stellen mit kleinen Moosen auch solche, die nur von einem grünen Anflug überzogen sind. Ist der Anflug blaugrün oder schwärzlich, dann besteht er aus **Blaualgen.** Sie haben keine Zellkerne und gehören zu den Kernlosen. Ein rein grüner Anflug besteht, wie wir durch das Mikroskop sehen, aus winzigen kugeligen Pflänzchen, die wir als **Urkugelalgen** bezeichnen. Eine Zellwand umgibt das mit Chlorophyllkörnern dicht gefüllte Protoplasma. Der Zellkern ist dadurch verdeckt. Neben Einzelkugeln sehen wir auch zwei- und vierteilige Gebilde. Diese sind durch Teilung der Algenzelle entstanden. Oft bleiben zwei, vier oder mehr Zellen nebeneinander liegen (Abb. 42).

Zwei im Wasser lebende Gruppen einzelliger Pflanzen fallen uns durch ihre regelmäßige und zierliche Gestalt auf. Wir finden sie im Schlamm und an größeren Wasserpflanzen, viele auch im freien Wasser. Die eine Gruppe nennen wir **Zieralgen.** Sie sind leuchtend grün, dabei halbmondförmig, sternförmig oder zeigen mannigfache Doppelformen (Abb. 43). An Reichtum der Formen gleichen ihnen die **Kieselalgen.** Wir erkennen sie an der braunen



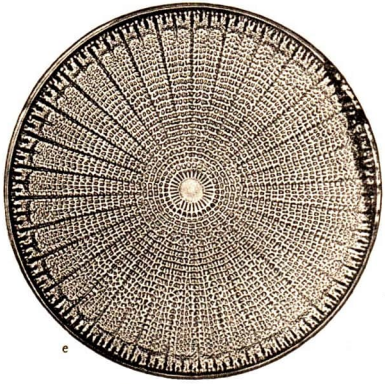


Abb. 44. Kieselalgen;

a bis *c* Schiffchenalge (etwa 400fach vergr.); *a* von oben gesehen (Schalenansicht), *b* von der Seite gesehen (Gürtelansicht), *c* im Querschnitt, *d* feiner Schalenbau einer Kieselalge (sehr stark vergrößert), *e* Schalenansicht einer kreisrunden Kieselalge (etwa 500fach vergr.)

Färbung, die durch einen gelbbraunen Farbstoff hervorgerufen wird, der das Blattgrün verdeckt. Jede Zelle baut sich aus Kieselsäure, die in geringer Menge im Wasser gelöst ist, und aus anderen Stoffen eine zweiteilige Schale auf. Die Schale gleicht dem Bodenteil und dem übergreifenden Deckel einer Schachtel (Abb. 44). Darin liegt das Protoplasma.

Die Vermehrung erfolgt durch Zellteilung; dabei weichen die beiden Schalen auseinander, während das Plasma sich teilt. Jede Tochterzelle bildet eine zweite innere Schalenhälfte. Da die Schalen nicht wachsen, werden die Zellen mit jeder Generation kleiner. Ist die Hälfte der normalen Größe erreicht, so legen sich zwei Kieselalgen zusammen, verlassen ihre Gehäuse, bestimmte Teile ihres Protoplasmas verschmelzen und wachsen dann zu einer Alge von normaler Größe heran. Nach Bildung eines neuen Kieselgehäuses erfolgt wieder eine Reihe einfacher Zellteilungen. Bei der Teilung bleiben bei einzelnen Arten die Einzelzellen oft aneinander hängen; dadurch entstehen faden-, zickzack- oder sternförmige Kolonien (Abb. 45).

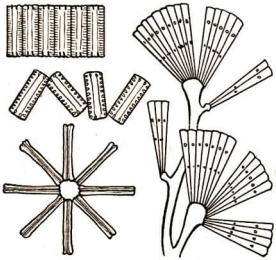


Abb. 45. Koloniebildende Kieselalgen (etwa 300fach vergr.)

Wenn die Kieselalgen absterben, sinken die Kieselpanzer auf den Grund des Sees oder Meeres und bilden dort Schichten von manchmal 10 m Dicke. In den Meeren der Braunkohlenzeit bildeten sich im Laufe von Jahrtausenden mächtige Lager

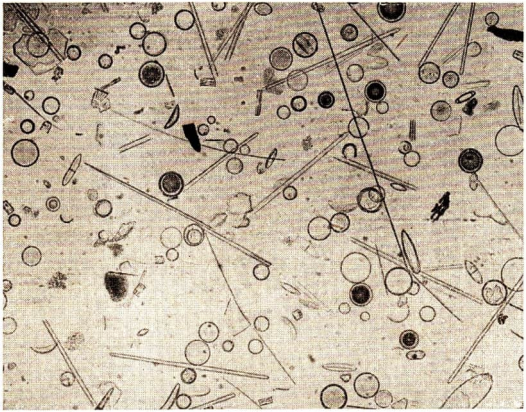


Abb. 46. Kieselgur (etwa 300fach vergr.)

von dieser *Kieselgur* (Abb. 46), z. B. in der Lüneburger Heide und unter Teilen von Berlin. Da Kieselgur mit Luft gefüllt und unverbrennbar ist, benutzt man sie zum Isolieren von feuerfesten Schränken, von Eisschränken, Heizungsrohren usw.

II. Die einfachsten Vielzeller

Der Ursprung jeder Blütenpflanze ist die in der Samenanlage eingeschlossene **befruchtete Eizelle.** Auch die Tiere gehen aus einer Eizelle hervor. Durch fortgesetzte *Teilung* dieser Zelle nach der Befruchtung entsteht der Körper der einzelnen Pflanzen und Tiere.

Als sich das Leben auf der Erde entwickelte, entstanden aus der lebenden Materie zunächst *einzellige Lebewesen.* Die meisten Typen sind längst wieder ausgestorben. Wir wissen nicht, wie sie aussahen. Andere haben sich in veränderter Form als Urtiere und Algen bis heute erhalten.

Aus **Einzellern** der Urzeit entwickelten sich die *vielzelligen Pflanzen und Tiere.* Die Gestalt der ersten vielzelligen Formen kennen wir nicht. Diese Lebewesen haben keine Reste und Spuren in den alten Erdschichten hinterlassen. Aber durch den Vergleich verschieden hoch entwickelter Lebewesen der Gegenwart können wir uns eine Vorstellung davon machen, wie die Entwicklung vor sich gegangen sein kann.

Abb. 47. Schraubenalge (etwa 200fach vergr.)

Die Einzeller vereinigen in ihrer einzigen Zelle alle Vorgänge, die das Leben ausmachen: Stoffwechsel, Wachstum, Reizbarkeit, Fortpflanzung, Bewegung. Die Vielzeller besitzen in der Regel für jede dieser Tätigkeiten besondere Organe, deren Zellen sich in ihrem Bau den verschiedenartigen Funktionen angepaßt haben. Die Zellen im Körper eines Säugetieres ermöglichen z. B. als Knochen- und Muskelzellen die Bewegung, als Magen- und Darmzellen die Verdauung. Was bei den Einzellern eine einzige Zelle ausführt, verteilt sich bei den Vielzellern auf viele Zellen.

Manche Einzeller, wie Kieselalgen unter den Pflanzen und Glockentierchen unter den Urtieren, trennen sich bei der Teilung nicht ganz. Dabei ist jedoch jede Zelle ein selbständiges Tier oder eine selbständige Pflanze. Sie bilden zusammen eine *Kolonie.* In ihr übt jede Zelle alle Lebenstätigkeiten für sich aus und kann auch ohne die anderen Zellen der Kolonie leben. Solche Kolonien finden wir oft bei den **Grünalgen,** bei denen die Zellen in langen Fäden aneinanderliegen. Beim **Wassernetz** sind die Einzelzellen so angeordnet, daß ein netzartiges Gebilde entsteht. Fadenförmig sind auch die **Schraubenalgen** (Abb. 47), bei denen sich durch jede Zelle ein schraubenförmiges Blattgrünband zieht. Sie bilden oft den Hauptbestandteil der auf Teichen und Seen schwimmenden Algenwatten.

Wie der Übergang von der Koloniebildung zur **Vielzelligkeit** vor sich gegangen sein kann, zeigen die *geißeltragenden Grünalgen.* Bei vielen von ihnen bleiben 4, 8 oder 16 Tochterzellen zusammen, sie bilden *Zellhaufen.* In jedem Zellhaufen liegen

die Zellen so, daß die Geißeln nach außen liegen (Abb. 48). Diese Zellhaufen sind Zellkolonien, in denen jede Zelle sich selbst ernährt, durch Geißelschlag eine Fortbewegung erzeugt, sich teilt und vermehrt. Doch besteht ein Zusammenwirken aller Einzelzellen, indem die Geißeln so schlagen, wie es für die Bewegung der gesamten Kolonie in einer bestimmten Richtung nötig ist. Bei diesen Geißelträgern finden wir also ein Zusammenwirken der Einzelzellen als erste Stufe des Übergangs von Einzellern zu Vielzellern.

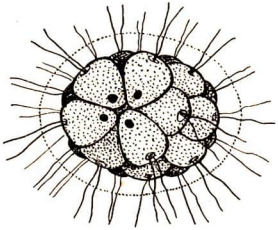


Abb. 48. Geißelträgerkolonie (etwa 350fach vergr.)

Die nächste Stufe zeigt eine Art, die 32zellige Kolonien bildet. Bei ihr tritt zum ersten Male ein Unterschied in der Funktion der Zellen auf. Es können sich nur 28 Zellen vermehren, während 4 die Teilungsfähigkeit verloren haben und bei einer Auflösung der Kolonie zugrunde gehen. Diese 4 Zellen sind nur Ernährungs- und Bewegungszellen, während die 28 anderen zugleich Fortpflanzungszellen sind.

Auf einer noch höheren Stufe steht die **Volvox-Kugel** (Kugelalge, Abb. 49). Sie bildet keine Zellhaufen, sondern bis 1 mm große Hohlkugeln oder Zellblasen, deren Wand sich aus vielen (200 bis 20000) Zellen zusammensetzt. Alle diese Zellen

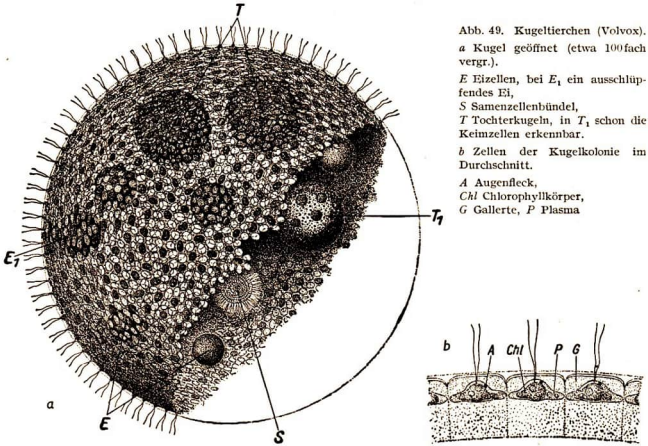


Abb. 49. Kugeltierchen (Volvox).

a Kugel geöffnet (etwa 100fach vergr.).

E Eizellen, bei E_1 ein ausschlüpfendes Ei,
S Samenzellenbündel,
T Tochterkugeln, in T_1 schon die Keimzellen erkennbar.

b Zellen der Kugelkolonie im Durchschnitt.

A Augenfleck,
Chl Chlorophyllkörper,
G Gallerte, *P* Plasma

sind *Einzelalgen*, die aber durch *Protoplasmafäden miteinander verbunden* sind. Die meisten Zellen besitzen je zwei Geißeln zur Fortbewegung. Außerdem wird durch diese Bewegungszellen auch die Alge ernährt. Bei der Zellteilung werden einige Zellen ins Innere der Kugel abgegeben. Sie teilen sich hier und entwickeln sich zu *Tochterkugeln*. Wenn die Mutterkugel im Alter zerfällt, werden die Tochterkugeln frei und wachsen wieder zu einer Volvox-Kugel heran.

Die Volvox-Alge hat aber außer dieser *ungeschlechtlichen* auch eine *geschlechtliche Vermehrung*. Eine kleine Anzahl von Zellen bildet keine Geißeln aus. Von diesen werden einige zu weiblichen, zu *Eizellen*, andere zerfallen in eine große Zahl von männlichen Zellen, in *Schwärmerzellen*. Diese Schwärmerzellen befruchten die Eizellen, die ins Wasser entlassen werden. Aus den befruchteten Eizellen entstehen neue Tochterkugeln.

Die Zellen der Volvox-Kugel haben verschiedene Funktionen übernommen: der größte Teil dient der *Ernährung und Bewegung*, ein anderer Teil der *ungeschlechtlichen Fortpflanzung*, ein dritter – geteilt in zwei Geschlechter – der *geschlechtlichen Fortpflanzung*. Durch die Funktionsteilung sind die einzelnen Zellen nicht mehr selbständig, sondern voneinander abhängig. Die Volvox-Kugel ist nicht mehr eine Anhäufung von Einzellern, eine Kolonie, sondern bildet einen Übergang zu den Vielzellern, bei denen eine Arbeitsteilung unter den verschiedenen Zellen besteht.

III. Vielzellige Algen

Durch Zellteilungen und Arbeitsteilung haben sich wahrscheinlich aus Kolonien von Geißelträgern die *vielzelligen Algen* entwickelt. Die meisten Arten leben im Wasser, nur wenige an feuchten Orten auf dem Lande. Viele sind *festsitzende Pflanzen* geworden. Bei allen zeigt sich eine Gliederung in *Zellen, die der Ernährung dienen*, und in *ungeschlechtliche* sowie *geschlechtliche Fortpflanzungszellen*. Die vielzelligen Grünalgen sind oft fadenförmig und bilden im Wasser grüne Büschel oder Überzüge an Steinen, Holzpfählen und ähnlichem. Andere Arten sind reich verzweigt, manche sehen aus wie grüne Blätter oder bilden auf feuchter Erde grüne Polster (Abb. 50).

Abb. 50. Vielzellige Grünalgen (etwa nat. Gr.); *a* fadenförmige Algen, *b* und *d* Algen mit verzweigtem Körper, *c* blattartige Grünalge

Auf dem Grunde von tieferen Teichen und Seen bilden hohe, quirlig verzweigte Algen oft eine dichte Unterwasserwiese. Es sind die **Armleuchtergewächse** oder **Armleuchteralgen** (Abb. 51). Sie sind durch Haftfäden im Schlamm verankert und armleuchterartig verzweigt. Sie können sich nur geschlechtlich vermehren.

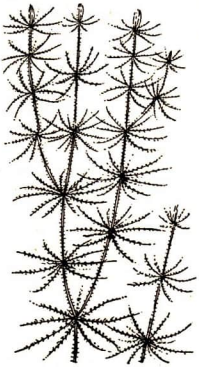


Abb. 51.
Armleuchteralge
(etwa nat. Gr.)

Abb. 52.
Braun- und Rottang
(etwa $^1/_3$ nat. Gr).
a Blasentang,
b Seeampfer

Zu den Algen gehören auch die **roten und braunen Tange** der Meere *(Rotalgen* und *Braunalgen)*. Bei ihnen ist das Blattgrün durch einen roten oder braunen Farbstoff überdeckt. Sie haften auf Steinen des Meeresgrundes oder an Bauwerken, wie Molen, Landungsbrücken usw. Auf geeignetem Untergrund bilden sie in flachen Meeresteilen dichte Tangwälder und werden nach Stürmen oft in großer Menge an den Strand gespült. Die Rottange (Abb. 52b) sind meistens zartere Gebilde. Dagegen entwickeln die Brauntange kräftige Formen. Der bekannteste Brauntang der Ost- und der Nordsee ist der **Blasentang** (Abb. 52a), der über 1 m lang wird. Zahlreiche gasgefüllte Blasen halten die Pflanze im Wasser aufrecht. Der **Beeren-** oder **Sargassotang** treibt in ungeheuren Mengen in dem Teil des Atlantischen Ozeans, der nach ihm *Sargassomeer* benannt und als Laichstätte der Aale (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 49) bekannt ist. Der größte Tang ist der **Birnentang** der südlichen Meere, der über 60 m Länge erreicht.
Die Tange sind reich an dem in der Medizin verwendeten Jod und werden zur Jodgewinnung benutzt.

Den Algen stehen nahe die Pilze, die kein Chlorophyll entwickeln (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 5). Sehr viel komplizierter gebaut sind die Sporenpflanzen, wie Moose und Farne (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 30 u. 34), und schließlich die noch höher organisierten Samenpflanzen oder Blütenpflanzen.

IV. Schwämme

Im Süßwasser finden wir an Holzwerk, Steinen oder Schilfstengeln mitunter weiche, graue, faulig riechende Überzüge. Es sind **Süßwasserschwämme.** In

Abb. 53. Süßwasserschwämme am Grunde eines Baches (1/2 nat. Gr.)

fließenden Gewässern breiten sich diese Tiere krustenartig auf Steinen, Baumwurzeln usw. aus, während sie in Teichen und Seen oft gabelig oder strauchartig verzweigt sind (Abb. 53). Die Süßwasserschwämme sehen an dunklen Plätzen grau oder gelblich aus; an lichtreichen Plätzen leben an ihnen zuweilen Algen, die ihnen eine grüne Farbe verleihen.

In der dünnen Haut eines Schwammes erkennen wir viele feine Poren und einige größere Öffnungen (Abb. 54). Durch die *Poren* dringt das Wasser in das Tier ein und wird durch Kanäle in Kammern (Geißelkammern) geleitet. In diesen sitzen viele eiförmige Zellen, die einen kragenartigen Ansatz haben, aus dem eine Geißel herausragt (Abb. 54). Die gleichmäßige Bewegung der Geißeln erzeugt einen *Wasserstrom*. Mit ihm gelangen kleine Lebewesen sowie tierische und pflanzliche Stoffe in die Kammern. Durch besondere Zellen mit amöbenartigen Fortsätzen werden sie verdaut. Von den Kammern aus geht der Wasserstrom durch Kanäle weiter in große Hohlräume im Innern des Tieres und fließt aus den weiten Öffnungen wieder aus dem Schwamm hinaus. In dem weichen Schwammkörper

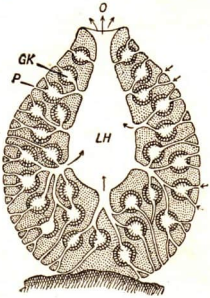


Abb. 54. Schnitt durch einen Schwamm. *GK* Geißelkammern, *LH* Leibeshohlraum, *O* Ausfuhröffnung, *P* Poren

liegen bei den Kieselschwämmen viele kleine *Kieselnadeln*, die durch eine hornige Substanz verbunden sind. Sie bilden das Skelett des Schwammes. Der Schwamm vergrößert sich dadurch, daß an ihm Zellgruppen entstehen, die zu kleinen Schwammtieren heranwachsen. Sie bleiben im Zusammenhang mit den Muttertieren und wachsen zu einer Kolonie von Tieren (nicht einzelner Zellen), einem **Tierstock** aus. Die Schwämme bilden *Eier*, aus denen nach der Befruchtung kleine Larven entstehen. Diese verlassen den Schwamm, setzen sich nach einigen Stunden fest und wachsen zu Einzeltieren heran.
Die **Badeschwämme** haben einen ähnlichen Bau. Ihr Gerüst besteht aber aus einer elastischen *Hornmasse*. Sie leben auf dem steinigen Grund wärmerer Meere. Durch Schwammfischer werden sie aus dem Meere geholt. Die Tierkörper läßt man abfaulen, das Horngerüst wird als „Schwamm" zum Waschen benutzt.
Es gibt im Meere auch Schwämme, deren Gerüst aus *Kieselsäure* (Kieselschwämme) oder *Kalk* (Kalkschwämme) besteht.

V. Hohltiere

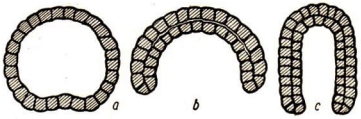


Abb. 55. Ableitung der Hohltiere.
a Schnitt durch eine hohle Zellkugel, *b* zweischichtige Halbkugel, *c* Streckung zum Hohltierkörper

Denken wir uns eine hohle Zellkugel wie einen Gummiball eingedrückt, so gerät ein Teil der Zellen nach innen (Abb. 55). Wir erhalten ein halbkugeliges Gebilde, das aus zwei Zellschichten besteht, die einen Hohlraum umschließen. Ein derartiger doppelschichtiger, länglicher Schlauch bildet den Körper der *Hohltiere*. Dieser Tierstamm hat seinen Namen nach dem Hohlraum im Körperinnern erhalten.

Süßwasserpolyp. Holen wir im Sommer aus einem Teich Wasserlinsen oder untergetauchte Wasserpflanzen und setzen sie in ein Gefäß oder ins Aquarium, so beobachten wir nach einiger Zeit, daß sich von ihnen kleine *längliche braune oder grüne Schläuche* ausstrecken, die am freien Ende in mehrere Fäden (Arme) auslaufen. Es sind *Süßwasserpolypen*, sie gehören zum Tierstamm der Hohltiere.

Aufg. Suche im Aquarium an Pflanzen und an der Glaswand nach Süßwasserpolypen. Beobachte sie unter einer Lupe.

Bei jeder Berührung zieht sich das Tier zusammen. Seine Haut ist also gegen Berührung empfindlich. Erst nach einigen Minuten streckt es seinen Körper wieder aus.
Der Süßwasserpolyp hat die Form eines dünnen Schlauches und kann über 1 cm lang werden. Das untere Ende ist geschlossen und sitzt mit einer abgeplatteten Fußscheibe auf der Unterlage fest. Am anderen Ende befinden sich 6 bis 12 Arme. Sie umgeben die Mundöffnung. Das *Innere des Körpers* wird durch einen zusammenhängenden *Hohlraum* (Abb. 56) gebildet. Ein Querschnitt zeigt, daß die Wand aus zwei Zellschichten besteht.

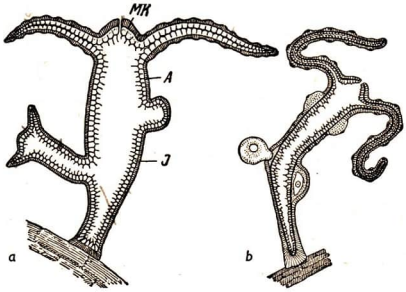


Abb. 56. Süßwasserpolyp (etwa 5fach vergr., schematisch).
a Sprossender Polyp im Längsschnitt.
A Außenzellschicht, *J* Innenzellschicht, *MK* Mundkegel.
b Ein Polyp hat Eizellen gebildet (eine Zelle löst sich unten); oben zwei Anschwellungen, in denen sich Samenzellen bilden

Aufg. Bringe Süßwasserpolypen in ein besonderes Glas, füge Wasserflöhe hinzu. Beobachte den Nahrungsfang.

Wenn ein kleines Tier, z. B. ein Wasserfloh, einem Fangarm zu nahe kommt, bleibt es an ihm haften. In den Armen des Polypen sitzen viele kleine **Nesselzellen** (Abb. 57). Sie enthalten eine *Nesselkapsel*, die mit Gift gefüllt ist. In jeder Kapsel befindet sich ein eingestülpter *Nesselfaden*, nach außen ragt ein kleines *Sinneshärchen* heraus. Wenn es von einem Tier berührt wird, schnellt der Nesselfaden heraus, dringt in das Tier ein und tötet es mit dem ausfließenden Gift. Danach zieht sich der Fangarm zusammen, andere Fangarme beugen sich auf die Beute zu, und diese wird durch die Mundöffnung in die Körperhöhle geschoben. Der Polyp stopft gelegentlich sein ganzes Körperinneres mit Wasserflöhen voll, wir sehen sie dann noch einige Zeit durch die Körperwand des Polypen hindurch. Sie werden allmählich von einem *Verdauungssaft* aufgelöst, der in besonderen Drüsenzellen der inneren Zellschicht entsteht. Die unverdaulichen Reste werden durch die Mundöffnung ausgestoßen. Die innere Haut saugt den Nahrungssaft auf, dient also der Verdauung und der Ernährung.

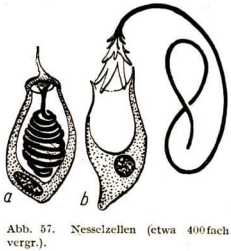
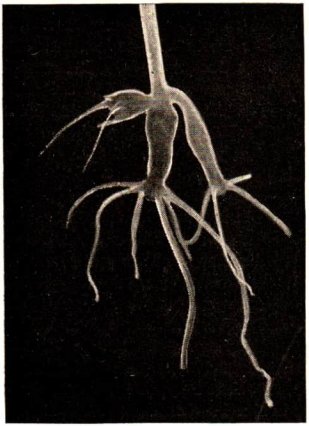


Abb. 57. Nesselzellen (etwa 400fach vergr.).
a Nesselfaden eingestülpt, *b* Nesselfaden herausgeschleudert

Man kann einen Süßwasserpolypen in viele Stücke schneiden, jedes Stückchen, mit Ausnahme der Fangarme, wächst wieder zu einem vollen Tier aus. Die Wiederherstellung der Körperform aus einzelnen Stücken bezeichnen wir als **Regeneration.**

Die Süßwasserpolypen können sich auch von ihrer Unterlage ablösen. Sie schwimmen dann entweder durch Schlagen mit den Fangarmen im Wasser umher, bis sie sich an einer geeigneten Stelle erneut festsetzen, oder sie kriechen mit Fußscheibe und Armen auf der Unterlage entlang.

An den Polypen beobachten wir in der Außenhaut häufig *kleine Auswüchse*. Diese wachsen bei guter Ernährung schnell heran und entwickeln sich zu jungen Polypen.



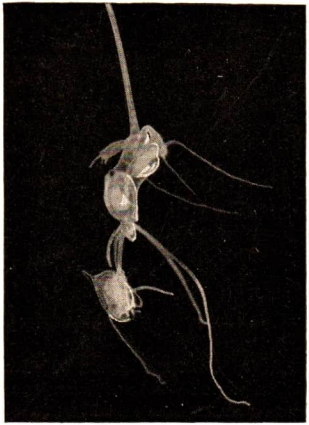


Abb. 58. Süßwasserpolyp;
links mit zwei jungen Polypen, rechts beim Fang von Wasserflöhen (beide 5fach vergr.)

Zuweilen sitzen mehrere junge Tiere an einem alten (Abb. 58). Nach einiger Zeit lösen sie sich ab und leben selbständig weiter. Diese Art der Vermehrung, die **Sprossung** oder **Knospung,** geschieht auf ungeschlechtlichem Wege. Die Polypen pflanzen sich außerdem durch Geschlechtszellen fort. In der Außenhaut entstehen Eizellen und Samenzellen, die die Eizellen befruchten (Abb. 56 b). Die befruchteten Eizellen fallen auf den Boden des Gewässers und entwickeln sich zu Polypen.
Die Arbeitsteilung ist beim Süßwasserpolypen schon weiter fortgeschritten als bei der Volvox-Kugel. Die verschiedenen Tätigkeiten sind an besondere Zellen und Zellgruppen gebunden, z. B. Fortbewegung, Nahrungsfang, Verdauung, Fortpflanzung. Es gibt auch besondere Sinneszellen. So stellt der Süßwasserpolyp eine höhere Entwicklungsstufe dar als die Hohlkugel des Volvox.

Quallen. Am Ostseestrande schwimmen in dem grünlichen Wasser mitunter bläuliche, durchscheinende, schirmartige Gebilde von 10 bis 20 cm Durchmesser, an deren Unterseite sich fahnenartige Anhängsel befinden. Es sind **Ohrenquallen** (Abb. 59 f). Sie bewegen sich ruckartig vorwärts, indem sich der Schirm durch einen Ringmuskel zusammenzieht. Dadurch wird das unter dem Schirm befindliche Wasser herausgepreßt; der Rückstoß treibt das Tier vorwärts. Kommen wir beim Baden mit einer Qualle in Berührung, so spüren wir einen schwachen brennenden Schmerz. Er wird durch die Nesselfäden der Qualle hervorgerufen. Mit ihnen fängt sie auch ihre Nahrungstiere. Mitten auf der Unterseite der Glocke wölbt sich der Körper

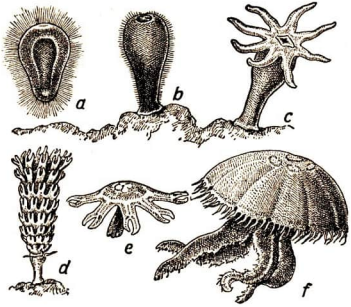


Abb. 59. Entwicklung einer Ohrenqualle (Erklärung im Text)

vor und geht in das Mundrohr mit der Mundöffnung über. An ihr sitzen vier Mundarme, die den Fangarmen des Süßwasserpolypen entsprechen. Sie sind mit Nesselkapseln besetzt. Von der Körperhöhle aus führen mehrere verzweigte Kanäle in alle Teile des Schirmes.

Die Quallen bestehen hauptsächlich aus einer dicken *Gallertmasse*, die sehr viel Wasser enthält. Daher fällt das Tier, wenn man es aus dem Wasser nimmt, sogleich zusammen und trocknet ein.

Die **Vermehrung** erfolgt durch Eier, aus denen Larven hervorgehen (Abb. 59). Die Larven (*a*) schwimmen frei im Wasser, setzen sich nach einigen Tagen fest (*b*) und bekommen die Gestalt eines Polypen (*c*). Durch ringförmige Einschnürungen teilt sich der Polyp in einzelne Scheiben (*d*). Diese lösen sich ab, drehen sich um (*e*) und werden zu kleinen Quallen (*f*). So wechseln zwei Formen des Tieres, Polyp und Qualle, miteinander ab, es besteht ein **Generationswechsel.** Die Qualle, die Eier und Samenzellen entwickelt, ist die *geschlechtliche* Generation, der Polyp, der ohne Befruchtung die Quallen abschnürt, die *ungeschlechtliche* Generation.

Blumentiere. Eine weitere Klasse von Hohltieren lebt vorwiegend in südlichen Meeren. Aber auch an der Nordseeküste an Buhnen und Molen oder an den Felsen Helgolands finden wir diese eigenartigen blumenähnlichen Hohltiere. Sie sitzen mit einer Fußscheibe auf der Unterlage fest und erinnern durch ihre farbenprächtigen Fangarme an Gartenblumen. Deshalb haben sie Namen, wie **Seeanemonen, Seerosen, Seenelken,** bekommen (Abb. 60). Im ruhigen Wasser des Meeresgrundes lauern sie mit ausgebreiteten Fangarmen auf Beute. Gerät ein kleines Tier in den Bereich der Fangarme, so wird es durch Dutzende von ausgeschleuderten Nesselfäden betäubt und dann in die Mundöffnung gezogen (Abb. 61). Durch ein kurzes *Schlundrohr* gelangt es in das Körperinnere. Dieses ist nicht wie die Körperhöhle des Süßwasserpolypen ein einfacher Hohlraum. Häutige, von der Wand ausgehende *Scheidewände*, die in der Mitte frei enden, teilen den Hohlraum in mehrere Kammern. Dadurch wird die Oberfläche der Innenhaut stark vergrößert, sie kann mehr Verdauungssaft ausscheiden und die verdauten Tierstoffe besser aufsaugen. *Unverdauliche Reste* werden wie bei allen Hohltieren durch den Mund nach außen befördert. In den Scheidewänden entwickeln sich Ei- und Samenzellen. Sie werden ins freie Wasser ausgestoßen. Die zunächst frei schwimmende Larve setzt sich bald fest und wächst zu einem neuen Tier heran.

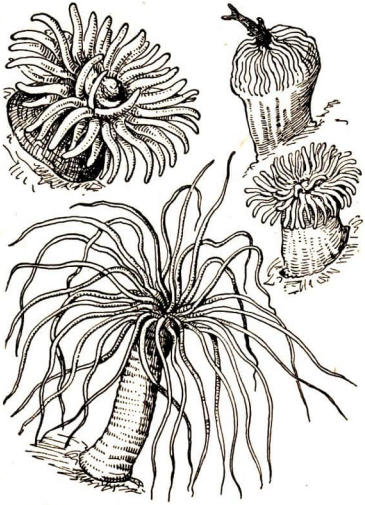


Abb. 60. Blumentiere

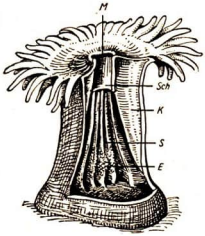


Abb. 61. Längsschnitt durch eine Seeanemone.

M Mundöffnung, *Sch* Schlundrohr, *K* Körperhöhle, *S* Scheidewände des Magens, *E* Eierstöcke

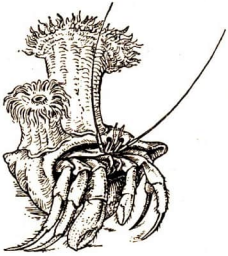


Abb. 62. Einsiedlerkrebs in Symbiose mit zwei Seerosen (etwa $^1/_3$ nat. Gr.)

Seerose und Einsiedlerkrebs. Bei den Blumentieren hat sich ein eigenartiges Zusammenleben einer Seerose mit einer Krebsart, dem *Einsiedlerkrebs*, entwickelt. Dieser Krebs ist nur am Vorderkörper gepanzert, der Schwanzteil bleibt weich und ungeschützt. Er lebt in leeren *Schneckenhäusern*. Gewöhnlich ragen nur Kopf, Vorderbrust und Scheren aus dem Schneckenhaus heraus (Abb. 62). Auf sein Haus setzt der Einsiedlerkrebs oft ein oder zwei *Seerosen*, die er mit seinen Scheren vom Meeresboden ablöst. Wächst der Krebs, so wird ihm das Schneckenhaus zu eng. Er bezieht ein größeres Haus. Dabei setzt er oft die Seerosen von seinem alten Haus auf das neue. Die Nesselfäden an den Fangarmen der Seerose werden von Fischen gemieden, der Krebs ist dadurch vor Feinden geschützt. Er kriecht bei der Nahrungssuche ständig auf dem Meeresboden umher und trägt dabei die Seerose mit sich herum. Diese trifft so schneller neue Futtertiere als die am Meeresboden festsitzenden Tiere. Der Krebs ist vor Feinden geschützt, und die Seerose findet genügend Nahrung. Beide Partner haben von dem Zusammenleben Nutzen. Ein solches Zusammenleben nennen wir **Symbiose.**

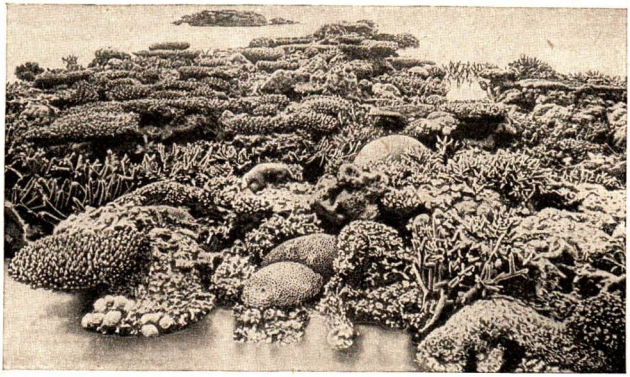


Abb. 63. Korallenriff zur Ebbezeit in Queensland (Australien)

Die Blumentiere der kälteren Meere sind einzeln lebende Polypen. In den tropischen Meeren treten die Blumentiere als **Polypen-** oder **Korallenstöcke** auf. Ihre Außenhaut scheidet *Kalk* aus, so daß feste, steinharte Näpfe oder Röhren entstehen, in denen die Polypen leben. Die Bildung eines *Korallenstockes* geht folgendermaßen vor sich: hat sich die schwimmende Larve festgesetzt, so wird sie zu einem Polypen. Dieser bildet eine Fußscheibe aus Kalk. Danach verkalkt auch der untere Teil der Seitenwand. Aus dem Polypen sprossen bald junge Triebe hervor, die sich nicht wie beim Süßwasserpolypen ablösen, sondern mit ihm in Verbindung bleiben. Auch sie umhüllen die unteren Teile ihres Körpers mit Kalk. Die Kalkabsonderungen der einzelnen Tiere *verschmelzen* miteinander. Durch immer weitergehende Sprossung wird die Zahl der zusammengehörigen Einzeltiere größer; der Korallenstock wächst in die Höhe. Im Innern sind die Kalkstöcke hohl; die Röhren sind mit der Körperwand der Polypen ausgekleidet, die alle wie verzweigte Röhren miteinander in Verbindung stehen. Der oft farbige Vorderteil jedes Polypen mit den Fangarmen ragt aus dem Kalkgerüst heraus. Der Stock erscheint wie mit Hunderten von Blütensternen besetzt. Wenn der Stock zur Ebbezeit über Wasser steht, ziehen sich die Polypen in das Kalkskelett zurück, und man sieht nur dessen zahlreiche Löcher (Abb. 63).

Eine bekannte Koralle ist die im Mittelmeer und in wärmeren Meeren vorkommende **Edelkoralle,** deren rotes Kalkskelett zu Korallenschmuck verarbeitet wird (Abb. 64). Die Korallenpolypen gedeihen nur in klarem, flachem Wasser. Senkt sich der Meeresboden, so gehen die tiefer sitzenden Tiere eines Stockes ein, während dieser nach oben schneller weiterwächst. Auf diese Weise entstanden die Korallenriffe und Koralleninseln der Südsee (Abb. 63). In früheren Erdzeitaltern sind

durch Korallenriffe gewaltige Gesteinsmassen entstanden, die jetzt hohe Kalkgebirge bilden (Dolomiten).

Der Naturforscher Ernst Haeckel hat in seinem Werke „Arabische Korallen" ein Korallenriff anschaulich geschildert.

„Das kristallklare Wasser ist hier unmittelbar an der Küste fast immer so ruhig, daß man die wunderbaren Korallengärten des Bodens deutlich erkennen kann, denn hier, wie im größten Teil des Roten Meeres, zieht parallel der Küste ein Wallriff hin, an dem der Wogenandrang zerschellt. – Die Pracht der Korallen zu schildern vermag keine Feder und kein Pinsel. Ein Vergleich dieser formenreichen und farbenglänzenden ‚Meerschaften' mit den blumenreichsten Landschaften gibt keine richtige Vorstellung, denn hier unten in der blauen Tiefe ist alles wie mit bunten Blumen überhäuft, und alle diese zierlichen Blumen sind lebende Korallentiere. Die leuchtende arabische Sonne aber übergießt die Blütenpracht mit unsagbarem Glanze. In diesen wunderbaren Gärten, welche die sagenhafte Pracht der zauberischen Hesperidengärten übertreffen, wimmelt außerdem ein vielgestaltiges Tierleben. Metallglänzende Fische von den sonderbarsten Formen und Farben spielen in Scharen um die Korallenkelche, gleich den Kolibris, die um die Blumenkelche der Tropenpflanzen schweben. Zierliche Garnelenkrebse schnellen vorüber, bunte Krabben (Taschenkrebse) klettern und sitzen zwischen den Korallenzweigen, ebenso rote Seesterne, violette Schlangensterne, schwarze Seeigel sowie Scharen bunter Muscheln und Schnecken. Da kommt auch ein dicker Schwarm von zarten violetten Medusen geschwommen, und zu unserer Überraschung erkennen wir in der zierlichen Glocke eine alte Bekannte aus der Ostsee und Nordsee, die Ohrenqualle."

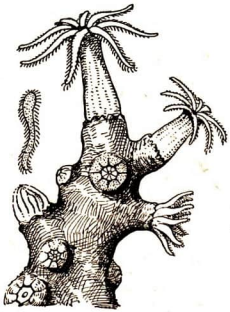


Abb. 64. Edelkoralle mit Larve (schwach vergr.)

VI. Würmer

Der Tierkreis der Würmer ist sehr umfangreich, seine einzelnen Ordnungen und Klassen unterscheiden sich weitgehend voneinander. Gemeinsam ist ihnen allen, daß sie im Innern ihres Körpers nicht nur einen der Verdauung dienenden Leibeshohlraum haben, sondern daß *Darm*, *Ausscheidungsorgane*, mitunter auch *Blutgefäße* und *Nerven* entwickelt sind. In bestimmten Wurmklassen ist das eine oder andere dieser Organe rückgebildet, weil durch die besondere Lebensweise dieser Würmer die Organe nicht beansprucht wurden.

a) Plattwürmer

Die *Plattwürmer* sind flache Würmer, die meist zweigeschlechtig (zwittrig) sind. Blutgefäße und Atmungsorgane fehlen ihnen. Unter ihnen gibt es viele *Schmarotzer*.

Die **Strudelwürmer** (Abb. 65) sind frei lebende Plattwürmer, die auf dem Grunde flacher Gewässer umherkriechen. Legen wir einen toten Frosch in einen Bach, so finden wir an ihm nach wenigen Stunden oft zahlreiche über 1 cm lange Strudelwürmer, die durch den Aasgeruch angelockt wurden. Die meisten sind schwarz, es gibt aber auch anders gefärbte und farblose. Ihr Körper ist von vielen kurzen Wimpern umgeben. Die Wimpern schlagen gegen das Wasser, so daß eine gleitende Bewegung zustande kommt. Bei den farblosen Strudelwürmern können wir einen verästelten blind endenden Darm gut erkennen. Die Tiere haben keine Blutgefäße und atmen durch die Haut. Sie ernähren sich von toten Tieren. Wenn von ihrem Körper einzelne Stücke abgeschnitten werden, so vermögen sie, wie die Süßwasserpolypen, das abgeschnittene Stück wieder zu ersetzen.

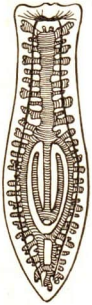


Abb. 65. Strudelwurm (etwa 3fach vergr.); schraffiert das verästelte Darmsystem, schwarz das Nervensystem

Die **Bandwürmer** sind die bekanntesten Plattwürmer. Alle Bandwürmer sind Schmarotzer. Ihre Nahrung finden sie im Darm des Wirtes bereits weitgehend verdaut vor. Sie wird durch die dünne Körperhaut des Tieres hindurch aufgenommen. Durch die schmarotzende Lebensweise haben sich Mund, Darm, Blutgefäße und Atmungsorgane der Bandwürmer rückgebildet.

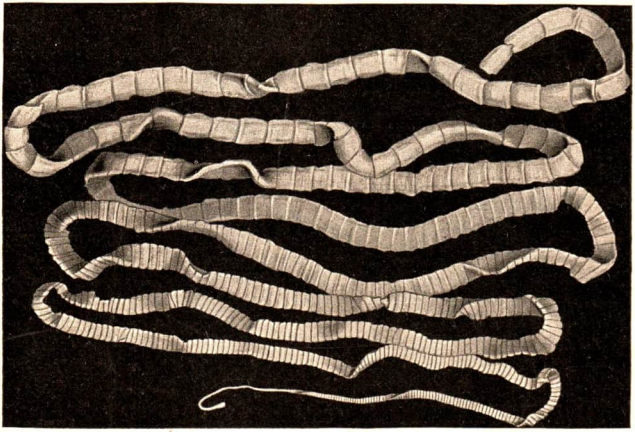


Abb. 66. Teil eines Schweinefinnenbandwurmes (etwa $^1/_2$ nat. Gr.)

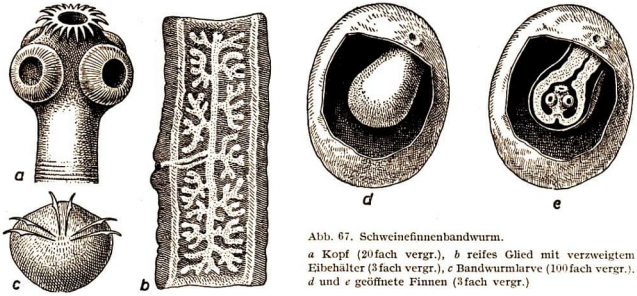


Abb. 67. Schweinefinnenbandwurm.
a Kopf (20fach vergr.), *b* reifes Glied mit verzweigtem Eibehälter (3fach vergr.), *c* Bandwurmlarve (100fach vergr.). *d* und *e* geöffnete Finnen (3fach vergr.)

Einer der im Menschen schmarotzenden Bandwürmer ist der **Schweinefinnenbandwurm** (Abb. 66). Er wird 2 bis 3 m lang und hat bis neunhundert Glieder. An seinem vordersten Gliede, dem „Kopf", trägt er außer vier *Saugnäpfen* einen Kranz von *Haken* (Abb. 67). Am Hinterende des Kopfes teilen sich fortgesetzt winzige neue *Glieder* ab, die rasch wachsen, während sich am Ende des Wurmes die ältesten, mit Eiern gefüllten Glieder loslösen. Jedes Glied enthält 20000 bis 30000 Eier. Sobald das reife Glied den Darm verlassen hat, zerfällt es; die Eier können durch den Wind verstreut werden. Sie bleiben längere Zeit lebensfähig. Nur im Körper eines zweiten Wirtes *(Zwischenwirt)* können sie sich entwickeln. Zwischenwirt des Schweinefinnenbandwurmes ist das *Schwein*. Mit dem Futter gelangen die Eier in den Magen. Hier schlüpfen aus ihnen winzige *Larven* aus, die die Darmwand durchbohren, in die Blutgefäße wandern und vom Blutstrom in die Muskeln getragen werden. Dort setzen sie sich fest und wachsen zu erbsen- bis bohnengroßen Blasen aus, den *Finnen*. In den Finnen wird der Kopf des späteren Bandwurmes ausgebildet. Genießt ein Mensch finniges Schweinefleisch, so werden die Finnenblasen im Darm aufgelöst, der darin befindliche Bandwurmkopf wird frei und setzt sich im Dünndarm des Menschen fest. Nach 11 bis 12 Wochen ist der Bandwurm so weit herangewachsen, daß die Loslösung der Glieder mit den Eiern beginnt. Auch die sorgfältigste Untersuchung (Fleischbeschau), der das Schlachtvieh in den Schlachthäusern unterzogen wird, schließt nicht aus, daß gelegentlich vereinzelte Finnen in ihm vorhanden sind. Wir schützen uns vor dem Bandwurm, indem wir den Genuß von rohem Fleisch vermeiden.

Größer als der Schweinefinnenbandwurm ist der **Rinderfinnenbandwurm.** Er hat keinen Hakenkranz, kann 4 bis 10 m lang werden und bis 1500 Glieder haben. Seine Finne lebt in Rindern.

Der **Fischbandwurm** oder *Grubenkopf* entwickelt seine Finne nur in *Fischen*. Im Menschen erreicht er eine Länge bis zu 10 m und besitzt bis 4000 breite Glieder.

Zum Abtreiben der Bandwürmer benutzt man Medikamente, die aus dem Wurzelstock des Wurmfarns hergestellt werden.

Der gefährlichste Bandwurm ist der **Hundebandwurm** (Abb. 68), der als 3 bis 6 mm langer Wurm im Dünndarm des Hundes lebt und nur 3 bis 4 Glieder hat. Seine Finne lebt im Rind, Schaf und Schwein. Sie kommt auch im Menschen vor und kann sich in Leber und Lunge, ja sogar im Gehirn entwickeln. Sie ist besonders gefährlich, weil sie durch Knospung Tochterfinnen bildet und die Größe einer Faust erreichen kann. An der Zunge von Hunden haften manchmal Eier oder ganze Glieder dieses winzigen Bandwurmes.

Abb. 68. Hundebandwurm (10fach vergr.)

Aufg. Stelle eine Tabelle der Wirte und Zwischenwirte mit den Entwicklungszuständen der Bandwürmer auf.

b) Fadenwürmer

Die *Fadenwürmer* sind runde Würmer. Im Gegensatz zu den Plattwürmern und Hohltieren sind sie getrenntgeschlechtig. *Es gibt bei ihnen also männliche und weibliche Tiere.* Zu den Fadenwürmern gehören einige gefährliche Schmarotzer des Menschen.

Trichine. Die Männchen der Trichine sind 1,5 mm, die Weibchen 3 bis 4 mm lang. Sie leben besonders häufig in Ratten. Wird eine trichinöse Ratte von einem Schwein gefressen, so entwickeln sich im Darm des Schweines die *Darmtrichinen.* Nach wenigen Tagen bringen die Weibchen lebende Junge hervor, die die Darmwand durchbohren und vom Blutstrom in alle Körperteile geführt werden. Zwischen den Muskelfasern setzen sie sich fest und ernähren sich von den Körpersäften des Schweines, ihres *Wirtes.* Sind sie ausgewachsen, so rollen sie sich zusammen und werden von einer verkalkenden, zitronenförmigen Kapsel von etwa 0,4 mm Länge eingehüllt *(Muskeltrichine,* Abb. 69*)*. Die Trichine kann sich im Körper des Wirtes nicht weiterentwickeln, bleibt jedoch viele Jahre am Leben. Genießen die Menschen trichinenhaltiges Fleisch, so werden in ihrem *Magen* die Kapseln der Muskeltrichinen aufgelöst. Die freigewordenen Tiere wachsen im Darm zu *Darmtrichinen* heran, die nach 7 Tagen Tausende von Nachkommen erzeugen. Diese wandern in die Muskeln des Menschen, auch ins Zwerchfell und in die Zwischenrippenmuskeln, wodurch sie die Atmung stören. Unter hohem Fieber tritt in vielen Fällen nach mehreren Wochen der Tod durch Ersticken ein.

In früheren Jahrhunderten gingen viele Menschen an dieser Krankheit zugrunde. Erst im Jahre 1860 wurde die Trichine als Erreger dieser gefährlichen *Trichinenkrankheit* (Trichinose) entdeckt. Als die Wissenschaft die Lebensweise der Trichinen erforscht hatte, wurde eine Vorbeugung

Abb. 69. Trichine im Muskelfleisch (50fach vergr.)

gegen diese Krankheit möglich. Sie besteht vor allem in der gesetzlichen Einführung der *Fleischbeschau*. Allen Schlachttieren müssen Proben entnommen werden, die mikroskopisch durch Fleischbeschauer untersucht werden. Trichinenhaltiges Fleisch darf nicht verkauft und nicht an Tiere verfüttert werden; es wird vernichtet. Dadurch ist die Trichinenkrankheit bei uns sehr selten geworden. Damit auch die Schweine davor bewahrt werden, sich an trichinösen Ratten anzustecken, müssen die Ratten energisch bekämpft werden.

Der **Spulwurm** ist ein weniger gefährlicher, aber häufigerer Schmarotzer im Darm von Mensch und Schwein. Die Weibchen werden bis 25 cm lang und etwa bleistiftdick; die Männchen sind kleiner. Ein Weibchen scheidet täglich etwa 200000 Eier aus. Die Eier gelangen mit dem Kot ins Freie, in den Garten- und Ackerboden, dann mit Fallobst, Rüben, Salat und anderen Garten- und Felderzeugnissen in den Darm des Menschen zurück. Sie schädigen den Menschen dadurch, daß sie von dem Speisesaft im Darm leben und auch Reizungen und Verstopfungen im Darm und in der Leber hervorrufen können. Da in Garten- und Feldfrüchten oft Wurmeier sitzen, ist peinlichste *Sauberkeit* bei der Verwendung der Nahrungsmittel und der Eßgeräte der beste Schutz. Auch durch Kauen an Wiesengräsern können Wurmeier in den Körper gelangen.
Kleinere bis etwa 1 cm lange Fadenwürmer sind die **Madenwürmer,** unter denen besonders Kinder leiden. Diese Würmer rufen, wenn sie den Darm verlassen und ihre Eier ablegen, in der Aftergegend starkes Jucken hervor. Beim Kratzen geraten die Eier unter die Fingernägel und von dort aus in den Mund. Im Darm entwickeln sich aus ihnen neue Würmer. Man kämpft gegen ihre Verbreitung am sichersten durch größte Reinlichkeit.

c) Ringelwürmer

Die *Ringelwürmer* sind die am höchsten entwickelten Würmer. Ihre bekanntesten Vertreter sind die Regenwürmer. Sie sind in jedem mäßig feuchten Boden vorhanden, in humusreichem Laubwaldboden in größerer Zahl als in sandigem Garten- und Ackerland. In einem Kubikmeter Buchenwaldboden hat man über 300 Stück des kleineren *Waldregenwurmes* gezählt, der bis 12 cm lang wird. Der *Gemeine Regenwurm* in bebautem Boden wird bis 30 cm lang.

Gemeiner Regenwurm

Aufg. 1. Laß einen großen Regenwurm über ein Stück Papier kriechen und horche. Streiche mit der Fingerspitze an seiner Unterseite entlang. Beobachte das Tier beim Kriechen. — 2. Bringe in die Nähe des Regenwurmes ein Holzstäbchen, das mit unverdünntem Essig befeuchtet ist. Wie verhält sich das Tier, wenn der Stab dem Vorderende, der Mitte oder dem Hinterende genähert wird? — 3. Fülle eine Kiste mit feuchter und lockerer Erde. Lege einen Regenwurm darauf. Beobachte, wie er sich einbohrt. — 4. Bringe in die Kiste mehrere Regenwürmer. Streue, sobald sie

in die Erde hineingekrochen sind, eine dünne Schicht hellen Sand auf die Oberfläche. Laß die Kiste mehrere Wochen ruhig stehen und halte die Erde feucht, aber nicht naß. In eine Ecke lege Stücke von Kohlblättern, Möhren oder Zwiebeln. Beobachte in regelmäßigen Abständen die Veränderungen, die durch die Regenwürmer hervorgerufen werden. — 5. Stelle im Mitschuringarten der Schule die Anwesenheit von Regenwürmern fest.

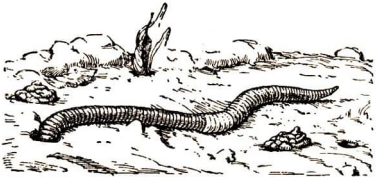


Abb. 70. Ein Regenwurm kommt aus seiner Wohnröhre hervor. Auf dem Boden die von ihm ausgeschiedenen Erdballen

Die Anwesenheit der Regenwürmer erkennen wir an rundlichen *Erdhäufchen*. Es sind ihre *Darmausscheidungen*. Die Würmer nehmen Erde in sich auf, entziehen ihr die verdaulichen Stoffe und stoßen die unverdaulichen Reste an die Erdoberfläche aus (Abb. 70). Sie fressen sich durch die Erde hindurch und mischen, lockern und lüften dabei ununterbrochen den Boden. Für die *Landwirtschaft* sind sie daher von großer Bedeutung. Im Winter und bei Trockenheit im Sommer rollen sie sich in tieferen Erdschichten zusammen und bleiben längere Zeit regungslos.

Beim Aufsuchen der Nahrung werden die Regenwürmer durch den **Tastsinn** geleitet. Sie verspüren schon schwache Erderschütterungen in der Nähe und ziehen sich dann schnell in ihre Röhren zurück. Haben wir einen Wurm beim Umgraben an das Tageslicht gebracht, so kriecht er möglichst rasch wieder in die Erde hinein. Obwohl er keine Augen hat, empfindet er doch die Helligkeit. Das geschieht durch *Lichtsinneszellen*, die überall in der Haut verstreut liegen, besonders zahlreich am Vorder- und Hinterende des Körpers. Nachts ziehen die Regenwürmer in ihre Röhren kleine Blättchen. Sobald diese verwesen, fressen sie davon.

Die Regenwürmer atmen durch ihre *dünne Haut*. Nach starken Regengüssen sind die feinen Spalten und die Röhren des Bodens mit Wasser angefüllt. Die Tiere müssen dann an die Oberfläche kommen, da sie sonst im nassen Erdboden ersticken. Auch große Trockenheit wird ihnen gefährlich, denn die Haut kann nur in feuchtem Zustand Sauerstoff aufnehmen. Daher benötigen die Regenwürmer feuchte Luft und feuchten Boden.

Beim *Kriechen* streckt sich das Vorderende zunächst stark in die Länge. Das Zusammenziehen einer Ringmuskelschicht (Abb. 71) in der Haut bewirkt die Verlängerung. Die Verkürzung wird durch eine Längsmuskelschicht erreicht. Beide Muskelschichten bilden den **Hautmuskelschlauch**, der das Stützorgan des Körpers darstellt. Er ist ein Kennzeichen aller Würmer. Auf seiner Unterseite und an den Seiten wird er von **Borsten** durchbrochen, die sich beim Kriechen im Boden einhaken. Sie werden durch kleine Muskeln vorwärts und rückwärts bewegt, so daß der Wurm ebenso leicht vorwärts wie rückwärts kriechen kann.

Am äußeren Bau des Regenwurms erkennen wir eine gleichmäßige **Gliederung in Ringe**. Dieser Gliederung entspricht im Innern eine gleiche Zahl von *Körper-*

abschnitten, die durch Scheidewände voneinander getrennt sind. Fast alle Abschnitte haben die gleichen Organe. Wegen dieser Körpergliederung rechnet man den Regenwurm zu den *Ringelwürmern*.

An der Bauchseite zieht sich eine doppelte Kette von Nervenknoten entlang, die in ihrer Gesamtheit, wie bei den Insekten, ein **Strickleiternervensystem** ergeben. Oberhalb und unterhalb des weiten Darmes verläuft je ein *Blutgefäß*, das rotes Blut führt. In jedem Körperabschnitt sind zwei *Ausscheidungsorgane* vorhanden. *So enthält fast jeder Körperring alle lebenswichtigen Organe.* Dadurch ist es möglich, daß auch einzelne abgetrennte Teile des Wurmes weiterleben und den fehlenden Körperteil ergänzen können. Das Regenerationsvermögen der Regenwürmer ist infolge ihres komplizierteren Baues nicht so groß wie das der Hohltiere (s. S. 40).

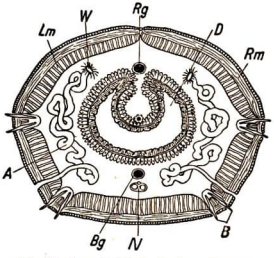


Abb. 71. Querschnitt durch einen Regenwurm (vereinfacht).

A Ausscheidungsröhrchen, *B* Borsten, *Bg* Bauchgefäß, *D* Darm, *Lm* Längsmuskelschicht, *N* Nervensystem, *Rg* Rückengefäß, *Rm* Ringmuskelschicht, *W* Wimpertrichter

An älteren Regenwürmern erkennt man an der vorderen Körperhälfte eine Verdickung, den *Gürtel*. Vor ihm münden die männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorgane. Dasselbe Tier erzeugt Eizellen und Samenzellen. Der Regenwurm ist also *zweigeschlechtig* oder *zwitterig* wie die meisten Ringelwürmer. Die Regenwürmer legen ihre *Eier* in schleimigen Kapseln im Boden ab. Aus ihnen kriechen Junge aus, die dieselbe Gestalt wie die alten Tiere haben.

Meereswürmer. Eine ähnliche Lebensweise wie die Regenwürmer haben die **Sandwürmer** (Abb. 72), die an den Meeresküsten im Schlick leben. Sie fallen durch die von ihnen ausgestoßenen Kotballen auf. Als Wassertiere atmen sie durch Kiemen, die wie rote, verzweigte Büschel an jeder Seite der mittleren Körperringe sitzen. Auf dem Meeresboden leben die festsitzenden **Röhrenwürmer** (Abb. 72). Sie bauen aus

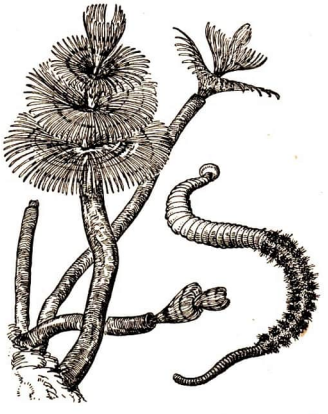


Abb. 72. Meereswürmer ($^1/_2$ nat. Gr.); links Röhrenwürmer, rechts Sandwurm

kalkigen oder lederartig verhärteten Ausscheidungen ihres Körpers eine *Röhre*, aus der sie nur die roten oder gelblichen Fangfäden herausstrecken. Mit ihnen atmen sie und strudeln die Nahrung herbei. Einige Arten bauen ihre Röhren mit Hilfe der Fangfäden aus Muschelschalenstücken, Sand u. a.

Egel. Zu den Ringelwürmern gehören auch die *Egel*. Häufig sehen wir in der Uferzone der Gewässer etwa 5 cm lange, flache, braune Würmer, die sich durch das Wasser schlängeln. Es sind **Kieferegel.** Ihre Eier legen sie in einem braunen, uhrglasförmigen Kokon an Steinen ab. Groß sind die **Pferdeegel.** Viele Menschen halten sie fälschlich für Blutsauger. Die Pferdeegel nähren sich aber nur von Würmern, Schnecken und anderen kleinen Wassertieren. Nur selten saugen sie junge Frösche an. Der **Medizinische Blutegel** (Abb. 73) ist an den roten und grünen Längsstreifen kenntlich; er nährt sich vom Blut warmblütiger Tiere. Drei kleine, sägezähnige Chitinkiefer ritzen eine Wunde in die Haut, aus der mit dem muskulösen Schlund das Blut herausgesaugt wird. Wenn der Darm und die zahlreichen Blindsäcke mit Blut gefüllt sind, reicht die aufgenommene Blutmenge fast ein Jahr als Nahrung aus. Der Blutegel wird bei bestimmten Krankheiten zum Blutabzapfen verwendet. Auch der Pferdeegel und der Medizinische Blutegel gehören zu den Kieferegeln.

Abb. 73. Medizinischer Blutegel; *a* mit dem Fußende festgesaugt, *b* kriechend, *c* Vorderende aufgeschnitten (vergr.).
K Kiefer, *S* Schlundkopf

Aufg. Stelle die Kennzeichen der besprochenen Klassen der Würmer zusammen.

VII. Gliedertiere

Aus den Ringelwürmern hat sich der Tierstamm der *Gliedertiere* entwickelt. Die einfachsten Gliedertiere, die **Tausendfüßer,** haben noch ein wurmartiges Aussehen. Ihr Körper zeigt eine ähnliche Gliederung in Ringe wie der der Ringelwürmer. Bei Krebsen und Insekten ist zum mindesten der Hinterleib deutlich in Ringe gegliedert.

Die nahe Verwandtschaft der Gliedertiere mit den Ringelwürmern zeigt sich am deutlichsten in der Ausbildung des Nervensystems. In beiden Tiergruppen besteht es aus Ober- und Unterschlundknoten, Schlundring und dem **Strickleiternervensystem,** das auf der Bauchseite liegt.

Die Weiterentwicklung zeigt sich bei den Gliedertieren darin, daß sie im Gegensatz zu den Würmern **gegliederte Beine** entwickelt haben, die Insekten meist auch vier *Flügel*. An Stelle der Hautatmung ist die Atmung durch ein sich im Körper verzweigendes Netz von *Tracheen* getreten. Wie bei den Meereswürmern

(Sand- und Röhrenwurm) finden wir bei den Krebstieren und den im Wasser lebenden Insektenlarven *Kiemenatmung*. Die Gliedertiere stellen einen *höher entwickelten Tierstamm* dar als die *Ringelwürmer*.

VIII. Weichtiere

Die *Weichtiere* umfassen die Klassen der **Muscheln, Schnecken** und **Tintenfische.** Die am häufigsten vorkommenden Muscheln und Schnecken haben wir bereits auf unseren Streifzügen kennengelernt und uns mit ihrem Bau und ihrer Lebensweise vertraut gemacht (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 179 und S. 198).

Muscheln. Alle *Muscheln* sind Wasserbewohner. Sie leben meist auf dem Grunde der Süßgewässer und der Meere und atmen durch Kiemen. Ihren Körperbau erkennt man am besten an einem Querschnitt (Abb. 74). Ein elastisches **Schalenband** verbindet die beiden **Schalen.** Der Weichkörper des Tieres wird vom **Mantel** eingeschlossen, der den Schalen ringsum eng anliegt. Dann folgen beiderseits zwei blattartige **Kiemen.** Das Körperinnere wird durch den **Fuß** und die Eingeweide

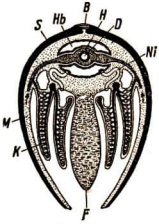


Abb. 74. Querschnitt durch eine Muschel (vereinfacht).
S Schale,
B Schalenband,
M Mantel,
K Kiemen,
F Fuß,
H Herz, das den Darm *D* umschließt,
Hb Herzbeutel,
Ni Nierengang

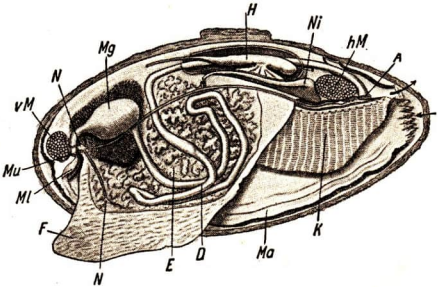


Abb. 75. Längsschnitt durch eine Teichmuschel.
A After, *D* Darm, *E* Eierstock, *F* Fuß, *H* Herz, *K* Kiemen, *Ma* Mantel, *Mg* Magen, *Ml* Mundlappen, *Mu* Mund, *vM* und *hM* vorderer und hinterer Schließmuskel, *N* Nervensystem, *Ni* Nieren. Einführ- und Ausführöffnung durch Pfeile bezeichnet

gebildet. Die Eingeweide befinden sich in einem **Eingeweidesack** (Abb. 75). Darin liegen bei allen Muscheln außer dem Darm die wichtigen Organe: Herz, Blutgefäße, Nieren, Eierstock oder Samendrüsen sowie Nervenknoten. Ein Kopf ist bei den Muscheln nicht ausgebildet. In diese Teile – Mantel, Fuß, Eingeweidesack, zu denen bei anderen Weichtieren noch der Kopf hinzukommt – gliedert sich der Körper aller Weichtiere. Die Schalen der Muscheln sind ebenso wie die Gehäuse der Schnecken kein besonderer Körperteil, sie werden vom Mantel ausgeschieden.

Die **Schalen** der Muscheln zeigen deutlich den Einfluß der Umwelt. In stehenden Gewässern bleiben sie dünn, in fließenden und bewegten Gewässern entwickeln sich dagegen dicke Schalen, die die Muscheln vor Beschädigungen durch Wellenschlag schützen. Bei der größeren **Teichmuschel,** die meist in stehenden Gewässern lebt, sind die Schalen dünn und haben nur ein schwaches Schalenband. Am dünnsten und größten werden die Schalen in nährstoffreichen Teichen und stillen Seebuchten. Am freien Seeufer sind sie kleiner und dicker. Dort werden sie von stärkerem Wellenschlag getroffen. Dicke Schalen hat die in Flüssen und in schnellfließenden Bächen lebende **Fluß-** oder **Malermuschel.** Ihr Schalenband ist durch ein festes Schloß aus einer Rinne in der einen und einer vorspringenden Leiste in der anderen Schalenhälfte verstärkt. Dadurch wird ein Verschieben der Schalenhälften durch Wasserdruck und Wellenschlag verhindert (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 198, Abb. 262). Die Muscheln graben sich im Schlamm der Gewässer tief ein. Viele Muscheln leben im Meer. Im Sande des Strandes eingewühlt lebt die weiße **Sandmuschel** (Abb. 76), die zum Atmen ein langes Doppelrohr bis an die Sandoberfläche vorstreckt. In Massen finden wir im Sand die Schalen der **Herzmuschel** (Abb. 77), die eine ähnliche Lebensweise hat. Die blauschwarze **Mies-** oder **Pfahlmuschel** befestigt sich mit hornigen Fäden an Felsen oder am Balkenwerk der Landungsbrücken. Die **Auster** bewohnt stellenweise in dichten Kolonien (Austernbänken) die atlantischen Küsten einschließlich der Nordsee. An felsigen Meeresufern treten die **Bohrmuscheln** auf, die sich mit ihrer harten Schale in weiches Gestein einbohren können. Eine wurmähnliche Gestalt hat der **Schiffsbohrwurm,** eine Muschel mit verkümmerten Schalen, die lange Gänge in Holzbauten und Deiche an der Küste, aber auch in Schiffsplanken bohrt. Diese Gänge kleidet der Schiffsbohrwurm mit einer dünnen Kalkschicht aus. Er richtet durch Zerstörung des Holzes oft großen Schaden an.

Abb. 76. Sandmuschel im Sandboden des Wattenmeeres (1/3 nat. Gr.)

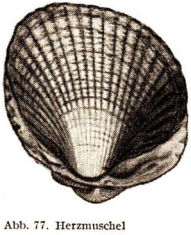


Abb. 77. Herzmuschel

Schnecken. Alle *Schnecken* zeigen eine *deutliche Gliederung des Körpers in Mantel, Fuß, Eingeweidesack und Kopf.* Bei den *Gehäuseschnecken* kleidet der Mantel die letzte Windung des Gehäuses aus, er ist durch einen starken Muskel mit der Gehäusespitze verbunden. Bei den *Nacktschnecken* liegt der Mantel als länglicher,

platter Überzug auf dem Rücken des Tieres und ist deutlich von der übrigen Haut abgesetzt. Bei allen Schnecken bildet der Mantel zusammen mit dem Rücken der Schnecke die Atem- oder *Mantelhöhle*. Durch ein Loch an der rechten Körperseite, das *Atemloch*, gelangt die frische Atemluft in die Mantelhöhle; verbrauchte Luft wird auf dem gleichen Wege ausgeschieden. Die Mantelhöhle ist mit feinen Blutgefäßen umkleidet, die Sauerstoff aufnehmen und Kohlendioxyd abgeben. Sie stellen die *Lunge* der Schnecken dar. Wir bezeichnen deshalb alle Landschnecken als *Lungenschnecken* (**Weinbergschnecken, Schnirkelschnecken, Wegschnecken, Ackerschnecken**). Aber auch manche Wasserschnecken sind Lungenschnecken, so die **Teller-** oder **Posthornschnecke** und die **Schlammschnecke** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 199, Abb. 264). Diese Tiere müssen regelmäßig an die Wasseroberfläche kommen, um zu atmen.

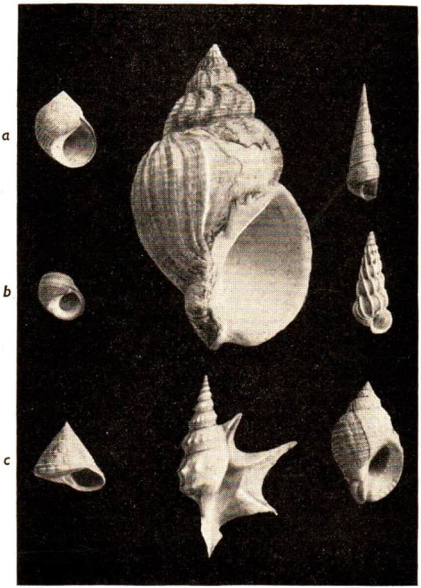


Abb. 78. Kiemenschnecken der Nordsee;
a und *b* zwei Arten der Strandschnecke, *c* Kreiselschnecke, *d* Wellhornschnecke, *e* Pelikanfuß, *f* Turmschnecke, *g* Wendeltreppe, *h* Purpurschnecke

Andere Wasserschnecken haben in der Mantelhöhle *Kiemen*, durch die sie Sauerstoff aus dem Wasser aufnehmen. Eine solche **Kiemenschnecke** des Süßwassers ist die **Sumpfdeckelschnecke** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 200, Abb. 265). Kiemenschnecken sind auch die Tausende von Schneckenarten, die die Meere bewohnen und oft beträchtliche Größe erreichen. Die in der Nord- und Ostsee vorkommenden Schnecken sind allerdings recht klein (Abb. 78). Die größte Art in der Nordsee ist die **Wellhornschnecke.** Ihre Eierballen werden oft von den Wellen an den Strand gespült (Abb. 79).

Fast alle Schnecken sind *zweigeschlechtige* Tiere (Zwitter). Die *Landschnecken* legen ihre Eier in eine Höhle, die sie durch Drehung ihres Vorderkörpers in feuchte Erde graben und mit Sand und Blättern bedecken. *Wasserschnecken* setzen ihre Eier meist in einer Gallertmasse als Laich an Wasserpflanzen ab, besonders oft an Blättern von Seerosen, im Aquarium auch an den Glaswänden. Wenige, z. B. die Sumpfdeckelschnecke, bringen lebende Junge zur Welt.

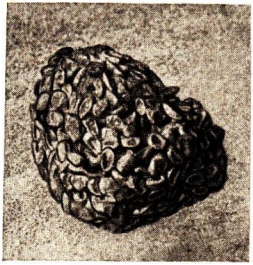


Abb. 79. Eierballen der Wellhornschnecke ($^1/_2$ nat. Gr.)

Die Schnecken sind gefräßige Tiere; die Landschnecken richten großen Schaden an Garten- und Feldpflanzen an. Besonders gilt das von der **Ackerschnecke.** Sie frißt, wenn sie an feuchten Tagen aus ihrem Versteck kommt, keimende Gemüsepflanzen, jungen Salat und reife Erdbeeren, im Herbst die junge Wintersaat. Man bekämpft die Schnecken durch Streuen von Kali, das die Schleimhäute der Tiere zerstört. Außerdem schützen wir die natürlichen Feinde der Schnecken, die Kröten.

Tintenfische. Die höchstentwickelten Formen der Weichtiere sind die *Tintenfische*. Auch ihr Körper besteht aus *Kopf, Eingeweidesack, Fuß* und *Mantel*. An den atlantischen Küsten vom Mittelmeer bis zur Nordsee lebt der **Gemeine Tintenfisch** (Abb. 80). Die *Farbe* des den Körper umhüllenden Mantels ist *veränderlich* und paßt sich dem Untergrunde an. Der Kopf ist deutlich vom Rumpf abgesetzt und trägt zwei große Augen. Um die Mundöffnung stehen acht kurze und zwei lange *Fangarme*. Kleine Fische und Krebse sind seine Nahrung. Sie wird durch kräftige Kiefer und durch eine *Reibplatte* zerkleinert.

Der Mantel umschließt die *Mantelhöhle* (Abb. 81), in der die Kiemen sitzen. Im Rückenteil des Mantels befindet sich als Stütze eine kalkige Platte, der *Rückenschulp* (Abb. 82a). Seitlich läuft der Mantel in einen *Hautsaum* aus, der den Körper umgibt. Mit ihm werden wellenartige Bewegungen ausgeführt; er ermöglicht ein Vorwärts- und Rückwärtsschwimmen (Abb. 81). Ein Teil des Fußes ist zu einem Rohr, dem *Trichter*, umgebildet. Durch ihn wird das Atemwasser ausgestoßen, das aus der Mantelhöhle strömt. Bei Gefahr geschieht dies mit so großer Kraft, daß der Tintenfisch dadurch rückwärts gestoßen

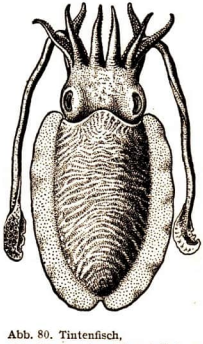


Abb. 80. Tintenfisch, von oben gesehen ($^1/_6$ nat. Gr.)

wird. Dabei kann er aus dem Tintenbeutel einen *schwärzlichen Saft* („Tinte" – Sepiafarbe) ausspritzen, so daß vor ihm eine Wolke entsteht, die ihn den Feinden unsichtbar macht. Außer diesen kleinen Tintenfischen, die 30 bis 40 cm Länge erreichen, gibt es auf dem Grunde der Meere Arten mit acht gleich langen Fangarmen, die **Kraken,** die eine Länge bis zu 18 m erreichen und Tauchern gefährlich werden können.

Im Kalkgebirge und in Kiesgruben Norddeutschlands findet man öfter braune Gebilde, die abgebrochenen Zigarren ähneln und als *Donnerkeile* bezeichnet werden. Sie stammen von Tintenfischen, die am Hinterende des Körpers eine Verlängerung des Rückenschulpes besaßen, den **Belemniten** (Abb. 82b). Sie lebten vor Millionen von Jahren, als sich in den Meeren aus den Schalen der Kammertierchen (s. S. 27) die Kreide bildete.

In jener Kreidezeit und noch wesentlich früher lebten auch *Verwandte unserer Tintenfische*, die ein tellerschneckenartig gewundenes Gehäuse hatten, die **Ammonshörner** oder **Ammoniten** (Abb. 83). Im Gegensatz zu den Schneckenhäusern setzte sich das Gehäuse der Ammoniten aber aus vielen aufeinanderfolgenden Kammern zusammen. In der äußersten größten Kammer lebte das Tier. Die Ammonshörner findet man in sehr verschiedenen Formen in allen Kalkgebirgen. Jede einzelne Art lebte nur in einem bestimmten Zeitraum der *Erdgeschichte*, der Hunderttausende bis Millionen von Jahren dauerte. In diesen Zeiträumen veränderten sich die Ammoniten. Findet man jetzt in einem Gestein ein Ammonshorn, so kann man an seiner Form feststellen, in welchem Zeitabschnitt es gelebt und wann sich das einschließende Gestein gebildet hat. Mit dem Beginn der Braunkohlenzeit starben die Ammoniten aus.

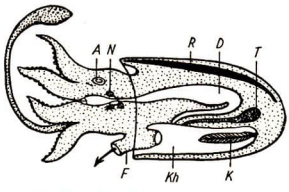


Abb. 81. Tintenfisch (Längsschnitt, schematisch). *A* Auge, *D* Darm, *F* Fuß (oder Trichter), *K* Kieme, *Kh* Kiemenhöhle, *N* Nervenknoten, *R* Rückenschulp, *T* Tintenbeutel. Vorn die Fangarme. ⟶ Richtung des ausgestoßenen Wassers

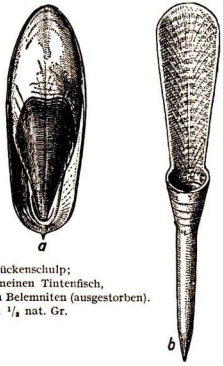


Abb. 82. Rückenschulp; *a* vom Gemeinen Tintenfisch, *b* von einem Belemniten (ausgestorben). Beide etwa 1/3 nat. Gr.

Abb. 83. Ammonit

Muschelschalen und Schneckengehäuse von abgestorbenen Tieren häufen sich auf dem Boden der Meere an. Allmählich zerfallen sie und bilden mit anderen Ablagerungen den Meeresschlamm. Manchmal bleiben sie auch im Schlamm erhalten und *versteinern*. Hebt sich der Meeresboden und trocknet aus, so wird dieser Meeresschlamm festes Gestein. In ihm findet man oft in großer Menge Schalen von Muscheln und Gehäuse von Schnecken. Der Kalk einiger Gebirge, z. B. mancher thüringischer Berge oder der Rüdersdorfer Kalkberge bei Berlin, ist besonders reich an Muscheln und Muschelresten (Muschelkalk).

IX. Stachelhäuter

Auf dem Grunde der Meere kriechen auch Tiere umher, die sternförmig gebaut sind. Weil ihre Körperhaut mit kleinen Kalkschuppen oder Kalkstacheln versehen ist, nennt man sie *Stachelhäuter*. Zu ihnen gehören die Seesterne.

Der **Seestern** (Abb. 84) zeigt den Körperbau der Stachelhäuter am deutlichsten. Die *Körperscheibe* läuft in fünf Arme aus, die nach allen Seiten strahlig abstehen. Seine rauhe, kalkige Haut hält viele Tiere davon ab, ihn zu fressen. Er bewegt sich durch zwei Doppelreihen kleiner häutiger *Saugfüßchen* an der Unterseite der Arme. Die Saugfüßchen stehen mit einem *Wasserkanal* in Verbindung, der den ganzen Arm durchzieht. Die Kanäle der fünf Arme münden in einen *Ringkanal*, der in der Körperscheibe ringartig die Mundöffnung umgibt. Kriecht der Seestern nach einer bestimmten Richtung, so wird der Wasserkanal der Arme, die in dieser Richtung liegen, prall mit Wasser gefüllt. Durch den Wasserdruck werden die Saugfüßchen gespannt und in der Bewegungsrichtung vorgestreckt. Sie setzen sich auf dem Boden fest. Wenn der Wasserdruck nachläßt und sich dadurch die Saugfüßchen verkürzen, ziehen sie den Körper nach.

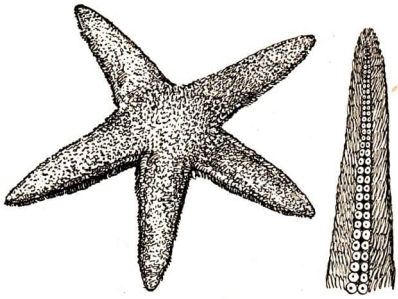


Abb. 84. Seestern;
links kriechend (etwa $^1/_2$ nat. Gr.),
rechts ein Arm von unten gesehen (etwa nat. Gr.)

Der Seestern nährt sich von kleinen Bodentierchen, die er durch die *auf der Unterseite liegende Mundöffnung* in seinen Magen aufnimmt. Hat er ein größeres Tier ergriffen, das er nicht verschlucken kann, so *stülpt er den Magen nach außen* und umhüllt damit die gefangene Beute. Der scharfe Magensaft löst die verdaulichen

Teile auf, die dann durch die Magenzellen aufgesogen werden. Unter Zurücklassung der unverdaulichen Teile stülpt sich der Magen nach der Mahlzeit wieder zurück. Diese **Außenverdauung** findet sich im Tierreich selten.

Im allgemeinen vermehren sich die Seesterne wie alle Stachelhäuter durch Eier. Werden dem Seestern durch einen Raubfisch ein oder mehrere Arme abgebissen, so werden sie regeneriert. Abgerissene Arme können zum ganzen Tier auswachsen. Bei den **Schlangensternen,** die sich vom Seestern durch lange, dünne Arme unterscheiden, erfolgt auf ähnliche Weise eine ungeschlechtliche Vermehrung. Unter bestimmten Umständen kann sich ein Schlangenstern in der Mitte teilen, wonach jede Hälfte den fehlenden Teil ergänzt.

Die **Seeigel** (Abb. 85a) sind rundliche Tiere mit langen Stacheln, die sich zum größten Teil von Seegras und Tang ernähren.

Wie Blumen mit langen Stielen schaukeln die festsitzenden **Haarsterne** oder **Seelilien** (Abb. 85b) über dem Meeresgrund. Ihre fünf Arme sind federartig verzweigt und in ständiger Bewegung. Durch den hierbei erzeugten Strudel werden kleine Wassertiere in den Mund des Haarsternes gestrudelt.

Im Schlamm und Sand des Meeresbodens leben gurkenähnliche Tiere, die **Seewalzen** oder **Seegurken** (Abb. 85c). Äußerlich haben sie wenig Ähnlichkeit mit den Seesternen und Seeigeln, aber ihr innerer Körperbau stimmt mit dem dieser Tiere überein. Sie leben von den Resten abgestorbener Pflanzen und toter Tiere. Die Seegurken bewegen sich durch drei Reihen von Saugfüßchen an der Bauchseite des Körpers fort, die wie beim Seestern mit einem Wasserkanal in Verbindung stehen.

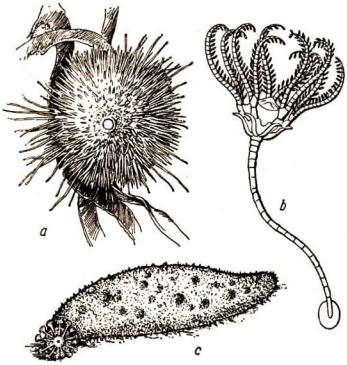


Abb. 85. Stachelhäuter (etwa $^1/_3$ nat. Gr.).
a Seeigel, *b* Haarstern oder Seelilie,
c Seewalze oder Seegurke

Alle Stachelhäuter sind echte Meerestiere. Kein Vertreter dieses Tierstammes kann im Süßwasser oder auch nur in Meeren mit geringem Salzgehalt leben.

Auch von Stachelhäutern findet man vielfach *Versteinerungen*. Häufig kommen im Kalkgebirge versteinerte *Seeigel* vor. Man findet sie mitunter auch im norddeutschen Ackerboden, wohin sie durch die Gletscher der Eiszeit gebracht worden sind. Versteinerte *Seelilien* finden sich im Sandstein- und Schiefergebirge. Versteinerungen von *Seesternen* sind selten.

X. Zusammenstellung der besprochenen Lebewesen

I. Tiere

A. EINZELLER

1. Tierstamm: **Urtiere**

1. Klasse: **Geißelträger**	Farblose Geißler, Erreger der Schlafkrankheit; Augentierchen und Volvox (werden auch zu den Algen gerechnet)
2. Klasse: **Wurzelfüßer**	Wechseltierchen, Uhrglastierchen, Sandhäuschen, Sonnentierchen, Kammertierchen, Ruhramöbe
3. Klasse: **Sporentiere**	Erreger der Malaria
4. Klasse: **Wimpertierchen**	Pantoffeltierchen, Glockentierchen, Trompetentierchen

B. VIELZELLER

2. Tierstamm: **Schwämme**	Süßwasserschwamm, Badeschwamm, Kiesel- und Kalkschwämme
3. Tierstamm: **Hohltiere**	
1. Klasse: **Polypen**	Süßwasserpolyp
2. Klasse: **Quallen**	Ohrenqualle
3. Klasse: **Blumentiere**	Seerose, Seeanemone, Edelkoralle, Steinkorallen
4. Tierstamm: **Würmer**	
1. Klasse: **Plattwürmer**	Strudelwürmer; Bandwürmer: Schweinefinnen-, Rinderfinnen-, Fisch- und Hundebandwurm
2. Klasse: **Fadenwürmer**	Trichine, Spulwurm, Madenwurm
3. Klasse: **Ringelwürmer**	Regenwurm, Sandwurm, Röhrenwurm; Egel: Kieferegel, Pferdeegel und Medizinischer Blutegel

5. Tierstamm: **Gliedertiere**

4 Klassen (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 204)

6. Tierstamm: **Weichtiere**

1. Klasse:	**Schnecken**	
	Kiemenschnecken	Sumpfdeckelschnecke, Wellhornschnecke, Meeresschnecken
	Lungenschnecken	Tellerschnecke, Schlammschnecke, Weinbergschnecke, Schnirkelschnecken, Hain- und Gartenschnecke; Nacktschnecken: Weg- und Ackerschnecken
2. Klasse:	**Muscheln**	Teichmuschel, Flußmuschel, Perlmuschel, Miesmuschel, Auster, Bohrmuschel, Schiffsbohrwurm
3. Klasse:	**Tintenfische**	Gemeiner Tintenfisch, Krake; Belemniten, Ammoniten

7. Tierstamm: **Stachelhäuter**

1. Klasse:	**Seesterne**	Seestern
2. Klasse:	**Schlangensterne**	Schlangenstern
3. Klasse:	**Haarsterne**	Seelilie
4. Klasse:	**Seeigel**	Gemeiner Seeigel
5. Klasse:	**Seewalzen**	Seegurke

8. Tierstamm: **Wirbeltiere** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 75)

II. Pflanzen

Kernlose (Bakterien, Blaualgen)

Lagerpflanzen

1. Stamm: Grünalgen (Urkugelalgen, Zieralgen, Schraubenalgen, Armleuchteralgen)
2. Stamm: Rotalgen
3. Stamm: Braunalgen (Kieselalgen, Brauntange)
4. Stamm: Pilze und Flechten

Sproßpflanzen

5. Stamm: Moose
6. Stamm: Farnpflanzen (Bärlappe, Schachtelhalme, Farne)
7. Stamm: Samenpflanzen oder Blütenpflanzen

D. ERNÄHRUNG UND STOFFWECHSEL DER PFLANZEN

Für das Wachstum der Pflanzen ist das **Klima** von großer Bedeutung. Zum Klima gehören Licht, Luft, Wärme und Feuchtigkeit. Ebenso wichtig ist die Beschaffenheit des Bodens, auf dem die Pflanzen wachsen. Die einzelnen Bodenarten enthalten Nährstoffe in unterschiedlicher Menge. Auch die Niederschlagsmenge und die Temperaturverhältnisse unterscheiden sich an den verschiedenen Orten beträchtlich voneinander. Die Pflanzen haben sich im Laufe der Entwicklung an ihre **Umweltbedingungen** angepaßt. Wir müssen deshalb für den Anbau der verschiedenen Kulturpflanzen jeweils die geeignetsten Standorte auswählen. Weinberge werden beispielsweise an sonnigen Hängen angelegt, Wiesen dort, wo das Grundwasser bis nahe an die Oberfläche reicht oder wo Bewässerungsgräben gezogen werden können.
Für Klima und Boden ist der Waldbestand von großer Bedeutung. In der Sowjetunion verändert man durch die Anpflanzung großer Waldgürtel das Klima ganzer Gebiete. Es werden dort Pflanzenarten angebaut werden, deren Vorkommen in diesen Gebieten noch vor wenigen Jahrzehnten für unmöglich gehalten wurde (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 43).

I. Der Boden

Schon seit Jahrtausenden bearbeiten und verändern die Menschen den Boden. Es ist die Aufgabe der Landwirtschaft, ihn in den besten Zustand zu versetzen, d. h. seine Fruchtbarkeit zu steigern. Dazu muß man die Beschaffenheit des Bodens kennen.

a) Bestandteile des Bodens

Aufg. Zerkleinere und trockne einige Handvoll Erde. Gib sie durch ein grobes Sieb mit etwa 2 mm weiten Maschen. Den durchgelaufenen Teil schütte durch ein Sieb mit etwa 0,2 mm Maschenweite. Rühre den feinsten Erdanteil in einem Glaszylinder mit Wasser auf. Laß ihn sich absetzen.

Die festen Bestandteile des Bodens setzen sich aus verschieden großen Teilen zusammen. Wir unterscheiden:

Steine	größer als 2 cm	verbleiben im 1. Sieb
Kies	2 cm bis 2 mm (Walnuß-, Erbsengröße)	
Grobsand	2 mm bis 0,2 mm (Grießgröße)	verbleibt im 2. Sieb

Feinsand	0,2 mm bis 0,02 mm (Körner noch erkennbar)	setzt sich im Zylinder verhältnismäßig schnell ab
Staub und Ton	kleiner als 0,02 mm (die kleinsten Teilchen)	trüben zunächst das Wasser und sinken manchmal erst nach Tagen zu Boden (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 19)

Aufg. Trockne Sand-, Lehm-, Moorboden und Komposterde an der Luft. Wiege je 100 g ab. Glühe sie auf einem Blech über der Flamme aus. Wiege wieder. Bestimme die Gewichtsverluste.

Die festen Bestandteile des Bodens enthalten **anorganische** und **organische** Stoffe. Die organischen Stoffe bezeichnen wir als **Humus.** Humus entsteht durch Vermodern von Pflanzen und Tierkörpern und durch Zersetzung von tierischen Ausscheidungen. Da Humus brennbar ist, geht er beim Ausglühen einer Bodenprobe verloren. An dem Gewichtsunterschied können wir den *Humusgehalt* einer Bodenart feststellen. Er schwankt bei den verschiedenen Böden in weiten Grenzen. Moorboden kann über 20 %, gutes Gartenland 5 bis 10 % und Sandboden weniger als 1 % Humus enthalten.

Aufg. 1. Stich einen Würfel Garten- oder Ackerland ab. Stelle das Gewicht fest. Zerkleinere und trockne die Erde. Wiege noch einmal. Ermittle den Gewichtsverlust. 2. Fülle gleichgroße Blumentöpfe mit verschiedenen, getrockneten Bodenarten (Sandboden, Lehmboden, Gartenerde). Stelle sie auf gleichgroße Glasgefäße. Übergieße sie mit je 200 cm^3 Wasser. Beobachte, wieviel Wasser nach einer bestimmten Zeit durchgelaufen ist.

Jeder Boden enthält Wasser. Die einzelnen Bodenarten unterscheiden sich voneinander sowohl in ihrer *Wasserdurchlässigkeit* als auch in der *Fähigkeit, das Wasser festzuhalten.* Im Sand versickert es rasch, es wird nur wenig Wasser zurückgehalten. Beim Lehm ist es gerade umgekehrt.

Aufg. Fülle ein Litergefäß unter mehrmaligem leichtem Aufstoßen des Gefäßes mit gutem, krümeligem Boden. Gieße aus einem Meßgefäß langsam Wasser hinzu, bis es eben die Oberfläche des eingefüllten Bodens erreicht hat. Wieviel Wasser ist zur Verdrängung der Luft benötigt worden?

Jeder Boden enthält Luft und damit Sauerstoff. In 1 m^3 guten Boden ist etwa 0,25 m^3 Luft enthalten.

Aufg. Übergieße in einem Glas eine Handvoll Boden mit destilliertem Wasser. Rühre mehrmals um und filtriere. Das durchlaufende Wasser ist anfangs trübe, wird aber nach einigen Minuten klar. Laß einen Tropfen davon auf einem Objektträger verdunsten. Beobachte unter dem Mikroskop.

Zu den wichtigsten Bestandteilen des Bodens gehören die anorganischen **Nährstoffe.** Die Hauptnährstoffe sind Verbindungen des *Stickstoffs, Phosphors, Kaliums, Kalziums* u. a. Sie sind zum Teil im Bodenwasser des Ackers gelöst. Zum

anderen Teil sind sie an den Bodenteilchen und im Humus festgelegt. Dieser Teil der Nährstoffe steht den Pflanzen nicht sofort zur Verfügung. Die Humusstoffe müssen erst durch Einwirkung von Mikroorganismen zersetzt werden. Bei dieser Zersetzung wird der Stickstoff den Pflanzen als Salpeter oder Ammoniak zugänglich. Die an die Bodenteilchen gebundenen Nährstoffe gehen nach und nach in Lösung über. Um Höchsterträge zu erreichen, führen wir unseren Böden von Pflanzen aufnehmbare Stoffe zu, d. h. wir düngen den Boden. Außer den Nährstoffen, die wir mit dem Humus (Stallmist, Gründüngung) zuführen, geben wir noch mineralische Düngemittel.

Aufg. Laß auf verschiedene Bodenarten ein paar Tropfen Salzsäure fallen. Vergleiche die Stärke des Aufbrausens.

Durch Benetzung mit Salzsäure läßt sich der **Kalkgehalt** des Bodens nachweisen. Je stärker hierbei der Boden aufbraust, desto größer ist sein Gehalt an Kalk. Kalk entsäuert den Boden und muß deshalb in jedem Boden enthalten sein.

b) Entstehung des Bodens

Die Verschiedenartigkeit der Böden hängt mit ihrer Entstehung zusammen. Sie sind aus verschiedenen Gesteinsarten entstanden. So stammt der *Sand* aus *quarzhaltigen Gesteinen*. Wenn die Gesteine im Sommer von der Sonne bestrahlt werden, dehnen sie sich aus, und zwar auf der Sonnenseite mehr als auf der Schattenseite. Dadurch bilden sich im Gestein feine Risse und Sprünge. Das in die Risse eindringende Wasser gefriert im Winter. Dabei dehnt es sich aus, und die Sprünge erweitern sich. Der Felsen fängt an, brüchig zu werden: er *verwittert*.
Auf Felsgestein wachsen zunächst Flechten (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 37). Sie scheiden Säuren aus, die das Gestein zersetzen. Nach und nach können sich Moose, niedrige Gräser und Kräuter ansiedeln. Durch ihre Wurzeln wird der Felsen noch mehr zermürbt.

Aufg. Lege in einen zur Hälfte mit Erde gefüllten Blumentopf ein Stück einer polierten Marmorplatte und darauf eine gekeimte Saubohne. Drücke die Wurzeln an die Platte an. Umgib sie mit feuchter Erde. Untersuche nach einer Woche die Marmorplatte. Reibe sie mit schwarzer Schuhcreme ab.

Die Wurzeln scheiden Stoffe aus, die eine polierte Marmorplatte ätzen. Auch die Pflanzen bewirken also die Zersetzung des Gesteins. Allmählich zerfällt das Gestein in größere und kleinere Körner.
Durch die Verwitterung der verschiedenen Gesteinsunterlagen entstehen die einzelnen Bodenarten. So verwittert Schiefergestein zu *Tonboden*, Sandstein zu *Sandboden*. Ist das Grundgestein aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt, bei deren Verwitterung sowohl Ton als auch Sand entsteht, so erhalten wir *Lehmboden*. Kalkgestein ergibt *Kalkboden*. Ein Mischboden aus Kalk und Lehm ist der *Mergelboden*. Die verschiedenen Bodenarten haben unterschiedliche Gütegrade. So ist im allgemeinen:

reiner Sand	schlechter Boden
Sand mit etwas Ton	mittelmäßiger Boden
Lehm mit viel Humus	sehr fruchtbarer Boden
Lehm mit wenig Sand	fruchtbarer Boden
reiner Ton	schlechter Boden
Kalk	schlechter Boden
Mergel	mittelmäßiger Boden

Auf dem Boden, der durch Verwitterung neu entstanden ist, können sich zuerst nur Flechten und dann Moose entwickeln. Erst wenn sich aus den abgestorbenen Teilen dieser Lebewesen Humusstoffe gebildet haben, siedeln sich auch Farne und Blütenpflanzen an. Durch das Vermodern der Farne und Blütenpflanzen nimmt die Humusmasse ständig zu.

c) Eigenschaften des Bodens

Aufg. 1. Prüfe im Mitschuringarten deiner Schule, auf dem Felde und im Wald, wie dick die Schicht lockeren Bodens ist. — 2. Untersuche an verschiedenen Stellen, wie tief die Wurzeln von Kräutern in den Boden hineinwachsen. — 3. Beobachte beim Roden von Baumwurzeln, bis zu welcher Tiefe sie gereicht haben.

Kulturpflanzen können nur gedeihen, wenn der Boden eine gewisse *Schichtdicke* hat. Die Wurzeln des Getreides senken sich bis zu 1 m Tiefe in den lockeren Boden hinab, die der Tomaten dagegen nur 20 bis 30 cm. Flach verlaufen die Wurzeln der Fichte, während die auf Sand wachsende Kiefer eine tiefgehende Pfahlwurzel hat.

Aufg. Stecke in Sand-, Lehm- und Komposterde, die gleicherweise der Sonne ausgesetzt sind, etwa 2 cm tief je ein Thermometer. Drücke die Erde leicht an. Beobachte die Thermometer eine halbe Stunde lang. Notiere alle 5 Minuten die Temperaturen.

Der Boden muß eine gewisse Temperatur haben, damit die Pflanzen wachsen und keimen können. Die Bodentemperatur hängt unter anderem von dem Wasser- und Luftgehalt des Bodens ab. Boden mit wenig Luft und viel Wasser ist auch bei hoher Außentemperatur verhältnismäßig kühl, sandiger, stark lufthaltiger Boden dagegen wärmer.

Aufg. Prüfe Moorerde mit Lackmuspapier.

Moorerde erzeugt auf blauem Lackmuspapier rote Flecke. Diese Flecke zeigen an, daß die Moorerde Säuren enthält. Der *Säuregehalt* des Bodens ist von großem Einfluß auf das Pflanzenwachstum. Man spricht bei hohem Säuregehalt von *saurem Boden*. Auf saurem Boden wachsen vor allem die vom Vieh gemiedenen Sauergräser und andere Sumpfpflanzen. Nutzpflanzen gedeihen dort nicht. Durch Düngung mit Kalk kann man sauren Boden entsäuern, so daß Nutzpflanzen angebaut werden können.

Saurer Boden entsteht dort, wo der Humus durch hochstehendes Grundwasser nur unvollkommen zersetzt wird (z. B. in Sümpfen und Mooren). Es bilden sich die

Humussäuren. Auch in den mit Heidekraut überzogenen Sandflächen Norddeutschlands und in Nadelwäldern findet sich saurer Boden. Dort verhindert das Harz der herabgefallenen Nadeln eine schnelle Zersetzung der abgestorbenen Pflanzen- und Tierkörper.

d) Bodenfruchtbarkeit

Bodenorganismen. Von großer Bedeutung für die Fruchtbarkeit des Bodens ist die Tätigkeit der Lebewesen, die im Boden leben, der *Bodenorganismen.*

Aufg. Suche in frisch dem Boden entnommener Humuserde mit bloßem Auge oder mit der Lupe nach kleinen Tieren.

Viele Tiere (Insekten und ihre Larven, Würmer, Milben, Maulwürfe und Mäuse) leben im Boden. Sie wühlen und graben, durchmischen die anorganischen Erdteilchen mit den organischen Humusteilchen, verteilen und zerkleinern sie (Regenwurm, s. S. 49). Durch die von den Bodentieren gewühlten Gänge können Luft und Wasser leicht in den Boden eindringen.

Aufg. Untersuche etwas Humuserde unter dem Mikroskop.

Weit wichtiger als die größeren Bodentiere sind die Kleinlebewesen, die **Mikroorganismen.** Unzählige Urtiere, Algen, Pilze und Bakterien leben im Boden. Die meisten der Mikroorganismen sind so klein, daß sie nur bei starker Vergrößerung sichtbar werden. Sie sind nur wenige Tausendstel Millimeter lang. In 1 g Ackererde leben 0,1 Mill. bis 100 Mill. Bakterien.
Im Humus sind wertvolle Stoffe, wie Stickstoff, Phosphor und Kali, enthalten. Im frischen Humus liegen sie in Form von organischen Verbindungen vor (Eiweißstoffe). Diese organischen Verbindungen können von den grünen Pflanzen nicht aufgenommen werden. Die Mikroorganismen zersetzen durch ihre Lebenstätigkeit die Humusstoffe. Sie führen dabei Stickstoff, Phosphor und Kalium in anorganische Verbindungen über. In diesem Zustande können die grünen Pflanzen diese Stoffe aufnehmen. Die Mikroorganismen erhöhen deshalb durch ihre Lebenstätigkeit die Bodenfruchtbarkeit.

Krümelstruktur und Bodengare. Mit dieser *Zersetzungsarbeit* ist die Bedeutung der Mikroorganismen für die Fruchtbarkeit des Bodens noch nicht erschöpft. Wenn wir über gutes Garten- oder Ackerland laufen, merken wir, wie der Boden unter den Füßen federt; er ist elastisch. Nehmen wir etwas trockene Erde in die Hand, so rieselt sie uns durch die Finger. Sie ist locker und zerfällt in *Krümel.* Wenn wir uns solche Krümel genauer ansehen, erkennen wir, daß sie aus verschieden großen Einzelteilchen zusammengebacken sind. Der Krümeldurchmesser beträgt im allgemeinen 2 bis 4 mm (Abb. 86). In den größeren Lücken zwischen den Krümeln befindet sich *Luft,* in den kleinen haarfeinen Spalten innerhalb der Krümel *Wasser.* Der Boden besitzt gute *Krümelstruktur,* wenn – dem Rauminhalt nach – 50 %

Abb. 86. Bodenkrümel

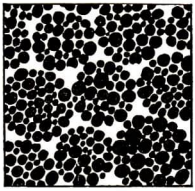


Abb. 87. Bodenhohlräume bei Krümelstruktur

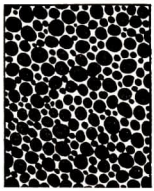


Abb. 88. Bodenhohlräume bei Einzelstruktur

feste Bodenteilchen, 25 % größere Hohlräume, die Luft enthalten, und 25 % kleine Hohlräume, die Wasser enthalten, vorhanden sind (Abb. 87).

Diesen günstigen Zustand des Bodens bezeichnet man als **Gare.** Nur ein *garer* Boden bringt Höchsterträge. *Die Gare stellt sich hauptsächlich durch die Tätigkeit der Mikroorganismen* ein. Algenfäden und Pilzfäden umwachsen die Bodenteilchen und halten sie zusammen; manche Bakterien bilden Schleim, der die Teilchen vollends zu Krümeln zusammenklebt. Sind zu wenig Bakterien im Boden, so können keine neuen Krümel entstehen. Auch die vorhandenen Krümel zerfallen. Wie ein Boden mit zerstörter Krümelstruktur aussieht, sehen wir im Garten nach längerem kräftigem Regen: die Bodenfläche verkrustet und wird hart. Wasser und Luft können dann nur schwer eindringen (Abb. 88). Damit sich die Gare wieder einstellen kann, muß der Boden durch Hacken gelockert werden.

e) Düngung

Die Pflanzen entziehen dem Boden ständig Nährstoffe. In *natürlichen Pflanzenbeständen* verarmt der Boden trotzdem nicht. Durch das abfallende Laub und die abgestorbenen Pflanzen und Tiere gelangen die Nährstoffe wieder in den Boden zurück. Die *Nutzpflanzen* dagegen werden nach der Ernte von Feld und Wiese abgefahren. Dadurch werden dem Boden große Mengen an Nährstoffen entzogen. Durch besondere Maßnahmen wird jedoch die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten.

Früher ließ man jeweils ein Drittel des Bodens ein Jahr lang ruhen, ohne ihn auszunutzen *(Dreifelderwirtschaft,* s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 141). In dieser Zeit reicherten die aufgehenden und absterbenden Wildpflanzen den Boden mit Nährstoffen an. Später griffen die Menschen aktiv in den Kreislauf der Bodenstoffe ein. Sie brachten tierische und menschliche Ausscheidungen auf die Felder und führten so dem Boden die entzogenen Stoffe wieder zu: sie *düngten* die Felder. Die organischen Stoffe – Stallmist, Jauche, Kompost usw. – werden als *Wirtschaftsdünger* bezeichnet. Der Stallmist ist hiervon der wichtigste. Er setzt sich aus den verschiedensten pflanzlichen und tierischen Überresten zusammen. Vor seiner Verwendung muß er allerdings auf dem Dunghaufen *verrotten.* Dabei bilden

sich Humusstoffe; die Nährstoffe verändern sich so, daß sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. So werden durch die Düngung die dem Boden entzogenen Stoffe immer wieder ersetzt.

Ein von Natur aus nährstoffreicher (guter) Boden wird gute Ernten bringen, ein nährstoffarmer Boden schlechtere. Die moderne Landwirtschaft gibt sich aber nicht mehr mit der natürlichen Ertragfähigkeit des Bodens zufrieden. Sie strebt höchste Erträge auf allen Böden an. Dafür reicht aber der Wirtschaftsdünger nicht aus, er muß durch den *mineralischen Dünger* ergänzt werden (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 143). Die mineralischen Düngemittel bestehen fast ausschließlich aus anorganischen Salzen, die die Hauptnährstoffe der Pflanze enthalten: Stickstoff, Phosphor, Kali. Der *Stickstoffdünger* begünstigt besonders das Wachstum der Blätter. Die chemische Industrie (Leuna-Werke „Walter Ulbricht") liefert ihn in Form von Salpeter, Ammoniaksalzen und Kalkstickstoff. *Phosphordüngemittel* (Superphosphat, Thomasmehl u. a.) wirken auf Blüten- und Fruchtansatz. *Kalidüngemittel* dagegen erhöhen die Festigkeit der Pflanzen, z. B. die Standfestigkeit des Getreides. In der Landwirtschaft werden 40%iges Kalisalz, Kainit u. ä. verwendet. Jedes dieser Düngemittel enthält vorwiegend einen einzigen Nährstoff. Daneben gibt es auch Düngemittel, in denen die Hauptnährstoffe, Stickstoff, Kali und Phosphor, gemischt sind (Volldünger). *Kalkdüngemittel* (gelöschter Kalk und Kalkmergel) verbessern in erster Linie die Krümelstruktur des Bodens und seinen Säurezustand.

Aufg. Vergleiche die Ergebnisse der im vorigen Jahre eingeleiteten Düngeversuche im Mitschuringarten (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 144).

Unser Fünfjahrplan sieht eine starke Erhöhung der Ernteerträge vor. Wir werden hohe Ernten erzielen, wenn die Böden sachgemäß gedüngt sind. Deshalb wird bis zum Jahre 1955 die Produktion von Kalisalz, Stickstoffdünger, Phosphordünger und gebranntem Kalk so gesteigert werden, daß die Landwirtschaft in reichem Maße mit mineralischem Dünger versorgt wird. Ferner werden in jedem Dorf, bei jedem Bauern Bodenuntersuchungen durchgeführt. So wird festgestellt, welche Düngemittel die einzelnen Böden benötigen, um Höchsterträge hervorzubringen.

Die einzelnen Bodenarten enthalten verschieden große Mengen von Nährstoffen. Der Nährstoffgehalt wechselt mit der Gegend und dem Klima. Er hängt auch von den Pflanzen ab, die vorher auf dem Boden angebaut wurden. Denn jede Pflanzenart braucht zwar alle Nährsalze, aber in verschiedener Menge. Die Richtlinien über die Errichtung der *Mitschuringärten* bringen Beispiele von naturgemäßen Fruchtfolgen.

Die Bauern können durch sachgemäße Düngung die Ertragfähigkeit des Bodens erhalten. Diese Methoden laufen jedoch nur darauf hinaus, dem Boden die entnommenen Bestandteile auf mechanische Weise für kurze Zeit wieder zuzuführen. Man kann aber eine Frage – nämlich die Bodenchemie – nicht aus dem Zusammenhang gelöst betrachten, sondern muß alle Dinge in ihren Wechselbeziehungen untersuchen. Auf die Dauer können nur biologische Methoden

den Boden erneuern und weiterentwickeln. Das geschieht in der Sowjetunion nach den Forschungsergebnissen von *Wladimir Robertowitsch Wiljams*, der in den Wechsel von Getreide und anderen Kulturpflanzen noch Futterpflanzengemische aus mehrjährigen Gräsern und Schmetterlingsblütlern einfügt. Durch die Eigenart dieser Pflanzen wird die Krümelstruktur und die Bodenfruchtbarkeit außerordentlich verbessert. In Verbindung mit Düngung, Bodenbearbeitung, Wasserführung und Windschutz entwickelte man in der Sowjetunion die vielseitige **Feldgras-Wechselwirtschaft** (Trawopolnaja-System). Hierdurch wurde eine beträchtliche Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und damit der Erträge erreicht.
Wir sehen also, daß der Mensch in der Lage ist, die Ertragfähigkeit des Bodens zu steigern. Er greift damit bewußt in die Naturvorgänge ein und verändert sie zu seinem Nutzen.

II. Aufnahme der Nährstoffe

a) Bestandteile der Pflanze

Aufg. Wiege eine Tomate und ein größeres Löschblatt. Zerschneide die Tomate in dünne Scheiben. Verteile sie auf dem Blatt. Trockne sie. Wiege wieder. Bestimme den Anteil an Wasser und Trockenmasse. — 2. Erhitze ein trockenes Stück Holz in einem Reagenzglas. Beobachte die Veränderung. Probiere, ob die ausgetriebenen Gase brennbar sind. — 3. Glühe auf einem Blech ein Stück getrockneter Tomate. Verbrenne es dann.

Die Pflanzen enthalten sehr viel *Wasser:* frisches Holz 50 bis 60 %, Kartoffeln 75 %, Äpfel 80 %, Runkelrüben 88 bis 90 %, Kürbis und Gurke bis 95 % ihres Gewichtes (Abb. 125, S. 91). Lassen wir alles Wasser aus den Pflanzen verdampfen, so bleibt die *Trockenmasse* zurück (z. B. Trockengemüse). Wird diese unvollständig verbrannt (verkohlt), so bildet sich eine schwarze Masse. Diese Färbung rührt vom *Kohlenstoff* her, der in allen Pflanzen vorhanden ist. Bei vollständiger Verbrennung pflanzlicher Stoffe verbleibt immer ein unverbrennbarer anorganischer Rest, die *Asche* (z. B. Zigaretten-, Holzasche). Sie macht etwa 1,0 bis 4,3 % des Gewichtes der frischen Pflanzenmasse aus. Bei genauer chemischer Untersuchung finden wir in der Asche vor allem *Kalium-*, *Kalzium-* und *Phosphorverbindungen*. Der größte Teil des in den Pflanzen enthaltenen *Stickstoffs* entweicht bei der Verbrennung in die Luft.

b) Nährstoffe der Pflanze

Während ihrer Entwicklung nehmen die grünen Pflanzen die Stoffe, aus denen sich der Pflanzenkörper aufbaut, aus dem Boden und aus der Luft auf. Aus dem *Boden* werden *Wasser* und *Nährstoffe (Stickstoff, Phosphorsäure, Kali* und *Kalk)* entnommen, aus der *Luft Kohlendioxyd* (Abb. 89). *Wasser, Nährsalze und Kohlendioxyd sind also zur Entwicklung der Pflanzen unbedingt erforderlich.*

Aufg. Laß Getreidekörner oder Samen des Weißen Senfs einige Stunden in Wasser quellen. Lege auf eine Glasplatte ein angefeuchtetes Stück Filtrierpapier, darauf einen Teil der gequollenen Samen. Lege die Glasplatte mit den Samen in ein Glasgefäß mit wenig Wasser. Decke das Gefäß zu. Beobachte die Bildung der Wurzelhaare (Abb. 90). Den anderen Teil der gequollenen Samen lege in Blumentöpfe mit feingesiebter Komposterde. Nimm die Pflänzchen vorsichtig aus der Erde, wenn sie 3 cm hoch sind. Betrachte die Wurzeln (Abb. 91).

Die Pflanzen saugen mit den Wurzeln die Nährstoffe des Bodens auf. Hinter den Spitzen der feinen Faserwurzeln bilden sich viele kleine Ausstülpungen der Oberhautzellen. Wir nennen diese feinen Gebilde **Wurzelhaare** (Abb. 92). Sie umwachsen die Bodenteilchen und entziehen ihnen Nährstoffe. Die Wurzelhaare haben eine kurze Lebensdauer (wenige Tage). Es bilden sich aber an der ständig weiterwachsenden Wurzelspitze stets neue Wurzelhaare.

Wie das Wasser mit den gelösten Nährsalzen aus dem Boden in die Wurzelhaare gelangt, zeigt uns ein Versuch:

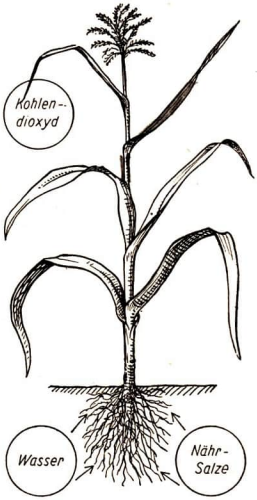


Abb. 89. Aufnahme der Nährstoffe

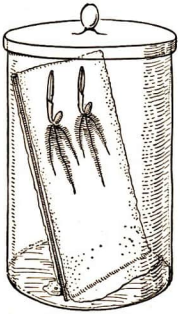


Abb. 90.
Keimende Weizenkörner

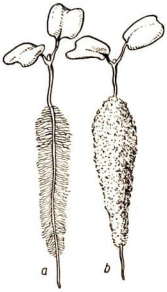


Abb. 91.
Wurzelhaare des Weißen Senfs; *a* freigelegt, *b* mit Erde

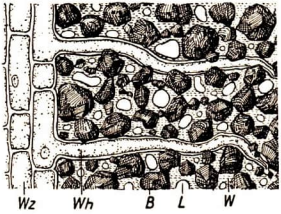


Abb. 92. Wurzelhaare im Boden.
B Bodenkrümel, *L* Luftraum, *W* Wasser, *Wh* Wurzelhaar, *Wz* Wurzelzelle

Aufg. Fülle ein kleines weithalsiges Glasgefäß vollständig mit einer starken Kochsalzlösung. Verschließe es gut durch angefeuchtetes Pergamentpapier (oder mit einem Stück Schweinsblase, die durch Waschen mit Seife entfettet worden ist). Lege es in ein größeres Gefäß mit reinem Wasser, in dem es ganz untertaucht (Abb. 93). Beobachte die Pergamenthaut. Koste später das Wasser in dem äußeren Gefäß.

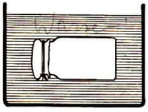


Abb. 93. Osmoseversuch

Die Ausbeulung der Pergamenthaut zeigt, daß Wasser durch die trennende Haut in die Salzlösung eingedrungen ist. Der Geschmack des Wassers im äußeren Gefäß ist salzig. Es ist also auch etwas Salz durch die Haut in das Wasser gelangt, aber nur sehr wenig. Wir nennen diese Wanderung der Stoffe durch eine halbdurchlässige Haut **Osmose.** Sie geht mit großer Kraft vor sich, so daß ein starker Druck entsteht. Wenn man die gespannte Pergamenthaut mit einer Nadel ansticht, spritzt die Lösung aus dem Gefäß heraus.

Die Wurzelhaare nehmen das Wasser durch Osmose auf. Dabei stehen alle Zellen der Wurzel und der ganzen Pflanze unter Innendruck. Sie sind daher prall und fest *(Gewebespannung)*. Fehlt es an Wasser, so läßt der Druck nach, die Pflanzen werden schlaff, sie welken.

Aufg. Stelle einen abgebrochenen Stengel des Fleißigen Lieschens in Wasser, das mit roter Tinte gefärbt ist. Schneide den Stengel an der Bruchstelle möglichst innerhalb der Farblösung ab. Laß den Stengel in der Lösung einige Stunden am Fenster stehen.

In dem Stengel des Fleißigen Lieschens, den wir in Wasser gestellt haben, das mit roter Tinte gefärbt ist, sieht man rote Streifen aufsteigen. Das Wasser und die darin gelösten Nährsalze werden aus den Wurzelhaaren von Zelle zu Zelle bis zu den Gefäßen weitergegeben. Im Stengel bzw. im Stamm werden sie dann innerhalb der Leitbündel aufwärts zu den Blättern geleitet.

Aufg. Schneide im Mitschuringarten eine junge Sonnenblume eine Handbreit über dem Erdboden ab. Setze auf den Stumpf eine Glasröhre. Verbinde beide Teile durch eine sie fest umschließende Gummimanschette (Abb. 94). Gieße tüchtig mit angewärmtem Wasser. Beobachte einige Stunden.

In der Glasröhre steigt das Wasser in die Höhe. Der osmotische Druck wirkt also von den Wurzelhaaren bis in die Gefäße des Stengels hinein. Diesen Druck nennen wir den **Wurzeldruck.**

Durch den Wurzeldruck kommt das „Bluten" vieler Gewächse zustande. So „bluten" Weinreben, die man zu spät im Frühjahr beschneidet, drei bis vier Tage hindurch und geben dabei täglich bis zu 1 l Saft ab.

Der Wurzeldruck drückt das Wasser nur bis in die Gefäße. Eine andere Kraft bewirkt, daß das Wasser aus den Gefäßen bis in die Zellen der Blätter gelangt: die **Verdunstung.** Die Teile der Pflanze, die sich über der Erde befinden, verdunsten ständig Wasser. Durch diese Verdunstung wird wie bei einem Saugheber

Abb. 94. Wurzeldruckversuch

Wasser nachgesogen. Nur das Wasser verdunstet, die in ihm gelösten Nährsalze bleiben in der Pflanze.

Aufg. Stelle einen belaubten Zweig in einen engen mit Wasser gefüllten Glaszylinder. Dichte die Öffnung des Zylinders, aus dem der Zweig herausragt, mit einer Pappscheibe ab. Setze das Ganze auf eine Waage. Stelle das Gleichgewicht her. Beobachte, wie der Wasserspiegel sinkt und die Waagschale mit der Pflanze leichter wird.

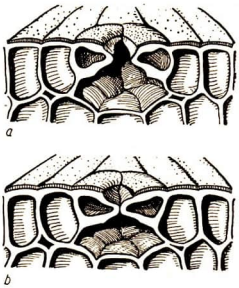


Abb. 95. Spaltöffnungen (stark vergr.); *a* geöffnet, *b* geschlossen

Die Verdunstung des Wassers geht hauptsächlich durch die Blätter vor sich. Sie geben es in Form von Dampf vor allem durch die *Spaltöffnungen* ab. Je nach der Menge des im Boden zur Verfügung stehenden Wassers und der Höhe der Luftfeuchtigkeit öffnen sich die Spaltöffnungen mehr oder weniger. Sie können sich auch ganz schließen (Abb. 95). Das verdunstete Wasser wird aus dem Wasser der Leitbündel ersetzt. Die Wassermoleküle haften aber durch die *Zusammenhangskraft* oder *Kohäsion* (s. Lehrbuch der Physik f. d. Grundschule, S. 47) aneinander. Dadurch reißen die durch die Pflanze bis zu den Wurzeln gehenden Wasserfäden nicht ab, sondern es wird ständig ebensoviel Wasser, wie verdunstet, aus dem Boden nachgesogen. *An der Fortleitung des Wassers in der Pflanze sind also der Wurzeldruck und die Verdunstung beteiligt.* So gelangt das Wasser mit den Nährsalzen bis in die Kronen der höchsten Bäume und in die entferntesten Blätter und Blüten.

III. Aufbau der Pflanzenstoffe

a) Assimilation des Kohlenstoffs

Aufg. 1. Bringe Wasserpflanzen (Wasserpest oder Wasserhahnenfuß) in ein Glasgefäß mit Wasser. Füge einen Schuß Selterswasser hinzu, um den Gehalt an Kohlendioxyd zu erhöhen. Setze über die Pflanzen einen Trichter. Stülpe darüber ein mit Wasser gefülltes Reagenzglas, das ins Wasser eintauchen muß. Stelle das Gefäß ins Sonnenlicht. Beobachte den Aufstieg von Gasblasen. Untersuche das Gas mit einem glimmenden Holzspan (Abb. 96). — 2. Wiederhole den Versuch mit abgekochtem Wasser.

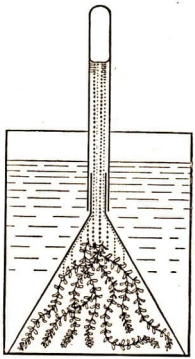


Abb. 96. Entwicklung von Sauerstoff bei der Assimilation

Der aufflammende Holzspan zeigt, daß grüne Pflanzen im Sonnenlicht Sauerstoff entwickeln. Woher der Sauerstoff kommt, erkennen wir, wenn wir die Sauerstoffentwicklung bei einer grünen Wasserpflanze in kohlendioxydhaltigem und in kohlendioxydfreiem (ab-

gekochtem) Wasser miteinander vergleichen. Der Sauerstoff wird von den Pflanzen nur in kohlendioxydhaltigem Wasser ausgeschieden. Daraus ist zu schließen, daß die Pflanze den Sauerstoff aus dem Kohlendioxyd des Wassers frei macht. Sie spaltet das Kohlendioxyd in Kohlenstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff wird bei diesem Vorgang frei, der Kohlenstoff dagegen bleibt in der Pflanze zurück. Er dient zum Aufbau der organischen Stoffe. Diesen Vorgang nennt man **Assimilation.**

$$CO_2 \xrightarrow{\text{Assimilation}} C + O_2$$

Alle organischen Stoffe enthalten Kohlenstoff. Er ist der wichtigste Nährstoff und zum Aufbau der Pflanze unbedingt erforderlich. Der Kohlenstoff der Pflanze stammt nicht, wie die anderen Nährstoffe, aus dem Boden, sondern aus dem Kohlendioxyd der Luft (Landpflanzen) oder des Wassers (Wasserpflanzen). In 10 l Luft sind im Mittel 3 cm³, das sind 0,03%, Kohlendioxyd enthalten. Durch die Spaltöffnungen, die besonders in der Oberhaut der Blätter enthalten sind, wird das Kohlendioxyd aufgenommen. Es dringt in die Zwischenzellräume und von da in die Zellen ein. Nur grüne Pflanzenteile können assimilieren, folglich ist Chlorophyll zur Zerlegung des Kohlendioxyds in Kohlen- und Sauerstoff notwendig.

Aufg. Stelle die Versuchsanordnung der vorigen Aufgabe ins Dunkle. Überlege, warum die Bläschenbildung aufhört.

Sobald die Wasserpflanze im Dunkeln steht, hört die Bläschenbildung auf. Die Verarbeitung des Kohlendioxyds vollzieht sich nur im *Licht*. Ohne Sonnenlicht können also die grünen Pflanzen nicht leben.

Aufg. Klemme frühmorgens ein Blatt (Linde, Gemüsebohne, Kapuzinerkresse), das am Tage gut besonnt wird, zwischen zwei mit Stecknadeln befestigte Korkstücke (Abb. 97a). Schneide am Spätnachmittag das Blatt ab. Entziehe ihm mit heißem Spiritus das Chlorophyll. Lege es in Jodlösung.

b) Der Aufbau der organischen Stoffe

Mit der Aufnahme des Kohlendioxyds setzt in der Pflanze der Aufbau von organischen Stoffen ein. Im Protoplasma der Blattzellen, und zwar in den *Chlorophyllkörnern*, vereinigen sich das von der Wurzel hergeleitete Wasser des Bodens und das Kohlendioxyd der Luft. Dabei vollzieht sich ein chemischer Vorgang: *aus Wasser und dem Kohlenstoff des Kohlen-*

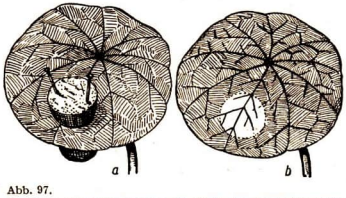


Abb. 97.
Nachweis der Stärkebildung am Blatt der Kapuzinerkresse. *a* Vorbereitung am frühen Morgen, *b* das Blatt am späten Nachmittag, gebleicht und mit Jodlösung gefärbt

dioxyds wird zunächst **Traubenzucker** *gebildet,* der aber sogleich in **Stärke** umgewandelt wird. Diese läßt sich im Blatt, sobald man es in Jod legt, nachweisen: das Blatt färbt sich blau.
Daß dieser Vorgang nur unter Einwirkung des Lichtes vor sich geht, wird aus unserem Versuch erkennbar. An den abgedunkelten Stellen des Blattes läßt sich keine Stärke nachweisen (Abb. 97b).

Aufg. Eine Buche hat rund 200000 Blätter. Umzeichne ein Blatt mittlerer Größe auf Millimeterpapier oder auf einem Rechenheftblatt. Gib die Größe in Quadratzentimetern an. Berechne die ungefähre Gesamtoberfläche aller Buchenblätter.

Die Assimilationstätigkeit der Pflanze wird durch großflächige und vielfach gegliederte Blätter erleichtert. Mit der riesigen Gesamtfläche aller Blätter vermögen sie auch schwaches Licht auszunutzen und großen Luftmassen das Kohlendioxyd zu entnehmen.
Außer dem Traubenzucker werden noch viele andere Stoffe gebildet, die zum Aufbau des Pflanzenkörpers und seiner Organe verwendet werden: Zellulose, Holz, Fette, Farb-, Riech-, Giftstoffe, Kautschuk und vor allem die eiweißartigen Stoffe des Protoplasmas. Für diese chemische Aufbauarbeit braucht die Pflanze neben dem Traubenzucker zum Teil die *Nährsalze.* Stehen diese der Pflanze nicht zur Verfügung, so verkümmert sie und geht ein.
Die brennbaren kohlenstoffhaltigen Bestandteile der Pflanzen sind *organische Stoffe.* Sie gehören im wesentlichen den Gruppen der **Kohlenhydrate, Fette** und **Eiweißstoffe** an.
Als Kohlenhydrate bezeichnen wir Stoffe, die aus Kohlenstoff und Wasser aufgebaut sind (z. B. Traubenzucker der Weinbeeren, Rohrzucker der Zuckerrübe und des Zuckerrohres, Stärke der Kartoffeln, Hülsenfrüchte und Getreidearten sowie die Zellulose der Zellwände).
Auch die *Fette* (Öle) enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, jedoch in anderer Zusammensetzung als die Kohlenhydrate. Öle sind in kleineren Mengen in vielen Pflanzenteilen vorhanden, angehäuft finden sie sich in manchen Samen und Früchten (Mohn, Sonnenblume, Lein, Raps u. a.).
In den *Eiweißstoffen* sind neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff vor allem Stickstoff und zumeist Phosphor und Schwefel enthalten. Eiweißstoffe finden wir beispielsweise im lebenden Protoplasma der Zellen als deren wichtigste Bestandteile.

IV. Atmung

Wenn sich in einem kleinen Raume viele Menschen oder Tiere aufhalten, verbraucht sich die Luft, d. h. sie wird sauerstoffarm. Das ist eine Folge der **Atmung,** bei der Sauerstoff ein- und Kohlendioxyd ausgeatmet wird. Ähnlich wie die Tiere und Menschen atmen auch die Pflanzen. Wir können das durch einfache Versuche beweisen.

Aufg. 1. Fülle ein Glasgefäß zu zwei Dritteln mit keimenden Erbsen. Setze dazu ein Schälchen mit klarem Kalkwasser. Bedecke das Ganze mit einer Glasscheibe. Laß es ein bis zwei Tage stehen. Tauche dann einen brennenden Span in das Gefäß. Beobachte die Veränderung im Kalkwasser. — 2. Stelle denselben Versuch mit einem leeren Glasgefäß an.

Tauchen wir in ein leeres Gefäß einen brennenden Span, so brennt er darin noch eine Weile, bis der Sauerstoff verbraucht ist. In einem Gefäß mit keimenden Erbsen erlischt er dagegen sofort. Das ist ein Zeichen dafür, daß der Sauerstoff in dem Gefäß aufgebraucht ist. Ein neben die Erbsen gestelltes Schälchen mit klarem Kalkwasser ist nach einem Tage getrübt. Das zeigt an, daß sich in dem Glase Kohlendioxyd gebildet hat. Auch unsere Atemluft trübt Kalkwasser. Das erkennen wir, wenn wir unseren Atem durch eine Glasröhre in Kalkwasser leiten. Der Sauerstoff kann nur von den keimenden Erbsen verbraucht und das Kohlendioxyd nur durch sie ausgeschieden worden sein. Die keimenden Erbsen haben Sauerstoff ein- und Kohlendioxyd ausgeatmet.

$$C + O_2 \xrightarrow{\text{Atmung}} CO_2$$

Aufg. Wiederhole den vorigen Versuch, indem du statt der Erbsen eine vielblättrige grüne Pflanze verwendest. Laß die Versuchsanordnung im Dunkeln stehen.

Auch im Dunkeln verbrauchen grüne Pflanzen Sauerstoff und scheiden Kohlendioxyd aus. Während die Pflanzen nur im Licht assimilieren, atmen sie Tag und Nacht.

Tagsüber laufen also zwei entgegengesetzte Vorgänge zu gleicher Zeit ab: die Assimilation und die Atmung. Der durch die Atmung verbrauchte Sauerstoff wird durch die Assimilation ständig ersetzt; ebenso wird das Kohlendioyxd, das bei der Atmung frei wird, ständig durch die Assimilation verbraucht. So überdeckt der Assimilationsvorgang bei Tage den Atmungsvorgang.

Es wird	*verbraucht*	*ausgeschieden*
bei der Assimilation	Kohlendioxyd	Sauerstoff
bei der Atmung	Sauerstoff	Kohlendioxyd

Alle Teile der Pflanze atmen, auch die Wurzeln. Damit Sauerstoff zu den Wurzeln gelangen kann, läßt man in den gepflasterten Fußsteigen der Großstädte rings um die Stämme der Straßenbäume Baumscheiben frei. Aus dem gleichen Grunde setzt man auch Zimmerpflanzen nicht in glasierte, sondern in poröse Tontöpfe.

Aufg. 1. Blase in den Stiel eines unter Wasser gehaltenen jungen Seerosenblattes. Beobachte die von der Oberseite aufsteigenden Luftblasen. — 2. Schneide ein 5 bis 10 cm langes Stück vom Blattstiel ab. Halte es mit einem Ende unter Wasser. Blase hinein.

Die Pflanze nimmt durch die **Spaltöffnungen** (Abb. 95, S. 72) Kohlendioxyd auf. Die Spaltöffnungen der Landpflanzen liegen auf der Blattunterseite, bei den

Schwimmblättern der Wasserpflanzen befinden sie sich auf der Blattoberseite. Durch die Spaltöffnungen gelangt die Luft in weite **Zwischenzellräume,** die sich vom Blatt zu den Wurzeln erstrecken und als Kanäle den Stengel durchziehen (Abb. 98). Die Wurzeln vieler Wasserpflanzen (z. B. Seerose) liegen im sauerstoffarmen Schlamm. Sie werden von den Blättern her mit Sauerstoff versorgt.

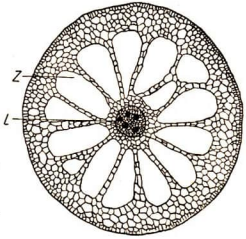


Abb. 98. Stengelquerschnitt vom Tausendblatt (etwa 10fach vergr.).
L Leitbündel, *Z* Zwischenzellräume

Aufg. Fülle eine Thermosflasche mit keimenden Erbsen. Stecke ein Thermometer hinein, das durch einen Wattebausch festgehalten wird. Beobachte in den nächsten Stunden und Tagen das Thermometer.

In einem Gefäß mit keimenden Erbsen (oder mit Blütenköpfen) herrscht eine höhere Temperatur als in der Umgebung. *Durch die Atmung wird also – wie bei den Tieren – Wärme, d. h. Energie frei.*
Die bei der *Atmung* entstehende **Energie** ermöglicht den Pflanzen unter anderem das **Wachstum.** Welche Kraft die Pflanzen oft entwickeln, wird daraus ersichtlich, daß z. B. Keimpflanzen feste Erde durchbrechen oder Birken mit ihren Wurzeln Felsen sprengen können.

V. Fäulnisbewohner und Schmarotzer

Fast alle *grünen Pflanzen* bauen die organischen Substanzen, aus denen ihr Körper besteht, nur aus *anorganischen Stoffen* auf. Sie entnehmen diese Stoffe dem Boden und der Luft. Mit Hilfe der Sonnenenergie und des Chlorophylls werden sie zu organischen Verbindungen umgewandelt. Auf eine andere Weise bauen *Pflanzen ohne Chlorophyll* ihre Körpersubstanz auf. Sie können für ihre Ernährung nur *organische Stoffe* verwenden. Deshalb sind sie von den grünen Pflanzen abhängig, die organische Substanzen aus anorganischen aufbauen. Die Pflanzen ohne Chlorophyll besitzen nicht die Fähigkeit, das Kohlendioxyd der Luft zu assimilieren. Sie können also die Kohlenstoffverbindungen, die sie zum Aufbau brauchen oder veratmen, nicht mehr selbst aufbauen. Ihr Kohlenstoffbedarf wird auf andere Art und Weise gedeckt. Je nachdem, woher sie die organischen Nährstoffe entnehmen, unterscheidet man in der Gruppe der Pflanzen ohne Chlorophyll **Fäulnisbewohner** (Saprophyten) und **Schmarotzer** (Parasiten).

Fäulnisbewohner. Zu der Gruppe der Fäulnisbewohner gehören sehr viele Bakterien und Pilze. Von den Blütenpflanzen sind nur wenige Arten Fäulnisbewohner. Sie alle *ernähren* sich *von der organischen Substanz toter Pflanzen- und Tierkörper* und gedeihen auch im Dunkeln. Mit der Zersetzung organischer Substanzen erfüllen die Fäulnisbewohner eine wichtige Funktion. Durch sie werden die Körper

toter Tiere und Pflanzen in anorganische Substanz übergeführt.

Eine wichtige Gruppe fäulnisbewohnender Pilze sind die **Schimmelpilze.** Von ihnen gibt es sehr viele Arten. Ihre Sporen werden durch die Luft verbreitet und keimen vor allem an feuchten Orten sehr zahlreich. Das Fadengeflecht der Schimmelpilze entwickelt sich bei feuchter Luft und zersetzt die organischen Stoffe. Auf moderndem Laub, Holz, Papier, Mist, auf Pilzen, Faserstoffen, Leder, vor allem auf Nahrungsmitteln, wie Obst, Brot, Käse usw., erkennen wir sie an den grauweißen, auch gelblich- oder blaugrünen Überzügen, dem *Schimmel.* Dabei zersetzen sie diese Stoffe. Die Schimmelpilze machen sich durch einen unangenehmen, dumpfigen Geruch bemerkbar.

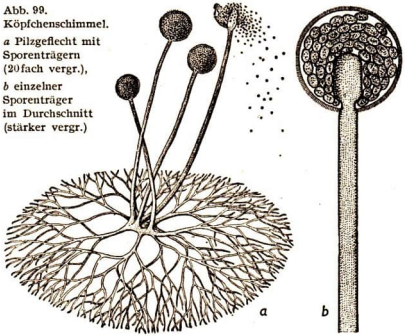


Abb. 99. Köpfchenschimmel. *a* Pilzgeflecht mit Sporenträgern (20fach vergr.), *b* einzelner Sporenträger im Durchschnitt (stärker vergr.)

Aufg. Lege eine flache Schale (Teller) mit nassem Filtrier- oder Löschpapier aus. Bringe darauf einen frischen Ballen Pferdemist oder ein Stück altes Brot. Bedecke die Schale mit einer Glasglocke. Die Feuchtigkeit in der Glocke muß immer so hoch sein, daß das Glas von innen beschlägt. Beobachte einige Tage.

Auf vielen feuchten organischen Stoffen entwickelt sich ein dichter, grauer Schimmelrasen, aus dem auf haarfeinen Stielen gelbe oder schwarze Köpfchen hervorragen. Es ist der **Köpfchenschimmel.** Die Köpfchen sind *Sporenkapseln* (Abb. 99), die eine große Anzahl von Sporen enthalten und ausstreuen.

Aufg. Bringe in eine ähnliche Versuchsanordnung wie in der vorigen Aufgabe ein Stück Kartoffel, das du vorher auf den Fußboden oder an die Erde gedrückt hast. Beobachte einige Tage.

Feuchtgehaltene Früchte bekommen bald einen meist blaugrüngefärbten Überzug, der von anderen Schimmelpilzen herrührt. Aus ihrem Fadengeflecht richten

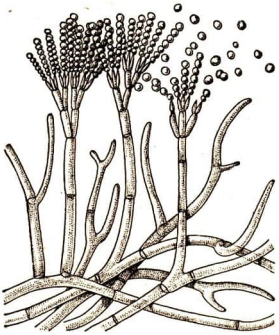


Abb. 100. Pinselschimmel (250fach vergr.)

sich einige Fäden in die Höhe, verzweigen sich und schnüren am Ende der Verzweigungen Sporen ab. Der ganze Sporenstand ähnelt einem Pinsel. Daher nennt man den Pilz **Pinselschimmel** (Abb. 100).

Hellere graugrüne Rasen bildet der **Gießkannenschimmel** (Abb. 101). Bei ihm stehen die Sporenreihen am verdickten Ende des Sporenträgers, so daß es aussieht, als seien es Tropfenreihen, die aus der Brause einer Gießkanne heraussprühen.

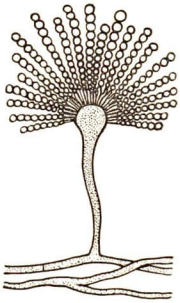


Abb. 101. Gießkannenschimmel (250fach vergr.)

Aus verschiedenen Pinselschimmelarten gewinnt man das wichtige Arzneimittel **Penicillin.** Es spielt bei der Bekämpfung von ansteckenden Krankheiten und der Behandlung von Eiterungen eine große Rolle. Zur Herstellung von Penicillin züchtet man bestimmte Schimmelpilze in großen Behältern. Die Pilze scheiden einen Stoff aus, der Bakterien tötet. Dieser Stoff, das Penicillin, wird in einem komplizierten Arbeitsgang gewonnen. Eine bedeutende Menge Penicillin wird in den Betrieben Pharma VVB, Werk Jenapharm in Jena und Pharma VVB, Pharmazeutisches Werk Madaus VEB in Radebeul-Dresden hergestellt.

Die wenigen Fäulnisbewohner unter den *Blütenpflanzen* haben kein Chlorophyll und entwickeln auch keine größeren Blätter. Da sie nicht assimilieren, gedeihen sie auch ohne Licht, beispielsweise im tiefsten Waldesschatten. Zu ihnen gehört eine weitverbreitete Pflanze, der **Fichtenspargel.** Er wächst unter Fichten und Buchen. Den Namen hat er nach seinen bleichen spargelähnlichen Sprossen (Abb. 102) bekommen. Auch die **Nestwurz** und die **Korallenwurz,** zwei seltene Orchideenarten, die in Laub- und Mischwäldern vorkommen, sind Fäulnisbewohner. Die größere Nestwurz (Abb. 103) ist gelb-

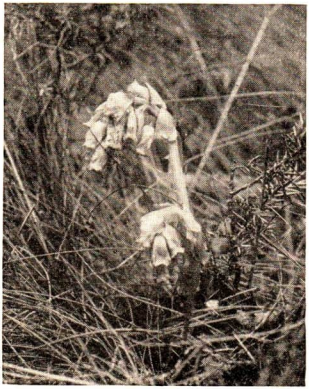


Abb. 102. Fichtenspargel

Abb. 103. Nestwurz

braun wie moderndes Laub. Sie besitzt kurze, dicke wurmartige Wurzeln, die nestartig angeordnet sind. Die gelbgrünliche Korallenwurz hat ihren Namen nach dem wurzellosen, fleischigen Wurzelstock, dessen Auswüchse eine gewisse Ähnlichkeit mit Korallen aufweisen. In den Urwäldern der heißen Zonen ist die Zahl der Fäulnisbewohner unter den Blütenpflanzen viel größer als in unseren Breiten.

VI. Schmarotzerpflanzen

Die Schmarotzerpflanzen entnehmen ihre Nährstoffe ganz oder zum Teil *lebenden* Organismen. Dadurch schädigen sie den befallenen Organismus, den sogenannten „Wirt" und rufen oftmals Krankheiten hervor. Manchmal wird der Wirt sogar ganz abgetötet.
Unter den schmarotzenden Pflanzen gibt es einige, die grüne Blätter besitzen und Kohlendioxyd assimilieren können. Sie entziehen ihrem Wirt keine Kohlenstoffverbindungen, sondern nur Wasser und die übrigen Nährstoffe. Man bezeichnet sie als **Halbschmarotzer.** Andere Schmarotzer haben rückgebildete Blätter ohne Chlorophyll. Sie entziehen ihrem Wirt sämtliche Nährstoffe, sie sind **Vollschmarotzer.**

Fäulnisbewohner

entnehmen ihre Nahrung *toten* Pflanzen und Tieren.

Schmarotzer

entnehmen ihre Nahrung *lebenden* Pflanzen und Tieren.

Halbschmarotzer

assimilieren Kohlendioxyd; entnehmen dem Wirt Wasser und Nährsalze.

Vollschmarotzer

entnehmen alle Nährstoffe dem Wirt.

Halbschmarotzer. Ein verbreiteter Halbschmarotzer ist die **Mistel** (Abb. 104). Sie wächst in den Kronen von Laub- und Nadelbäumen. Hier bildet sie dichte wintergrüne Büsche, die besonders im Winter auf Laubbäumen auffallen. Aus den unscheinbaren Blüten entwickeln sich weiße Beeren mit einem klebrigen Fruchtfleisch. Sie werden von Vögeln (z. B. Misteldrosseln, Seidenschwänzen u. a.) gefressen. Dabei bleiben Samen am Schnabel kleben und werden an Ästen

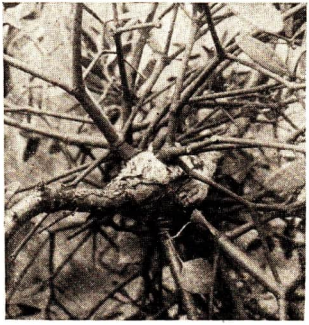


Abb. 104. Ansatz der Mistel am Zweig der Wirtspflanze

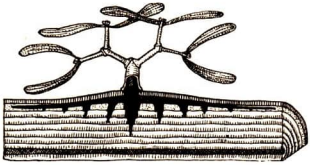


Abb. 105. Aststück mit junger Mistel, durchschnitten; schwarz die Senker der Mistel

Abb. 106. Ackerwachtelweizen

abgestreift. Andere gehen unbeschädigt durch den Darmkanal und werden mit dem Kot ausgeschieden. Die Samen keimen und treiben *Senker* bis zu den Gefäßen des Wirtsbaumes (Abb. 105). Sie entnehmen den Gefäßen die nötigen Nährstoffe. Wenn eine größere Anzahl von Mistelbüschen auf einem Ast wächst, geht dieser zugrunde, weil ihm die Nährstoffe entzogen werden. Bei der Mistel haben sich verschiedene Unterarten herausgebildet. Jede von ihnen befällt nur bestimmte Bäume. So kann z. B. eine Kiefernmistel nicht auf Linden oder Obstbäumen wachsen.

Viele Halbschmarotzer gibt es in der Familie der **Rachenblütler,** aus der wir als nichtschmarotzende Vertreter schon das **Löwenmaul** und den **Fingerhut** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 180) kennen. Die Halbschmarotzer wachsen im Boden. Mit ihren gut entwickelten Blättern assimilieren sie das Kohlendioxyd der Luft. Sie können aber nur dann Blüten und Früchte bilden, wenn sich ein Teil ihrer Wurzeln an den Wurzeln anderer Pflanzen ansaugt und ihnen Nährstoffe entzieht. Im Walde wachsen verschiedene Arten des Wachtelweizens. Der **Gemeine Wachtelweizen** hat gelbe, schmale Rachenblüten. In Getreidefeldern wächst der **Ackerwachtelweizen** (Abb. 106). Auf Wiesen blühen vom Sommer bis in den Herbst die **Augentrostarten** mit ihren kleinen weißen, am Grunde gelblich oder ganz hellilagefärbten Blüten (Abb. 107). Früher wurden sie zum Heilen von Augenkrankheiten verwendet. Zusammen mit ihnen wächst der rot blühende **Zahntrost.** Beide Arten mindern den Graswuchs in ihrer Umgebung.

Auf Wiesen und Feldern wächst der **Klappertopf** mit einer gelben zweilippigen Blüte in einem großen aufgeblasenen Kelch (Abb. 108). Bei der Reife wird der Kelch dürr, dann klappern in der Fruchtkapsel die losen Samen. Wenn die Kapsel aufspringt, werden sie verstreut. Das Getreide muß also vor der Aussaat gut gereinigt werden, damit Schädigungen durch den Klappertopf vermieden werden.

Abb. 107. Augentrost

Abb. 108. Großer Klappertopf

Abb. 109. Schuppenwurz

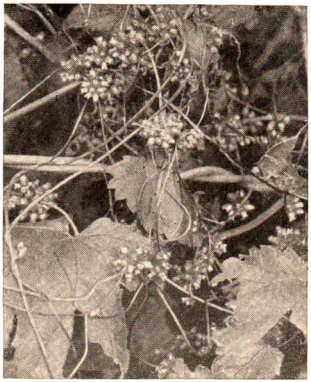


Abb. 110. Hopfenseide auf Hopfen

Vollschmarotzer. Die Vollschmarotzer unter den Blütenpflanzen haben *kein Chlorophyll.* Sie ähneln in ihrem Äußeren verschiedenen Fäulnisbewohnern. Die schmarotzende rosafarbige **Schuppenwurz** (Abb. 109) ähnelt beispielsweise dem Fichtenspargel (Abb. 102, S. 78). Beide sind blattgrünlos und wachsen in feuchten Wäldern. Die Wurzeln der Schuppenwurz wachsen aus dem mit Schuppen bedeckten, kurzen Wurzelstock. Sie saugen besonders an den Wurzeln der Laubhölzer und entziehen ihnen die Nährstoffe. Andere blattgrünlose Vollschmarotzer sind die **Seidearten.** Die **Hopfenseide** (Abb. 110) schmarotzt auf Hopfen und Brennnesseln, die **Kleeseide** auf Klee und anderen Schmetterlingsblütlern. Ihre Stengel sind blaßrötlich und tragen statt der Blätter nur unscheinbare Schuppen. Im Hochsommer entwickeln sich an ihnen kleine Knäuel von Blüten, aus denen die Fruchtknäuel hervorgehen. Diese sind bei der Hopfenseide größer als bei der Kleeseide. Keimt der Same einer Seideart, so bildet sich zunächst ein dünner Stengel. Wenn dieser den Stengel einer geeigneten Pflanze berührt, umwindet er ihn und treibt *Saugwurzeln* in den Stengel der Wirtspflanze. Der untere Teil des Seidestengels verwelkt dann, stirbt ab, und der Schmarotzer verliert jede Verbindung mit dem Erdboden. Der obere Teil des Stengels dagegen verästelt sich sehr stark und umspinnt oft mehrere Pflanzen.

Schmarotzerpilze. Auch unter den Pilzen gibt es sehr viele Schmarotzer. Sie befallen alle Pflanzenarten und rufen Krankheiten hervor. Bei ungenügender Bekämpfung können sie den Ertrag unserer Nutzpflanzen bedeutend vermindern.

Die **Mehltaupilze** bilden auf den Pflanzenorganen weiße, wie Mehl aussehende Überzüge, die aus Pilzfäden bestehen. Es gibt sehr viele Arten, die jeweils nur bestimmte Pflanzenarten befallen (Abb. 111). Häufig erkranken Gartenrosen, auch Hülsenfrüchte und Obstgewächse, seltener Getreidearten. Der aus Amerika eingeschleppte **Stachelbeermehltau** überzieht die Triebspitzen, Blätter und Beeren des Stachelbeerstrauches mit einem anfangs weißen, später braunschwarz werdenden Pilz.

Die **Schorfkrankheit** des Kernobstes wird durch Schmarotzerpilze *(Fusicladium*-Arten*)* erzeugt. Sie bilden auf den Blättern schwarzgrüne samtartige Flecke (Abb. 112). Die Blätter vertrocknen vorzeitig und fallen ab. Ähnliche Flecke zeigen sich an den Früchten, die meist klein bleiben und oft verkrüppeln. Die **Moniliakrankheit** oder *Fruchtfäule* des Obstes wird von anderen Pilzen hervorgerufen. Die Früchte beginnen am Baume zu faulen. An den faulenden Stellen brechen ringförmige graue oder gelbliche Polster mit den Sporen hervor (Abb. 113). Junge Früchte, besonders

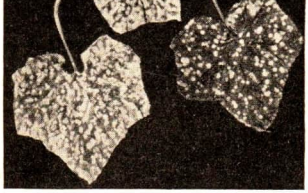


Abb. 111. Gurkenmehltau

Abb. 112. Schorf am Apfel

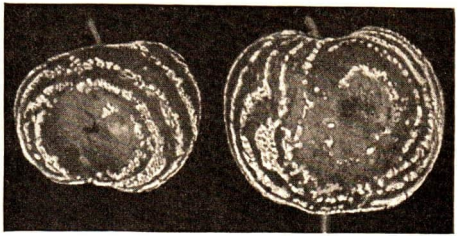


Abb. 113. Monilia am Apfel

Sauerkirschen, schrumpfen dabei zu harten „Mumien" zusammen. Die Schorfkrankheit und die Fruchtfäule werden bekämpft, indem man erkrankte und dürre Teile abschneidet und verbrennt oder vergräbt. In neuerer Zeit bestäubt man sie mit pilztötenden Mitteln. Befallenes Obst muß schnell aufgesammelt und vernichtet werden, damit die ausstäubenden Sporen die Krankheit nicht weiterverbreiten.

Auch im *Gemüsegarten* können Schmarotzerpilze Schaden anrichten. Die Erreger der **Kropfkrankheit** oder **Kohlhernie** wuchern in den Wurzeln und den unteren Stengelteilen der Kohlarten, Rettiche und anderen Kreuzblütler. Es entstehen knotige Verdickungen und Geschwülste bis zu Faustgröße (Abb. 114), die mit dem Pilz angefüllt sind. Der Pilz nährt sich von den Nährstoffen der Wirtspflanze, so daß diese oft eingeht.

Durch den Pilz der **Kraut- und Knollenfäule** wird das Kartoffelkraut braunfleckig, während sich auf den Blattunterseiten ein weißer mehlartiger Belag zeigt. Bei starkem Befall werden Blätter und Stengel vollständig braun und sterben rasch ab. Der Pilz geht auch auf die Kartoffelknollen über, durchdringt die Kartoffelschale und ruft bleigraue, eingesunkene Flecke hervor. Unter ihnen ist das Fleisch braun gefärbt *(Braunfäule)*. Ist eine Kartoffelpflanze von **Kartoffelkrebs** befallen, so entwikkeln sich an den Augen ihrer

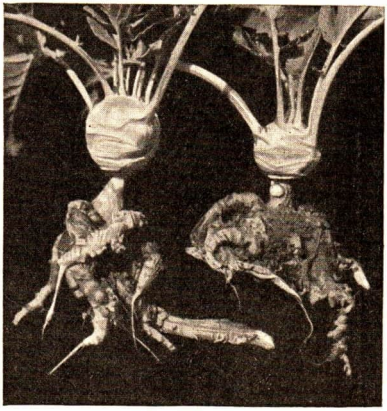


Abb. 114. Kohlhernie an Kohlrabiwurzeln

Knollen höckerige Wucherungen (Abb. 115). Sie haben zuerst eine gelblichweiße Farbe, später werden sie schwarzbraun. Die Wucherungen können Walnußgröße erreichen. Zur Erntezeit gehen diese Wucherungen in Fäulnis über und zerfallen. Dadurch werden die Dauersporen des Pilzes frei. Sie gelangen in den Boden und bleiben dort jahrelang am Leben.

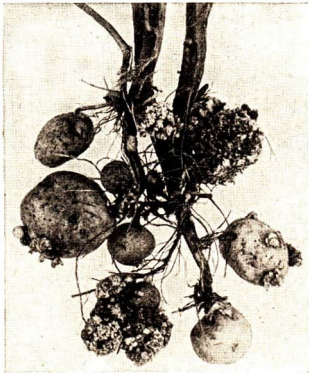


Abb. 115. Kartoffelkrebs

Werden auf einem vom Kartoffelkrebs befallenen Felde wieder Kartoffeln angebaut, so entwickeln die Dauersporen kleine, durch eine Geißel bewegliche Schwärmsporen. Sie dringen in die Saatkartoffeln ein und stecken sie mit der Krankheit an. Durch die Dauersporen ist der Boden, auf dem einmal krebskranke Kartoffeln standen, auf Jahre hinaus verseucht. Eine Bekämpfung der Krebssporen im Boden ist noch nicht möglich. Es ist jedoch gelungen, Kartoffelsorten zu züchten, die durch den Kartoffelkrebspilz nicht angegriffen werden (krebsfeste Sorten).

Im *Roggen* fallen manchmal Ähren auf, aus denen einige violette, hornförmig gebogene Körper von der doppelten Größe der Getreidekörner herausragen. Diese „*Mutterkorn*" genannten Gebilde sind Dauerkörper des **Mutterkornpilzes** (Abb. 116). Er schmarotzt in den Fruchtknoten, lebt von den Säften der Pflanze und baut aus ihnen seinen violetten Dauerkörper auf. Wenn das Saatgut nicht gereinigt wird, werden im Frühjahr die Mutterkörner mit auf die Felder ausgesät. Hier keimen sie zu kurzen Sporenträgern aus und entwickeln Sporen. Diese werden vom Wind auf die Blüten des Getreides getragen. Der Schaden, den die Pflanze durch den Mutterkornpilz erleidet, ist meistens unbedeutend. Wichtiger ist, daß das Mutterkorn *Giftstoffe* enthält. Wenn viel gemahlenes Mutterkorn ins Mehl oder in die Kleie gerät, kann es bei Mensch und Tier Krankheiten hervorrufen. Infolge der jetzt üblichen gründlichen Reinigung des Saatgutes tritt der Pilz nur noch selten auf unseren Feldern auf.

Abb. 116. Mutterkornpilz; links Roggenähre mit vier Mutterkörnern, rechts keimendes Mutterkorn mit Sporenträgern

Die **Brand- und Rostpilze** sind zwei Gruppen gefährlicher Getreideschmarotzer. Sie haben ihren Namen nach der Farbe der Sporen und Sporenlager. Bei den Brandpilzen ist sie meist schwarz, bei den Rostpilzen rostrot bis bräunlich. Es gibt mehrere tausend Arten von Brand- und Rostpilzen. Fast jede Art ist an eine bestimmte Wirtspflanze gebunden. So kann auf einem Felde, auf dem ein Gemenge von Hafer und Sommergerste steht, der Hafer stark vom Brand befallen sein, während sich bei der Gerste nicht eine einzige brandige Ähre zeigt. In diesem Falle ist auf dem Felde nur der **Haferbrandpilz** verbreitet, der **Gerstenbrandpilz** dagegen nicht.

Getreideähren, die von Brandpilzen befallen sind, sehen wie verbrannt aus (Abb. 117). Der Pilz wuchert im Gewebe der Getreidepflanzen und wächst bis in die Fruchtknoten. Hier verbraucht er alle Nährstoffe, die für die Keimung des Samens notwendig sind. Das Innere des Kornes wird in eine violettschwarze Masse verwandelt, die aus einigen Millionen Sporen besteht. Sie werden durch den Wind auf andere reifende Körner gebracht. Auf ihnen setzen sie sich fest. Wenn solche Körner im Sommer ausgesät werden und keimen, keimt zu gleicher Zeit die Pilzspore aus. Die entstehenden Pilzfäden wachsen im Stengel nach oben zur Ähre. Den Schaden, den Brandpilze durch Zerstörung der Körner anrichten, schätzte man noch 1932 im Durchschnitt auf 5 % der gesamten Ernte. In früheren Jahren entwickelten sich die Brandpilze so stark, daß in manchen Gegenden die Hälfte der Ernte verlorenging. Jetzt bekämpft man die Getreidebrandpilze durch *Beizen*. Bei der Trockenbeize wird das Saatgut in besonderen Apparaten mit einem sporentötenden Mittel eingestäubt. Bei der Naßbeize taucht man das in Körbe oder Beutel geschüttete Saatgut bestimmte Zeit in einen Bottich mit pilztötender Flüssigkeit. Danach wird es soweit getrocknet, daß es durch die Drillmaschine ausgesät werden kann.

Abb. 117. Haferbrand;
a teilweiser, *c* vollständiger Befall einer Haferrispe, *b* auskeimende Brandsporen (200fach vergr.)

Abb. 118. Getreideschwarzrost. Wintersporenlager auf Weizen

Die **Rostpilze** schmarotzen im Gegensatz zu den Getreidebrandpilzen in den Blättern und Stengeln des Getreides. Der **Getreideschwarzrost** bringt im Sommer rötliche Pusteln hervor, in denen sich die *Sommersporen* bilden. Diese werden auf andere Blätter geweht. Dort entstehen ebenfalls rötliche Sommersporenlager. Im Herbst werden die Sporenlager fast schwarz (Abb. 118). Dann entwickeln sich die braunschwarzen *Wintersporen*, die ebenfalls auf Stengeln und Spelzen zu finden sind. Diese Sporen überdauern den Winter am Erdboden (Abb. 119). Im Frühjahr entwickeln sie je vier *Kleinsporen*. Die Kleinsporen können sich nur auf den Unterseiten der Blätter der Berberitze entwickeln. Sie bilden dort ziemlich große hellrote Becher mit wulstigem Rand, die Frühlingssporenlager mit den *Frühlingssporen* oder *Bechersporen* (Abb. 119). Erst diese Frühlingssporen können Getreideblätter anstecken (Abb. 119). Der Schwarzrost braucht also zu seiner Entwicklung *zwei verschiedene Wirtspflanzen*. Das Getreide ist der *Hauptwirt*, die Berberitze der *Zwischenwirt*. Andere Rostpilze, die das Getreide befallen, haben als Zwischenwirt Ochsenzunge, Ackerkrummhals oder Kreuzdorn.

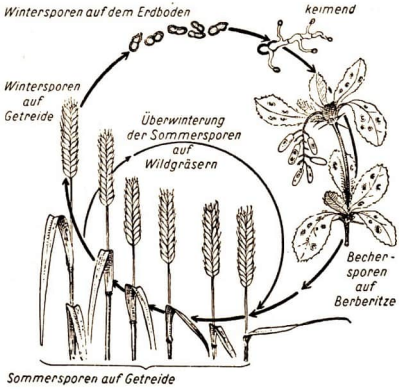


Abb. 119. Entwicklung des Getreideschwarzrostes

Früher versuchte man, die Entwicklung dieser Rostpilzarten zu verhindern, indem man alle Berberitzensträucher aus der Nähe der Getreidefelder entfernte. Der Erfolg war gering, da auch Sommersporen auf Wintersaat und Wildgräsern

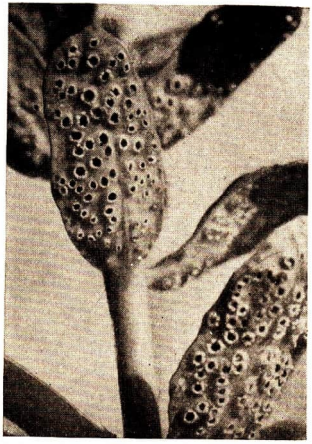


Abb. 120. Erbsenrost. Frühlingssporenlager auf Zypressenwolfsmilch (etwa 6fach vergr.)

überwintern können. Durch chemische Mittel (Beizen, Spritzen) kann der Pilz nicht vernichtet werden. Es ist jedoch den Züchtern gelungen, Getreidesorten zu ziehen, auf denen sich die Pilze nur schwach entwickeln und keinen ernstlichen Schaden verursachen können.
Die Blätter von Erbsen und Bohnen sind auf der Unterseite oft dicht mit kleinen schwarzen Pusteln bedeckt. Es sind die Sporenhäufchen des **Erbsenrostes** oder des **Bohnenrostes.** Der Bohnenrost bildet auch die Frühjahrssporen auf Bohnen aus, braucht also nur einen Wirt. Die Frühjahrssporen des Erbsenrostes entwickeln sich auf der Zypressenwolfsmilch (Abb. 120).

VII. Pflanzliche Symbiosen

Schmarotzende Pflanzen oder Pilze leben mit ihrem Wirt in enger Gemeinschaft. Dabei entzieht jedoch der eine Partner (der Schmarotzer) dem anderen Partner (dem Wirt) Nährstoffe. Dies kann zu einer Erkrankung des Wirtes, ja zu seinem Absterben führen. Es gibt aber auch ein Zusammenleben, das für beide Teile vorteilhaft ist, die Symbiose.

Symbiose zwischen Blütenpflanzen und Pilzen

Ein Beispiel für eine Symbiose zwischen Blütenpflanze und Pilz sind die *Pilzwurzeln* der Waldbäume. Die *Fäden eines Pilzgeflechtes* leben in enger Gemeinschaft mit den *Saugwurzeln der Bäume.* Die Pilzfäden umspinnen die Wurzeln nicht nur äußerlich (Abb. 121), sondern dringen auch in ihr Inneres ein (Abb. 122). Die Wurzeln bilden keine Wurzelhaare mehr aus, sie entziehen den Pilzfäden Wasser und Nährsalze. Die Pilze können als Fäulnisbewohner auch stickstoffhaltige organische Stoffe aufnehmen,

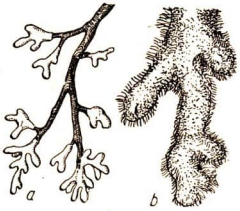


Abb. 121. Pilzwurzel einer Kiefer; *a* natürliche Größe, *b* vergrößert

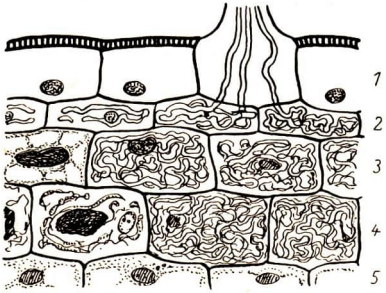


Abb. 122. Pilzwurzel einer Orchidee (etwa 250fach vergr.).
1: Oberhaut, an einer Stelle von Pilzfäden durchbrochen, 2 und 3: Zellschichten mit Pilzfädenknäueln, 4: Pilzfäden in Auflösung und Verdauung, 5: pilzfreie Zellen

die für den Baum wichtig sind. Die Pilze dagegen entnehmen dem Saftstrom des Baumes die Produkte der Assimilation, vor allem Traubenzucker. Obwohl jeder Partner dem anderen Stoffe entzieht, wird doch keiner geschädigt, weil er die entzogenen Stoffe leicht wieder ersetzen kann.

Eine Symbiose kann nur dann bestehen, wenn ein Partner den anderen nicht schädigt. Es kann bei schwachen jungen Bäumen vorkommen, daß ein kräftig entwickelter Pilz den Baum durch Entzug von zuviel Kohlenhydraten schwächt. Der Baum kann sich dann nicht entwickeln. Er kann auch dem Pilz nicht mehr die nötigen Nährsalze entziehen. Der Pilz ist zum *Schmarotzer des Baumes* geworden. So hängen Symbiose und Schmarotzertum im Pflanzenreich eng zusammen.

Symbiose zwischen Blütenpflanzen und Bakterien

Eine ähnliche Symbiose wie zwischen Pilzwurzeln und Waldbäumen besteht zwischen Bakterienknöllchen und *Schmetterlingsblütlern*. Die im Erdboden lebenden Knöllchenbakterien dringen durch die Wurzelhaare in die Wurzel ein und vermehren sich stark. Dabei ernähren sie sich ausschließlich von den Stoffen der Wirtspflanzen. Sie sind also zunächst *Schmarotzer*. Die Pflanze bildet dann um die Bakterien ein festes Gewebe und schließt sie in Knöllchen ein. Die Knöllchenbakterien entnehmen Kohlenhydrate und Wasser nach wie vor der Wirtspflanze, zugleich aber der Bodenluft Stickstoff. Sie verarbeiten ihn zu Stoffen, die von der Wirtspflanze aufgenommen werden. So ist dieses Zusammenleben für beide Partner nützlich, sie leben in *Symbiose*. Wenn die Wirtspflanze Samen bildet, benötigt sie viele Nährstoffe. Die Pflanzenzellen töten dann die Bakterien ab und verdauen sie. Somit ist die Wirtspflanze zum *Schmarotzer* der Bakterien geworden. Es ergibt sich folgender Wechsel im Zusammenleben zwischen Bakterien und Schmetterlingsblütlern:

1. Die *Bakterien schmarotzen* an der Wirtspflanze.
2. Bakterien und Wirtspflanze leben in *Symbiose*.
3. Die *Wirtspflanze schmarotzt* an den Bakterien.

Symbiose zwischen Alge und Pilz

Eine Symbiose, bei der die beteiligten Partner durch ihr Zusammenleben ganz neue Pflanzenformen mit neuen Eigenschaften entwickeln, besteht bei Algen und Pilzen. Aus dieser Symbiose entstehen **Flechten** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 37). Der Körper der Flechten wird von **Pilzfäden** gebildet, zwischen denen meist **einzellige Algen** liegen (Abb. 123). Beide ergänzen sich im Stoffwechsel. Die Algen assimilieren das Kohlendioxyd der Luft und bilden Kohlenhydrate, die der Pilz nutzt. Die *Pilzfäden* nehmen Wasser und mit ihm Nährsalze auf, die ihnen von den Algen zum Teil entzogen werden. Der Pilz bestimmt die Form der Flechte.

Diese gegenseitige Ergänzung macht es den Flechten möglich, an Orten zu leben, an denen weder Alge noch Pilz allein leben kann. So besiedeln Flechten nicht nur die Borken der Bäume, sondern auch trockensten Sandboden und sonnenbestrahlte Felsen. Auf festem Gestein bilden sie den ersten Pflanzenwuchs. Sie können vollständig eintrocknen, ohne abzusterben.

Bei der **Vermehrung** der Flechten vermehren sich Pilz und Alge meist gleichzeitig. In besonderen **Brutbechern** bilden sich winzige Brutkörperchen aus. Diese bestehen aus Algenzellen, die von Pilzfäden umwunden sind (Abb. 124). Außerdem bilden die Pilze auch ihre eigenen **Sporen** aus, die vom Winde fortgetragen werden. Sie können bei der Keimung aber nur dann zu einer Flechte werden, wenn sie in ihrer Nähe geeignete Algen vorfinden. Man findet unter dem grünen Algenanflug auf der Wetterseite der Bäume vereinzelt Algenzellen, um die ein Pilzfaden geschlungen ist. Der Pilzfaden stülpt sich aus, und diese Ausstülpung wächst in die Alge hinein. Schnürt die Algenzelle diesen Saugfaden des Pilzes ab oder stößt sie ihn aus, so bleibt sie eine selbständig lebende Alge. Im anderen Falle entsteht eine Symbiose mit dem Pilz, die Flechte. Wir können an diesen **Halbflechten** erkennen, wie die Symbiose zwischen Pilz und Alge zustande gekommen ist. Solche Symbiosen können sich ständig bilden, so daß neue Flechtenformen entstehen.

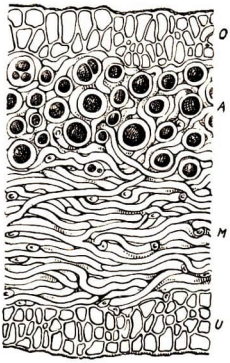


Abb. 123. Schnitt durch eine Flechte (etwa 150fach vergr.)
O Oberrindenschicht,
A algenführende Schicht,
M lockeres Markgewebe aus Pilzfäden,
U Unterrindenschicht

Abb. 124. Brutkörperchen einer Flechte (etwa 1000fach vergr.)

E. ERNÄHRUNG UND STOFFWECHSEL BEI TIER UND MENSCH

I. Nährstoffe und Vitamine

Die Nahrung der Tiere und Menschen

Alle Tiere und Menschen nehmen *Nahrung* zu sich. Aus den Nährstoffen werden körpereigene Stoffe aufgebaut. Diese Stoffe ersetzen abgebautes Protoplasma oder bauen neues auf. Durch Oxydation der Nährstoffe entsteht die Energie für die Lebenstätigkeiten.

Die Mehrzahl der Tiere lebt nur von pflanzlicher oder nur von tierischer Nahrung. Reine **Pflanzenfresser** sind die meisten Insekten und ihre Larven, viele Vögel und unter den Säugetieren die Huftiere, die Nagetiere und die meisten Affen. Zu den reinen **Fleischfressern** gehören viele Würmer und Fische, fast alle Kriechtiere, die Raubvögel und die Raubtiere. Daneben gibt es **Allesfresser,** die tierische und pflanzliche Nahrung zu sich nehmen, so die meisten Bären, die Schweine und einige Affen. Manche Tierarten beschränken sich auf eine bestimmte Art der Nahrung. Zu diesen *Nahrungsspezialisten* gehören die Holzfresser (Borkenkäfer), die Nektarsauger (blütenbesuchende Insekten, Kolibris), Blutsauger (Flöhe, Wanzen, Zecken u. a.) und die Aasfresser (Totengräber u. a.).
Die *Menschen* ernähren sich von tierischer und pflanzlicher Kost. Ihre Nahrung enthält **Nährstoffe** und **unverdauliche Stoffe.** Nährstoffe sind **Kohlenhydrate, Fette** und **Eiweißstoffe** (Abb. 125). Außerdem enthalten die Nahrungsmittel **Mineralstoffe, Wasser** und **Vitamine.** Diese haben zwar keinen Nährwert, sind aber für den Körper unentbehrlich. Auch die in pflanzlichen Nahrungsmitteln enthaltene unverdauliche **Zellulose** hat für den geregelten Ablauf der Verdauung eine gewisse Bedeutung.

Aufg. 1. Bringe auf ein Stück Blech (z. B. den Deckel einer Konservendose) etwas Mehl, Zucker, Fleisch oder Wurst. Laß es langsam heiß werden. Was geschieht? — 2. Wiege ein Stück Fleisch, Fisch oder Käse. Laß es eintrocknen (Sonne oder Ofen). Laß 10 cm^3 Milch in einem reinen Glase eintrocknen. Stelle durch Wiegen den Gewichtsverlust fest. — 3. Verbrenne kleine Mengen von Fisch, Mehl, Käse oder einige Erbsen auf einem Blech. Koste die Asche.

Kohlenhydrate bilden als *Stärke* (Mehl) und *Zucker* den Hauptbestandteil der meisten Nährstoffe pflanzlicher Herkunft. Sie sind vorwiegend als Stärke in Samen, Wurzeln und Knollen der Pflanzen gespeichert. Kohlenhydrate sind Verbindungen des Kohlenstoffs, die *Wasserstoff* und *Sauerstoff* in dem gleichen Mengenverhältnis wie Wasser enthalten. Die grünen Pflanzen bauen sie aus Wasser und Kohlendioxyd mit Hilfe der Sonnenenergie und des Chlorophylls auf. Der dabei gebildete **Traubenzucker** ist der Ausgangsstoff für alle anderen organischen Verbindungen der Pflanzen (Fett, Eiweiß).
Das Mehl unserer Getreidearten besteht zu etwa 70 % und mehr aus Kohlenhydraten, nämlich aus Stärke. Auch Hülsenfrüchte enthalten zumeist Stärke. Ein häufig vorkommendes Kohlenhydrat ist die **Zellulose,** aus der die Zellwände bestehen. Wir nehmen sie regelmäßig mit unserer pflanzlichen Nahrung auf. Zellulose wird von unseren Verdauungssäften nicht aufgelöst und nur zu einem geringen Teil von bestimmten Bakterien im Darm abgebaut. Sie ist also praktisch unverdaulich, regt jedoch die Tätigkeit des Darmes an und fördert die Verdauung.

Fette kommen in vielen pflanzlichen und tierischen Organismen vor. Sie enthalten die gleichen chemischen Grundstoffe wie die Kohlenhydrate, aber in anderer Zusammensetzung.

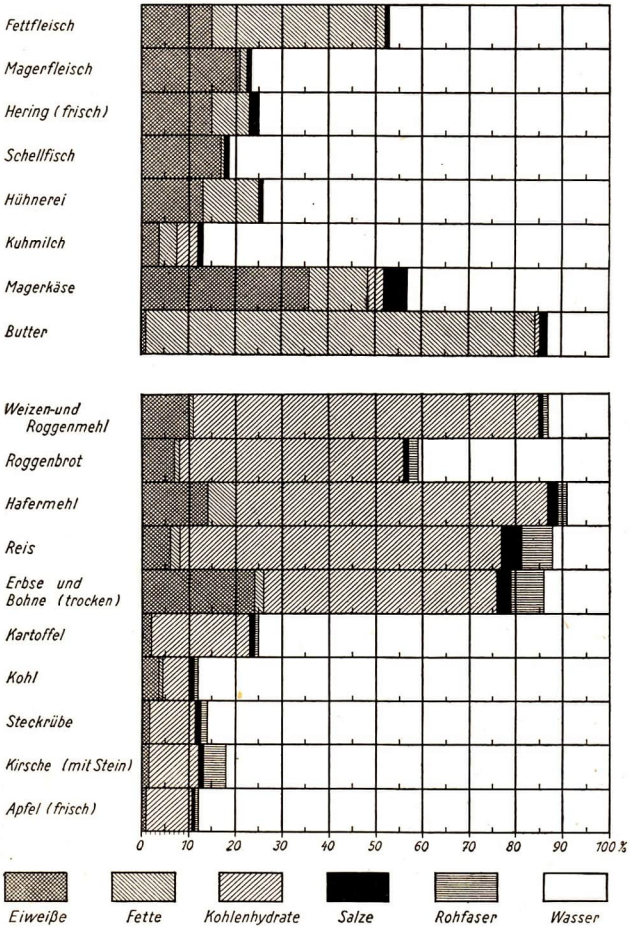


Abb. 125. Zusammensetzung unserer wichtigsten Nahrungsmittel

Eiweißstoffe sind die wichtigsten Bestandteile der lebenden Zelle. Sie sind in allen Lebewesen enthalten. Das Protoplasma setzt sich aus ihnen zusammen. Nur die Pflanzen können Eiweiß aus anorganischen Stoffen aufbauen, der tierische Organismus muß es mit der Nahrung aufnehmen. Eiweißstoffe enthalten nicht nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, sondern auch **Stickstoff** und meistens kleine Mengen **Schwefel** und **Phosphor.** Eiweiß ist der einzige Nährstoff, der Tieren und Menschen den notwendigen Stickstoff zuführt. Es darf daher in ihrer Nahrung nicht fehlen. Der Körper gibt aber auch ständig Eiweiß (durch Verlust von Haaren, Hautschuppen, Abnutzung der Zellen, Abgabe von Schleim usw.) ab. Er muß daher fortgesetzt Eiweiß aufnehmen. Eiweiß ist in erster Linie ein Aufbaustoff.

Wasser ist ein wesentlicher Bestandteil aller pflanzlichen und tierischen Organismen. Das Gewicht des Wassers im menschlichen Körper beträgt über 60 % des gesamten Körpergewichtes. Wasser ist das Lösungsmittel für viele Stoffe in unserem Körper. Wir geben durch Verdunstung und Ausscheidung fortgesetzt Wasser ab. Unser Körper verbraucht täglich etwa 2 l Wasser. Wir nehmen es durch Getränke, zum Teil auch durch Speisen auf (Abb. 125).

Salze. Anorganische Stoffe gehen in Form von Salzen aus dem Boden in die Pflanzen über. Dem tierischen und menschlichen Körper werden sie in der Nahrung zugeführt. Für den Aufbau der festen Bestandteile unserer Knochen sind sie unentbehrlich und dürfen deshalb in unserer Nahrung nicht fehlen. Salze sind auch im Protoplasma, in sämtlichen Säften und Ausscheidungen unseres Körpers enthalten.

Vitamine. Wenn wir uns gesund und leistungsfähig erhalten wollen, müssen wir Vitamine mit unserer Nahrung aufnehmen. Im Gegensatz zu den Nährstoffen brauchen wir von den Vitaminen jedoch nur ganz geringe Mengen. Die Vitamine werden nicht im Körper verbrannt. Sie sind vielmehr als *Wirkstoffe* für den normalen Ablauf einzelner Lebensvorgänge nötig.
Beim Fehlen von Vitaminen in der Nahrung treten *Mangelkrankheiten* auf. Als man die Vitamine noch nicht entdeckt hatte, erschienen diese Krankheiten unerklärlich. In früheren Zeiten wurden z. B. die Besatzungen von Schiffen, die monatelang unterwegs waren, oft von einer lebensgefährlichen Krankheit befallen, dem Skorbut. Dabei kam es zu Blutungen in der Haut, die Zähne fielen aus, und der Körper wurde gegen Infektionskrankheiten sehr anfällig. In neuerer Zeit erkannte man, daß die Ursache dieser Krankheit die einseitige Ernährung der Seeleute war. Sie bestand fast ausschließlich aus getrockneten Nahrungsmitteln, wie Schiffszwieback, Trockengemüse und Dörrfleisch. Wenn die Kranken *Frischkost*, wie Gemüse und Obst, bekamen, erholten sie sich. In Gemüse und Obst ist also ein Stoff enthalten, dessen Mangel den Skorbut hervorruft, ein Vitamin (Vitamin C). Der tägliche Bedarf des Menschen an Vitamin C kann bereits durch 500 g Kartoffeln gedeckt werden.

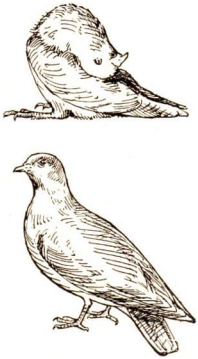


Abb. 126. Wirkung des Vitamins B. Oben mit vitaminloser Kost, unten mit vitaminhaltiger Kost gefütterte Taube

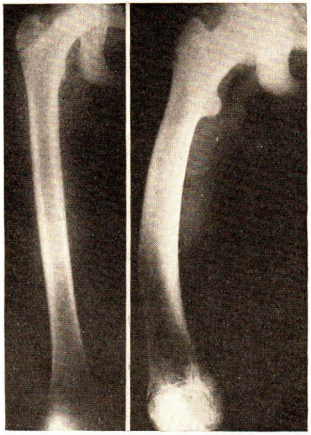


Abb. 127. Röntgenaufnahme des Oberschenkels (etwa $^1/_5$ nat. Gr.); links eines gesunden Menschen, rechts eines an Rachitis erkrankten Menschen

In den Ländern, in denen die Bevölkerung sich vorwiegend von Reis ernährt, trat im vorigen Jahrhundert eine andere Mangelkrankheit auf, die **Beriberi**. Damals hatte man begonnen, den Reis zu schälen. Daraufhin zeigten sich bei vielen Menschen schwere Nervenstörungen und Lähmungen. Die Krankheit ging zurück, wenn der Kranke etwas *Reiskleie* zu sich nahm. Menschen, die ungeschälten Reis aßen, erkrankten nicht. In der Hülle des Reiskornes ist also ein Vitamin (Vitamin B) enthalten, bei dessen Fehlen die Beriberi-Krankheit entsteht. Dieselbe Mangelkrankheit zeigt sich auch bei Tauben (Abb. 126).

Eine Mangelkrankheit ist auch die **Rachitis** (englische Krankheit). Bei der Rachitis ist die Verkalkung der Knochen gestört. Die Knochen bleiben weich, und es treten Verkrümmungen der Gliedmaßen auf (Abb. 127). Die Krankheit wird durch Mangel an Vitamin D hervorgerufen. In der Haut eines jeden Menschen lagert sich ein Stoff ab, der durch Bestrahlung mit Sonnenlicht oder ultraviolettem Licht in Vitamin D übergeht. Deshalb tritt Rachitis vor allem dann auf, wenn Kinder in ungesunden Verhältnissen, ohne Licht und Sonne aufwachsen. Rachitis ist schon durch ausreichende Bestrahlung (Sonnenbäder oder Höhensonne) zu heilen. Man kann dem Körper jedoch das fehlende Vitamin auch in fertiger Form zuführen. Es ist vor allem im *Lebertran* enthalten.

Außer den angeführten Vitaminen kennt man heute noch viele andere. Einen Teil von ihnen hat man sogar schon künstlich hergestellt. Die Vitamine werden mit großen Buchstaben (A, B, C usw.) bezeichnet. Nur wenn unsere Nahrung alle not-

wendigen Vitamine enthält, kann sie als vollwertig bezeichnet werden. Die einzelnen Vitamine finden sich in verschiedener Menge in Nahrungsmitteln, wie Gemüse, Obst, Butter, Milch, Eier usw. Durch eine gemischte Kost wird der Vitaminbedarf unseres Körpers gedeckt. Allerdings muß die Nahrung richtig zubereitet sein, damit keine Vitamine zerstört werden. Ein Teil der Vitamine ist nämlich wasserlöslich und geht in das Kochwasser über. Andere Vitamine werden durch Kochen zerstört.
Mangelkrankheiten können heute leicht durch Zufuhr der fehlenden Vitamine geheilt werden.

Vitamin	Vorkommen	Mangelkrankheit	Verhalten beim Kochen
A	Milch, Butter, Eidotter, Lebertran, grüne Pflanzen, Mohrrüben	Hauterkrankungen, Nachtblindheit	wasserunlöslich, wenig hitzeempfindlich
B	Getreide, Reiskleie, Hefe	Beriberi	wasserlöslich, hitzebeständig
C	Frisches Beerenobst, Hagebutten, Zitronen, Gemüse, Früchte, Kartoffeln	Skorbut, Frühjahrsmüdigkeit	wasserlöslich, wird durch Hitze zerstört
D	Lebertran, Eigelb, Milch, Butter	Rachitis	wasserunlöslich, hitzebeständig

II. Der Nahrungsbedarf der Tiere und Menschen

Die Pflanzenfresser brauchen im allgemeinen viel mehr Nahrung als die Fleischfresser. Das zeigen einige Beispiele aus der Entwicklung der Insekten. Die Raupe des Kiefernspinners, die im erwachsenen Zustand etwa 3 bis 4 g wiegt, frißt während ihrer Entwicklung 900 bis 1000 Kiefernnadeln. Diese Nadeln wiegen zusammen 30mal mehr als das Tier. Eine Seidenspinnerraupe braucht in etwa 35 Tagen ungefähr das 4600fache ihres Körpergewichts. Dagegen nehmen die Larven von Schlupfwespen (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 126), die in den Raupen von Schmetterlingen leben und sich von diesen ernähren, nur etwa das Fünffache ihres Gewichtes zu sich.
Der Nahrungsbedarf des Menschen hängt von Berufstätigkeit, Größe, Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand ab. Ein junger Mensch, der noch wächst, braucht im Verhältnis mehr Nahrung als ein älterer. Ein Schwerarbeiter, etwa ein Bergmann, braucht bedeutend mehr Nahrung als ein Mensch, der leichtere Arbeit verrichtet. Je größer die Arbeitsleistung, desto größer ist der Bedarf an Nährstoffen. Ausreichend ist die Nahrungsmenge für einen Erwachsenen dann, wenn sein Körpergewicht bei normaler Arbeitsleistung gleichbleibt.

Beim Abbau der Nährstoffe im Körper entsteht *Energie*. Teils wird diese Energie direkt in Muskelarbeit umgesetzt, teils dient sie als Wärme zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Man kann mechanische Energie (Muskelarbeit) in Wärmeenergie umrechnen. Deshalb läßt sich diese ganze Energie, die beim Abbau von Nährstoffen entsteht, in Wärmeeinheiten oder Kilokalorien ausdrücken. Eine Kilokalorie (kcal) ist diejenige Wärmemenge, die 1 l Wasser um 1° C zu erwärmen vermag (s. Lehrbuch der Physik f. d. Grundschule, S. 23). Die verschiedenen Nährstoffe haben einen unterschiedlichen Energiegehalt.

Beim Abbau von

1 kg Kohlenhydrate	entstehen	4100 kcal
1 kg Eiweiß	,,	4100 kcal
1 kg Fett	,,	9300 kcal

Von folgenden Lebensmitteln entstehen beim Abbau von je 100 g:

	kcal		kcal
Schweineschmalz	930	mittelfettes Rindfleisch (ohne Knochen)	175
Butter	752	Kartoffeln	86
Würfelzucker	410	Vollmilch	62
Roggenbrot	247	Äpfel	58
Weizenbrot	255	Sauerkraut	26
Hering	164		

Im Durchschnitt benötigt ein Schwerarbeiter etwa 4500 kcal, ein Erwachsener bei leichter körperlicher Arbeit etwa 2500 kcal täglich. In gesunder Kost müssen sowohl Eiweiß als auch Fette und Kohlenhydrate vorhanden sein. Innerhalb gewisser Grenzen können sich kaloriengleiche Mengen dieser Nahrungsmittel gegenseitig vertreten. Zu einer vollwertigen Nahrung ist jedoch nicht nur ein ausreichender Kaloriengehalt notwendig, sie muß vielmehr auch Vitamine, verschiedene Salze und Füllstoffe (z. B. Zellulose) enthalten.

III. Verdauung und Ausscheidung

a) Die Verdauungsorgane des Menschen

Die von den Menschen und Tieren mit der Nahrung aufgenommenen Nährstoffe werden im Körper abgebaut. Dieser Abbau, die **Verdauung**, geht in besonderen **Verdauungsorganen** vor sich. Die menschlichen Verdauungsorgane stimmen mit denen der Säugetiere weitgehend überein. Sie bilden in ihrer Gesamtheit einen Schlauch, der sich vom Mund bis zum After erstreckt. Er ist in einzelne Abschnitte gegliedert: *Mundhöhle, Rachenhöhle, Speiseröhre, Magen, Dünndarm* mit *Leber* und *Bauchspeicheldrüse, Dickdarm* und *Mastdarm* (Abb. 128). Alle Abschnitte bestehen aus Muskelschichten, die von einer Schleimhaut ausgekleidet sind. In den Schleimhäuten der meisten Abschnitte befinden sich zahlreiche kleine Drüsen.

Die **Mund- und Rachenhöhle.** Die Speise gelangt zunächst in die Mundhöhle (Abb. 129). Die Mundhöhle ist von einer Schleimhaut ausgekleidet. Diese sieht rötlich aus, da das Blut hindurchschimmert. Mit Schneide- und Eckzähnen wird die Nahrung abgebissen und von den Backenzähnen zermahlen. Dabei können die Kaumuskeln große Kraft entwickeln. Die Nahrungsmittel werden beim Kauen von den Backenmuskeln und von der *Zunge* zwischen die Backenzähne gedrückt. Die Zunge besteht aus Muskelfasern. Sie ist von einer Schleimhaut überzogen. Auf der Zungenschleimhaut befinden sich Geschmacksknospen.

Bei der Zerkleinerung der Nahrung fließt **Speichel** in die Mundhöhle. Speichel ist eine wässerige Flüssigkeit, die von drei Paar Speicheldrüsen gebildet wird. Ein Paar liegt vor der Ohröffnung, ein weiteres Paar am Rand des Unterkiefers, das dritte Paar unter der Zunge. Sie heißen daher *Ohrspeicheldrüsen, Unterkieferspeicheldrüsen* und *Unterzungenspeicheldrüsen* (Abb. 130).

Aufg. Kaue ein Stück Brot mehrere Minuten lang. Beachte den auftretenden Geschmack.

Bei längerem Kauen bekommt der Brotbrei einen süßlichen Geschmack, der von Traubenzucker herrührt. Ein Wirkstoff *(Ferment)* im Speichel hat die großen Stärkemoleküle in die kleineren Zuckermoleküle gespalten. Das Ferment verändert sich dabei nicht; es verbindet sich auch nicht mit der Stärke. Derartige Fermente spielen bei der Verdauung eine große Rolle. Die Verdauung beginnt also bereits im Munde. Wenn der Bissen durch das Kauen zerkleinert und durch den Speichel schlüpfrig gemacht ist, wird er beim Schlucken durch die Zunge in die **Rachenhöhle** weitergeschoben. Am Übergang von der Mund- zur Rachenhöhle liegen zu beiden Seiten die **Gaumenbögen** und oben das **Gaumensegel** mit dem **Zäpfchen.** In dem

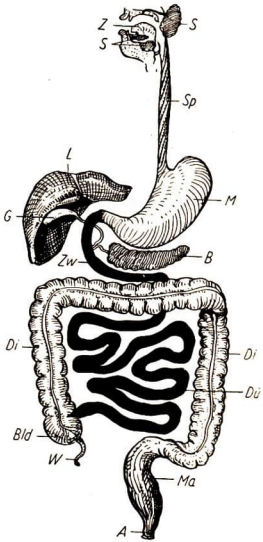


Abb. 128. Verdauungsorgane des Menschen.
Z Zunge, *S* Speicheldrüsen, *Sp* Speiseröhre *M* Magen, *Zw* Zwölffingerdarm, *L* Leber, *G* Gallenblase, *B* Bauchspeicheldrüse, *Dü* Dünndarm, *Di* Dickdarm mit Blinddarm *Bld* und Wurmfortsatz *W*, *Ma* Mastdarm, *A* After

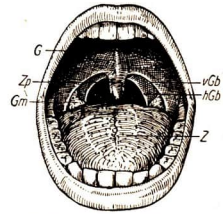


Abb. 129. Blick in die Mundhöhle.
G Gaumen, *Gm* Gaumenmandeln, *vGb* und *hGb* vordere und hintere Gaumenbögen, *Z* Zunge, *Zp* Zäpfchen

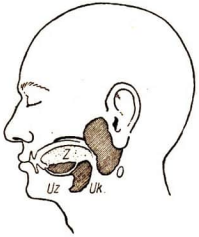


Abb. 130. Lage der Speicheldrüsen.
O Ohrspeicheldrüse, *Uk* Unterkieferspeicheldrüse, *Uz* Unterzungenspeicheldrüse, *Z* Zunge

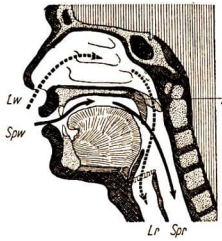


Abb. 131. Weg von Speise und Luft.
Lw Luftweg, *Lr* Luftröhre, *Spw* Speiseweg, *Spr* Speiseröhre, *Z* Zäpfchen in verschiedenen Stellungen

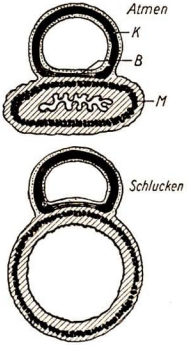


Abb. 132. Luftröhre und Speiseröhre (im Querschnitt).
K Fester Knorpel, *B* elastisches Bindegewebe der Luftröhre, *M* Muskelschicht der Speiseröhre

Gaumen liegen die **Gaumenmandeln.** Über ihre Funktion besteht noch keine Klarheit. Sie haben auf die Verdauung keinen Einfluß. Die Rachenhöhle steht nach oben mit der Nasenhöhle in Verbindung. Unten schließen sich die **Speiseröhre** und der **Kehlkopf** mit der **Luftröhre** an. Die Speiseröhre liegt hinten, die Luftröhre vorn. Die Wege der Luft und der Nahrung überkreuzen sich also im Rachenraum (Abb. 131). Beim Schlucken hebt sich das Gaumensegel mit dem Zäpfchen und schließt dadurch die Nasenhöhle vom Rachenraum ab. Gleichzeitig legt sich ein besonderer Knorpel, der **Kehldeckel,** über den Eingang des Kehlkopfes. Der Speisebrei gleitet so in die Speiseröhre. Beim *Atmen* sind die Eingänge in die Luftröhre und die Nasenhöhle geöffnet, und der Kehldeckel ist gehoben. Wenn wir beim Essen und Schlucken sprechen, können kleine Nahrungsteilchen in die Luftröhre gelangen. Durch starke Luftstöße (Husten) werden sie ausgehustet. Die Speiseröhre ist beim Erwachsenen etwa 30 cm lang. Wenn wir *schlucken*, weitet sich vor dem Bissen die Speiseröhre (Abb. 132). Hinter dem Bissen ziehen sich die Ringmuskeln der Speiseröhre wieder zusammen und drücken ihn weiter. Die Speiseröhre mündet in den Magen.

Der **Magen** ist ein Speicher- und Verdauungsorgan für die aufgenommenen Speisen (Abb. 128). Er faßt bei erwachsenen Menschen fast 3 l. In der Magenschleimhaut befinden sich viele kleine *Drüsen*, die *Magenschleim* und *Magensaft* abscheiden. Der Magensaft enthält Salzsäure und ein Ferment, das *Pepsin*, das die Eiweißmoleküle in kleinere Moleküle zerlegt. Durch Zusammenziehen der Muskeln in den Magenwänden wird der Nahrungsbrei mit Salzsäure und Pepsin vermischt. Damit beginnt die Eiweißverdauung.
Sehr wasserhaltige Nahrung, wie Soßen und Suppen, bleibt nur kurze Zeit im Magen, etwa 1 bis $1^1/_2$ Stunde, Kartoffeln über 2 Stunden, Brot und Gemüse bis 4 Stunden, Erbsen, Bohnen sowie gebratenes Fleisch 4 bis 5 Stunden, sehr fette

Kost noch länger. Wenn die Nahrung im Magen vollständig in einen Speisebrei umgewandelt ist, öffnet sich von Zeit zu Zeit der **Schließmuskel** am Magenausgang *(Pförtner)*, und der Brei wird schubweise in den Darm hineingeschoben. Die Länge des Darmes beträgt beim Menschen etwa das Fünffache der Körperlänge.

Der **Dünndarm.** Der erste Abschnitt des Dünndarmes heißt **Zwölffingerdarm,** da er etwa die Länge von zwölf nebeneinandergelegten Fingern hat. In diesen kurzen Darmabschnitt münden die Ausführgänge zweier wichtiger Drüsen, der Leber und der Bauchspeicheldrüse (Abb. 128). Die rotbraungefärbte **Leber** ist die größte Drüse unseres Körpers, sie wiegt etwa 1,5 kg. Sie liegt auf der rechten Seite des Körpers und scheidet die Galle ab, eine grünliche, bittere Flüssigkeit. Diese wird in der **Gallenblase** an der Unterseite der Leber gespeichert. Durch den **Gallengang** wird von Zeit zu Zeit Galle in den Zwölffingerdarm entleert, wenn sich dieser vom Magen aus mit Speisebrei füllt. Die Galle verteilt das im Speisebrei enthaltene Fett in feine Tröpfchen, so daß die Verdauungsfermente eine größere Angriffsfläche haben.

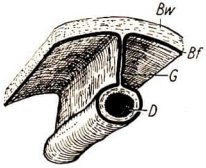


Abb. 133. Darmgekröse.
Bw Hintere Bauchwand, *Bf* Bauchfell, *G* Gekröse, *D* Dünndarm

Eine weitere Funktion der Leber ist die Speicherung von Nahrungsstoffen (vor allem Kohlenhydraten) und Vitaminen aus dem Blut. Sie zerstört und entgiftet Abbauprodukte des Stoffwechsels.

Die **Bauchspeicheldrüse** ist die wichtigste Verdauungsdrüse. Sie hat eine rötlichgraue Farbe, ist länglich und weich. Sie erstreckt sich vom Zwölffingerdarm an der Magenwand nach der linken Körperseite. Ihr Ausführungsgang mündet neben dem Gallengang in den Zwölffingerdarm. Der Bauchspeichel enthält mehrere Verdauungsfermente, durch die Eiweißstoffe und Kohlenhydrate weiter abgebaut werden. Das fettspaltende Ferment der Bauchspeicheldrüse leitet die Fettverdauung ein.

Der Dünndarm hat eine Weite von durchschnittlich 3 cm. Er liegt in vielen Windungen im Leib und wird durch Bauchfellfalten *(Gekröse,* Abb. 133*)*, die an der Rückwand der Bauchhöhle hängen, gehalten. Seine Länge beträgt 6 bis 7 m. In der Darmwand liegen Muskelringe, die sich von vorn nach hinten fortschreitend zusammenziehen und dabei den Darm stückweise verengen. Diese Verengungen bewirken, daß der Speisebrei weitergeschoben wird. Die Schleimhaut des Darmes ist von unzähligen kleinen **Zotten** überzogen, die nur wenige Millimeter lang sind und ganz dicht nebeneinanderstehen (Abb. 134). Dadurch erhält die Innenwand des Darmes ein samtartiges Aussehen.

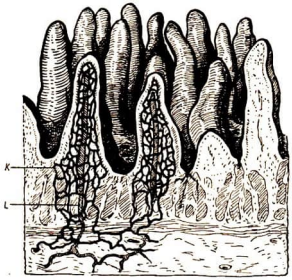


Abb. 134. Darmzotten (etwa 50fach vergr.).
L Lymphgefäß, von Kapillaren *K* umschlungen

Im Dünndarm findet die abschließende Verdauung des Nahrungsbreies und die Aufnahme der gelösten Nährstoffe ins Blut statt. Hier wirken nicht nur die Fermente des Magensaftes und der Bauchspeicheldrüse. Viele kleine Drüsen in der Darmschleimhaut scheiden neuen Verdauungssaft aus. Am Ende der Verdauung sind die Nährstoffe in einfachere Bestandteile abgebaut, die sich im Darmsaft lösen. Sie dringen durch die dünnen Wände der Darmschleimhaut hindurch und gelangen in das Blut, das im Innern der Darmzotten in vielen kleinen Blutgefäßen fließt.

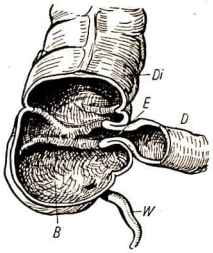


Abb. 135. Blinddarm des Menschen. *D* Dünndarm, *E* Einmündung in den Dickdarm *Di*, *B* Blinddarm, *W* Wurmfortsatz

Der Anfangsteil des Dickdarms ist sackartig ausgebuchtet und wird als **Blinddarm** bezeichnet. Er trägt am Ende den etwa 7 cm langen **Wurmfortsatz** (Abb. 135). Wenn sich der Wurmfortsatz entzündet (fälschlicherweise bezeichnet man diese Krankheit auch als „Blinddarmentzündung"), muß er durch eine Operation entfernt werden. Das Fehlen des Wurmfortsatzes beeinträchtigt weder die Gesundheit noch die Verdauung des Menschen. Der Wurmfortsatz des Menschen ist der verkümmerte Endabschnitt des Blinddarms. Die pflanzenfressenden Tiere dagegen besitzen einen langen, gleichmäßig ausgebildeten Blinddarm (Abb. 137). Daraus können wir schließen, daß die tierischen Vorfahren des Menschen Pflanzenfresser mit langem Blinddarm waren. Durch den Übergang zur gemischten Nahrung wurde ein langer Blinddarm überflüssig, sein Endabschnitt bildete sich zum Wurmfortsatz zurück. Man bezeichnet solche rückgebildeten Organe als *rudimentäre Organe*.

Der **Dickdarm** zieht sich vom Blinddarm aus auf der rechten Körperseite nach oben, geht quer unterhalb des Magens auf die linke Seite und von da abwärts (Abb. 128). Er enthält in seiner Schleimhaut keine Verdauungsdrüsen. Seine kräftigen Muskelwände bilden zahlreiche Querfalten. An ihn schließt sich der letzte Absatz des Darmkanals, der Mastdarm, an. Seine Öffnung nach außen, der After, ist mit einem Ringmuskel geschlossen.

b) Die Verdauungsorgane der Tiere

Der Darm von Pflanzenfressern ist im allgemeinen länger als der von Fleischfressern. So haben z. B. fleischfressende Zahnkarpfen einen kurzen, gestreckten Darm. Andere Zahnkarpfen, die sich nur von Pflanzen ernähren, besitzen einen langen, gewundenen Darm. Der Darm der allesfressenden Froschlarve (Kaulquappe) übertrifft ihre Körperlänge um ein Vielfaches. Der fleischfressende Frosch dagegen hat einen Darm, der nur wenig länger als sein Körper ist. Auffallend sind die Veränderungen der Darmlängen bei der Haustierwerdung von Hund und Katze. Diese Tiere waren ursprünglich Fleischfresser. Die Menschen fütterten sie aber mit gemischter Kost. Das Darmrohr ist beim Wolf, dem Vorfahren des Haushundes,

4 m lang, das eines gleichgroßen Haushundes 5 bis 6 m. Ähnliches gilt für die Hauskatze. Ihr Darm ist etwa um ein Drittel länger als der der Wildkatze. Die Abhängigkeit der Darmlänge von der Ernährung wurde auch im Tierversuch nachgewiesen. Eine Gruppe von Kaulquappen wurde nur mit reiner Pflanzenkost, eine andere nur mit reiner Fleischkost gefüttert. Nach einigen Wochen wurden die Darmlängen gemessen. Sie betrugen bei der ersten Gruppe durchschnittlich 7 cm, bei der zweiten Gruppe 4,4 cm (Abb. 136). Wir sehen also, daß die Ernährungsweise einen wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung der Verdauungsorgane hat.

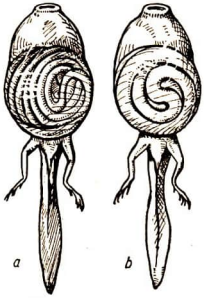


Abb. 136.
Darmlänge von Kaulquappen;
a bei Pflanzenkost, *b* bei Fleischkost

Bei vielen Tieren haben sich am Darmrohr Aussackungen entwickelt. Wir bezeichnen sie als *Blinddärme*. Fast immer ist der Blinddarm bei den Pflanzenfressern am stärksten ausgebildet (Abb. 137). So beträgt seine Länge beim Pferd 60 cm. In den Blinddärmen der Pflanzenfresser leben *Bakterien*, die die Zellulose der Zellwände auflösen können. Dadurch wird der Zellinhalt frei und kann von den Tieren verdaut werden. Die Tätigkeit dieser Bakterien ist also für die Pflanzenfresser unentbehrlich.

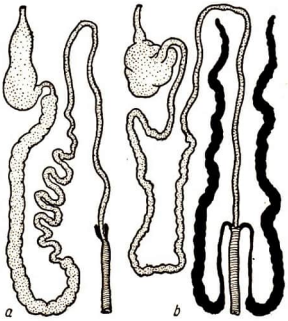


Abb. 137. Blinddärme (schwarz) bei Fleisch- und Pflanzenfressern.
a Hühnerhabicht, *b* Auerhahn

Ähnliche Vorgänge vollziehen sich im *Magen* der *Wiederkäuer*. Er besteht aus vier Teilen. Zuerst gelangt das abgerupfte Gras durch den *Netzmagen* in den großen *Pansen*. Dort befinden sich viele Bakterien. Sie zerstören die Zellwände der Grashalme. Der Pansen hat also eine ähnliche Bedeutung wie der Blinddarm der anderen Pflanzenfresser. Die weichen Pflanzenteile werden wieder in das Maul befördert und zum zweiten Male gekaut. Als weicher Brei gelangen sie in den *Blättermagen*, in dem ihnen viel Wasser entzogen wird. Im *Labmagen* setzt die eigentliche Verdauung ein.

Auch die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen richtet sich nach der Beschaffenheit der aufgenommenen Nahrung. Das hat als erster der sowjetische Forscher *Iwan Petrowitsch Pawlow* an Hunden festgestellt. Trockene Speisen (wie z. B. Brot) veranlassen starken Speichelfluß, saftige (z. B. Fleisch) geringen. Wenn in der Nahrung bittere Stoffe enthalten sind, ist der Wassergehalt des Speichels sehr groß; dadurch wird der bittere Stoff aus dem Maul herausgespült. Bei fester Nahrung ist der Speichel zähflüssig, so daß recht schlüpfrige Bissen geformt werden können.

c) Sauerstoffaufnahme und Transport der Stoffe

Menschen und Tiere atmen ununterbrochen Luft ein und aus. Beim Einatmen wird der Brustkorb erweitert (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 79). Die Luft strömt in die sich ausdehnenden *Lungenbläschen*. Genaue Untersuchungen zeigen, daß die eingeatmete Luft 20 % Sauerstoff enthält, die ausgeatmete dagegen nur noch etwa 16 % (Abb. 138). Also ist ein Fünftel des Sauerstoffs der Luft vom Körper aufgenommen worden. Der Sauerstoff ist durch die dünne Wand der Lungenbläschen in die feinen Blutgefäße eingedrungen, die die Lungenbläschen umspinnen. Im Blut haftet der Sauerstoff an dem roten Farbstoff der Blutkörperchen, dem Hämoglobin. Durch den Blutkreislauf (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 73, 79) kommt der Sauerstoff in alle Teile des Körpers.

Außer dem Sauerstoff wird in den Lungenbläschen noch ein anderes Gas, das Kohlendioxyd, ausgetauscht. Es wird bei der Oxydation der Nährstoffe in den Organen des Körpers gebildet. Mit dem Kreislauf gelangt es in die Lunge. Während der Sauerstoff durch die dünnen Wände der Lungenbläschen ins Blut eintritt, dringt das Kohlendioxyd in entgegengesetzter Richtung aus dem Blut in die Lungenbläschen.

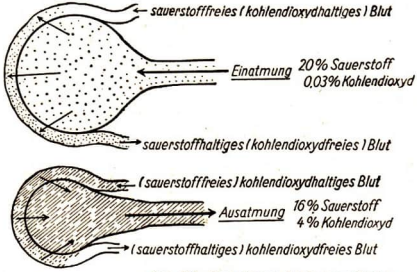


Abb. 138. Gasaustausch im Lungenbläschen

Dadurch reichert sich die Luft in den Lungenbläschen mit Kohlendioxyd an. Beim Ausatmen werden die Lungenbläschen zusammengedrückt. Die in ihnen enthaltene mit Kohlendioxyd angereicherte Luft wird durch die Bronchien und die Luftröhre aus dem Körper ausgeatmet.

Das Blut erfüllt beim Stoffwechsel noch eine andere Funktion. Durch die dünnen Wände der Darmzotten dringen die Spaltprodukte der Nahrung (z. B. Traubenzucker) in die feinen Blutgefäße der Darmwand ein. Mit dem Blutkreislauf gelangen sie in alle Organe des Körpers.

Das Blut erfüllt also beim Stoffwechsel zwei Funktionen:

Die roten *Blutkörperchen* ermöglichen den Transport von Sauerstoff und Kohlendioxyd.

Die *Blutflüssigkeit* transportiert Traubenzucker und andere verdaute Stoffe.

d) Der Stoffwechsel im Körper

Der Sauerstoff und die Spaltprodukte der Nährstoffe gelangen mit dem Blut in alle Teile des Körpers. In den feinen Haargefäßen der Organe löst sich der Sauerstoff von dem Blutfarbstoff. Er dringt durch die dünnen Wände der Blutgefäße

in das umgebende Gewebe. Zugleich gehen aber auch Spaltprodukte der Nahrung durch die Gefäßwände in die Gewebe über. Auf diese Weise wird also jede Zelle mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt (Abb. 139).

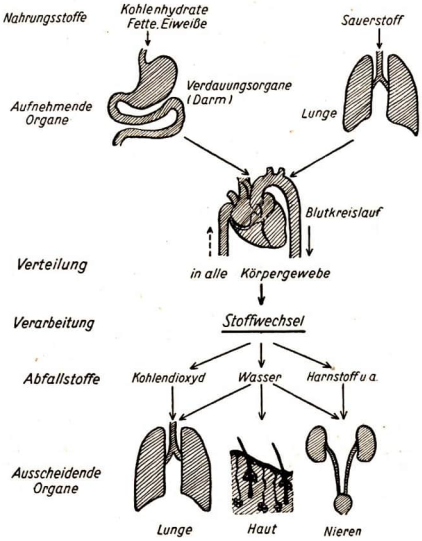


Abb. 139. Schema des Stoffwechsels

Diese Stoffe werden teils in den Zellen aufgespeichert oder sogleich verbrannt, teils zum Aufbau neuer Stoffe verbraucht. Besonders in der Kindheit überwiegt der Aufbau neuer Stoffe. In diesem Lebensabschnitt nehmen alle Organe an Umfang und Gewicht zu. Aber auch der erwachsene Körper befindet sich in einem ständigen Umbau und Neuaufbau. An der Oberfläche der Haut schilfern ständig Zellen ab und werden durch neue ersetzt. Auch die Haare, von denen normalerweise täglich 30 bis 40 ausfallen, werden im allgemeinen ständig durch neue ergänzt. Die roten Blutkörperchen gehen schon nach wenigen Wochen zugrunde. Im roten Knochenmark werden Blutkörperchen neu gebildet. Bei Verletzungen schließen sich die Wunden durch sich neubildendes Gewebe. Zum Aufbau all dieser Gewebe werden die mit der Nahrung aufgenommenen Stoffe in *körpereigene Stoffe* umgewandelt. Jedes Lebewesen bildet beispielsweise bestimmte Eiweißstoffe. So baut der Körper eines Pferdes Pferdeeiweiß aus dem Eiweiß der Nahrung auf, der eines Finken Finkeneiweiß und der eines Menschen Menscheneiweiß. Das gleiche gilt für den Neuaufbau von Fetten. Die verschiedenen Fettarten werden im Körper der sie verzehrenden Lebewesen zu Hundefett, Dachsfett, Rinderfett, Menschenfett usw. Den Aufbau neuer Stoffe nennen wir **Baustoffwechsel**, er erfolgt überall im Körper.

Der größte Teil der aufgenommenen Stoffe wird jedoch nicht zum Aufbau neuer Stoffe verbraucht. In den Zellen wird der in den Nährstoffen enthaltene Kohlenstoff oxydiert. Dabei entstehen die Energie für die Lebenstätigkeit und Wärmeenergie. Diesen Vorgang nennen wir **Betriebsstoffwechsel.** Das Kohlendioxyd, das sich bei der Oxydation bildet, gelangt im Blutkreislauf in die Lunge.

e) Die Ausscheidung

Das im Stoffwechsel entstehende *Kohlendioxyd* wird durch die Lungen ausgeatmet.

Durch die Aufnahme von Speisen und Getränken vergrößert sich der Wassergehalt des Körpers. Andererseits gibt der menschliche Körper dauernd *Wasser* ab. Wenn z. B. ein Erwachsener 2800 cm³ Wasser aufgenommen hat, so gibt er an einem Tage etwa 670 cm³ durch die Haut, 1670 cm³ durch die Nieren, 330 cm³ als Wasserdampf durch die Lungen und 130 cm³ im Kot wieder ab. Bei heißem Wetter scheidet die Haut mehr Wasser ab als bei Kälte.

Bei dem Abbau der Eiweißstoffe (s. S. 92) entsteht der im Wasser leicht lösliche *Harnstoff*. Er wird im Harn, der sich in den Nieren bildet, aus dem Körper entfernt.

Die beiden **Nieren** liegen rechts und links der Wirbelsäule dicht unter dem Zwerchfell. Ein Längsschnitt durch eine Niere zeigt, daß sie aus zwei Schichten besteht (Abb. 140). Außen liegt die **Rindenschicht,** ihr folgt die **Markschicht,** die in mehreren Vorwölbungen in den Hohlraum des **Nierenbeckens** vorspringt. In der Rindenschicht befinden sich viele kleine *Nierenkörperchen* (Abb. 141). Jedes besteht aus einem Knäuel kleinster Blutgefäße, das von einer häutigen Kapsel umgeben ist. In den Gefäßen fließt das Blut mit dem darin gelösten Harnstoff und anderen Abbaustoffen. Im Nierenkörperchen dringt der Harnstoff zusammen mit Wasser und anderen Stoffen durch die Aderwände nach außen und gelangt in das Innere der Kapsel. Von da aus wird er durch feine, vielfach gewundene Röhrchen, die *Harnkanälchen,* weitergeleitet.

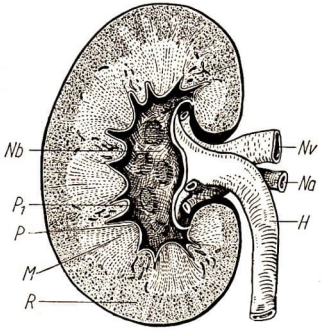


Abb. 140. Niere im Längsschnitt (etwa 1/2 nat. Gr.).
R Rindenschicht, *M* Markschicht, *Nb* Nierenbecken, *P* Nierenpyramide, P_1 dieselbe von oben gesehen, *Nv* Nierenvene, *Na* Nierenarterie, *H* Harnleiter

Die Harnkanälchen vereinen sich zu Sammelröhren, die auf der Spitze der Vorwölbungen in das Nierenbecken münden. Dort sammelt sich die von den Nierenkörperchen ausgeschiedene Flüssigkeit, die wir *Harn* oder *Urin* nennen. Sie fließt aus den Nierenbecken durch die beiden **Harnleiter** in die **Harnblase.** In dieser wird der Harn eine Zeitlang gespeichert und dann schubweise durch die **Harn-**

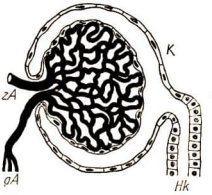


Abb. 141.
Nierenkörperchen (400fach vergr.).
Hk Harnkanälchen, *zA* zuführendes, *aA* abführendes Blutgefäß, *K* Kapsel

röhre ausgeschieden. Die tägliche Harnausscheidung ist abhängig von der aufgenommenen Flüssigkeitsmenge. Sie beträgt bei einem erwachsenen Menschen etwa 1500 cm^3. Die Menge des täglich ausgeschiedenen Harnstoffes beträgt etwa 30 bis 40 g.

Die unverdaulichen Nahrungsbestandteile werden durch den Enddarm ausgeschieden. Außer den unverdaulichen Nahrungsbestandteilen enthält der Kot abgeschilferte Darmzellen, abgestorbene Darmbakterien und Wasser.

IV. Hormone

Hormone sind Wirkstoffe, die den Ablauf der Lebensvorgänge im Körper regulieren. Sie werden von den Hormondrüsen gebildet. Die Hormondrüsen besitzen keine Ausführungsgänge, sondern scheiden die Hormone direkt in das Blut ab. Mit dem Blutkreislauf gelangen die Hormone in alle Organe des Körpers. Wie die Vitamine wirken auch die Hormone schon in allerkleinsten Mengen. Von vielen Hormonen kreisen im Körper nur wenige Milligramm. Im Gegensatz zu den Vitaminen werden die Hormone im Körper gebildet und nicht mit der Nahrung aufgenommen. Bis jetzt kennt man über 30 Hormone.

Abb. 142.
Lage der Schilddrüse unterhalb des Kehlkopfes

In der **Schilddrüse** wird das *Schilddrüsenhormon* gebildet. Die Schilddrüse liegt unterhalb des Kehlkopfes der Luftröhre an (Abb. 142). Das Schilddrüsenhormon regt den Stoffwechsel und damit die Entwicklung an. Wird zuviel Schilddrüsenhormon erzeugt, so steigern sich die Stoffwechselvorgänge krankhaft. Die Herz- und Atemtätigkeit wird beschleunigt, und es kommt zu Erregungszuständen. Diese krankhaften Erscheinungen können heute durch eine Operation, bei der ein Teil der Schilddrüse entfernt wird, beseitigt werden. Es wird jedoch nie die ganze Schilddrüse entfernt. Fällt nämlich das Schilddrüsenhormon ganz aus, so ist der Stoffwechsel träge, die körperliche und geistige Entwicklung verlangsamt. Derartige Krankheitserscheinungen treten auch bei angeborenem Fehlen der Schilddrüse auf. Sie können heute durch die Verabreichung von künstlich hergestelltem Schilddrüsenhormon bekämpft werden.

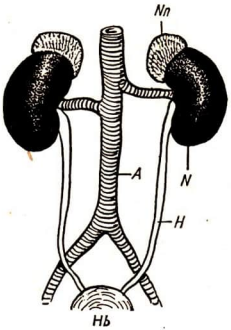


Abb. 143. Lage der Nebennieren.
Nn Nebenniere, *N* Niere, *H* Harnleiter, *Hb* Harnblase, *A* Aorta

Auf den Nieren sitzen als selbständige Drüsen die kleinen **Nebennieren** (Abb. 143). In ihrem Mark entsteht das *Nebennierenmarkhormon*. Es verengt die Blutgefäße und steigert dadurch den Blutdruck. Außerdem erhöht es den Zuckergehalt des Blutes.

Eine entgegengesetzte Wirkung wie das Nebennierenmarkhormon hat das Hormon *Insulin* auf den Blutzuckergehalt. Es senkt den Zuckergehalt des Blutes. Das Insulin entsteht in besonderen Zellengruppen (Inseln) der **Bauchspeicheldrüse** (Abb. 128, S. 96). Wird zu wenig Insulin produziert, so steigt der Zuckergehalt des Blutes, und es entsteht die Zuckerkrankheit. Die Zuckerkrankheit wird heute wirksam bekämpft. Man spritzt den Zuckerkranken Insulin ein, das aus den Bauchspeicheldrüsen von Tieren gewonnen wird.

Die **Hirnanhangdrüse** ist eine der wichtigsten Hormondrüsen. Sie ist ein etwa kirschgroßes Organ und liegt unterhalb des Gehirns. In der Hirnanhangdrüse wird eine große Zahl von Hormonen gebildet. Ein Teil dieser Hormone greift unmittelbar in den Ablauf bestimmter Lebensvorgänge (Wachstum, Stoffwechsel) ein. Der andere Teil der Hormone der Hirnanhangdrüse steuert die Tätigkeit der anderen Hormondrüsen.

Wie wir gesehen haben, wirkt ein und dasselbe Hormon auf verschiedene Lebensvorgänge ein. So beeinflußt beispielsweise das Nebennierenmarkhormon den Blutdruck und den Zuckergehalt des Blutes. Andererseits wird ein und derselbe Lebensvorgang durch verschiedene Hormone gesteuert. Die Entwicklung beispielsweise ist sowohl von dem Hormon der Schilddrüse als auch von Hormonen der Hirnanhangdrüse abhängig. Das geregelte Zusammenwirken aller Hormone ist also eine Voraussetzung für den normalen Ablauf der Lebensvorgänge. Hierbei spielen die Hormone der Hirnanhangdrüse die bestimmende Rolle. Sie regulieren die Tätigkeit der anderen Hormondrüsen. Andererseits beeinflussen aber die Hormone der anderen Drüsen wiederum die Tätigkeit der Hirnanhangdrüse. Den entscheidenden Einfluß auf die Tätigkeit der Hirnanhangdrüse übt das Nervensystem aus. So bildet das Nervensystem den wichtigsten Steuerungsmechanismus für den Ablauf der Lebensvorgänge.

Übersicht der wichtigsten Hormondrüsen

Drüse	Lage	Hormon	Wirkung
Schilddrüse	an der Luftröhre	Schilddrüsenhormon	regt den Stoffwechsel an, beeinflußt die körperliche und geistige Entwicklung
Bauchspeicheldrüse	hinter dem Magen	Insulin	senkt den Zuckergehalt des Blutes und regelt den Kohlenhydratstoffwechsel
Nebennieren	den Nieren aufsitzend	Nebennierenmarkhormon	bewirkt Verengung der Blutgefäße und erhöht den Zuckergehalt des Blutes
Hirnanhangdrüse	am Hirn	zahlreiche Hormone	regelt Wachstum, Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel, steuert die Tätigkeit der anderen Hormondrüsen

V. Tierische Schmarotzer

Bei einigen Tieren hat sich – ähnlich wie bei einigen Pflanzen – eine besondere Art der Ernährung herausgebildet. Sie entziehen anderen Lebewesen bestimmte hochwertige Stoffe (Blut, Nahrungssaft des Darmes oder andere Stoffe). Tiere mit einer solchen Ernährungsweise nennt man **Schmarotzer** oder **Parasiten.** Wie bei den Pflanzen (s. S. 79), so gibt es auch bei den Tieren Halbschmarotzer. Der **Pferdeegel** (s. S. 52) beispielsweise ist ein Halbschmarotzer. Er kann kleine Schnecken oder Würmer durch Aussaugen töten. In diesem Falle ist er kein Schmarotzer, sondern ein räuberisch lebendes Tier. Wird er aber von Pferden oder Rindern mit dem Trinkwasser aufgenommen, so setzt er sich im Maul, Rachen, Magen oder an der Luftröhre fest. Er saugt dort Blut und wird zum Schmarotzer.

Außenschmarotzer. Viele Schmarotzer saugen sich nur zur Nahrungsaufnahme an der Haut anderer Tiere fest und lösen sich dann wieder ab. Wir bezeichnen sie als Außenschmarotzer. Meist sind es *Blutsauger* wie der **Medizinische Blutegel** (Abb. 73, S. 52). Viele Außenschmarotzer gibt es unter den Insekten. Zu ihnen gehört die **Bettwanze** (Abb. 144). Ihr flügelloser Körper ist flach, so daß sie sich hinter Tapeten, in Möbelspalten usw. leicht verkriechen kann. Bei Dunkelheit sticht sie mit ihren schnabelförmigen Mundwerkzeugen in die Haut der Menschen und saugt Blut. Durch peinliche Sauberkeit der Wohnungen und der Kleidung und durch allgemeine Körperpflege ist die Zahl der Bettwanzen wie überhaupt der Außenschmarotzer stark zurückgegangen. Von Wanzen befallene Wohnungen werden durch Zerstäuben von DDT entwanzt (DDT ist die Abkürzung einer sehr langen chemischen Bezeichnung). Einige Läuse sind ebenfalls Blutsauger. Die **Kopflaus** (Abb. 144) legt ihre Eier an den Kopfhaaren der Menschen ab, die **Kleiderlaus** in den Nähten und Falten der Kleider.

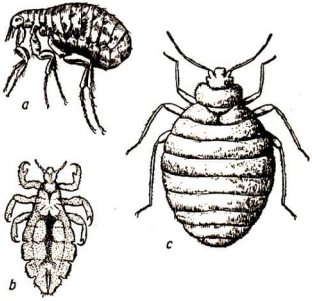


Abb. 144. Außenschmarotzer des Menschen (vergr.). *a* Menschenfloh, *b* Kopflaus, *c* Bettwanze

Im Gegensatz zu den Wanzen und Läusen sind die **Flöhe** seitlich abgeplattet. Der *Menschenfloh* (Abb. 144) hat kräftige Sprungbeine. Seine Eier werden im Kehricht und in den Dielenritzen abgelegt. Auch auf unseren Haustieren und anderen Warmblütern leben Flöhe. Vor diesen Schmarotzern schützt man sich am besten durch Sauberkeit. Treten sie doch einmal auf, so bekämpft man sie mit chemischen Mitteln (DDT-Präparate, z. B. Duolit). Wie die genannten Schmarotzer am Körper von Menschen und Tieren sitzen und Blut saugen, so schmarotzen Verwandte

der Läuse, die **Blattläuse,** an Pflanzen und entziehen ihnen Nährsäfte (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 121).
Es gibt Tiere, die zunächst außen am Körper schmarotzen, dann aber tiefer in die Lederhaut und in die darunterliegenden Gewebe eindringen. Die **Krätzmilbe,** ein Spinnentier, kann auf diese Weise juckende Hautausschläge verursachen. Durch Anwendung von DDT-Präparaten sind die Milben leicht zu bekämpfen. Die *Räude,* eine Hautkrankheit der Haustiere, wird ebenfalls durch Milben hervorgerufen. Andere Milben schmarotzen an Pflanzen und rufen als **Gallmilben** Gallbildungen und filzige Behaarung an den Blättern hervor.

Innenschmarotzer. Als Innenschmarotzer bezeichnen wir die Tiere, die im Innern anderer Tiere leben und von deren Säften schmarotzen. Im Blut des Menschen können die Erreger der *Malaria* und der *Schlafkrankheit* (s. S. 31), im Darm die **Bandwürmer, Trichinen, Spulwürmer** und **Madenwürmer** (s. S. 46 bis 49) leben.
Die Trichinen besitzen noch dieselbe Gestalt und denselben inneren Körperbau wie die frei lebenden Rundwürmer. Dagegen haben die Bandwürmer weder Verdauungs- noch Atmungsorgane noch Blutkreislauf. Sie nehmen Nährstoffe auf, die vom Menschen oder von den Wirtstieren durch die Verdauung aufgeschlossen wurden.
Wie sehr die schmarotzende Lebensweise rückbildend auf bestimmte Organe der Schmarotzer wirkt, zeigen auch die **schmarotzenden Ruderkrebse.** Die frei im Wasser lebenden Ruderkrebse, wie der **Hüpferling** (Abb. 194, S. 153 und Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 73), zeigen eine reiche Gliederung des Körpers. Mit Hilfe ihrer zahlreichen Ruderbeine bewegen sie sich hüpfend im Wasser fort. Die langen Fühler tragen Tast- und Geruchsorgane. Am Kopfe sitzt ein unpaares kleines Auge. Bei ihren schmarotzenden Verwandten sind alle Bewegungs- und Sinnesorgane rückgebildet. Die schmarotzenden Ruderkrebse gleichen mitunter einem Wurm von 1 bis 1,5 cm Länge. Der Kopf ist zu einem Saugkegel mit Fortsätzen geworden, mit denen sich der Schmarotzer in die Haut seines Wirtstieres (z. B. eines Karpfens) einbohrt und festsaugt. Am Hinterende des nur den Darm enthaltenden Körpers hängen zwei große Eiersäcke. Alle anderen Organe können wie beim Bandwurm rückgebildet sein. Die Tiere schmarotzen als Außenschmarotzer an der Haut der Fische oder als Innenschmarotzer an ihren Kiemen.

Wir haben gesehen, daß die Ernährungsweisen der Tiere sehr unterschiedlich sind. Sie alle können sich aber im Gegensatz zu den Pflanzen nur von organischen, nicht von anorganischen Stoffen ernähren. Während die Pflanzen aus den anorganischen Stoffen die organischen aufbauen, sind Tiere und Menschen dazu nicht in der Lage. Das Vorhandensein der grünen Pflanzen ist also eine Voraussetzung für das Leben der Tiere und Menschen.

F. BAKTERIEN

I. Bau und Lebensweise

Aufg. Stelle einen Heuaufguß (s. S. 25) her. Untersuche nach ein bis zwei Tagen ein Stück der Kahmhaut unter dem Mikroskop.

Betrachten wir bei starker Vergrößerung ein Stückchen Kahmhaut eines Heuaufgusses, so erkennen wir, daß es aus vielen kleinen Stäbchen besteht. Sie liegen in langen Reihen neben- und aufeinander. Diese Stäbchen, die Heubazillen (Abb. 145) sind kleine Lebewesen. Sie gehören zu den Bakterien.

Abb. 145.
Heubazillen aus einer Kahmhaut (etwa 200fach vergr.)

Bakterienzelle. Jede einzelne Bakterie besteht aus nur einer Zelle. Die Bakterien sind also einzellige Lebewesen. Im Gegensatz zu allen pflanzlichen und tierischen Zellen besitzt jedoch die Bakterienzelle *keinen Zellkern*. Ihr Protoplasma ist nicht in Zellplasma und Zellkern gesondert. Dieser Unterschied gegenüber allen Pflanzen und Tieren ist so wesentlich, daß man die Bakterien nicht zu den Pflanzen oder den Tieren rechnen kann. Sie gehören in das Reich der Zellkernlosen, das neben dem Pflanzenreich und dem Tierreich besteht. Zu den Zellkernlosen gehören auch die Blaualgen. Sie besitzen Chlorophyll. Es befindet sich nicht in Chlorophyllkörnern, sondern ist fein in der Zelle verteilt. Außerdem haben sie noch blaue und rote Farbstoffe.
Die Größe der Bakterien beträgt nur etwa 0,001 bis 0,008 mm, einige werden größer. Erst durch die Erfindung des Mikroskops wurde es möglich, Bakterien zu beobachten. Der Holländer *Leeuwenhoek* sah im Jahre 1683 als erster Bakterien unter dem Mikroskop.
Bewegung. Unter den Arten der Bakterien gibt es viele, die sich in bestimmten Abschnitten ihrer Entwicklung selbsttätig fortbewegen können. Betrachtet man eine bewegliche Bakterie unter dem Mikroskop, so erkennt man rings um die Zelle ein eigentümliches Flimmern. Das Flimmern wird durch die Bewegung feiner *Geißelfäden* hervorgerufen (Abb. 146). Diese Geißelfäden kann man nur durch besondere Färbeverfahren sichtbar machen. Sie sitzen rings um den Körper der beweglichen Bakterien. Die Geißelfäden bewegen die Zelle in ähnlicher Weise fort wie die Wimpern ein Wimpertierchen. Bei anderen Bakterien sitzen die Geißeln ähnlich wie bei den Geißelträgern am Ende der Zelle.

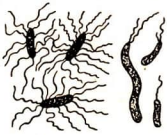


Abb. 146.
Bakterien mit Geißeln (etwa 1000fach vergr.); links am ganzen Körper, rechts an einem Ende begeißelt

Bakteriensporen. Die Bakterien benötigen zum Leben wie alle Organismen Feuchtigkeit. Ein Teil der Bakterien paßt sich ähnlich wie Urtiere ungünstigen Umweltbedingungen an. Trocknet z. B. ein Tümpel mit Heubazillen aus, so zieht sich das Protoplasma einer jeden

Zelle zusammen und umgibt sich mit einer widerstandsfähigen Haut. Es entstehen die *Bakteriensporen* (Abb. 147). Beim Heubazillus bilden sich diese Sporen in der Mitte, bei manchen Bakterien am Ende der Zelle. Alle Bakterien, die Sporen bilden können, nennt man *Bazillen*.

Abb. 147. Bakterien mit Sporen (etwa 1000fach vergr.); links Innensporen, rechts Endsporen

Im Gegensatz zu den Sporen von Pilzen, Farnen und Moosen, die der Vermehrung dieser Pflanzen dienen, sind die Bakteriensporen lediglich Dauerformen. Sie machen die Bakterien gegen Austrocknung und Temperatureinflüsse widerstandsfähig.

Bakteriensporen bleiben bei Temperaturen zwischen etwa −200° C und +100° C lebensfähig. Um ärztliche Instrumente keimfrei zu machen, genügt es also nicht, sie einfach abzukochen. Dadurch werden wohl alle Bakterien getötet, nicht aber die vorhandenen Sporen. Diese bleiben am Leben und keimen nach der Abkühlung wieder aus. Die neu ausgekeimten Bakterien werden dann durch ein zweites Abkochen vernichtet. Zur vollständigen Abtötung aller Bakterien und Sporen ist oft noch ein drittes Abkochen notwendig. Das Abtöten der Bakteriensporen nennt man *Keimfreimachen* oder *Sterilisieren*.

Bakterienformen. Die verschiedenen Bakterienarten haben sehr unterschiedliche Formen. Wir können die Bakterienformen am besten an einem Tuschepräparat von den Bakterien unserer Mundhöhle studieren.

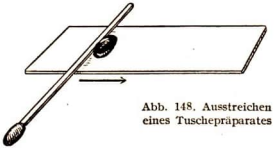


Abb. 148. Ausstreichen eines Tuschepräparates

Aufg. Bringe auf einen Objektträger (nach seiner Schmalseite zu) ein Tröpfchen Wasser. Schabe mit einem Streichholz etwas Zahnschleim von den Zähnen. Verrühre ihn gründlich mit dem Wassertropfen. Setze neben diesen Tropfen einen etwas größeren Tropfen Ausziehtusche. Vermische die beiden Tropfen gut mit dem Streichholz. Streiche die Mischung mit dem Streichholz sehr dünn über den ganzen Objektträger (Abb. 148). Laß den Ausstrich an der Luft trocknen. Beobachte durch das Mikroskop.

Abb. 149. Bakterien des Zahnbelags (Tuschepräparat, etwa 800fach vergr.).
Lange Stäbchen: Zahnbazillen; lange geschlängelte Form: Zahnspirillen; kurze gebogene Form: Zahnvibrionen; Punkte: Kokken

Ein Tuscheausstrich von Zahnschleim zeigt unter dem Mikroskop die Bakterien weiß auf schwarzem Untergrund (Abb. 149). Am meisten fallen lange gerade, ziemlich dicke Stäbchen auf. Daneben finden wir oft auch kleine Stäbchen, die in langen Ketten hinter-

einanderliegen. Beide Formen gehören in die Familie der **Stäbchenbakterien.** Wie feine Nadelstiche erscheinen die meist in größerer Zahl beieinanderliegenden **Kugelbakterien** (Kokken). Sie sind immer unbeweglich. Außerdem kann man wurstförmig gekrümmte Formen **(Vibrionen)** und längere, korkenzieherartig gewundene Gebilde **(Spirillen)** erkennen. Beide gehören zur Familie der **Schraubenbakterien.** Von den Schraubenbakterien bewegen sich die Vibrionen durch Geißeln am Ende der Zelle vorwärts, die Spirillen durch schraubende Bewegungen.

Vermehrung. Die Entstehung der Kahmhaut in ein bis zwei Tagen zeigt uns, wie schnell sich die Bakterien vermehren, wenn sie günstige Lebensbedingungen finden. Die Vermehrung erfolgt in der Weise, daß sich die Bakterienzelle in zwei Hälften spaltet. Jede dieser Hälften wächst in kurzer Zeit zu einer vollständigen Bakterie aus und kann sich erneut spalten (Abb. 150). In günstiger Umgebung wiederholt sich dieser Vorgang bei manchen Bakterienarten alle 20 bis 30 Minuten. Wegen dieser Vermehrung durch *Spaltung* nannte man die Bakterien früher Spaltpilze. Diese Bezeichnung ist aber falsch, denn die Bakterien sind nicht mit den Pilzen verwandt.

Abb. 150. Spaltung des Heubazillus

Aufg. **Herstellung einer Nährlösung:** Koche 5 g Bäckerhefe in 50 cm³ Wasser eine Viertelstunde lang. Laß diese Lösung eine halbe Stunde abkühlen und absetzen. Gieße die gelblich trübe Flüssigkeit vom Bodensatz ab und filtriere sie. (Man kann auch statt Bäckerhefe einen Bouillonwürfel mit 300 cm³ Wasser aufkochen, schnell abkühlen lassen und filtrieren.) Löse in 20 cm³ des Hefe- oder Bouillonwassers durch Erwärmen 2 g weiße Gelatine. Koche diese Lösung kurz ab und bewahre sie verschlossen auf. Koche sie am nächsten Tage noch einmal auf, damit alle in ihr vorhandenen Bakterien und deren Sporen abgetötet werden (sterilisieren).

Herstellung der Kulturen: Gieße die so erhaltene Nährgelatine in dünner Schicht in gut gereinigte und ausgekochte Petrischalen. Decke den Deckel darauf. Laß sie an einem staubfreien Ort erkalten.

Setze je eine Schale unbedeckt eine viertel bis eine halbe Stunde an verschiedenen Stellen der Luft aus (z. B. auf dem Schulhof vor und nach der Pause, auf der Straße, morgens im Schulzimmer und mittags nach dem Ausfegen, möglichst auch im Walde). Laß die Schalen verschlossen an einem warmen Ort stehen. Beobachte nach einigen Tagen.

Abb. 151. Doppelschale (Petrischale) mit zahlreichen Bakterienkolonien auf dem Nährboden

Auf die aufgestellten Schalen mit Nährgelatine fallen aus der Luft Bakteriensporen. Aus jeder Spore entwickelt sich auf der Nährgelatine eine Bakterie. Diese vermehrt sich stark. Es entsteht ein Bakterienhäufchen, eine Kolonie. Die Kolonien sind mit bloßem Auge zu erkennen (Abb. 151). Oft findet man buntgefärbte Kolonien, sie rühren von farbigen Bakterien her. Andere Kolonien zeigen einen feuchten Rand. Dort haben die Bakterien Stoffe ausgeschieden, die die Gelatine um die Kolonie herum verflüssigt haben. Je mehr Sporen die Luft enthält, desto größer ist die Anzahl der Kolonien. Die Waldluft enthält verhältnismäßig wenig Sporen. Viel mehr Sporen enthält die Schulhofluft, besonders nach einer Pause, wenn der Staub aufgewirbelt worden ist. Noch mehr Sporen sind im Schulzimmer enthalten, vor allem nach dem Ausfegen. Die Luft ist also um so sporenreicher, je mehr Staub sie enthält. Die Bakteriensporen haften am Staub und werden mit ihm aufgewirbelt. Über Städten wird daher der Bakteriengehalt der Luft mit zunehmender Höhe geringer. Nach starken Regen- oder Schneefällen finden sich vorübergehend auch in den untersten Luftschichten nur noch vereinzelte Bakterien.

Aufg. 1. Tupfe mit dem Finger auf die Nährgelatine einer Schale. Lege auf eine Stelle daneben für kurze Zeit einen abgegriffenen Geldschein. — 2. Laß über die Gelatineschicht einer anderen Schale eine Fliege kriechen. — 3. Gieße in eine mit Nährgelatine vorbereitete Schale 1 cm³ reines Leitungs- oder Brunnenwasser. — 4. Gieße in eine andere stark verunreinigtes Pfützenwasser.

Verschließe in allen Fällen die Schalen und beobachte die Koloniebildung.

Wenn wir mit dem Finger auf die Nährgelatine tippen, wachsen an dieser Stelle bald Bakterienkolonien. Damit ist bewiesen, daß auch an unseren Fingern Bakterien oder ihre Sporen haften. Um die Hände von ihnen möglichst frei zu halten, muß man sie oft mit Seife waschen und bürsten. An den Beinen der Fliegen und an Geldscheinen befinden sich ebenfalls viele Bakterien. Häufig sind unter ihnen gefährliche Krankheitserreger. Die Fliegenbekämpfung ist darum eine wichtige Aufgabe der Gesundheitspflege.

In reinem Leitungswasser finden wir sehr wenig Bakterien, in Tümpel- oder Grabenwasser dagegen sehr viele. Wir können erkennen, daß überall Bakterien vorhanden sind. Durch Untersuchungen mit Spezialapparaten hat man ihre Anzahl geschätzt.

Anzahl der Bakterien: Milch im Euter einer gesunden Kuh ..... fast keine

1 l Milch, nachdem sie einen Tag offen gestanden hatte	etwa 30000000
1 l Flußwasser	etwa 5000 bis 500000
1 l Leitungswasser	etwa 3 bis 200
1 g Straßenstaub	etwa 24000 bis 2000000
1 cm³ Straßenluft der Großstadt früh 7 Uhr	etwa 400
1 cm³ Straßenluft der Großstadt mittags 12 Uhr	etwa 8000
1 cm³ Straßenluft der Großstadt abends	etwa 11000
1 cm³ Luft sonntags in einem Großstadtbahnhof	etwa 9000000

Aus der Tiefe kommendes Quellwasser ist nahezu keimfrei.

Lebensbedingungen. Die Anzahl der in der Luft enthaltenen Bakterien ist nicht immer gleich groß. Im Sommer ist sie höher als im Winter, bei feuchter Luft höher als bei trockener. Bei schwülem Wetter vermehren sich die Bakterien besonders schnell. Darum wird an solchen Tagen Milch oder gekochtes Gemüse schnell sauer. Die Vermehrung der Bakterien ist also nicht nur von der *Feuchtigkeit*, sondern auch von der *Wärme* abhängig.

Aufg. Schwemme ein kleines Stückchen Tierkot mit 2 bis 3 cm^3 Wasser auf. Bestreiche damit die Nährgelatine einer Schale. Laß die Aufschwemmung eintrocknen. Verklebe den Boden der Schale außen teilweise mit schwarzem Papier. Setze die Schale, den Boden nach oben, einen Tag lang dem hellen Tageslicht aus. Laß die Schale dann einige Tage im Dunkeln stehen. Beobachte die Bakterien.

Dunkelt man eine Bakterienkultur so ab, daß ein Teil derselben helles Tageslicht empfängt, der andere dagegen im Dunkeln bleibt, so entwickeln sich im verdunkelten Teil sehr zahlreiche Bakterienkolonien. In dem vom Licht getroffenen Teil entwickeln sich keine oder nur wenige und kleine Kolonien. Das *Licht* hat das Wachstum der Bakterien *gehemmt*, sie teilweise sogar abgetötet. Weil das Licht die Entwicklung der Bakterien hemmt, baut man die neuen Schulen und Wohnhäuser mit großen Fenstern.

II. Fäulnis- und Gärungserreger

Fäulnis und Gärung werden durch Bakterien verursacht. Diese Tatsache können wir am Heuaufguß erkennen. Bewahren wir einen genügend abgekochten Heuaufguß keimfrei auf, so geht er nicht in Fäulnis über. Sobald dagegen Bakterien in den Heuaufguß gelangen, greifen diese das Heu an und zersetzen es. Sie nähren sich von den dabei entstehenden Stoffen und vermehren sich sehr stark. Auch wenn Heu gestapelt wird, ehe es vollständig trocken ist, entwickeln sich Bakterien. Eine bestimmte Bazillenart, die sich häufig auf Heu und Mist ansiedelt, entwickelt bei ihrer Atmung beträchtliche Wärmemengen. Dadurch kann sich das Heu bis über 60° C erhitzen. In abgeschlossenen Räumen kann es so zu einer Selbstentzündung des Heues kommen.

Aufg. Übergieße kleine Stücke Fischfleisch, an denen etwas Fischhaut hängt, mit einer 3%igen Kochsalzlösung. Laß sie so in der Salzlösung stehen, daß sie zur Hälfte daraus hervorragen. Stelle das Ganze kühl (12° C bis 15° C) in eine dunkle Ecke. Betrachte es nach ein bis zwei Tagen im Dunkeln.

Auf Fisch- und Fleischstücken, die wir mit schwacher Kochsalzlösung übergießen und mäßig kühl aufbewahren, zeigen sich nach ein bis zwei Tagen leuchtende Punkte. Manchmal fließen sie zu größeren leuchtenden Flecken zusammen. Es sind Kolonien von **Leuchtbakterien.** Sie erzeugen in ihren Zellen eine Substanz, die bei Oxydation leuchtet. Nach einigen Tagen, wenn das Fleisch verdorben ist, hört das Leuchten auf. Die Leuchtbakterien werden dann von Fäulnisbakterien überwuchert und sterben ab.

Aufg. 1. Streiche mit einem kleinen Stück frischem, rohem Fleisch über eine Petrischale mit Nährgelatine. Streiche über eine zweite Schale mit einem Stückchen Fleisch, das einige Tage im Zimmer gelegen hat. Für diese Versuche wird am besten eine Nährgelatine aus Bouillonwürfeln hergestellt. Zähle nach einigen Tagen die entstandenen Bakterienkolonien. — 2. Prüfe ebenso andere Lebensmittel.

Fäulnisbakterien veranlassen auch das Faulen unsachgemäß aufbewahrter *Nahrungsmittel*. Am schnellsten faulen tierische Produkte. Durch eine Bakterienkultur können wir schon auf frischem Fleisch Bakterien nachweisen. Sie vermehren sich auf dem Fleisch sehr schnell. Das Fleisch geht in Fäulnis über, es wird ungenießbar und gesundheitsschädlich.
Feucht lagernde Kartoffeln und Rüben beginnen bald zu faulen. Trockene Früchte und Samen, wie Bohnen, Erbsen, Getreidekörner und Mehl, sind vor Fäulnis geschützt, weil sie einen geringen Feuchtigkeitsgehalt haben. Bei anderen Lebensmitteln (Kernobst, Kartoffeln) verhindert die Schale das Eindringen der Bakterien. Nur wenn die Schalen verletzt sind, können die Bakterien in das Innere der Früchte oder der Knollen eindringen.
An vielen Fäulnisvorgängen sind außer den Bakterien auch *Schimmelpilze* (siehe S. 77) beteiligt.
Um unsere Lebensmittel vor dem Verderben zu schützen, müssen wir sie so behandeln, daß keine Bakterien auf ihnen gedeihen können. Das kann auf verschiedene Weise geschehen:

1. **Wasserentzug.** Den Lebensmitteln wird das Wasser entzogen, so daß die Bakterien nicht auf ihnen leben können. Der Entzug des Wassers kann durch *Trocknen* (Backobst, Dörrgemüse, getrocknete Pilze, Stockfisch), *Einpökeln*, *Einsalzen* (Fleisch, Gemüse), *Einzuckern* (Obst, Obstsäfte) oder *Eindampfen* (kondensierte Milch) erfolgen.
2. **Kälteeinwirkung.** Man lagert die Lebensmittel so, daß sie nicht die zum Wachstum der Bakterien notwendige Temperatur haben. Das kann durch Aufbewahrung in *Eisschränken* oder durch *Einfrieren* (Gefrierfleisch, tiefgekühltes Gemüse) geschehen. In der Kälte werden die Sporen nicht abgetötet, sondern nur die Bakterien in ihrer Lebenstätigkeit gehemmt. Beim Auftauen der gefrorenen Nahrungsmittel beginnen sie schnell zu wachsen. Diese Lebensmittel müssen deshalb bald verbraucht werden.
3. **Räuchern.** Beim Räuchern entstehen Stoffe, die auf Bakterien schädlich wirken. Sie desinfizieren die Wursthüllen und Schinkenschwarten und verhindern das Eindringen der Bakterien in die Nahrungsmittel.
4. **Hitzeeinwirkung.** Man tötet die Bakterien durch *Hitze* (Abkochen und Pasteurisieren der Milch). Da aus der Luft ständig Bakteriensporen auf die abgekochten Nahrungsmittel fallen, ist das Abkochen allerdings nur ein vorübergehender Schutz.
5. **Luftabschluß.** Werden die durch Kochen keimfrei gemachten (sterilisierten) Lebensmittel in *luftdicht verschlossenen Gläsern* (Einweckgläsern) oder *Büchsen* (Konserven) aufbewahrt, so können sich keine Bakterien auf ihnen ansiedeln.

Auch die Aufbewahrung der Eier in Wasserglas oder Garantol und das Einlegen von Fischen in Öl bewirken einen Luftabschluß.

III. Krankheitserreger

Unter den Bakterien gibt es auch *Schmarotzer*. Einige Arten von ihnen leben normalerweise auf der Oberfläche der Haut und der Schleimhäute des Menschen, ohne ihm zu schaden. Gewebe und Blut des gesunden Menschen dagegen sind keimfrei. Andere Bakterienarten sondern giftige Stoffe ab. Diese Stoffe rufen, wenn sie in den menschlichen Körper eindringen, unter geeigneten Umständen ansteckende oder **Infektionskrankheiten** hervor. Werden innerhalb kurzer Zeit sehr viele Menschen von einer Infektionskrankheit befallen, so spricht man von einer *Seuche* oder *Epidemie*.

Bevor die Rolle der Bakterien als Krankheitserreger erkannt wurde, standen die Menschen den Seuchen nahezu machtlos gegenüber. So kam es, daß den schweren Seuchen des Mittelalters **(Pest, Cholera, Aussatz** und **Pocken)** Millionen von Menschen zum Opfer fielen. Die schon im Altertum in Europa eingeschleppte Pest verursachte während des Mittelalters viele Millionen Todesfälle. Kriege begünstigen die Ausbreitung und Verschleppung von Infektionskrankheiten. Noch in jüngster Zeit hat sich durch den ersten Weltkrieg das **Fleckfieber** stark ausgebreitet.

Heute kennt man die Lebensweise und Lebensbedingungen der Bakterien. Man weiß, wie man sich vor ihnen schützen kann und mit welchen Mitteln man sie bekämpfen muß.

Der erste, der Bakterien als Krankheitserreger nachwies, war der deutsche Arzt *Robert Koch* (1843 bis 1910). Er machte seine Entdeckung am **Milzbrand**, einer Haustierkrankheit (Abb. 152c). Diese Krankheit kann auch auf den Menschen übertragen werden. In ungefärbtem Zustand sind die Bakterien kaum sichtbar. Koch arbeitete Verfahren aus, nach denen man Bakterien färben kann, so daß sie

Abb. 152. Krankheiterregende Bakterien (sehr stark vergr.).
a Tuberkelbakterien, *b* Streptokokken (Eitererreger), *c* Milzbrandbazillen, *d* Pestbazillen, *e* Cholera-Vibrionen mit Geißeln

sichtbar werden. Weiterhin arbeitete er Methoden für die Bakterienzüchtung aus und entdeckte viele Krankheitserreger. Er fand die Erreger der **Tuberkulose**, die Tuberkelbakterien (Abb. 152a). Ferner stellte Koch fest, daß die Cholera durch eine kurze Schraubenbakterie, das *Cholera-Vibrio* (Abb. 152e), hervorgerufen wird. Andere Forscher fanden die Erreger der **Diphtherie**, des **Starrkrampfes**, der **Lungenentzündung** und der **Blutvergiftung**. Bei den Untersuchungen ergab sich, daß eine Bakterienart meist nur eine bestimmte Krankheit verursacht. Allerdings können am Zustandekommen von manchen Krankheiten, z. B. der Lungenentzündung, auch mehrere Bakterienarten beteiligt sein.

Ansteckung und Ausbruch der Krankheit. Ein Mensch, der von einer Infektionskrankheit befallen ist, scheidet in vielen Fällen Krankheitserreger aus. Bei Infektionskrankheiten der Luftwege geschieht das durch *Ausatmen* und *Husten*, bei Infektionskrankheiten des Darmes durch den *Kot*. Die Erreger der ansteckenden Hautkrankheiten leben auf der Haut des Menschen und können durch *Berührung* übertragen werden. Die ausgeschiedenen Bakterien oder ihre Sporen schweben in der Luft, geraten in das Wasser und an Nahrungsmittel, sie haften an Wäsche, Kleidung und im Straßenstaub. So können sie auf gesunde Menschen übertragen werden. Die *Eintrittspforten* für die Krankheitserreger sind entweder die Luftwege, der Verdauungskanal oder aber kleine Wunden der Haut. Durch die Luftwege dringen die in der Luft vorhandenen Keime in den Körper ein. In den Verdauungskanal werden Krankheitserreger mit der Nahrung oder dem Trinkwasser aufgenommen. Die von Wunden der Haut ausgehenden Ansteckungen erfolgen durch Schmierinfektion (z. B. durch Berührung der Haut des Kranken oder durch den Gebrauch seines Hand- oder Taschentuches).

Nach der Infektion vergeht einige Zeit, bevor die Krankheitserscheinungen zum Ausbruch kommen *(Inkubationszeit)*. In dieser Zeit setzen sich die Bakterien im Körper fest und vermehren sich. Der Mensch fühlt sich dann meist matt und abgespannt. Die Inkubationszeit ist bei den einzelnen Infektionskrankheiten verschieden lang. Bei Diphtherie beträgt sie 2 bis 5 Tage, bei Scharlach 4 bis 7 Tage, bei Typhus 1 bis 2 Wochen.

Nicht jede Infektion führt jedoch zum *Ausbruch* einer Krankheit. Der Ausbruch einer Infektionskrankheit ist vielmehr von der Bösartigkeit der einzelnen Erreger einerseits und der Widerstandsfähigkeit des befallenen Menschen andererseits abhängig. Auch für den Verlauf einer bereits ausgebrochenen Infektionskrankheit sind Bösartigkeit der Erreger und Widerstandsfähigkeit des Menschen von Bedeutung.

Abwehrstoffe des Körpers. Der russische Forscher *Ilja Iljitsch Metschnikow* (1845 bis 1916) entdeckte, daß die *weißen Blutkörperchen* Bakterien in sich aufnehmen und unschädlich machen. Bei allen Infektionen werden weiße Blutkörperchen in vermehrter Zahl gebildet.

Weiterhin bildet der Körper, sobald Krankheitserreger in ihn eindringen, *Abwehrstoffe*. Diese Abwehrstoffe vermögen, wenn sie in genügender Menge vorhanden sind, die Bakterien oder ihre giftigen Stoffwechselprodukte unschädlich zu machen.

Dadurch wird der Mensch gesund. Jede Art der Krankheitserreger bringt ein besonderes Gift hervor, und auch die verschiedenen Abwehrstoffe wirken jeweils nur gegen eine einzelne Bakterienart oder ihr Gift. Solange die Abwehrstoffe im Blute kreisen, ist der Mensch gegen den erneuten Ausbruch der Infektionskrankheit geschützt (immun). Die Unempfänglichkeit dauert bei jeder Krankheit verschieden lange. Sie kann Wochen, Monate (Cholera) oder das ganze Leben hindurch (Masern) anhalten.
Auch verschiedene von Drüsen unseres Körpers ausgeschiedene Säfte (z. B. *Speichel, Magensaft, Tränenflüssigkeit)* töten Bakterien oder hemmen ihre schnelle Vermehrung.

Bekämpfung der Infektionskrankheiten. Durch die genaue Erforschung der Krankheitserreger und der Abwehrmittel des Körpers ist es möglich geworden, die Infektionskrankheiten wirksam zu bekämpfen.
Die wichtigste Bekämpfungsmaßnahme ist die **Vorbeugung.** Gegen Erkältungskrankheiten besteht die beste Vorbeugung in der Abhärtung des Körpers. Körperliche Arbeit, vernünftiger Sport, Bewegung in Luft und Sonne kräftigen den Körper und entwickeln seine natürlichen Abwehrmittel.
Durch *Schmutz* werden viele Infektionskrankheiten begünstigt. Deshalb müssen Körper (Mund, Zähne, Hände, Fingernägel, Haare) und Gebrauchsgegenstände (Taschentuch, Handtuch, Kleidung, Eßgeschirr) saubergehalten werden. Die Nahrungsmittel müssen so aufbewahrt werden, daß kein Schmutz an sie gelangen kann. Obst und Gemüse, besonders Rüben, sollten vor der Zubereitung abgespült werden. Da auch durch Wunden Bakterien in das Blut dringen, darf man nur Verbandstoffe verwenden, die durch Sterilisieren oder durch bakterientötende Mittel (Karbol, Lysoform u. a.) keimfrei gemacht worden sind.
Manche Krankheiten können durch Trinkwasser verbreitet werden. Deshalb wird zur *Wasserversorgung* der Städte und großen Gemeinden nur sorgfältig gereinigtes Flußwasser oder Wasser aus Tiefbrunnen verwendet. Die Reinigung des Wassers erfolgt durch Filtrieranlagen aus dicken Sandschichten, in denen die Bakterien zurückgehalten werden (Abb. 153). Dem Wasser, das in das Leitungsnetz der Städte gepumpt wird, setzt man außerdem in geringer Menge Chlor zu, um

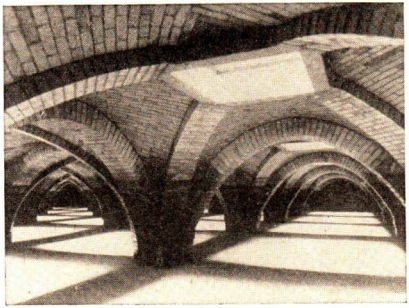


Abb. 153. Blick in das Filterhaus eines Wasserwerkes.
Die Verfärbung der Pfeiler zeigt den Wasserstand während des Betriebes

etwa noch vorhandene Keime abzutöten. Die Versorgung der Städte und Gemeinden mit keimfreiem Trinkwasser wird durch gesetzliche Bestimmungen geregelt.
Andere Gesetze, die das Auftreten von Seuchen verhüten, betreffen die Reinlichkeit in *Lebensmittelgeschäften* und *Schlachthäusern*, die *Abfallbeseitigung*, die *Abwässerableitung* in Städten, die Beschaffenheit der *Aborte* in Schulen, Heimen und Fabriken sowie die *Leichenbestattung*.
Wird ein Mensch von einer Krankheit befallen, die zu einer Seuche werden kann, so muß der Arzt diese Krankheit sofort dem Gesundheitsamt melden *(Anzeigepflicht)*. Der Kranke wird dann für die Dauer der Krankheit in besonderen *Isolierstationen* der Krankenhäuser untergebracht. Bei ansteckenden Kinderkrankheiten, wie Masern, Scharlach und Diphtherie, müssen auch die Geschwister eines erkrankten Kindes von anderen Kindern ferngehalten werden. Sie dürfen die Schule nicht besuchen *(Schulverbot)*. Nach manchen Infektionskrankheiten scheidet der Mensch noch längere Zeit Bakterien aus. Darum müssen auch die Genesenden (z. B. bei Diphtherie) noch eine Zeitlang isoliert werden *(Quarantäne)*.
Befürchtet man die Ausbreitung einer Infektionskrankheit, so werden alle Menschen der betreffenden Gegend geimpft. Durch diese **Schutzimpfung** wird der Körper angeregt, Gegengifte zu bilden. Die Gegengifte machen die Bakterien unwirksam oder schwächen sie. Sind genügend Gegengifte vorhanden, so kommt die Krankheit entweder gar nicht zum Ausbruch oder verläuft in einer leichten, ungefährlichen Form.
Die Dauer der Wirksamkeit der Schutzimpfung ist bei den einzelnen Krankheiten sehr verschieden.
Alle diese Maßnahmen haben dazu geführt, daß viele Infektionskrankheiten (Pest, Cholera usw.) bei uns nicht mehr auftreten oder auf wenige Krankheitsfälle beschränkt bleiben.
Wie gefährlich diese Krankheiten früher waren, zeigt das Beispiel der **Cholera.** Sie wurde 1829 zum ersten Male in Europa beobachtet und forderte ungezählte Todesopfer. Die Seuche trat in den folgenden Jahrzehnten noch mehrmals in verschiedenen Teilen Europas auf. Im Jahre 1883 entdeckte Robert Koch das *Cholera-Vibrio* (Abb. 152e, S. 114). Durch seine Entdeckung wurde es möglich, die Cholera wirksam zu bekämpfen. Es kam in Mitteleuropa nur noch einmal, um die Jahrhundertwende in Hamburg, zu einer Choleraepidemie, weil zu jener Zeit in Hamburg das Leitungswasser noch ungereinigt aus der Elbe genommen wurde. Seitdem alles Wasser in den Städten nach gesetzlichen Vorschriften filtriert werden muß, sind solche Infektionsquellen beseitigt. Auch die Badeanstalten werden überwacht. Die Geschichte der Cholera ist ein Beispiel dafür, daß der Mensch durch praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse der gefährlichen Seuchen Herr werden kann.
Bei manchen Infektionskrankheiten (z. B. Diphtherie) dient die Impfung nicht nur der Vorbeugung, sondern auch der **Heilung.** Dem Erkrankten wird Blutserum eingespritzt, das Gegengifte gegen die Krankheitserreger enthält. Dadurch werden die sich im eigenen Blut bildenden Abwehrstoffe unterstützt, und der Mensch kann die Krankheit leichter überwinden.

Eine noch größere Bedeutung als die Serumbehandlung haben heute die auf chemischem Wege hergestellten Medikamente. Die *Sulfonamide*, die wichtigsten dieser Mittel, sind gegen viele Infektionskrankheiten (z. B. Blutvergiftung, Lungenentzündung, Bakterienruhr) wirksam. Einen noch größeren Anwendungsbereich hat das *Penicillin*, das aus Schimmelpilzen gewonnen wird (s. S. 77).

Tuberkulose. Nahezu jeder Mensch macht im Laufe seines Lebens eine Infektion mit Tuberkelbakterien (Abb. 152a, S. 114) durch. Bei 95 % aller Menschen bilden sich durch diese Infektion so starke Abwehrkräfte im Körper aus, daß diese erste Infektion erscheinungslos abheilt und der Körper auch gegen weitere Infektionen immun bleibt. Nur bei etwa 5 % aller Menschen bleiben die Abwehrkräfte des Körpers so gering, daß schon durch die erste oder durch eine weitere Infektion mit Tuberkelbakterien eine ernsthafte Erkrankung entsteht.

Die Tuberkelbakterien siedeln sich zunächst meist in der Lunge, seltener im Darm an. Von hier aus können sie auf dem Blutwege auch andere Organe des Körpers befallen (Knochen, Gelenke, Augen, Haut usw.). Die häufigste Tuberkuloseform ist die *Lungentuberkulose*. In schweren Fällen führt sie zu einer ausgedehnten Zerstörung von Lungengewebe, in leichteren Fällen heilt sie bei entsprechendem Verhalten bald narbig ab. Werden Bakterien ausgehustet, so spricht man von einer offenen Tuberkulose; ist der Krankheitsherd abgekapselt, so handelt es sich um eine geschlossene Tuberkulose.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Tuberkelbakterien kann durch Kräftigung des Körpers erhöht werden. Ausreichende Ernährung und ausreichender Schlaf, Bewegung in Sonne und frischer Luft lassen den Körper die Infektionen, denen jeder Mensch ausgesetzt ist, überwinden. Durch Impfung mit Tuberkelbakterien, die durch besondere Züchtungsverfahren ihre Bösartigkeit verloren haben, wird der Körper zu Gegengiftbildung angeregt. Aus diesem Grunde führt man in der Deutschen Demokratischen Republik bei Kindern eine solche Impfung durch.

Ist ein Mensch an Tuberkulose erkrankt, so gibt es heute viele Möglichkeiten, ihm zu helfen. Liegekuren und reichliche Verpflegung schaffen die Voraussetzung für einen guten Heilungsverlauf. Durch bestimmte Medikamente können die verschiedenen Formen der Tuberkulose geheilt oder zumindest günstig beeinflußt werden. Bei Lungentuberkulose kann man durch operative Eingriffe eine Lunge ruhigstellen und dadurch die Heilung einleiten. Um Tuberkulose rechtzeitig zu erkennen, werden Reihenuntersuchungen durchgeführt. Die Heilungsaussichten für Tuberkulose sind besonders günstig, wenn die Krankheit früh erkannt wird.

Viruskrankheiten. Nicht alle ansteckenden Krankheiten werden durch Bakterien hervorgerufen. Die Erreger von **Scharlach, Pocken, Windpocken, Masern, Tollwut, Kinderlähmung** und anderen Krankheiten sind kleine, auch unter unserem Mikroskop nicht sichtbare Gebilde. Erst durch das Elektronenmikroskop kann man sie sichtbar machen. Es sind Organismen, die an der Grenze zwischen lebender und unbelebter Materie stehen. Man nennt diese Gebilde **Viren.** Der Stoffwechsel der Körperzellen wird durch sie derart geändert, daß diese zugrunde gehen. Auch die Viruskrankheiten kann man heute durch Vorbeugungsmaßnahmen und Heilmittel bekämpfen.

Die gefährlichste Viruskrankheit waren in früheren Jahrhunderten die echten **Pocken** oder **Blattern.** Die Pockenepidemien des Mittelalters rafften Hunderttausende von Menschen dahin, andere wurden durch Narben im Gesicht und am Körper entstellt. Noch in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts starben in Deutschland jährlich etwa 70000 Menschen an Pocken. Das änderte sich mit der Einführung der Schutzimpfung. In Deutschland besteht das Impfgesetz seit 1874. Nach diesem Gesetz muß jedes Kind im 1. und im 12. Lebensjahre geimpft werden. Seitdem kommen Pocken bei uns nicht mehr vor.

Auch die **Tierseuchen** werden heute wirkungsvoll bekämpft. Dadurch bleiben wertvolle Viehbestände erhalten. Da einige der Tierseuchen auch auf den Menschen übertragbar sind, wird durch die Bekämpfung dieser Seuchen zugleich die Infektionsmöglichkeit für die Menschen verringert.

G. NAHRUNGSMITTEL UND ROHSTOFFE

I. Nahrungsmittel

Unsere Nahrung besteht aus tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln. Seitdem der Mensch das Feuer kennt, nimmt er seine Nahrung meist gekocht, gebacken oder gebraten zu sich. Dadurch werden die Zellwände der Pflanzen aufgelockert bzw. aufgesprengt und die Bindegewebehüllen des Fleisches aufgeweicht. Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel sind so besser zu verdauen und bekömmlicher.

a) Nahrungsmittel aus dem Pflanzenreich

Stärkepflanzen

Getreide. Seit vielen Jahrtausenden ist das *Getreide* das Hauptnahrungsmittel aller Völker. Zunächst sammelte und erntete man *Wildgrassamen.* Aus diesen wurden später die feldmäßig angebauten Kultursorten gezüchtet (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 138). Heute werden weit über 50 % des menschlichen Nahrungsbedarfes durch Mehl (bzw. durch aus Mehl hergestellten Nahrungsmitteln) gedeckt. Hauptkörnerfrucht ist bei uns der **Roggen. Weizen** steht an zweiter Stelle. **Reis** wird in Sumpfgebieten tropischer Länder (z. B. in China) angebaut. **Mais** war das Getreide der Azteken und Inkas in Mittel- und Südamerika. In der Zeit der Entdeckungen wurde er nach Europa, Afrika und Asien gebracht. **Hafer,** dessen Heimat Vorderasien ist, war einstmals ein wichtiges Brotgetreide. Auch die anspruchslose und früh reifende **Gerste** ist bei unseren Vorfahren eine Zeitlang Hauptgetreidefrucht gewesen.

Aufg. 1. Betrachte reife Getreidekörner durch die Lupe. Bestimme die Lage des Keimlings. — 2. Halbiere gequollene Roggen- und Weizenkörner mit einer Rasierklinge längs der Samenfurche. Betrachte die Hälften durch die Lupe.

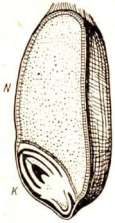


Abb. 154. Schnitt durch Getreidekorn. *K* Keimling, *N* Nährgewebe (Mehlkern)

Ein von den Spelzen befreites Getreidekorn besteht aus der äußeren **Schalenschicht,** die Mineralsalze und Vitamin B enthält, dem **Mehlkern** und dem **Keimling** (Abb. 154). Dieser enthält Eiweiß und Mineralsalze, vor allem aber Fett und Vitamin B. In den Zellen des Mehlkerns befinden sich Stärkekörner (Abb. 7 u. 8, S. 11) und eine andere Eiweißart als im Keimling: der **Kleber.** Er ist besonders reichlich im Weizenkern vorhanden und macht einen mit Wasser angerührten Mehlteig klebrig. Weizen, Roggen, Mais und Reis eignen sich für die menschliche Ernährung am besten. Gerste und Hafer enthalten in ihren Spelzen viel Zellulose und sind für uns ohne besondere Verarbeitung schwer verdaulich. Sie sind ein wertvolles Futtermittel. Die Pflanzenfresser können sie verdauen, weil Bakterien in ihren Blinddärmen und anderen Darmabschnitten die Zellulose aufschließen (s. S. 100).

Müllerei. Die Getreidekörner werden zunächst von Sand, Stroh, Unkrautsamen und anderen Fremdkörpern *gereinigt.* Dann werden die äußeren Schalenteile und die Keimlinge abgetrennt. Das entkeimte und geschälte Korn wird in mehreren Arbeitsgängen *zermahlen* (Abb. 155). Die dunklen Mehlbestandteile bestehen aus den Schalen, die den Mehlkern umschließen. Je mehr dunkle Mehlbestandteile abgesiebt werden, desto weißer wird das gewonnene Mehl. Wenn viel Mehl aus dem Getreide gewonnen wird, spricht man von hoher Ausmahlung. *Hohe Ausmahlung* ergibt ein dunkles, grobes, nährstoffreiches Mehl, *niedrige Ausmahlung* ein weißes, feines Mehl. Die abgesiebten Schalenbestandteile ergeben zusammen mit den Keimlingen die **Kleie.** Sie wird als besonders wertvolles Viehfutter verwendet.

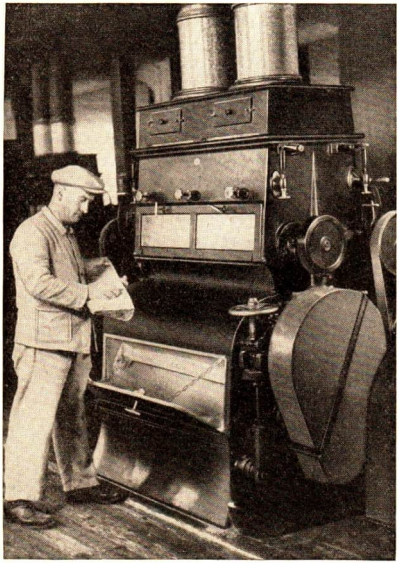


Abb. 155. In einer volkseigenen Großmühle. Walzenstuhl, in dem das Getreide gemahlen wird

Bei der *Vollkornmüllerei* wird das volle Korn mit Eiweißschicht und Keim vermahlen. Das Vollkornmehl ist daher dunkler, aber nährstoffreicher als das weiße, sogenannte *Auszugmehl*.

Aus Gerste werden durch Schälen und Polieren der Körner *Graupen*, aus Hafer durch Entspelzen, Dämpfen und Quetschen *Haferflocken* gewonnen. Reife Maiskörner werden zu *Maismehl* vermahlen.

Aus Gerste und Gerstenmalz stellt man in Brauereien *Bier*, aus Roggen in Brennereien *Kornbranntwein* her. Diese alkoholhaltigen Getränke sind jedoch keine Nahrungsmittel, sondern *Genußmittel*. Bei ihrem Abbau in der Leber entsteht lediglich *Wärme*, aber keine Energie für die Muskelarbeit.

Aufg. 1. Trockne 50 g Mehl bei einer Temperatur von etwa 100° C. Wiege es. Bestimme den Wassergehalt. — 2. Röste etwas Mehl in einem sauberen Tiegel, bis es braun geworden ist. Prüfe, ob das Röstmehl im Wasser löslich ist. — 3. Verrühre 5 g Bäckerhefe in 100 cm³ Wasser. Gib etwa 25 cm³ einer 30%igen Zuckerlösung (3 g Zucker auf 100 g Wasser) zu. Setze das Gefäß in ein 30° C warmes Wasserbad. Prüfe das entstehende Gas mit einer brennenden Kerze.

Abb. 156. Teigknetmaschine in einer volkseigenen Großbäckerei

Brot. Bevor die Menschen gelernt hatten, Brot zu backen, aßen sie die Körner roh oder weichten sie zu *Brei* ein. Dann formte man aus einem Teig von Mehl und Wasser flache *Fladen*. Diese wurden in der Sonne getrocknet. Später lernte man, sie in der heißen Asche des Herdfeuers oder auf heißen Steinen zu *backen*. Läßt man den Teig längere Zeit stehen, so wird er *sauer*. Die Kohlenhydrate des Mehles beginnen zu gären. Aus solchem Teig entsteht ein gelockertes Backwerk. Wir können annehmen, daß unsere Vorfahren schon früh begannen, mit Hilfe von saurem Teig Brot zu backen. Es ist haltbar und bekömmlich. Brot wird im allgemeinen aus Roggen- oder Weizenmehl (Roggen-, Weißbrot) oder aus Mischungen beider Mehlarten (Misch-

brot) hergestellt. Nicht alle Mehlarten lassen sich zu Brot verbacken. Dem Reis- und dem Maismehl fehlt der Kleber.

Die Güte des Brotes ist abhängig von der *Qualität des Mehles*, der *Zubereitung des Teiges*, seiner *Auflockerung* und dem *Backvorgang*. Das Mehl wird mit Wasser zu einem gleichmäßigen Teig geknetet (Abb. 156). Nach Bedarf setzt man ihm Zucker (für Kuchenbrot) und Kochsalz sowie Lockerungs- oder Treibmittel zu. Die Treibmittel (Hefe, Sauerteig, Backpulver) entwickeln im Teig Kohlendioxyd, das Blasen bildet und den Teig dadurch auflockert. Gleichzeitig werden beim Backprozeß die Stärkekörner aufgesprengt und chemisch umgewandelt. Dadurch wird das Gebäck leichter verdaulich. Wichtig für den Backvorgang ist der *Klebergehalt* des Mehles. Bei einer Temperatur von 60° C bis 70° C gerinnt der Kleber. Er hält den Teig zusammen und macht ihn bindig, so daß er von den Gasblasen des Treibmittels gleichmäßig gehoben und gelockert wird, ohne aufzureißen.

Aufg. Bringe 10 g frisches Brot in ein Reagenzglas. Wiege das Ganze. Bestimme den Gewichtsverlust nach sechsstündigem Trocknen.

Im Backofen herrschen Temperaturen zwischen 200° C und 300° C. Durch die Hitze wird die Stärke verkleistert und an der Brotoberfläche in *Dextrin* umgewandelt. Aus Dextrin besteht die braune Kruste des Brotes und aller anderen Backwaren. Beim Backen verlieren die Brote durch Wasserverlust knapp 10% des Teiggewichtes. Der Wassergehalt des Brotes beträgt 35 bis 40%.

Teigwaren (Nudeln, Makkaroni u. a.) bestehen aus kleberreichem Weizenmehlteig ohne Zusatz von Treibmitteln. Sie werden nicht gebacken, sondern getrocknet.

Kartoffel. Seit etwa 150 Jahren ist die Kartoffel neben dem Brot unser Hauptnahrungsmittel. Sie ist nahrhaft, kann vielseitig verwendet werden und enthält außer Stärke auch *Mineralstoffe*, etwas *Eiweiß* und *Vitamin C*. Da die Kartoffel gut lagerfähig ist, steht sie während des ganzen Jahres zur Verfügung.

Der Nährwert der Kartoffel beruht hauptsächlich auf ihrem hohen Gehalt an *Stärke* (Abb. 7a, S. 11). Kartoffeln werden nicht roh gegessen. Ihre Zellwandungen müssen erst durch Kochen zersprengt werden, damit unsere Verdauungssäfte die Stärke aufschließen können.

Aufg. Reibe eine Kartoffel. Laß den mit Wasser verdünnten Brei eine Zeitlang stehen. Beobachte.

Bei geriebenen Kartoffeln setzt sich am Boden Stärke ab. Sie ist in kaltem Wasser unlöslich. In heißem Wasser quillt sie auf und bildet dann einen Kleister. Werden geschälte Kartoffeln gekocht, so geht ein Teil der Mineralstoffe und des C-Vitamins in das Kochwasser über. Pellkartoffeln sind daher nahrhafter als Salzkartoffeln.

Reine Kartoffelstärke wird *Kartoffelmehl* genannt. Es dient zur Herstellung von Puddings, als Zusatz zu feinen Backwaren (Keks) sowie zum Stärken von Wäsche. In Spiritusbrennereien wird *Kartoffelspiritus* (Alkohol) gewonnen. Durch besondere Trocknungsverfahren können Kartoffeln zu Trockenkartoffeln, Kartoffelflocken und Kartoffelwalzmehl verarbeitet werden.

Ölpflanzen

Aufg. 1. Stecke ein Stück Hasel- oder Walnuß auf ein Drahtstück. Halte es in eine Flamme. Stelle den gleichen Versuch auch mit Raps- und Sonnenblumenkernen an. — 2. Zerquetsche verschiedene Samen mit einer Flachzange zwischen weißem Papier. Was zeigt sich auf dem Papier?

Die Samen der meisten einheimischen Wild- und Kulturpflanzen enthalten Fett. **Lein, Mohn, Raps, Rübsen** und **Sonnenblumen** werden angebaut, weil ihre Samen einen hohen Fettgehalt haben. Man bereitet aus ihnen Speiseöle, aus denen Margarine hergestellt werden kann. Auch die Zellen des Speichergewebes der **Wal-** und **Haselnüsse** sind mit Öltröpfchen angefüllt (Abb. 157), die durch Auspressen gewonnen werden.

Fettreicher als unsere einheimischen Ölpflanzen sind die Früchte und Samen mancher Pflanzen, die in tropischen und subtropischen Gegenden wachsen (z. B. Ölpalme, Kokospalme, Erdnuß, Ölbaum und Kakaobaum). Der Fruchtstand der **Ölpalme** (Abb. 158) besteht meist aus mehr als 1000 Früchten. Jede Frucht hat etwa die Größe einer Pflaume. Aus ihren Kernen gewinnt man das *Palmkernöl*, aus ihrem Fruchtfleisch *Palmöl*. Die Palmen sind schlanke Bäume, die oft eine Höhe von 25 m erreichen. Ihre Kronen werden von großen Fiederblättern gebildet.

Die Frucht der **Kokospalme** (Abb. 159), die Kokosnuß, besitzt fettreiches Fleisch (Kopra). Es enthält 50 % Kokosöl, das durch Auspressen gewonnen und zu Margarine und Speisefett verarbeitet wird.

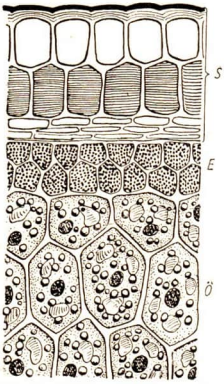


Abb. 157. Schnitt durch Walnußfrucht (etwa 280fach vergr.).
S Samenschale, *E* eiweißhaltige, *Ö* ölhaltige Zellen

Abb. 158. Fruchtstand der Ölpalme

Abb. 159. Aufgestapelte Kokosnüsse

Öl ist auch in dem Fleisch der 2 bis 3,5 cm großen Früchte des immergrünen **Ölbaumes** (Abb. 160), den **Oliven,** enthalten. Aus der **Erdnußpflanze** (Abb. 161) gewinnt man das *Erdnußöl.* Die Pflanze ist wie Bohne und Erbse ein Schmetterlingsblütler. Nach der Befruchtung streckt sich ihr Blütenstiel und krümmt sich nach unten. Die Spitze mit der jungen Frucht dringt einige Zentimeter tief in den Erdboden ein. Dort reift die Frucht (Länge 3 bis 4 cm). Bei der Ernte werden die einjährigen Pflanzen aus dem Boden gezogen und die Früchte geerntet. In den strohigen Hülsen sind meist zwei Kerne eingeschlossen. Sie sind von einer rotbraunen Samenschale umschlossen und enthalten das Öl.

Gemüse

Die meisten Gemüsearten enthalten wenig Eiweiß und Stärke, dagegen viel Wasser und Rohfaser (Zellulose). Trotzdem sind sie wegen ihres Reichtums an *Vitaminen* und *Mineralsalzen* eine wichtige Ergänzung zu unseren Hauptnahrungsmitteln. Durch ihren Wohlgeschmack wirken sie appetitanregend, durch ihren Gehalt an Zellulose verdauungfördernd. Wir unterscheiden folgende Gruppen:

Wurzelgemüse: Kohlrübe, Meerrettich, Mohrrübe, Radieschen, Rettich, Sellerie, Schwarzwurzel.

Abb. 160. Ölbaumzweig mit Früchten

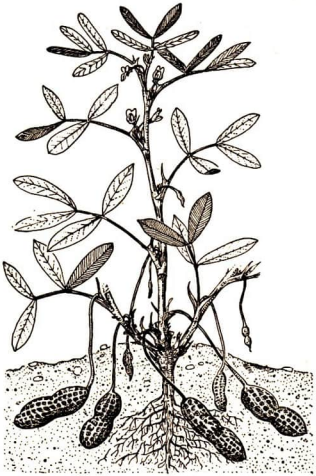


Abb. 161. Erdnußpflanze mit Früchten

Stengelgemüse: Kohlrabi, Spargel, Porree.

Blattgemüse: Wirsing-, Weiß-, Rot-, Grün-, Rosenkohl, Mangold, Spinat, Salate (Kopfsalat, Endivien, Kresse u. a.).

Blütengemüse: Blumenkohl.

Frucht- und Samengemüse: Gurken, Kürbis, Tomaten; Bohnen, Erbsen, Linsen.

Wichtig ist die richtige *Zubereitung* des Gemüses. Die wertvollen Bestandteile müssen möglichst erhalten bleiben. Es ist falsch, Gemüse in Salzwasser abzukochen. Bei langem Kochen oder Warmstellen gehen Vitamine und Nährstoffe verloren.

Alle Gemüse sollten deshalb gedämpft oder mit Fett gedünstet werden. Das Wasser kann für Suppen und Soßen verwendet werden. Vorteilhaft ist es, bestimmte Gemüsearten, z. B. Mohrrüben oder Salate, roh zu essen. Die Vitamine kommen dann dem Körper vollständig zugute.

Die **Hülsenfrüchte** (Erbsen, Bohnen, Linsen) nehmen unter dem Gemüse eine Sonderstellung ein. Sie stehen den tierischen Nahrungsmitteln durch ihren großen Reichtum an Eiweiß am nächsten. Das pflanzliche Eiweiß kann jedoch das tierische Eiweiß nicht voll ersetzen, da es anders zusammengesetzt ist.

Obst

Der erfrischende und appetitanregende Geschmack des Obstes wird durch den Gehalt an Zucker, Fruchtsäuren (Apfel-, Wein-, Zitronensäure) und Aromastoffen hervorgerufen. Da Obst außerdem Vitamine und Mineralsalze enthält, ist es eine wertvolle Zusatznahrung.

Grünes, unreifes Obst und manche reife Beerenfrüchte enthalten stark quellfähige Stoffe, die in warmem Wasser löslich sind. Man nennt sie *Pektine*. Durch diese Stoffe gelieren Obstsäfte. Besonders pektinreich sind die Schalen und Kerngehäuse (Johannisbeeren, Äpfel, Quitten). Obst soll nach Möglichkeit roh gegessen werden. Kernobst und Nüsse lassen sich bei sachgemäßer Lagerung längere Zeit aufbewahren. Alles Obst, das nicht sofort verbraucht oder gelagert werden kann, wird konserviert.

Besondere Bedeutung hat die Herstellung von *Marmelade* und *Gelee*. Ein weiterer Teil des Obstes wird gepreßt und zu *Fruchtsäften* (Apfelsaft, Himbeersaft) verarbeitet. Diese werden durch besondere Verfahren gegen Gärung geschützt. Eine wichtige Art der Obstverwertung ist die Herstellung von *Backobst* (Dörrobst). Dabei wird dem Obst durch Trocknen der größte Teil des Wassergehaltes entzogen.

Zuckerpflanzen

Abb. 162. Zuckerrohrpflanzen

In früheren Zeiten kannte man zum Süßen von Speisen nur *Bienenhonig*. Im Bienenhonig ist **Traubenzucker** enthalten, der auch in vielen Früchten vorkommt. Wir verwenden heute zum Süßen den Zucker aus der Zuckerrübe oder aus dem Zuckerrohr, den **Rohrzucker.** Er steht uns in weitaus größerer Menge zur Verfügung. In kleineren Mengen findet sich Zucker auch in Wurzeln und Stengeln vieler anderer Pflanzen (z. B. in Ahorn, Mais, Mohrrüben).

Die Heimat des *Zuckerrohrs* ist Ostindien. Aus seinem ausdauernden Wurzelstock wachsen zahlreiche schilfartige Stengel, die bis 5 m hoch werden (Abb. 162). Ihr Mark ist reich an Zucker.

In Europa wurde der *Rohrzucker* erst zur Zeit der Kreuzzüge bekannt. Spanier und Portugiesen brachten das Zuckerrohr im Zeitalter der Entdeckungen nach Amerika. Dort wird es seit dieser Zeit in großen Plantagen angebaut. Im Jahre 1747 gelang es dem Berliner

Apotheker Marggraf, aus Rüben Zucker zu gewinnen. Sein Schüler Achard stellte *Rübenzucker* in größeren Mengen aus selbstgezüchteten Rüben her. Durch planmäßige Züchtung stieg der Zuckergehalt der Zukkerrüben seither von 8 % auf etwa 20 %.

Zucker ist nicht nur ein Genußmittel, sondern vor allem ein *wertvoller Nährstoff* (s. S. 90). Er tritt infolge seiner leichten Löslichkeit schneller als andere Kohlenhydrate ins Blut über.

Aus Zucker stellt man unter Zusatz von Geschmacksstoffen in einem besonderen Verfahren *Kunsthonig* her. Er ist also ein Zuckererzeugnis und enthält keinen künstlichen Süßstoff.

Abb. 163. Zuckerrübenernte

b) Gewürze und Genußmittel

Manche wertvollen Nahrungsmittel, z. B. Mehl oder Kartoffeln, schmecken fade, wenn sie nicht gewürzt sind. Man fügt den Speisen außer Salz oft noch besondere *Gewürze* zu, die appetit- und verdauunganregend wirken. Gewürze sind meist pflanzlichen Ursprungs. Einheimische Gewürze sind: Zwiebel, Petersilie, Schnittlauch, Kümmel, Senf, Majoran, Dill, Bohnen- und Gurkenkraut. In tropischen Gegenden wachsen: Vanille, Pfeffer, Muskat, Nelken und Zimt.

Die *Genußmittel* besitzen im allgemeinen keinen Nährwert. Sie werden gegessen, weil sie wohlschmeckend und anregend sind. Die Grenze zwischen Nahrungs- und Genußmittel ist nicht immer scharf zu ziehen (z. B. beim Kakao).

Kaffee und Tee. Kaffeebohnen sind die Samen des immergrünen tropischen *Kaffeestrauches* (Abb. 164 u. 165), Tee die jungen Blätter des in Asien beheimateten *Teestrauches* (Abb. 166). Beide sind erst in der Neuzeit in Europa bekannt geworden. Sie enthalten anregend wirkende Stoffe, das *Koffein* bzw. *Tein*. Bei übermäßiger Aufnahme dieser Stoffe treten Störungen des Kreislaufs und des Nervensystems auf.

Genußmittel sind auch die *alkoholischen Getränke:* Bier, Wein, Schnaps u. a. Ihr häufiger und starker Genuß wirkt auf verschiedene Organe schädlich und setzt die Arbeitsleistung herab.

Abb. 164. Kaffeestrauch blühend

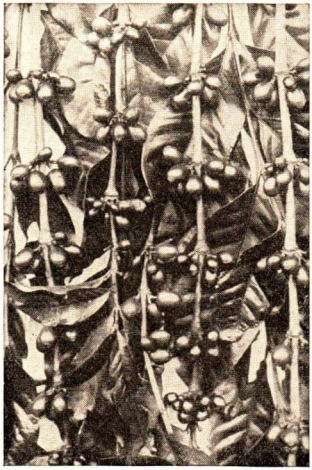


Abb. 165. Kaffeestrauch mit Früchten

Abb. 166. Tee-Ernte in der Grusinischen SSR

Abb. 167. Zweige des Kakaobaumes mit Früchten, links Kakaoschote (Längsschnitt)

Der **Kakao** ist ein aus der Kakaobohne gewonnenes Pulver. Der in den Tropen angebaute *Kakaobaum* (Abb. 167) hat etwa die Größe unserer Obstbäume. Er trägt zur Erntezeit unmittelbar am Stamm und an den unteren Ästen in Stammnähe etwa 20 cm lange gurkenförmige Früchte, die fünf Reihen Samen enthalten, die Kakaobohnen. Sie werden zu Kakaopulver verarbeitet.

Durch das Rauchen von **Tabak** werden dem menschlichen Körper Gifte *(Nikotin)* zugeführt, die ihm erheblichen Schaden zufügen können. Die Folgen sind oft Kopfschmerzen, Herzschwäche und Verdauungsstörungen.

Aufg. Laß Senfsamen auf zwei Stücken locker gewebtem, feucht gehaltenem Stoff keimen. Spanne die Stoffstücke mit den gekeimten Samen über die Öffnungen von zwei kleinen Einweckgläsern, die fast bis an die Spitzen der noch kurzen Sämlingswurzeln heran mit Wasser gefüllt sind. Stülpe je ein größeres Glas über die beiden so vorbereiteten Gläser. Unter das eine Glas laß von einem Erwachsenen vorher mehrmals Zigaretten- oder Zigarrenrauch einblasen. Die beiden Gläser dürfen nicht wieder abgehoben oder bewegt werden. Prüfe, wie die Pflänzchen in den nächsten Tagen weiterwachsen. Was folgt daraus?

c) Nahrungsmittel aus dem Tierreich

Fleisch. Die erste Stelle unter den tierischen Nahrungsmitteln nimmt das *Fleisch* ein. Als Fleisch bezeichnen wir das Muskelgewebe von warmblütigen Tieren sowie von Fischen, Krebsen und Muscheln. In gekochtem Fleisch erkennen wir viele Faserbündel. Sie bestehen aus einer großen Zahl von Muskelfasern. In rohem Fleisch können wir die Muskelfasern nicht erkennen, weil sie durch feine Häute aus leimartigen Stoffen miteinander verklebt sind. Beim Kochen lösen sich diese Stoffe auf, die Muskelfasern werden frei. Dadurch wird das Fleisch mürbe. Die Farbe des Fleisches ist sehr verschieden. Hasenfleisch ist z. B. dunkelrot, Schweinefleisch hellrot, Gänsefleisch rötlich-weiß. Manche Teile des Muskelfleisches sind von hellem Fettgewebe durchsetzt.

Der Nährwert des Fleisches beruht vor allem auf seinem Gehalt an **Eiweiß**. Es enthält im Gegensatz zum Eiweiß der Pflanzen alle Bestandteile, aus denen sich

das menschliche Eiweiß aufbaut. Fleisch wird selten roh gegessen, sondern auf verschiedene Weise zubereitet (Kochen, Braten, Dämpfen). Beim Kochen schrumpft das Fleisch zusammen und gibt einen wässerigen Saft (Extrakt) ab. Dieser Extrakt enthält lösliche Eiweißstoffe und Mineralsalze. Gekochtes Fleisch ist also nährstoffärmer. Das beim Kochen in die Fleischbrühe übergegangene Eiweiß gerinnt. Es bildet an der Oberfläche der Brühe eine grauweiße, schaumige Masse. Diese Masse hat einen hohen Nährwert. Wird das rohe Fleisch in kochendes Wasser oder zum Anbraten in siedendes Fett gebracht, so gerinnt das Eiweiß an der Oberfläche des Fleisches sofort. Es bildet eine für den Fleischsaft schwer durchlässige Schicht. Bei dieser Art des Kochens verliert das Fleisch nur wenig Saft und Eiweiß, es bleibt also saftig und nährstoffreich.

Fleisch von *Geflügel* und *Wild* ist mit wenigen Ausnahmen fettarm. *Kalbfleisch* enthält viel Wasser, quillt beim Kochen ausnehmend stark auf und ist deshalb leicht verdaulich. Das fettreichste Fleisch haben Gänse und Schweine.

Aufg. Wiege Fleischstücke vor und nach dem Kochen oder Braten. Drücke den Gewichtsverlust in Prozenten aus.

Die inneren Organe (Innereien) der Schlachttiere werden bei der Herstellung von *Wurst* verwertet. Die verschiedenen Wurstsorten enthalten außerdem Fett und Muskelfleisch sowie besondere Gewürze. Manche enthalten auch Blut (Blutwurst). Man hat errechnet, daß vor dem Kriege (1936) je Kopf der Bevölkerung in Deutschland jährlich 46,8 kg Fleisch verbraucht wurden. In unserem Fünfjahrplan wird unser Viehbestand so vergrößert werden, daß die Fleischversorgung im Laufe der nächsten Jahre ständig verbessert wird. Vom Jahre 1955 ab werden je Kopf der Bevölkerung jährlich 50,4 kg Fleisch, also mehr als in der Vorkriegszeit, zur Verfügung stehen.

Fische. Fische sind ein wertvolles Nahrungsmittel. Ihr Fleisch ist eiweißreich wie das der Warmblüter. Es ist leichter verdaulich, weil die Muskelbündel weniger von Bindegewebe eingehüllt sind. Fischfleisch enthält im allgemeinen keinen Blutfarbstoff. Es ist daher meist weiß. Der Fettgehalt der Fische ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden. Er ist auch von der Jahreszeit abhängig. Besonders fettreich sind Aal, Hering, Lachs, Karpfen und Schleie. Die Seefische werden auf hoher See gefangen (Hochseefischerei, Abb. 168). Bis 1955 bauen wir im Rahmen des Fünfjahrplanes 78 Hochseefischdampfer, dazu über 1500 kleinere Fahrzeuge. Alle diese Fahrzeuge sind mit den modernsten Fangeinrichtungen ausgerüstet. Zur Verarbeitung der Fänge werden zwei große Werke (Fischkombinate) errichtet. Dort bereitet man die Fische zum Versand vor, salzt sie ein und räuchert sie. Auch Fischkonserven werden dort hergestellt. Im Jahre 1955 werden diese Kombinate 170000 Tonnen Seefische verarbeiten. Die Versorgung der Bevölkerung der Deutschen Demokratischen Republik mit Seefischen wird dadurch auf eine so breite Grundlage gestellt wie nie zuvor.

Unter den Seefischen nehmen die heringsartigen Fische (Hering, Sprotte, Sardine) eine besondere Stelle ein. Sie haben einen sehr hohen Fett- und Vitamingehalt. *Grüne Heringe* sind frisch gefangene und ungesalzene Fische. Bei *Matjesheringen*

Abb. 168. Auf einem Hochseefischkutter

sind Rogen bzw. Milch noch nicht ausgebildet, sie sind besonders fett und werden nur wenig eingesalzen. *Salzheringe* sind dagegen stark gesalzen. *Bücklinge* sind schwach gesalzene und geräucherte Heringe. Man kann Heringe auch in Essig einlegen und in verschiedenster Weise zu Konserven verarbeiten: Rollmops, Brathering, Hering in Gelee.

Weitere Seefische, die unserer Ernährung dienen, sind *Dorsch, Schellfisch, Scholle* und andere Plattfische. Die bekanntesten Süßwasserfische sind *Forelle, Lachs, Karpfen, Schleie, Aal, Hecht, Zander* und *Barsch.*

Zubereitung. Fische sind unverarbeitet nur kurze Zeit haltbar. Beim Kochen wird das Fischfleisch schnell ausgelaugt, so daß erhebliche Verluste an Nähr- und Geschmacksstoffen sowie Vitaminen eintreten. Fische werden daher am besten gedünstet, gedämpft oder gebraten.

Konservierung. Will man Fischfleisch längere Zeit aufbewahren, so kann man es in Essig einlegen (marinieren), trocknen (Klipp- oder Stockfisch), einsalzen (Matjes- oder Salzhering), räuchern (Bückling, Flunder, Aal u. a.) oder in Öl einlegen (Sardinen u. a.).

Tierische Fette. Die im Tierkörper vorhandenen Fette dienen dem Kälteschutz und der Speicherung von Energie. Von allen Nahrungsmitteln liefern die Fette die meisten Kalorien. Tierische Fette sind: Butter, Schmalz, Talg, Tran und Speck.

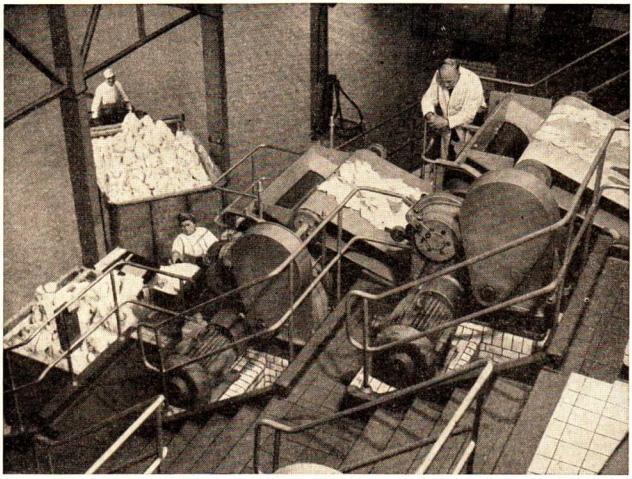


Abb. 169. In einem Margarinewerk. Die gehärtete Margarinemasse läuft durch mehrere Walzen

Butter ist das bekömmlichste tierische Fett. Sie enthält etwa 82% Fett, etwa 18% Wasser und Salz. Ihr Gehalt an Vitaminen A und D ist höher als bei anderen Fetten, aber von der Art des Futters abhängig. Er erreicht zur Zeit des sommerlichen Weideganges der Milchtiere den Höchstwert. In dieser Zeit wird die gelbe Farbe der Sommer- oder Grasbutter durch den im Futter vorhandenen Farbstoff (Möhrenfarbstoff oder Karotin) verursacht.

Das ausgeschmolzene Speicherfett (Darm- und Organfett, Bauch- und Rückenspeck) des Schweines ergibt das *Schweineschmalz*. Es ist haltbarer als Butter. Das ausgelassene Fett von Rindern und Hammeln bezeichnet man als *Talg*. Talg ist eine bröcklige, nicht streichbare weiße oder gelbliche Masse. Er wird als Back- oder Bratfett sowie zur Margarineherstellung verwendet. Das flüssige Fett von Fischen und Walen heißt *Tran* (Lebertran, Waltran).

Aus tierischen und pflanzlichen Fetten (Rindertalg, Schweineschmalz, Waltran und Pflanzenölen) stellt man *Margarine* her (Abb. 169). Die gereinigten Einzelbestandteile kommen nach einer Vorbehandlung in die Kirnmaschine. Hier werden sie bei 32° C bis 35° C mit pasteurisierter und gesäuerter Milch, Salz, Aromastoffen und Farbstoffen zu einer gleichmäßigen Masse verarbeitet („gekirnt"). Nach dem Festwerden, Walzen und Formen enthält die Margarine, wie die Butter, höchstens 18% Wasser.

Lagerung. Fette verderben an der Luft, sie müssen deshalb kühl, trocken und dunkel, möglichst unter Luftabschluß, gelagert werden.

Milch und Milchprodukte. *Milch* ist die Nahrung aller neugeborenen Säugetiere. Sie entsteht in den *Milchdrüsen* der Muttertiere. Die Milchdrüsen erzeugen bei Wildtieren nur so lange Milch, wie die Jungtiere sie benötigen. Bei den Haustieren hat es der Mensch durch Züchtung verstanden, die Zeit des Milchgebens zu verlängern und die Milchmenge mehr und mehr zu erhöhen (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 131). Der Milchertrag unserer Haustiere wird durch planmäßige Züchtung immer weiter gesteigert. Während im Jahre 1950 der durchschnittliche Jahresmilchertrag je Kuh 2300 kg betrug, wird er am Ende des Fünfjahrplanes 2650 kg betragen.

Aufg. Laß 100 cm³ frische Milch in einem Meßglas über Nacht an einem kühlen Ort stehen. Beobachte.

Milch ist ein hochwertiges Nahrungsmittel. Sie enthält in leicht verdaulicher Form alle Nährstoffe und Vitamine, die der neugeborene Organismus zu seinem Aufbau benötigt. Außerdem sind etwa 3,5 % Fett in sehr kleinen Tropfen verteilt in der Milch enthalten. Die größeren Fettkügelchen scheiden sich beim Stehen frisch gemolkener Milch als gelblicher Rahm oder *Sahne* ab. In der Milch sind zwei Gruppen von Eiweißstoffen nachweisbar: das *Käseeiweiß* (Kasein) und das *Milcheiweiß*. Das Kasein setzt sich, wenn die Milch gerinnt, am Boden der Gefäße ab. Die Milch gerinnt durch die Tätigkeit von Bakterien. Man kann die Gerinnung auch durch Säuren (Essig) oder ein Ferment, das aus der Magenwand von Kälbern gewonnen wird (Lab), herbeiführen. Milcheiweißstoffe gerinnen während des Kochvorganges. Sie bilden die sogenannte Milchhaut und auch die „Milchpusteln" am Boden des Milchkochtopfes.

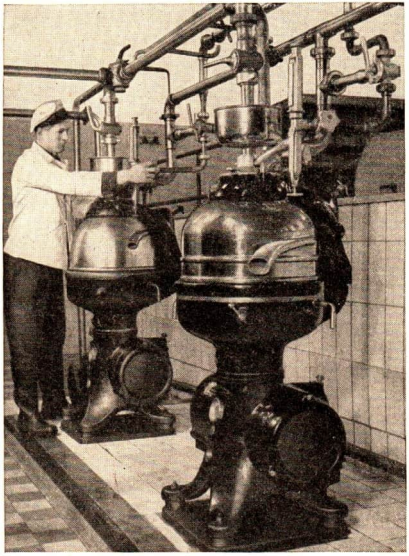


Abb. 170. Zentrifugen in einer Bezirksmilchverwertungsstelle

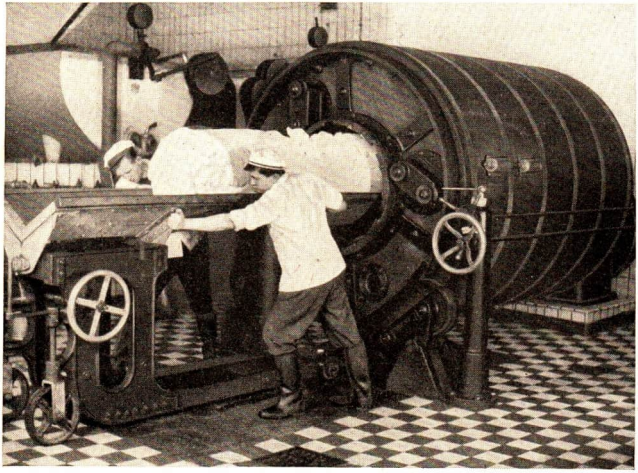


Abb. 171. Buttermaschine, der die frische Butter entnommen wird

In gekochter Milch sind die Milchsäurebakterien abgetötet. Trotzdem gerinnt die Milch bei längerem Stehen durch die Tätigkeit anderer, hitzebeständiger Bakterien (z. B. Buttersäurebakterien).

Milch kann auch haltbar gemacht werden. Zur Herstellung von *kondensierter Milch* läßt man das in der Milch enthaltene Wasser zum Teil verdampfen.

Milchprodukte. In den *Molkereien* wird die Milch zunächst auf Frische und Fettgehalt untersucht. Dann wird sie durch Filtern von Schmutzbestandteilen gereinigt. Durch kurzes Erhitzen auf 71° C bis 74° C (Pasteurisieren) werden die Bakterien getötet. Die Milch wird nun auf 1° C bis 3° C abgekühlt. Ein Teil der Vollmilch wird in großen Zentrifugen (Schleudern) in kurzer Zeit entrahmt (Abb. 170). Die zurückbleibende Magermilch enthält noch die gesamten Nährstoffe der Milch mit Ausnahme des Milchfettes und der darin gelösten Vitamine A und D. Das Milchfett ist bis auf kleinere Reste in den Rahm übergegangen. Der Rahm wird in anderen Maschinen geschüttelt und gestoßen, so daß die Fetttröpfchen zusammenfließen und Butterklümpchen bilden. Die Butterflocken werden abgeschöpft. Aus 28 l Vollmilch mit 3 % Fettgehalt wird etwa 1 kg Butter gewonnen. Es bleibt die Buttermilch zurück.

In Käsefabriken oder Käsereien wird die Milch zu Käse verarbeitet. Das Kasein wird durch Labzusatz zur Gerinnung gebracht. Durch Impfung des so entstandenen

Quarks mit verschiedenen Schimmelpilzarten gewinnt man aus Mager- und Vollmilch die verschiedenen Käsesorten. Die Käsemasse wird gewürzt, gepreßt, geformt und einer Reifung unterworfen. Die Reifung des Käses beginnt mit der Vergärung des Milchzuckers der Käsemasse. Aus Vollmilch gewinnt man Fett-, aus Magermilch Magerkäse. Den Rückstand der Milch bei der Käsegewinnung nennt man *Molke*. Sie besteht vornehmlich aus Wasser, Milchzucker und Milcheiweiß.

Eier. Wie die Milch enthalten auch die Eier alle Stoffe, die für die Entwicklung eines jungen Lebewesens notwendig sind. Als Nahrungsmittel sind die Eier verschiedener Vögel geeignet. An erster Stelle stehen die *Hühnereier*. Weniger Bedeutung haben *Gänse-* und *Enteneier*, die zwar größer und schwerer sind, aber in geringerer Zahl zur Verfügung stehen. Enteneier enthalten manchmal Krankheitserreger. Sie dürfen deshalb nur nach einer Kochzeit von mindestens 8 Minuten verwendet werden. Dann sind die Krankheitserreger abgetötet.

Das Innere des Eies ist in *Eiweiß* und in *Eigelb* oder *Dotter* gesondert. Nach dem Eiweiß werden alle chemisch ähnlichen Stoffe Eiweißstoffe genannt. Es ist ein hochwertiges Nahrungseiweiß (s. S. 92). Auch der Dotter enthält Eiweiß, dazu noch Fett sowie die Vitamine A, B und D. Eier haben einen hohen Sättigungswert. Sie erhöhen den Nährwert und verbessern den Geschmack vieler Speisen. Frische Eier sind nur eine bestimmte Zeit haltbar, da durch die Poren der Schale Bakterien eindringen und den Eiinhalt zersetzen. Das Eiweiß wird dünnflüssiger und der Dotter dunkler. Verdorbene Eier zeigen beim Durchleuchten dunkle Flecke und dürfen nicht mehr verbraucht werden.

Im Kühlhaus können Eier bei einer Temperatur von 0° C ohne Schaden länger als ein Jahr gelagert werden. Man kann Eier auch durch Einlegen in Kalkwasser, Wasserglaslösung oder Garantol etwa ein Jahr aufheben. Dabei werden die Poren der Kalkschale verschlossen, so daß keine Bakterien in das Ei eindringen können.

II. Pflanzliche und tierische Rohstoffe

Viele Dinge in unserer Umgebung sind aus Metall, Leder, Holz, Wolle, Baumwolle u. a. angefertigt. Alle diese Stoffe finden sich in der Natur in rohem Zustande. Man nennt sie deshalb **Rohstoffe.** Ein Teil der Rohstoffe ist pflanzlicher oder tierischer Herkunft. Sie sind oder waren Teile lebender Organismen und werden deshalb als **organische Rohstoffe** bezeichnet (Holz, Leder, Wolle). Andere, wie Eisen, Kupfer, Blei usw., also alle Metalle und die Steine und Erden, sind **mineralische, anorganische Rohstoffe.**

Die Rohstoffe werden industriell bearbeitet und veredelt. So wird z. B. Holz geschnitten; Wolle und Baumwolle werden gesponnen und verwebt.

a) Holz

Einer der wichtigsten organischen Rohstoffe ist das Holz. Es besteht zum großen Teil aus **Zellstoff** *(Zellulose)* und **Holzstoff** *(Lignin)*.

Holz ist im allgemeinen *fest* und *widerstandsfähig*. Es ist ein schlechter Wärmeleiter. Trotz seiner Härte läßt es sich *leicht* mit geeigneten Werkzeugen *bearbeiten*. Je nach der Holzart ist es mehr oder weniger biegsam. Die Farben der verschiedenen Holzarten liegen zwischen gelblichem Weiß und Schwarz.

Bei der Verarbeitung des Holzes muß sein hoher *Gehalt an Wasser* berücksichtigt werden. Frisch geschlagenes Holz der Rotbuche enthält z. B. 37 % Wasser. Darum wird es vor der Verarbeitung durch langes Lagern getrocknet. Beim *Trocknen* zieht es sich zusammen, es „schwindet". Das Holz enthält dann noch etwa 10 bis 12 % Wasser. Bei feuchter Luft nimmt es wieder Wasser auf und dehnt sich dadurch wieder aus, es „arbeitet" (Werfen und Verziehen des Holzes). Holz ist gegen ständige Feuchtigkeit empfindlich, es fault leicht. Dagegen schützt man es durch Anstreichen mit Ölfarbe, oberflächliches Ankohlen oder durch Bestreichen mit fäulnisverhindernden Stoffen (Karbolineum).

Kein anderer organischer Rohstoff übertrifft das Holz in der vielfältigen Möglichkeit seiner Verwendung. Man braucht es in der *Bau-* und *Möbeltischlerei* (Stangen, Balken, Bretter), für *Telegraphenstangen* und *Eisenbahnschwellen*, im *Bergbau* (Grubenholz) und beim *Schiffbau*. Außerdem werden viele *Gegenstände des täglichen Bedarfs* (Haushaltgegenstände, Werkzeuge, Spielzeug) aus Holz hergestellt. Manche Gewerbe- und Industriezweige können nur bestimmte Holzarten verwenden. Beim *Bauholz* kommt es auf geraden Wuchs, Astarmut und Dauerhaftigkeit an. Daher werden im Hoch- und Tiefbau Nadelhölzer und Eichenholz bevorzugt. *Stellmacherholz* muß elastisch und zäh sein (Ulme, Esche, Birke). Als *Möbelholz* verwendet man meist hartes Holz, das schön gemasert ist (Nußbaum, Kirschbaum, Ahorn). *Schnitzholz* muß weich und leicht sein (Linde, Erle).

Holz ist auch der Ausgangsstoff für verschiedene Industriezweige. Zu feinen Faserstücken zerkleinert, ergibt es als *Holzschliff* die Grundlage für die Herstellung von *Papier*. Durch Kochen von Holzschliff mit bestimmten Chemikalien gewinnt man *Zellulose*. Sie ist das Grundmaterial für viele wertvolle Werkstoffe (Zellwolle, Kunstseide, Zellglas, Zelluloid, Lacke u. a.). Durch besondere chemische Behandlung gewinnt man aus Zellulose *Holzzucker*, der in der Technik verwendet wird.

Von dem gesamten *Nutzholzverbrauch* in Deutschland entfallen auf

Bauwesen	51 %	Papierherstellung	15 %
Bergbau	17 %	Möbel usw.	17 %

In den kapitalistischen Ländern, in Deutschland insbesondere vor und während des zweiten Weltkrieges, wurde viel Wald planlos abgeholzt. Deshalb sieht unser Fünfjahrplan eine Senkung des Holzeinschlags und eine *Aufforstung* vor. In den Jahren 1951 bis 1955 werden 300000 ha Fläche aufgeforstet, und zwar, soweit es möglich ist, mit schnell wachsenden Holzarten (Pappel).

b) Kautschuk

Zu den wichtigsten Rohstoffen gehört der **Kautschuk.** Aus ihm wird *Gummi* hergestellt. Im Jahre 1840 betrug die Weltproduktion etwa 400 t, im Jahre 1900 etwa 50000 t, 1925 etwa 500000 t und 1937 etwa 1100000 t.
Kautschuk ist der eingedickte *Milchsaft* verschiedener tropischer Pflanzen. Mehrere dieser Pflanzen gehören zu der Familie der *Wolfsmilchgewächse.* Auch unsere einheimischen Wolfsmilchgewächse enthalten Kautschuk, kommen aber für die industrielle Verarbeitung nicht in Betracht.
Die wichtigste Kautschukpflanze ist der **Brasilianische Hevea-** oder **Kautschukbaum,** der bis zu 30 m hoch wird. Er ist im regenreichen Urwaldgebiet des Amazonenstromes beheimatet. Lange Zeit war Brasilien das einzige Land, in dem Kautschuk gewonnen wurde. Später wurden Sämlinge des Kautschukbaumes auch in andere tropische Regengebiete (Indonesien) verpflanzt. Dort haben sich die Bäume in großen Pflanzungen (Plantagen) gut entwickelt. Der in diesen Gebieten gewonnene Kautschuk übertrifft an Güte den brasilianischen Kautschuk.

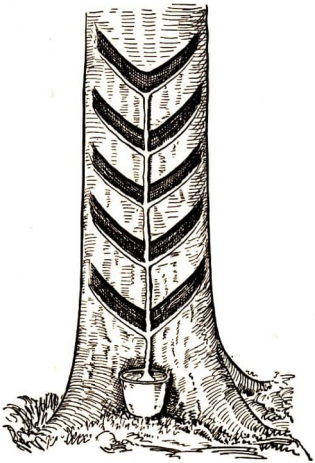


Abb. 172.
Kerbung am Stamm des Gummibaums zur Kautschukgewinnung

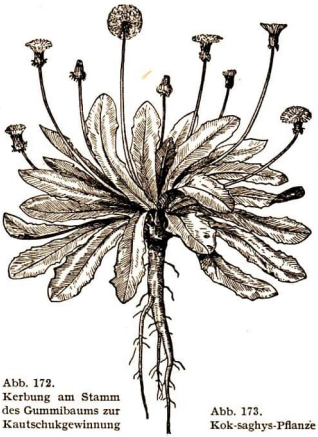


Abb. 173.
Kok-saghys-Pflanze

Man gewinnt Kautschuk, indem man in die Rinde des Kautschukbaumes v-förmige Rillen schneidet. Aus diesen Rillen tropft der Milchsaft in Sammelgefäße (Abb. 172). Im Milchsaft ist der Kautschuk in feinen Flöckchen enthalten. Er setzt sich, wie der Rahm auf der Milch, an der Oberfläche ab. Der Kautschuk wird abgeschöpft, gewalzt und getrocknet. In großen, 3 m langen Stücken wird er dann der weiteren Verarbeitung zugeführt.

Rohkautschuk wird in der Wärme klebrig und läßt sich technisch schlecht verwerten. Um elastischen Gummi zu erhalten, behandelt man ihn mit Schwefel (Vulkanisieren).

Den sowjetischen Wissenschaftlern ist es gelungen, im eigenen Land Naturkautschuk zu gewinnen. Aus Amerika eingeführte Kautschukbäume gediehen nur in einigen sehr warmen und feuchten Landstrichen. Die sowjetischen Forscher untersuchten nun einheimische Pflanzen mit kautschukhaltigem Milchsaft. Sie fanden in den Gebirgen Zentralasiens zwei Pflanzen, deren Wurzeln besonders viel Kautschuk in ihrem Milchsaft enthalten: eine Verwandte des Löwenzahns (**Kok-saghys,** Abb. 173) und eine Schwarzwurzelart (**Tau-saghys**). Durch planvolle Züchtung wurde der Kautschukgehalt der Wurzeln außerordentlich gesteigert. Heute werden diese Pflanzen auf weiten Gebieten in Transkaukasien und in den Gebieten zwischen Dnepr und Wolga angebaut.

Man stellt Kautschuk auch künstlich (synthetisch) her. Dieses Produkt nennt man **Buna.**

Aus Gummi wird eine Fülle von Gegenständen hergestellt: Gummireifen und -schläuche für Fahrzeuge, Isoliermittel für elektrische Leitungen, Radiergummi u. a. Deshalb sieht unser Fünfjahrplan eine Steigerung der Produktion von Buna auf 159 % der jetzigen Erzeugung vor.

c) Leder

Auch die tierische Haut ist ein Rohstoff. In frischem und feuchtem Zustand sind Tierfelle weich und geschmeidig, nach dem Trocknen jedoch hart. Hält man sie feucht, so faulen sie. Deshalb *gerbt* man die Häute, um sie geschmeidig und gleichzeitig haltbar zu machen. Durch das Gerben wird aus der rohen Haut *Leder*.

Die tierische Haut besteht aus drei Schichten: Oberhaut, Lederhaut und Unterhaut. Für die Lederherstellung werden Ober- und Unterhaut entfernt. Nur die *Lederhaut* wird verwendet (Abb. 174). Sie wird von einem dichten Flechtwerk von Fasern gebildet. An jedem Leder können wir auf der *Narbenseite* die Ansatzstellen der Haare als Narben erkennen. Die *Fleischseite* ist rauh und faserig. Aus den Häuten der Wirbeltiere kann Leder hergestellt werden. Meistens verwendet man die Haut von Säugetieren, seltener Krokodil- und Schlangenhaut, gelegentlich auch Fischhaut.

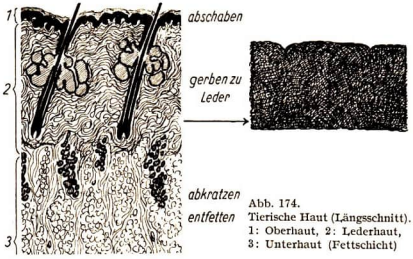


Abb. 174.
Tierische Haut (Längsschnitt).
1: Oberhaut, 2: Lederhaut,
3: Unterhaut (Fettschicht)

Gerbstoffe. Zum Gerben der Haut benutzt man mineralische, pflanzliche oder auch tierische Stoffe (z. B. Lohe, das ist zerriebene Eichenrinde; Chromsalze u. a.). In letzter Zeit gewinnen die künstlichen Gerbstoffe an Bedeutung, da sie die natürlichen vollwertig ersetzen. Die verschiedenen Gerbstoffe ergeben unterschiedliches Leder (Chromleder, lohgares Leder, Weißleder).
Leder wird in vielen Industriezweigen verwendet. Den größten Bedarf an Leder hat die *Schuhfabrikation*. Hier wird in erster Linie Rind-, Kalb-, seltener auch Roßleder verwendet. Die Herstellung von Schuhen wird während unseres Fünfjahrplanes beträchtlich gesteigert. Im Jahre 1955 werden 21 Millionen Paar Schuhe angefertigt werden, das sind 262 % der Produktion von 1950.

d) Farbstoffe

Schon im Altertum haben die Menschen bestimmte Gewebe gefärbt. Die damals benutzten Farbstoffe wurden überwiegend aus Pflanzen oder Tieren hergestellt. Zu den Farbpflanzen gehörten u. a. die blau färbende *Waidpflanze*, die rot färbende *Krappwurzel* und die blau färbende *Lackmusflechte*, deren Farbstoff noch heute in der Elektrotechnik und in der Chemie verwendet wird. Von Tieren stammen zwei Farbstoffe: ein scharlachroter von der *Cochenille-Schildlaus* und ein purpurroter von der *Purpurschnecke*. Später wurde aus Indien der Indigo eingeführt, ein dunkelblauer Farbstoff, der aus einem Schmetterlingsblütler gewonnen wurde (Abb. 175). Er ersetzte den Waid und war lange Zeit der wichtigste Farbstoff.
Um die Mitte des 19. Jahrhunderts gelang es den Wissenschaftlern, Indigo und viele andere Farbstoffe aus Steinkohlenteer herzustellen. Die Zahl der künstlichen Farbstoffe übertrifft bei weitem die Zahl der Farbstoffe, die aus Pflanzen oder Tieren hergestellt wurde. Besonders wichtig sind die sogenannten *Indanthrene*, das sind Farbstoffe, die licht- und waschecht sind. In fast allen Ländern werden heute *synthetische Farbstoffe* industriell hergestellt, die natürlichen Farbstoffe haben ihre Bedeutung verloren.

Abb. 175. Zweig eines Indigostrauches

e) Faserstoffe

Schon früh lernten die Menschen, *Fasern* zu Fäden zusammenzuspinnen und diese Fäden zu *Geweben* zu vereinigen. Aus den Geweben werden Kleidungsstücke und Gebrauchsgegenstände hergestellt. Fasern sind dünn, biegsam und zäh. Sie können *tierischer* oder *pflanzlicher Herkunft* sein.

Abb. 176. Schafschur

Tierischer Herkunft sind **Wolle** und **Seide**, *pflanzlicher Herkunft* vor allem **Flachs, Nessel, Hanf** und **Baumwolle.** In den letzten Jahrzehnten ist es der Wissenschaft gelungen, künstliche Fasern herzustellen **(Kunstseide, Zellwolle, Milchwolle, Perlon).** Sie werden durch besondere *chemische Behandlung* aus anderen organischen Rohstoffen gewonnen.

Wolle. Wolle ist einer der ältesten Textilrohstoffe. Das Ausgangsmaterial sind tierische Haare, die sich infolge ihrer Länge und ihrer Feinheit zum Verspinnen eignen. Man gewinnt Wolle meist von Schafen, aber auch von einigen Ziegen- und Kaninchenarten sowie von Kamelen.

Schafe werden gewöhnlich einmal im Jahre geschoren (Abb. 176). Von einem Schaf erhält man je nach der Schafrasse 3,5 bis 6 kg Wolle. Bei der Schur sind die Haare durch Fett und Schmutz miteinander verklebt. Die Wolle wird sortiert und gewaschen, dabei verringert sich das Gewicht beträchtlich (etwa um 60 %). Nach dem Waschen ist sie aufgelöckert und meist von gelblicher Farbe. Feine Wolle ist besser zu verarbeiten als harte Wolle. Wert und Brauchbarkeit der Wolle werden außerdem bestimmt durch Glanz, Kräuselung, Länge und Elastizität der Haare.

Die aufgelockerte Wolle wird gekrempelt, d. h. die wirr durcheinanderliegenden Fasern werden in einer Maschine von vielen Drahthäkchen erfaßt und geordnet. So entsteht ein hauchdünner Flor, in dem die Fasern ziemlich gleichlaufend liegen. Schließlich werden durch das *Kämmen* die langen Fasern von den kurzen getrennt. Aus den langen Fasern werden feine Tuche (Kammgarn), aus den kurzen weniger gute Tuche (Streichgarn) hergestellt. Bis 1955 wird in der Deutschen Demokratischen Republik die Herstellung von Geweben aus Wolle auf 308 % gesteigert werden.

Seide. Seide ist ein sehr feines Gespinst aus den Fäden der Kokons des *Maulbeerspinners.* In China wird die Seidenraupenzucht und die Gewinnung von Seide seit Jahrtausenden betrieben. In neuerer Zeit werden auch in Europa Seidenraupen gezüchtet (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 111).

Der Kokon des Maulbeerspinners besteht aus einem einzigen Faden, der oft über 3000 m lang ist. Die Puppen werden abgetötet. Dann werden die Fäden aufgespult. Sie bilden den Rohstoff für die Seidenspinnerei (Abb. 177). Bei der Weiter-

verarbeitung werden viele Fäden zusammengedreht (gezwirnt). Der Bedarf an Naturseide ist seit Erfindung der Kunstseide zurückgegangen. Kunstseide wird auch vielfach an Stelle von Baumwollgeweben und Leinen verarbeitet.

Aufg. Nimm je einen Faden Seide und Kunstseide. Brenne sie an. Beobachte, welcher Faden besser brennt und welcher mehr Asche hinterläßt. Beachte außerdem den Geruch.

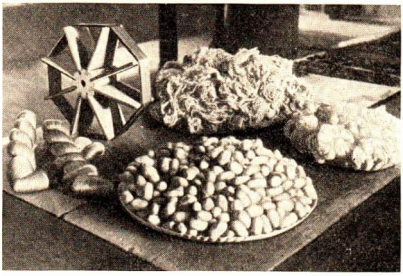


Abb. 177. Kokons der Seidenraupe, dahinter Abfallseide, links rohe Seide und Haspel mit gesponnener Seide

Um den Unterschied zwischen Seide und Kunstseide festzustellen, muß man je einen Faden anbrennen. Kunstseide brennt schnell wie Papier. Natürliche Seide riecht nach verbrannten Haaren. Sie schmilzt beim Brennen.

Flachs. Die älteste Gespinstpflanze ist der *Flachs* oder *Lein* (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., Abb. 197). Sie war ursprünglich in warmen Gegenden beheimatet, hat sich aber seit langer Zeit kälterem Klima angepaßt. Bei der Ernte wird die Pflanze mit der Hand ausgezogen (Raufen). Sie wird dann einer besonderen Behandlung unterworfen, die heute zum größten Teil maschinell geschieht. Im 19. Jahrhundert ist der Anbau des Flachses überall sehr zurückgegangen.

Hanf. Ein wertvoller Rohstoff für *Seile* und *Taue* ist der *Hanf*. Auch festere *Garne*, *Zwirne* und *Bindfäden* werden aus Hanf hergestellt.

Die Hanfpflanze stammt aus Indien (Abb. 178). Sie ist mit dem Hopfen und der Nessel verwandt. Die Hanfpflanze wird 2 bis 3 m hoch. Sie ist zweihäusig; die männlichen Pflanzen sind schwächer, die weiblichen kräftiger. Aus beiden gewinnt man Fasern, aus den weiblichen auch Samen und Öl.

Zur Fasergewinnung wird die Pflanze noch vor der Samenreife geerntet und wie Flachs behandelt. Feinere Fasern

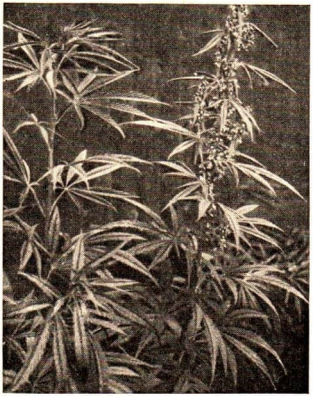


Abb. 178. Hanfpflanzen

Abb. 179. Baumwollernte in der Sowjetunion. Laborantinnen beim Sammeln von Proben

ergeben Spinnhanf, stärkere Seilerhanf. Die Hanffaser wird außerordentlich lang. Sie ist von grauer bis gelblicher Farbe.

Baumwolle. Die Baumwolle liefernden Pflanzen gehören in die Familie der *Malvengewächse*. Sie wachsen wild in tropischen Gegenden mit heißfeuchtem Klima (Nord- und Südamerika, West- und Ostindien, Kleinasien). Es sind 3 bis 6 m hohe *Bäume*, 1 bis 2 m hohe *Sträucher* oder etwa 80 cm hohe *krautartige Gewächse*. Die Kultursorten sind aus Kreuzungen mehrerer Wildarten entstanden; sie werden außer in den Heimatländern in den subtropischen Gebieten der Sowjetunion und in Ägypten angebaut. Die Früchte dieser Pflanzen sind etwa walnußgroße Kapseln, die bei der Reife aufspringen, so daß die Samenhaare hervorquellen. Die Baumwollpflanzen brauchen viel Sonne, möglichst gleichmäßige Wärme, lockeren Boden und viel Regen. Reife- und Erntezeit müssen jedoch möglichst regenfrei sein. Für den Ertrag der Ernte spielen diese Umweltbedingungen eine große Rolle. Am besten gedeiht die Baumwollpflanze in Gegenden, wo Regen- und Trockenzeiten miteinander abwechseln. In regenarmen Gegenden müssen die Pflanzen künstlich bewässert werden. Die Baumwollpflanze wird in den Plantagen oft als einjährige Pflanze gezogen (Abb. 179). Sie muß also jedes Jahr neu gesät oder über der Erde abgeschnitten werden. Die Blüten reifen nach und nach. Meist wird die Ernte mit der Hand vorgenommen, sie dauert etwa 90 bis 100 Tage. Viele Arbeitskräfte sind für diese mühevolle Arbeit notwendig. Die Baumwollarbeiter leben in den kapitalistischen Ländern unter menschenunwürdigen, sklavenähnlichen Bedingungen. In der UdSSR hat man Baumwollpflückmaschinen (Abb. 180) gebaut, durch die die Erntearbeit sehr erleichtert wird.

Abb. 180. Baumwollpflückmaschine in der Sowjetunion

Die geerntete Baumwolle wird getrocknet und von den Samenkörnern befreit. Etwa zwei Drittel des Gewichts der Ernte bestehen aus Samenkörnern, ein Drittel besteht aus Fasern. Lange Zeit hindurch hat man die Samen weggeworfen oder verbrannt. Jetzt gewinnt man aus ihnen *Ölkuchen* und *Baumwollöl*, die zu technischen oder Futterzwecken verwendet werden. Die Baumwollfaser besteht aus reiner Zellulose. Sie ist gekräuselt und spiralig gedreht; dadurch wird ihre Haltbarkeit und Verwendbarkeit gesteigert (Abb. 181). Ihre Farbe ist im allgemeinen weiß. In der Sowjetunion ist es gelungen, *farbige Baumwollsorten*, beispielsweise grüne, hellgraue und braunrote, zu züchten. Diese Zuchterfolge ermöglichen es, die Herstellungskosten für Baumwollwaren um 10 % zu senken, da die Kosten für das Färben entfallen. Die farbigen Fasern bleichen nicht aus, sondern dunkeln in der Sonne noch nach.

Baumwolle ist ein wichtiges Spinn- und Webmaterial für Garne, Zwirne und Stoffe aller Art (Kattun, Tüll, Musselin usw.). Sie wird entweder zu reinem Baumwollstoff oder zusammen mit anderen Fasern zu Mischgeweben verarbeitet.

Abb. 181. Samenfasern der Baumwolle

Aufg. Nimm einen Faden aus Baumwollgewebe und einen aus Wollgewebe. Brenne beide an. Beobachte, welcher Faden mit heller Flamme brennt. Welcher Faden riecht nach verbranntem Papier und welcher nach verbranntem Haar? Gib die Gründe dafür an.

Man kann feststellen, ob man Baumwollgewebe oder Wollgewebe vor sich hat, indem man einen Faden anbrennt. Baumwolle brennt mit heller Flamme, riecht

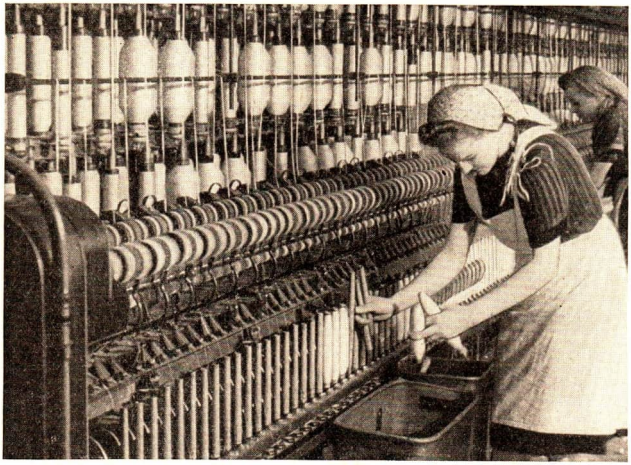


Abb. 182. Spinnmaschine

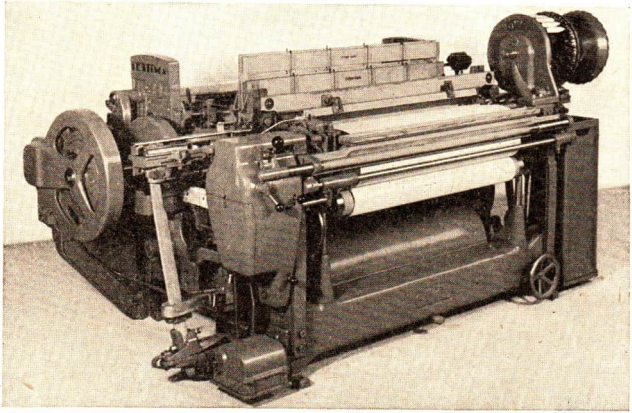


Abb. 183. Vollautomatenwebstuhl des VEB Textima, Oberlausitzer Webstuhlbau

wie verbranntes Papier und hinterläßt wenig Asche. Wolle dagegen glimmt langsam und riecht nach verbranntem Haar. Am Ende des Fadens bildet sich ein aufgeblähtes Kohlekügelchen.

Die Verarbeitung der Spinnfasern. Wolle, Baumwolle und in neuerer Zeit auch Zellwolle sind die Ausgangsstoffe für die gebräuchlichsten Textilien. Die *Textilindustrie* verarbeitet die Fasern zu gebrauchsfertigen Waren.

Aufg. Erkläre, warum Seide gespult und nicht gesponnen wird?

In großen Fabriken, in den *Spinnereien*, wird das Rohmaterial *versponnen*, indem man die Fasern zu einem langen, gleichmäßigen und festen Faden zusammendreht. Dazu benutzt man *Spezialmaschinen*, die Garne von größter Feinheit und Gleichmäßigkeit herstellen (Abb. 182). In den *Webereien* werden die Garne zu Geweben verarbeitet (Abb. 183).

Unser Fünfjahrplan wird die Produktion in allen Industriezweigen bedeutend steigern. Im Jahre 1955 wird unsere Produktion fast doppelt so hoch sein wie jetzt. Die Produktion wird dann beispielsweise bei Garnen 173 %, bei Geweben 200 %, bei Trikotagen und Kunstseide über 300 % der Produktion des Jahres 1950 betragen. Aber nicht nur die Menge der erzeugten Waren wird erhöht. Auch die Qualität wird verbessert werden. Dazu gehört, daß besseres Rohmaterial zur Verarbeitung kommt. Neue, bessere Arbeitsweisen werden entwickelt. Dadurch wird die Güte und Haltbarkeit der Waren verbessert. Durch diesen Aufbau unserer Wirtschaft wird mit der Erfüllung des Fünfjahrplanes jeder Werktätige so gut leben, wie es früher niemals möglich war.

H. STREIFZÜGE

I. Im Wald

Schon im 5. und 6. Schuljahr haben wir im Walde beobachtet und Untersuchungen angestellt. Wir kennen bis jetzt aber nur einen Teil der Tiere und Pflanzen. Darum wollen wir in diesem Jahr unsere Kenntnisse von den Lebewesen und ihren Lebensbedingungen im Walde erweitern. Vor allem wollen wir die Beziehungen der Lebewesen untereinander genauer beobachten und dabei besonders auf die Kleinlebewesen und Schmarotzer achten. Zur Lösung der Beobachtungs- und Untersuchungsaufgaben bilden sich Aktivs von etwa vier bis sechs Schülern, die bestimmte Aufgaben durcharbeiten und der ganzen Klasse darüber berichten.

Allgemeine Beobachtungen

Aufg. Meßt im Wald an verschiedenen Stellen mehrere Quadrate mit Seitenlängen von 15 m ab. Bestimmt in jedem Stück die Pflanzen. Tragt ihre Standorte ein (Abb. 184).

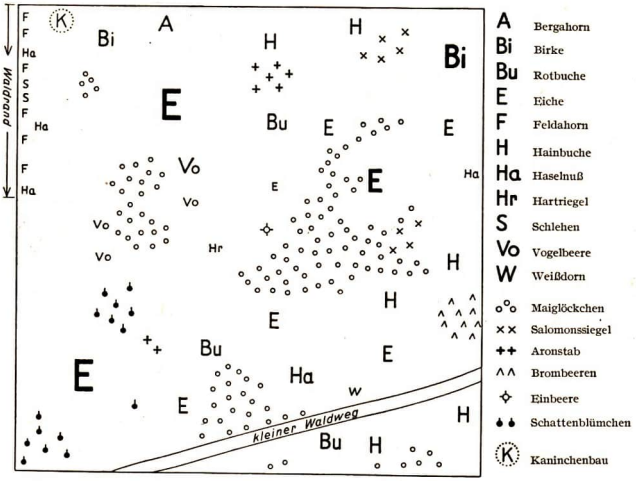


Abb. 184. Karte eines Eichenmischwaldbestandes.
Fläche 15 × 15 m. Erklärung zu den verschieden großen Buchstaben am Beispiel Eichen: **E** älterer, großer Baum, **E** mittelstarker Baum, **E** junger Baum, hoher Strauch, **E** niedriges Strauchwerk

Bodenuntersuchungen

Wir suchen im Laubwald mehrere Stellen aus, an denen der Boden verhältnismäßig wenig Einflüssen ausgesetzt ist, die unsere Untersuchungen stören könnten (Wind, Wasser usw.). Dort tragen wir vorsichtig die einzelnen Lagen der Laubdecke ab. Dabei bemerken wir *drei Schichten:*

Oben: Schicht der harten, vertrockneten Blätter.

Mitte: Schicht der mehr und mehr vermodernden Blätter.

Unten: Schwarzbraune Schicht, die nur noch wenige Blattreste zeigt.

Die unterste Schicht ist stark von Pilzfäden durchzogen. Wir bemerken viele Tiere darin.

Einige Pilze leben mit den Wurzeln der Bäume und Sträucher als Wurzelpilze (s. S. 87) in **Symbiose.** Sorgfältig legen wir diese Pilze frei.

Aufg. Grabt mit größter Vorsicht eine junge Buchenpflanze aus dem Boden. Hüllt den Wurzelballen in Watte oder Moos ein. Die Pflanze muß sehr vorsichtig verpackt werden, damit die feinen Pilzfäden nicht abreißen. In der Schule wird der Humusboden langsam mit Wasser abgespült. Bei schwacher Vergrößerung erkennen wir an den feinen Fadenwurzeln die Wurzelpilze.

Das Laub auf dem Waldboden verrottet allmählich durch die Tätigkeit der Bakterien und Pilze (s. S. 66). Wir können sie durch Versuche nachweisen.

Aufg. Stellt eine Nährlösung her (s. S. 110). Füllt sie in vier flache Schalen. In die eine legt wenige Bodenkrumen der untersten Schicht, in die zweite einige kleine Blattreste, in die dritte ein frisches Laubblatt. Der Nährlösung in der vierten Schale wird nichts beigefügt. Beobachtet an den Bodenstückchen und an den Blattresten die Entwicklung von Pilzfäden und Bakterienkolonien.

Im Waldboden finden wir pflanzliche Organismen und viele kleine tierische Bodenbewohner. Zu ihnen gehören **Kieselalgen** (s. S. 32), **Milben**, kleine **Bärtierchen** (Abb. 185), **Fliegen-** und **Mückenlarven**, ferner **Regenwürmer** und vor allem kleine Ur-Insekten, **Springschwänze** (Abb. 186). Diese kleinen Lebewesen entdecken wir bei allen Bodenuntersuchungen.

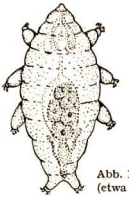


Abb. 185. Bärtierchen (etwa 100fach vergr.)

Abb. 186. Springschwanz (etwa 30fach vergr.)

In 1 m³ Buchenwaldboden, der besonders reich an Kleinlebewesen ist, wurden etwa 10000 Springschwänze und 300 Regenwürmer gezählt. Unter den Regenwürmern herrscht der Waldregenwurm vor, der bis 12 cm lang wird. Er lebt auch in Acker- und Gartenerde, wo außerdem der größere Gemeine Regenwurm vorkommt (s. S. 49).

Schmarotzer und Gallen

Wir wollen besonders auf die Schmarotzer achten, deren eigenartige Lebensweise wir bereits kennengelernt haben (s. S. 79).

Aufg. Legt eine Sammlung von Schmarotzerpflanzen an. Sammelt vor allem die besonders schädlichen. Beschränkt euch dabei nicht auf die Schmarotzerpflanzen im Wald.

Die schmarotzenden Blütenpflanzen und die von schmarotzenden Pilzen befallenen Teile der Wirtspflanzen werden gepreßt. Nach dem Trocknen werden sie auf weiße Bogen geklebt. Name, Standort und Fundzeit müssen auf jedem Blatt angegeben werden. Dabei verwenden wir die nachfolgenden Übersichten:

Abb. 187. Ahornrunzelschorf

Schmarotzende Blütenpflanzen

Jahreszeit	Name	Fundort und Wirtspflanze	Besonderheiten
Während des ganzen Jahres; Blüten im März bis Mai	*Mistel* (Abb. 104, 105, S. 79, 80)	Pappeln, Obstbäume, andere Laubbäume, Kiefern und Tannen	zweigabelige Verzweigung; lederartige Blätter
Mai bis Juni	*Klappertopf* (Abb. 108, S. 81)	Wiesen, Äcker; Gräser und Getreidepflanzen	hellgelbe Blüte, helmartig zusammengedrückt; Kelch aufgeblasen
Mai bis Juni	*Läusekraut*	Waldwiesen; auf Gräsern und anderen Wiesenpflanzen	alle Blätter gefiedert; Oberlippe helmförmig zusammengedrückt, rot
Juni bis August	*Hainwachtelweizen*	Wälder; auf Wurzeln der Bäume und Sträucher	goldgelbe Rachenblüte; Deckblätter blau
Juni bis August	*Wiesenwachtelweizen*	Wiesen und Wälder; auf Gräsern	Blüten blaßgelb; Deckblätter grün
Juni bis September	*Ackerwachtelweizen* (Abb. 106, S. 80)	Acker (bevorzugt Ton- und Kalkboden); auf Gräsern und Getreide	Blüte purpurn und gelb; Deckblätter purpurn
Juli bis August	*Augentrost* (Abb. 107, S. 81)	Wiesen und Waldplätze; auf verschiedenen Pflanzen	kleine weiße, gelbpunktierte Rachenblüten mit violetten Streifen od. Blüte hellviolett
April bis Mai	*Schuppenwurz* (Abb. 109, S. 81)	Waldränder, Gebüsche; besonders auf Hasel-, Erlen- und Pappelwurzeln	Rachenblüten rosa in einseitigen Trauben; Stengel in der Erde, dick mit fleischigen Schuppen
Mai bis Juni	*Sommerwurz* (Würger)	Waldränder, Wiesen; auf Beifuß, Klee, Labkraut, Disteln u. a.	bräunliches Aussehen, Blüten in aufrechten Ähren
Juni bis August	*Seide* (Abb. 110, S. 81)	Gebüschränder, Wiesen; auf Weiden, Pappeln, Lein, Brennesseln, Klee, Hopfen u. a.	Blüten stehen in Knäueln; Pflanze in langen blattlosen Fäden

Schmarotzende Pilze

Wirtspflanze	Schmarotzer	Besonderheiten
Getreide	*Rostpilze* (Zwischenwirt: Berberitze u. a., Abb. 118, 119, S. 85, 86)	bräunliche Streifen und Pusteln auf Blättern und Stengeln
	Brandpilze (Abb. 117, S. 85)	zerstörte Ähren und Rispen, die schwärzlich aussehen
	Mutterkornpilz (Abb. 116, S. 84)	lange, harte, schwarze Körner auf Roggenähren (auch auf vielen Gräsern)
Erbsen	*Erbsenrost* (Zwischenwirt: Wolfsmilch, Abb. 120, S. 86)	kleine, schwarze Pusteln auf der Blattunterseite; Wolfsmilch lang aufgeschossen, ohne Blüten, kleine Blätter mit gelben Sporenbechern auf der Unterseite
Obstbäume	*Schorfpilze* (Fusicladium, Abb. 112, S. 83)	dunkelgrüne, harte Flecke auf Früchten, die hart und rissig werden; rissige Rinde; mitunter verdorrte Zweige; fleckige Blätter
	Monilia (Abb. 113, S. 83)	Verdorren der Blütenblätter; Absterben der Triebe („Spitzendürre"); Fäulnis der Früchte, die oft kreisförmig angeordnete Pusteln haben
	Mehltaupilze, auch auf Eichen, Rosen, Weinreben und anderen Pflanzen (Abb. 111, S. 82)	Blätter wie mit einem weißen, dünnen Schimmel überzogen
Ahorn	*Ahornrunzelschorf* (Abb. 187, S. 147)	große, dunkle Flecke wie Tintenkleckse
Kartoffeln	*Krautfäule*	braune Blattflecke; Kraut wird schwarz, stirbt ab; auch Knollen werden befallen

(Über die Verhütung und Bekämpfung der Schmarotzer unserer Nutzpflanzen s. S. 83 bis 86.)

Einige Wespen, Mücken, Blattläuse, auch andere Insekten und viele Milbenarten rufen Wucherungen und Veränderungen hervor, die wir als **Gallen** bezeichnen. Die Galltiere befallen meist nur bestimmte Pflanzenarten und Pflanzenteile. Sie sind *Pflanzenschmarotzer*. Die Gewebe der befallenen Pflanzenteile beginnen zu wuchern. Dadurch werden die Eindringlinge eingeschlossen und von den übrigen Geweben ferngehalten. *Gallen dienen den Pflanzen als Schutz, den Galltieren als Nahrungsquelle.*

Gallen

Wirtspflanze	Form der Galle	Erreger der Galle
Eiche	runde, kugelige Gallen, teilweise recht groß; knopf- und linsenförmige Gallen (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 176, Abb. 227)	Gallwespen
Buche	zuckerhutförmige Gallen	Gallmücken
Heckenrose	moosartige, grünliche bis rötliche Gallen	Gallwespen
Linde	kleine Stifte auf den Blättern, Runzelung der Blattfläche oder Filzstellen an Blättern und Blattstielen	Gallmilben
Ahorn	kleine, hellbraune Flecke	Gallmilben
Ahorn und *Vogelbeere*	kleine, kugelige Knötchen oder Filzflecke	Gallmilben
Erle	dunkle Knötchen an der Mittelrippe	Gallmilben
Zitterpappel	kugelige, rotbraune Gebilde an der Mittelrippe	Gallmücken
Schwarzpappel und *Ulme*	hohle Gebilde auf der Blattfläche oder am Stiel	Blattläuse
Fichte	Ananasgalle, zuerst grün, dann dunkel; verholzt	Blattläuse
Weide	längliche, bräunliche Gebilde, die die Blätter auftreiben	Blattwespen
Brombeere	einseitige Verdickung des Stengels	Gallmücken

II. Am Wasser

Allgemeine Beobachtungen

Lichtmessungen

Aufg. Stellt fest, wie tief das Licht in das Wasser eindringt. Eine helle Scheibe (Deckel eines Eimers oder eines Kochtopfes, am besten eine runde Eisenscheibe, die mit weißer Ölfarbe angestrichen und an drei Randpunkten aufgehängt ist) wird beschwert und an einer Schnur von einem Kahn aus ins Wasser gesenkt. Beobachtet die Scheibe bis zu dem Augenblick, wo sie nicht mehr zu sehen ist. Meßt an der Länge der Schnur die *Sichttiefe*. Zur Kontrolle laßt die Schnur noch etwas tiefer ins Wasser hinein. Zieht dann langsam den Faden an, bis die Scheibe gerade wieder sichtbar

wird. Meßt dann wieder. Die Sichttiefe ist diesmal einige Zentimeter geringer. Wir können nämlich einem ins Wasser *sinkenden* Gegenstand lange mit den Augen folgen, einen langsam *aufsteigenden* erkennen wir erst in etwas geringerer Tiefe. Die Messungen der Sichttiefe werden mehrmals im Jahre durchgeführt, etwa im Frühling, wenn das Wasser grünlich ist, im Hochsommer nach starkem Gewitterregen und im Spätherbst bei klarem Wetter.

Abb. 188. Abnahme des Lichtes in einem See

In die Teiche und Seen in Norddeutschland dringt das Licht nur wenige Meter tief ein (Abb. 188). Pflanzen können nur in den obersten Wasserschichten leben. In den Alpenseen und im Meer ist das Wasser klarer. Durch besondere photographische Apparate wurde festgestellt, daß auch in 400 m Tiefe noch Spuren von Licht vorhanden sind. Nur wenige assimilierende Pflanzen vermögen jedoch in Tiefen unter 60 m zu leben. Tiere kommen in größeren Tiefen vor. Sie ernähren sich dort meist von den absinkenden Pflanzen- und Tierresten. Auf dem oft dunklen Grund unserer Gewässer leben unzählige *Bakterien*. Sie können nur einen Teil der herabsinkenden organischen Stoffe zersetzen, da am Boden der Gewässer wenig Sauerstoff vorhanden ist. So bildet sich aus den Tier- und Pflanzenresten eine schwarze Schicht, der *Faulschlamm*. Dieser Schlamm nimmt allmählich an Dicke zu, die Tiefe der Gewässer nimmt ab.

Wärmemessungen

Aufg. Meßt wie im Vorjahre Luft- und Oberflächentemperatur des Wassers. Dazu kommt jetzt noch die Messung der Temperatur des Wassers am Grunde. Stellt zu diesem Zweck eine Senkflasche her. Eine dickwandige Flasche wird beschwert (Abb. 189) und um den Flaschenhals eine feste Halteleine gelegt. Am Kork wird eine Reißleine befestigt. Laßt die geschlossene Senkflasche vom Kahn aus in die Tiefe. Das Erschlaffen der Halteleine zeigt an, daß der Boden erreicht ist. Reißt dann durch die Reißleine den Korken heraus. Aufsteigende Luftblasen zeigen das Eindringen von Tiefenwasser an. Zieht die Flasche hoch und meßt sofort die Temperatur des Tiefenwassers im Schatten. Diese Messung muß mehrmals im Jahre durchgeführt werden, mindestens einmal auch im Winter bei starkem Frost. Dabei ist die Flasche durch ein Loch im Eise zum Grund hinabzulassen.

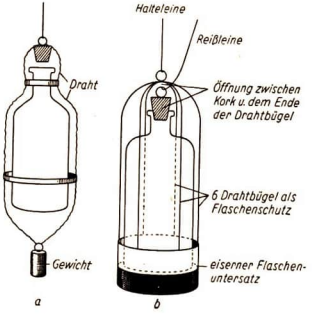


Abb. 189.
Senkflaschen zur Wasserentnahme aus größeren Tiefen

Die **Temperatur** des Wassers ist in der warmen Jahreszeit am Grunde nur um einige Grad niedriger als die Oberflächentemperatur. Da das Wasser bei 4° C die größte Dichte hat, findet zu Beginn der Frostperiode eine Umschichtung statt. Kälteres Wasser steigt nach oben, das 4° C warme sinkt ab. So beträgt im Winter die Temperatur am Grunde der Gewässer mehrere Wochen hindurch fast gleichmäßig 4° C. Diese Eigenschaft ist für das Leben im Teich von größter Bedeutung. Alle Gewässer gefrieren von oben nach unten. Wassertiere leben im Winter unter der *Eisschicht* weiter. Häufig graben sich Karpfen, Schleie, Frösche u. a. im Grunde ein und verharren in Winterstarre. In strengen Wintern kommt es vor, daß flache Teiche bis auf den Grund vereisen, dann erfrieren auch die Wassertiere. Eine Neubesiedlung erfolgt durch überwinternde Eier oder durch Eier und kleinere Wassertiere, die durch Wasservögel von anderen Teichen eingeschleppt werden.

Planktonuntersuchungen

Ein feines Netz – wenn möglich ein Planktonnetz – wird einige Male durch pflanzenleere Stellen eines Teiches gezogen (Abb. 190). Wenn wir das Netz herausheben, läuft das Wasser ab. Im unteren Teil des Netzes haben sich viele kleine *Lebewesen* angesammelt. Es sind Pflanzen und Tiere, die im freien Wasser schweben. Deshalb nennt man sie Geschwebe oder *Plankton*. Unter dem Mikroskop erkennen wir eine überraschende Vielfalt der Formen (Abb. 191 bis 194). Die spindelförmigen *Augentierchen* (Abb. 193a) bestehen nur aus einer Zelle, an deren Vorderende sich eine Geißel befindet (s. S. 30). Sehr häufig sind die einzelligen *Kieselalgen* (Abb. 192a bis c und S. 32). Vielfach hängen mehrere Algen in Kolonien zusam-

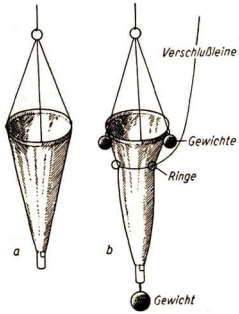


Abb. 190. Planktonnetze.
a Oberflächennetz, *b* Tiefennetz

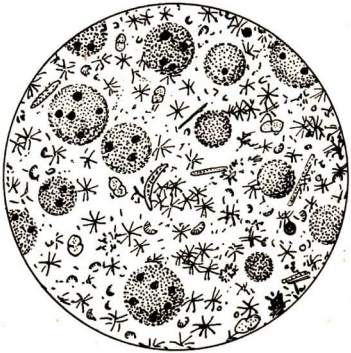


Abb. 191. Plankton unter dem Mikroskop (etwa 100fach vergr.). Volvoxkugeln, Kiesel- und Zieralgen

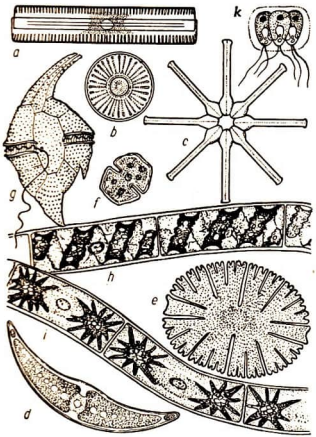


Abb. 192. Pflanzliches Plankton (etwa 200fach vergr.).
a bis *c* Kieselalgen, *d* bis *f* Zieralgen, *g* Gürtelalge, *h* Schraubenalge, *i* Sternfadenalge, *k* Geißelalgen

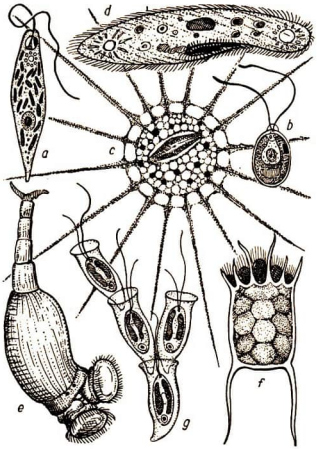


Abb. 193. Tierisches Plankton (etwa 200fach vergr.).
a Augentierchen, *b* Geißelträger, *c* Sonnentierchen, *d* Pantoffeltierchen, *e* und *f* Rädertierchen, *g* Geißlerkolonie

men. Ein besonderer Panzer ist bei den *Zieralgen* nicht ausgebildet (Abb. 192 d bis f). Wir finden diese Pflanzen auch im Wandbelag der Aquarien und zwischen den Fadenalgen. Von den einzelligen Tieren des Planktons gehören viele zu der Gruppe der *Wimpertierchen* (s. S. 28). Sie haben eine langgestreckte oder ovale Gestalt. Der Körper des *Sonnentierchens* hat die Größe eines Stecknadelkopfes (Abb. 193 c). Er ist milchig weiß und hat viele Scheinfüßchen. Die langen Fortsätze enthalten als Stütze einen festen Achsenfaden. Sie dienen als Schwebevorrichtungen und zur Erfassung der Beute. Das Sonnentierchen gehört zu den Wurzelfüßern. Zu den Tieren des Planktons können wir auch die Kleinkrebse rechnen. Von ihnen kennen wir bereits die *Wasserflöhe* und *Hüpferlinge* (Abb. 194 a und Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 73). Den gewöhnlichen Wasserflöhen ähneln die kleinen *Rüsselkrebse* (Abb. 194 c), die

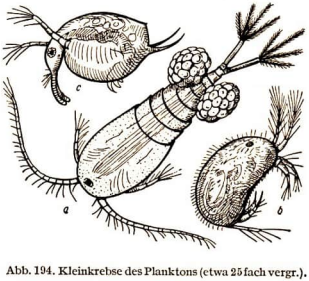


Abb. 194. Kleinkrebse des Planktons (etwa 25fach vergr.).
a Hüpferling, *b* Muschelkrebs, *c* Rüsselkrebs

in vielen Teichen und Seen zu finden sind. Der Körper der *Muschelkrebse* (Abb. 194b) erscheint ungegliedert. Er ist von einer zweiklappigen Schale vollständig umschlossen. Bedeutend kleiner sind die verschiedenen Arten der *Rädertiere* (Abb. 193e, f), die einen besonderen Strudelapparat haben. Rädertiere und Krebse sind mehrzellig.
In den einzelnen Abschnitten des Jahres herrschen jeweils verschiedene Planktonorganismen vor. Im Vorfrühling sind unsere Teiche und Seen oft von kleinsten Planktongeißlern grün gefärbt. Wir nennen diese Färbung *Wasserblüte*. Später erscheinen andere Planktonlebewesen. Zeitweilig treten Rädertiere oder Kieselalgen in Massen auf, wochenlang hindurch auch Wasserflöhe. Die Zusammensetzung des Planktons wird durch Licht und Wärme, aber auch durch die im Wasser gelösten Stoffe stark beeinflußt.
Das Plankton bildet die Voraussetzung für das Leben anderer Organismen im Wasser. Die winzig kleinen Planktonpflanzen dienen den Urtieren und Rädertieren als Nahrung. Diese stellen die Nahrung der Kleinkrebse dar. Viele größere Wassertiere ernähren sich von Kleinkrebsen.

Abb. 195. Verlandendes Gewässer. Im Vordergrund: Krebsschere, blühender Froschbiß; rechts zwei Blätter der Teichrose; im Hintergrund: Bitterklee, Igelkolben, Pfeilkraut vor Rohrkolben und Teichsimse

III. Im Moor

Im Laufe von Jahrzehnten und Jahrhunderten können Teiche und Seen vollständig zuwachsen. Den größten Anteil an dieser *Verlandung* hat der **Schilfgürtel** (Abb. 195).

Von den hohen Stauden und Gräsern des Schilfgürtels sinkt in jedem Jahre eine große Menge abgestorbener Pflanzenteile ins Wasser. Das stehende Wasser verhindert ein schnelles Vermodern dieser Stoffe. Sie sammeln sich auf dem Grunde an. In Flüssen und Bächen dagegen führt die Wasserströmung die Sinkstoffe fort. Das Schilf braucht zu seinem Gedeihen einen bestimmten Wasserstand. Wenn seine unterirdischen Ausläufer nicht bis zu einer geeigneten Wasserschicht vordringen, geht es ein. Daher „wandert" das Schilf eines verlandenden Gewässers nach der Wassermitte zu. Die vom Schilf freigewordenen Streifen werden durch Ried- und Sauergräser besetzt. So entsteht eine **Flachmoorzone**, die dem Schilf nachfolgt. Allmählich verlandet auf diese Weise der ganze See; er wird zu einem **Flachmoor.** Tiefere Stellen des ehemaligen Gewässergrundes sind im Flachmoor als Wasserlachen oder Schlenken erkennbar. An Stellen, an denen das Schilf locker stand oder seine Entwicklung gehemmt war, zwängen sich manchmal die Riedgräser durch das Schilf hindurch und wachsen in den See hinein. Sie wurzeln dabei nicht im Boden, sondern bilden mit ihren sich dicht verfilzenden Wurzelstöcken eine auf dem Wasser schwimmende feste Pflanzenschicht, die beim Betreten auf und ab schwingt (Schwingrasen).

Die auf dem Flachmoor vorherrschenden Riedgräser sind vor allem *Seggen.* An den Rändern der Schlenken gedeihen die 40 bis 100 cm hohen Halme der *Steifen Segge,* deren Blätter etwa 6 mm breit sind (Abb. 196). Die schlanken getrenntgeschlechtigen Ährchen sind walzenförmig. Wie das Schilf spielt die Steife Segge oft eine große Rolle bei der Verlandung. Weite Strecken werden von kleineren und zarteren Seggen, der graugrünen *Gemeinen Segge* und der selteneren lichtgrünen *Rasensegge* überzogen.

Zwischen den Seggen wachsen *Binsen* mit röhrenförmigen Blättern. Sehr auffällig ist das *Vielährige Wollgras* (Abb. 197). Seine Blütenhülle besteht aus unscheinbaren Borsten, die sich nach der Blütezeit stark verlängern. Sie bilden dichte, glänzendweiße Wollköpfe, die zu mehreren an einem Halm sitzen.

Abb. 197. Vielähriges Wollgras

Abb. 196. Steife Segge; links Stengelquerschnitt

Unter den vielen Sumpf- und Uferpflanzen, die auch im Flachmoor gedeihen (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 27), fällt uns die *Wasserminze* durch ihren angenehmen Pfefferminzgeruch auf. Sie breitet sich mit ihrem langen, verzweigten Wurzelstock schnell aus.

Die Zellwände der *Riedgräser* enthalten Kieselsäurenadeln. Deshalb sind die harten schneidenden Gräser kein geeignetes Viehfutter. Auch die aus ihnen gewonnene Streu ist kaum verwendbar; die Halme sind zu steif. Weil die Riedgräser für die Viehhaltung nicht brauchbar sind, geht man immer mehr dazu über, aus Flachmooren gute Wiesen zu schaffen. Zu diesem Zweck werden die Flachmoore durch Abzuggräben *entwässert*. Man legt durch das Moor in 0,5 m Tiefe Tonröhren, die in die Gräben münden. In diesen Röhren sammelt sich das Wasser und fließt in die Gräben. Man nennt diese Art der Trockenlegung *Dränage*. Die entwässerte Fläche wird umgebrochen und mit wertvolleren Grasarten besät. Im Verlauf weniger Jahre wird aus dem Flachmoor eine fruchtbare Wiese (Süßgraswiese).

Auf einem sich selbst überlassenen Flachmoor siedeln sich bald *Weiden*, *Erlen* und *Pappeln* an. Meist vermehren sich die Erlen am stärksten und bilden Moorwälder, die *Erlenbrüche* (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 84). Ihr Boden ist noch außerordentlich naß; besonders im Frühjahr steht das Grundwasser zwischen den Bäumen. Auch in Flußniederungen (Spreewald) haben sich solche Bruchwälder gebildet. Im Laufe von Jahrhunderten erhöht sich durch die vermodernden

Abb. 198. Moosbeere

Abb. 199. Glockenheide

Pflanzenstoffe der Boden über den Grundwasserspiegel hinaus. Auf diese Weise werden die Bruchwälder trockener und entwickeln sich durch Ansiedlung von anderen Pflanzen zu Laubwäldern.

Siedelt sich im Flachmoor viel *Torfmoos* an (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 36), so verläuft die Entwicklung des Flachmoores anders. Die Torfmoose sind eine sehr artenreiche Moosgruppe und zeichnen sich durch *starke Vermehrungsfähigkeit* und *schnelles Wachstum* aus. Sie überziehen im Moor bald weite Strecken. In besonderen Wasserzellen und zwischen den vielen Blättchen vermögen sie viel Wasser aufzuspeichern, so daß sie wie ein Schwamm mit Wasser vollgesogen sind. An der Spitze wachsen die Torfmoose ständig weiter, während ihr unteres Ende abstirbt. Im Wasser aber können die toten Moosreste infolge des Luftabschlusses nicht vermodern. Sie *vertorfen* und bilden unter dem Moos eine *Torfschicht*. Das Gewicht des Mooses drückt die unteren Schichten des Torfes zusammen, sie werden dichter und dunkelbraun. In diesem Zustande werden sie abgestochen, getrocknet und als Brennmaterial verwendet.

Das Moor wächst also ständig in die Höhe und erhebt sich bald bedeutend über seine Umgebung. Es ist zum **Hochmoor** geworden. Zuweilen erheben sich Hochmoore 20 m und mehr über ihre ursprüngliche Oberfläche. Auf dem Hochmoor gedeihen nur wenige Pflanzenarten. Die dicke Torfschicht hindert die Wurzeln der Pflanzen daran, das nährstoffführende Grundwasser zu erreichen. Sie sind auf Regen- und Schneewasser angewiesen, die kaum Nährsalze enthalten. Die an nährstoffreichen Boden angepaßten Flachmoorpflanzen gehen auf dem Hochmoor ein. Es siedeln sich Pflanzen an, die wie das Torfmoos mit wenig Nährstoffen auskommen. Die kriechenden Stengel der *Moosbeere* (Abb. 198) liegen fast versteckt im Torfmoos. Die Moosbeere hat kleine Blätter von 5 bis 8 mm Länge, deren Unterseite weißgrau behaart ist. Die säuerlichen Beeren sind rotbraun.

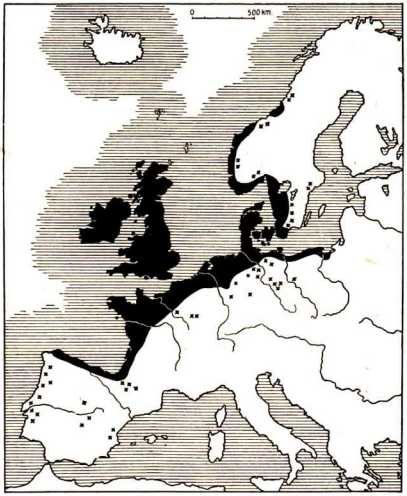


Abb. 200. Verbreitungsgebiet der Glockenheide

Abb. 201. Moor mit Scheidigem Wollgras

Sehr viel Luftfeuchtigkeit beansprucht die *Glockenheide*, die echte Erika (Abb. 199). Ihre Zweige und Blätter sind nicht so derb wie die des Heidekrautes. Die rosafarbigen Blüten hängen im Sommer wie kleine Glocken von den Zweigen herab. Sie werden von Bienen und Hummeln bestäubt. Wenn die Fremdbestäubung ausbleibt, fällt der Pollen am Ende der Blütezeit auf die unter den Staubblättern stehende Narbe und bewirkt eine Selbstbestäubung. Das Verbreitungsgebiet der Glockenheide beschränkt sich auf das westliche Europa (Abb. 200). In Mitteldeutschland kommt sie nur vereinzelt vor. Verwandte Arten aus Südafrika werden in unseren Gärtnereien als *Erika* gezogen. Auch eine Wollgrasart gedeiht auf allen Hochmooren, das *Scheidige Wollgras*, dessen Halme nur je ein Blütenköpfchen tragen (Abb. 201).

Infolge des Mangels an Nährstoffen, besonders an Stickstoffsalzen, haben sich bei manchen Pflanzen auf dem Hochmoor eigentümliche Ernährungsweisen entwickelt. Der *Sonnentau* ist eine zierliche Pflanze mit einer Rosette von sechs bis acht

rundlichen Blättern, die an langen Stielen sitzen (Abb. 202). Die Blätter sind mit rötlichen Drüsenhaaren besetzt. An der Spitze trägt jedes Haar ein klebriges Köpfchen, das in der Sonne glänzt. Setzt sich ein kleines Insekt auf ein Blatt, so klebt es an den Härchen fest. Die benachbarten Härchen biegen sich auf das Tier zu, so daß es sich nicht mehr befreien kann. Der aus den Härchen abgesonderte Saft enthält einen Stoff, der wie unser Magensaft Eiweiß auflöst. Auf diese Weise wird das Insekt verdaut. Die aufgelösten Nährstoffe aus dem Insekt werden von Drüsen auf der Blattfläche aufgesogen. Durch dieses „Insektenverdauen" werden dem Sonnentau die Nährstoffe zugeführt, die der Moorboden nicht enthält.

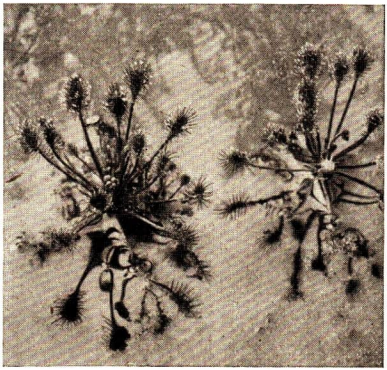


Abb. 202. Sonnentau

Aufg. Legt auf Sonnentaublätter Fleischstückchen, Fliegen und kleine Sandkörner. Beobachtet.

Der Verdauungssaft wird nur ausgeschieden, wenn eiweißhaltige Teilchen auf die Blätter gelangen, dagegen nicht, wenn man Steinchen, Papier- oder Metallstückchen darauflegt. Nach dem Aufsaugen des Saftes biegen sich die Härchen wieder zurück. Die Blätter trocknen ab. Der Wind trägt die unverdaulichen Reste fort.

Auf Hochmooren siedeln sich oft *Kiefern* an. Ihre langen Wurzeln können mäßig dicke Torfschichten durchdringen. Meist bleiben die Kiefern kümmerlich *(Moor-* oder *Krüppelkiefern)*.

Hochmoore entstehen nicht immer aus Seen oder Flachmooren. In niederschlagsreichen Gegenden bieten abflußlose *Senken* auf undurchlässigem Boden genügend Feuchtigkeit zur Ansiedlung von Torfmoos. Dieses zeigt hier dasselbe Höhenwachstum wie im Flachmoor. So entsteht auch hier in langen Jahren ein Hochmoor. Auf solche Weise sind die ausgedehnten Hochmoore der nordwestdeutschen Tiefebene entstanden. Auch an den Kämmen unserer Mittelgebirge entwickelten sich bei nassem Boden über undurchlässigem Gestein (Granit usw.) Hochmoore (z. B. am Brocken, im Thüringer Wald, im Erzgebirge, in der Rhön und auf der oberbayrischen Tiefebene).

Die Tierwelt der Moore ist artenarm. Auf dem nassen Boden nisten nur wenige Vogelarten.

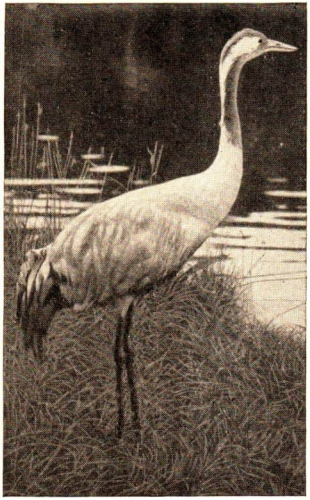


Abb. 203. Kranich

Abb. 204. Zwergrohrdommel im Schilf

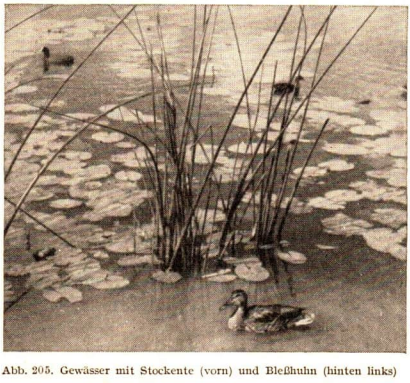


Abb. 205. Gewässer mit Stockente (vorn) und Bleßhuhn (hinten links)

Auf vielen Mooren, besonders auf moorigen Wiesen, hören wir das hohe „Kiwit" des *Kiebitzes* (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 167, Abb. 205). Er nährt sich vor allem von Schnecken und Regenwürmern. Man erkennt ihn leicht an seinen braungrünen, haubenartig abstehenden Hinterhauptfedern. Die schwarzgefleckten Eier liegen immer zu vieren in einem Nest.

Ein weiterer Sumpfvogel ist die *Bekassine*, ein Zugvogel wie der Kiebitz. Bei

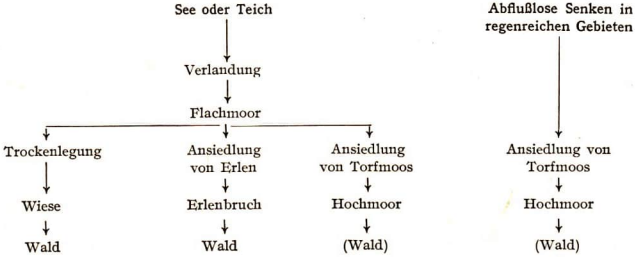
ihren auffälligen Balzflügen unterbrechen die Männchen ihr Kreisen in der Luft durch jähe Abstürze von 10 bis 15 m Höhe. Dabei wird ein dumpfer, meckernder Laut hörbar. Er wird durch die äußeren Schwanzfedern in Verbindung mit zuckenden Bewegungen der Flügel erzeugt. An dem langen Schnabel erkennen wir die Verwandtschaft mit den *Schnepfen*, von denen mehrere Arten im Moor brüten.

Abb. 206. Sumpfschildkröte

Andere Sumpfvögel sind selten geworden, so der große storchähnliche *Kranich* (Abb. 203) und die *Rohrdommel* (Abb. 204), die ihr Nest im Schilf baut. Körperhaltung sowie Farbe und Zeichnung ihres Gefieders sind der Umwelt sehr gut angepaßt. Wenn sie mit eingezogenem Halse, den Schnabel senkrecht nach oben gerichtet, unbeweglich im Schilf steht, gleicht sie mit ihrem gestreiften Gefieder einem trockenen Schilfbüschel und ist schwer zu entdecken. In Wasserlachen findet man oft Vögel des offenen Wassers (Stockente, Bleßhuhn u. a., Abb. 205).

Nur noch selten begegnet man in Moorlachen der *Sumpfschildkröte* (Abb. 206). Das im Wasser sehr geschickt schwimmende Tier ist durch einen flachen Panzer seinem Aufenthaltsort angepaßt. Im Gegensatz zur Landschildkröte ist die Sumpfschildkröte ein Fleischfresser. Sie ernährt sich von kleinen Fischen und Schnecken.

Die Entwicklung der Vegetationsformen vom Seeufer über Moor und Wiese zum Wald veranschaulicht folgendes Schema:



J. KREISLAUF DER STOFFE

Mensch, Tier und Pflanze verbrauchen dauernd Stoffe, die sie im Stoffwechsel umsetzen. Menschen und Tiere, aber auch Pilze und Bakterien, ernähren sich von **organischen Stoffen.** Die grünen Pflanzen dagegen bauen ihren Körper aus **anorganischen Stoffen** auf (s. S. 73). Sie wandeln diese in organische Stoffe um, die Tieren und Menschen zur Ernährung dienen können. Alle organischen Stoffe entstehen also letzten Endes aus den von den grünen Pflanzen aufgenommenen anorganischen Stoffen: **Wasser, Kohlendioxyd** und den verschiedenen **Nährsalzen.** Die in ihnen enthaltenen Grundstoffe (chemischen Elemente) werden von Pflanzen und Tieren im Stoffwechsel verarbeitet. Durch Ausscheidung oder Verwesung gelangen sie wieder in den Boden oder in die Luft zurück. So besteht in der Natur ein ständiger *Kreislauf der Stoffe,* der sich aber, wie Organismen und Umwelt, in dauernder Entwicklung befindet.

I. Kreislauf des Wassers

Der große Wasserspeicher der Erde ist das *Meer.* Unter dem Einfluß von Sonne und Wind verdunstet aus dem Meer fortgesetzt Wasser. Als *Wasserdampf* steigt es in die Luft. Ein Teil davon fällt bei Abkühlung als Niederschlag ins Meer zurück. Den restlichen Wasserdampf führen Winde über die Kontinente, wo er sich durch Abkühlung zu Flüssigkeitströpfchen verdichtet. Als Regen, Schnee, Tau usw. gelangt er zur Erde und führt dem Boden Wasser zu. Soweit das Niederschlagswasser nicht sofort wieder verdunstet oder auf undurchlässigem Boden in Bäche und Flüsse abfließt, vermehrt es das *Grundwasser.* Dieses tritt in Quellen zutage, speist Bäche und gelangt schließlich wieder ins Meer.

Ein Teil des Wassers nimmt seinen Weg durch die Organismen. Große Mengen des Grundwassers werden von den Pflanzen aufgenommen. Das meiste davon wird *verdunstet,* ein geringer Teil bei der Assimilation in den Blättern zum Aufbau der organischen Stoffe *verbraucht.* Wenn abgestorbene Pflanzen durch Bakterien zersetzt werden, so wird das in ihnen enthaltene Wasser frei. Es verdunstet oder wird *vom Boden aufgenommen.*

Die Tiere nehmen das benötigte Wasser als Trinkwasser oder mit der Nahrung auf. Ein Teil wird bei der Atmung als Wasserdampf ausgeschieden, ein anderer Teil gelangt mit den Ausscheidungen in den Boden zurück. Bei der Zersetzung der toten Tierkörper wird das in ihnen enthaltene Wasser frei. Wie beim Verwesen der Pflanzen verdunstet entweder das Wasser, oder es wird vom Boden aufgenommen. Der Kreislauf ist geschlossen.

II. Kreislauf des Kohlenstoffs

Alle organischen Stoffe enthalten als wesentliches Element den *Kohlenstoff.* Nur die grünen Pflanzen können aus anorganischen Stoffen organische bilden. Bei der Assimilation lösen sie den Kohlenstoff aus dem Kohlendioxyd der Luft. Mit

dem Kohlenstoff werden in der Pflanze Zucker, Stärke und alle anderen organischen Stoffe aufgebaut, aus denen sich der Körper der Pflanze zusammensetzt. Tiere und Menschen nehmen Kohlenstoff in Form von organischen Verbindungen auf. Diese organischen Stoffe entnehmen die Pflanzenfresser mit der Nahrung den Pflanzen. Die anderen Tiere ernähren sich von den organischen Stoffen der Pflanzenfresser und damit indirekt ebenfalls von den Pflanzen. Im Stoffwechsel der Menschen und Tiere werden die mit der Nahrung aufgenommenen organischen Verbindungen in körpereigene organische Stoffe umgewandelt.

Durch die Assimilation der Pflanzen wird der Luft ständig Kohlendioxyd entzogen. Da aber in allen Lebewesen ein entgegengesetzter Vorgang, die Atmung, abläuft, bleibt der Gesamtgehalt der Luft an Kohlendioxyd dennoch gleich.

Im Stoffwechsel der Zellen werden die organischen Stoffe oxydiert, der in ihnen gebundene Kohlenstoff wird als Kohlendioxyd ausgeatmet. Ein Mensch beispielsweise atmet in zwei Tagen soviel Kohlenstoff aus, wie etwa in einem Brikett normaler Größe enthalten ist. So strömen große Mengen Kohlendioxyd in die Atmosphäre zurück. Für einen Teil des Kohlenstoffs ist damit der Kreislauf beendet.

Auch der Kohlenstoff, der in den Körpern der Organismen und in ihren Abfällen und Ausscheidungen gebunden ist, wird spätestens bei ihrem Tode wieder in den allgemeinen Kreislauf einbezogen. Die organischen Stoffe faulen, verwesen oder vergären, d. h. sie werden von Bodenbakterien und Pilzen *zersetzt*. Diese Kleinlebewesen wandeln die organischen Stoffe in anorganische um. Dabei wird der Kohlenstoff zu Kohlendioxyd oxydiert, das in die Luft entweicht. Der *Kreislauf des Kohlenstoffs* ist geschlossen (Abb. 207).

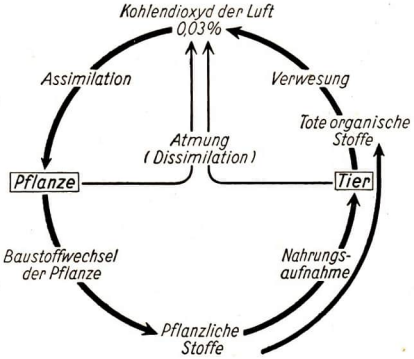


Abb. 207. Kreislauf des Kohlenstoffs

III. Kreislauf des Stickstoffs

Von den *Nährsalzen*, die die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, sind die *stickstoffhaltigen* besonders bedeutungsvoll. Der Stickstoff ist ein unentbehrlicher Bestandteil aller Eiweißstoffe, also auch des Protoplasmas der Pflanzen, Tiere und Menschen.

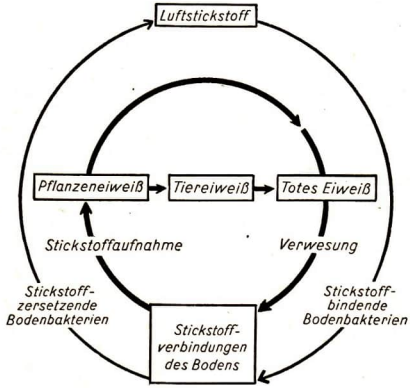


Abb. 208. Kreislauf des Stickstoffs

Die grüne Pflanze entnimmt den Stickstoff als anorganische Verbindung (meist als Salpeter) dem Boden. Den Stickstoff des Salpeters wandelt sie in organische Stickstoffverbindungen um und baut damit das Protoplasma ihrer Zellen auf. Sterben die grünen Pflanzen ab, so werden sie durch Fäulnisbakterien zersetzt. Dabei entstehen aus ihren organischen Stickstoffverbindungen wiederum anorganische. Auch aus denjenigen organischen Stickstoffverbindungen, die als Pflanzennahrung von Tieren und Menschen aufgenommen werden, entstehen letzten Endes wieder anorganische Stickstoffverbindungen. So wird schließlich aller organisch gebundene Stickstoff wieder in anorganische Salze (vor allem in Salpeter) umgewandelt. Damit ist er erneut für die Pflanzen verwertbar. Der Kreislauf des Stickstoffs hat sich geschlossen (Abb. 208).

Die Pflanzen können nur die Stickstoffverbindungen des *Bodens* verwenden. Nur die *Stickstoffbakterien* und die *Knöllchenbakterien* vermögen den Stickstoff der *Luft* zu Verbindungen zu verarbeiten, die von Pflanzen aufgenommen werden können.

IV. Die Lebewesen im Kreislauf der Stoffe

Wie für den Kohlenstoff und Stickstoff gibt es für alle *Grundstoffe*, die als *Nährsalze* dem Boden entzogen werden, einen Kreislauf.

Die Kreisläufe der verschiedenen Nährstoffe existieren nicht unabhängig voneinander. Sie sind Teile eines großen Kreislaufes innerhalb der Natur. In ihm werden die anorganischen Stoffe in organische und die organischen wieder in anorganische umgewandelt. In diesem Kreislauf sind die *Pflanzen* die **Erzeuger** (Produzenten) der organischen Substanz. Sie bauen aus den anorganischen Stoffen der Erdrinde und der Luft die organischen Stoffe auf. Tiere und Menschen übernehmen mit der Nahrung diese Stoffe von den Pflanzen und bauen sie um: aus den organischen pflanzlichen Stoffen werden so organische tierische bzw. menschliche Stoffe. *Menschen* und *Tiere* sind also **Verbraucher** (Konsumenten) und Veränderer der

organischen Substanz. Die *Mikroorganismen* (s. S. 66) bauen alle Ausscheidungen und die toten Körper von Pflanzen, Tieren und Menschen ab und führen die in ihnen enthaltenen organischen Stoffe wieder in anorganische zurück. Die Mikroorganismen sind also die **Zersetzer** (Reduzenten) der organischen Substanz. Mit ihrer Tätigkeit ist der Kreislauf von den anorganischen Stoffen des Bodens über die organischen der Lebewesen wieder zu den anorganischen Stoffen geschlossen (Abb. 209). So umschließt dieser umfassende Kreislauf alle Lebewesen in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit.

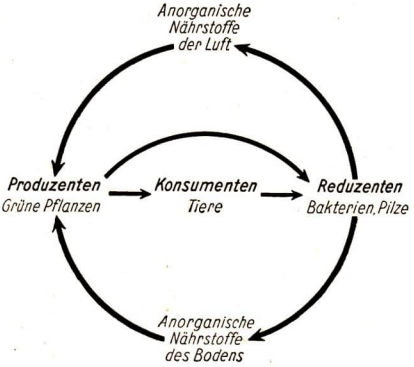


Abb. 209. Kreislauf der Stoffe

Auf der Grundlage des Kreislaufes der Stoffe entwickeln sich die Lebewesen zu immer neuen, höheren Formen. So nimmt auch der Stoffwechsel selbst im Laufe der Entwicklung neue Formen an. Die Kohlenhydrate, Fette und Eiweißstoffe, aus denen die ersten Lebewesen bestanden, waren andere als die Stoffe, aus denen die heute lebenden Organismen bestehen. In Jahrtausenden werden sich in Anpassung an neue Umweltbedingungen neue Formen der Lebewesen entwickelt haben, die wiederum aus anderen Stoffen bestehen. Unter der bewußten Einwirkung des Menschen werden neue Arten von Haustieren und Nutzpflanzen sogar schon in wenigen Jahren gezüchtet. So unterliegt der Kreislauf der Stoffe selbst einer ständigen Entwicklung.

SACH- UND NAMENREGISTER

Abwehrstoffe 115
Ackerschnecke 55
Ackerwachtelweizen 80
Algen 31, 88
Alkohol 122, 127
Allesfresser 6, 90, 100
Ammonshorn 57
Amöbe 27, 31
Amphibien 5
amphibische Pflanzen 5
anorganische Stoffe 6, 63, 163, 165
Anpassung 7, 62
Armleuchteralge 36
Assimilation 72, 75
Atmung 74
Augentierchen 30
Augentrost 80
Ausscheidung 95, 103
Außenpanzer 13
Außenschmarotzer 106
Außenskelett 21
Auster 54

Backwaren 121
Bakterien 25, 88, 108
Bandwürmer 7, 46, 107
Bauchspeicheldrüse 98, 105
Baumwolle 142
Bazillen 109
Bekassine 160
Belemniten 57
Beriberi 93
Bettwanze 106
Bienenhonig 126
Bier 121
Bindegewebe 12, 21
Blasentang 37
Blattadern 16
Blattbau 13
Blattlaus 5, 107
Blaualgen 32
Blinddarm 99
Blumentiere 42
Blut 101
Blutegel 52, 107
Blütenpflanzen 87
Blutgefäße 22, 101
Blutvergiftung 115
Bodenbakterien 147
Bodenbestandteile 62
Bodengare 66
Bodenorganismen 77, 147
Bodentemperatur 65
Bodenuntersuchungen 63
Bohnenrost 87
Bohrmuschel 54
Brandpilze 85
Braunfäule 83
Brennessel 14
Brot 121
Buna 138
Butter 132

Chinin 31
Chitin 21
Chlorophyll 10, 14, 37, 73, 76, 108
Cholera 114, 117

Darm 68
Darmbakterien 100
Darmtrichine 48
DDT-Präparate 106
Dickdarm 99
Dickenwachstum 18
Diphtherie 115
Donnerkeil 57
Dreifelderwirtschaft 67
Drüsen 20, 96
Düngung 67
Dünndarm 98

Edelkoralle 44
Egel 52
Eier 135
Einsiedlerkrebs 43
Einzeller 17, 25, 34
Eiweiß 9, 12, 74, 92, 102, 125, 129, 163
Eizelle 34
Erbsenrost 87
Erdnuß 125
Erlenbruch 156

Fadenwürmer 48
Farbkörperchen 10
Farbstoffe 139
Faserstoffe 139
Fäulnisbewohner 76
Fäulniserreger 112
Faulschlamm 151
Federn 20
Feldgras-Wechselwirtschaft 69
Fett 90, 102, 130
Fichte 65
Fichtenspargel 78
Fingerhut 80
Finnen 47
Fischbandwurm 47
Fischfleisch 130
Flachmoor 155
Flachs 141
Flechten 89
Fleckfieber 114
Fleisch 129
Fleischbeschau 49
Fleischfresser 6, 90, 99
Fliegenlarven 147
Flimmerzellen 19
Floh 106
Flußmuschel 54
Froschbiß 14
Froschlöffel 5
Fuchs 8
Fünfjahrplan 68, 123, 136, 138
Fusicladium 82

Gallenblase 98
Gallen-Tabelle 150
Gallmilben 107
Gärungserreger 112
Gaumen 96
Gefäßbündel 17
Geißelträger 28, 30, 108
Gemüse 90, 124
Generationswechsel 42
Gerbstoffe 139
Gerste 119
Getreide 119
Gewebe 13, 18
Gewürze 127
Gießkannenschimmel 78
Gliedertier 52
Glockenheide 158
Glockentierchen 29
Grünalgen 34

Haar 14, 20
Haarstern 59
Hafer 119
Halbflechten 89
Halbschmarotzer 79
Halm 16
Hämoglobin 101
Hanf 141
Harnblase 103
Haselnuß 123
Haut 19
Hering 131
Herzmuschel 54
Heuaufguß 25
Hirnanhangdrüse 105
Hochmoor 157
Hohltiere 39
Holz 18, 135
Hooke, Robert 8
Hopfenseide 82
Hormone 104
Hörner 20
Hufe 20
Humus 63, 66

Hundebandwurm 48
Hüpferling **10**, 71, 153

Infektionskrankheiten 114
Innenschmarotzer **46**, 107
Innenskelett 21
Insekten 5, 53, 106
Insulin 105

Jahresringe 18
Jod 37

Kaffee 127
Kahmhaut 25, 108
Kakao 128
Kalidünger 68, 69
Kalk 58, 64
Kalorien 95
Kammertierchen 27
Kartoffel 122
Kartoffelkrebs 83
Käse 135
Kautschuk 137
Kiebitz 160
Kiefer 65, 159
Kieferegel 52
Kiefernspinner 94
Kiemen 53
Kiemenschnecke 55
Kies 65
Kieselalgen **32**, 147, 152
Kinderlähmung 118
Klappertopf 80
Kleber 11, 120
Kleeseide 82
Klima 7, 72
Knochen 22
Knöllchenbakterien 115
Knorpel 22
Knospung 41, 48
Koch, Robert 114
Kohäsion 72
Kohlendioxyd 69, 73, 75, 88, 90, 101, 163
Kohlenhydrate 74, **90**
Kohlenstoff 69, 72, 90, 162
Kohlhernie 83
Kokospalme 123
Kok-saghys 138
Konservieren von Lebensmitteln 113
Köpfchenschimmel 77
Kopflaus 106
Koralle 44
Korallenwurz 78
Krabben 45
Krake 57
Krallen 20
Kranich 161
Krankheitserreger 31, 114
Krätzmilbe 107
Krebse 52
Kreislauf der Stoffe 115
Kröte 56
Krümelstruktur des Bodens 66
Kugelbakterien 110
Kugeltierchen 35
Kunstdünger 68
Kunstseide 140

Landpflanzen und -tiere 5
Laus 106
Lebensbedingungen 5, 62
Leber 98
Lebertran 93, 132
Leder 138
Leeuwenhoek, A. van 108
Lehm 65
Lein 123
Leitgefäße 16, 72
Leuchtbakterien 112
Licht 7, 74
Lichtmessungen 151
Löwenmäulchen 80
Lunge 101
Lungenentzündung 115

Madenwürmer **49**, 107
Magen 97
Mais 119
Malaria 31, 107
Malermuschel 54
Margarine 132
Meereswürmer 51
Mehl 120
Mehltau 82
Metschnikow, I. I. 115
Miesmuschel 54
Mikroorganismen 67, 165
Mikroskop 9, 108
Milben 147
Milch 133
Milchdrüsen 14
Milzbrand 114
Mistel 79
Mitschuringärten 65, 68, 71
Mohn 123
Monilia 82
Moor 155
Moosbeere 157
Mundhöhle 96
Muschel **53**, 58
Muschelkrebs 154
Muskeln 24
Muskeltrichine 48
Mutterkorn 84
Mutterzelle 13

Nacktschnecken 54
Nägel 20
Nährstoffe 6, 63, 69, 89, 162
Nahrungsbedarf 94, 147
Nebennieren 105
Nesselzellen 40, 42
Nestwurz 78
Nieren 103

Oase 5
Oberhaut 14, 20
Obst 126
Olm 7
Ölpalme 123
organische Stoffe 6, 63, 76, 162
Osmose 71

Palisadenschicht 15
Pantoffeltierchen 28
Parasiten 106
Pawlow, I. P. 100
Penicillin 78, 118
Perlon 145
Pest 114
Pfahlmuschel 54
Pfeilkraut 5
Pferdeegel 106
Pflanzenfresser 6, 90, 99
Pflanzengeographie 8
Pflanzenhaare 8
Pflanzenzellen 9
Phosphordünger 63, 68
Pilze 37, 88
Pinselschimmel 78
Plankton 152
Plattwürmer 45
Pocken 114, 118
Polarfuchs 8
Polypen 39
Posthornschnecke 55
Protoplasma 10, 26, 33, 73, 163

Quallen 41

Rachenhöhle 96
Rachitis 93
Rädertierchen 155
Raps 123
Ratte 8
Räude 107
Regeneration 40
Regenwurm 6, **49**, 147
Riedgras 156
Rinde 16
Rinderfinnenbandwurm 47
Ringelwürmer **49**, 53
Roggen 17, 119
Rohrdommel 161
Röhrenwürmer 51
Rohstoff 135
Rostpilz 85
Rotfuchs 8

Rübsen 123
Ruderkrebs 107
Ruhramöbe 31
Rüsselkrebs 153

Salze 92
Sand 65
Sandmuschel 54
Sandwurm 51
Sargassotang 37
Sauergräser 65
Sauerstoff 6, 63, 73, 75, 90, 101
saurer Boden 65
Seeanemone 42
Seegurke 59
Seeigel 59
Seelilie 59
Seenelke 42
Seerose 14, 42
Seestern 58
Seewalze 59
Segge 155
Seide 140
Seidenspinner 94
Seuchen 81
Siebröhren 17
Skorbut 92
Sonnentau 158
Sonnentierchen 153
Sulfonamide 118
Sumpfdeckelschnecke 55
Sumpfschildkröte 161
Süßwasserpolyp 39, 42
Süßwasserschwamm 37
Symbiose 43, 87, 146

Schaft 16
Scharlach 118
Schellfisch 131
Schilddrüse 104
Schilfgürtel 145
Schiffsbohrwurm 54
Schimmelpilz 77, 113
Schlafkrankheit 31, 107
Schlammschnecke 55
Schlangenstern 59
Schließzellen 14
Schmarotzer 45, 48
Schmarotzerpflanzen 76, 147
Schmarotzerpflanzen, Tabelle 148
Schmarotzerpilze 82, 149
Schnecken 6, 54
Schnepfe 161
Schnirkelschnecke 55
Schorf 82
Schraubenalge 34
Schraubenbakterien 110
Schuppen 20
Schuppenwurz 82
Schutzimpfung 117
Schwämme 37
Schwammschicht 15
Schweinefinnenbandwurm 47

Spaltöffnungen 14, 75
Speiche 96
Sporen 85, 89, 108
Sporentierchen 31
Springschwanz 147
Sprossung 41
Spulwurm 7, 49, 107

Stäbchenbakterien 110
Stachelhäuter 58
Stamm 16
Stärke 11, 73, 119
Starrkrampf 115
Steinbrech 8
Stengel 16
Sterilisation 109
Stickstoff 63, 68, 163
Stickstoffdünger 68
Stoffwechsel 101, 162
Strudelwürmer 46

Tabak 129
Tang 37
Taschenkrebs 45
Tausendfüßer 52
Tau-saghys 138
Tee 127
Teichmuschel 54
Tellerschnecke 55
Temperaturen 6, 151
Textilindustrie 145
Thomasmehl 68
Tiergeographie 8
Tierhaare 20
tierische Gewebe 18
Tierstock 39
Tierzelle 12
Tintenfisch 53, 56
Tochterzellen 13, 33
Torfmoor 157
Traubenzucker 73, 90, 101, 126
Trawopolnaja-System 69
Trichine 48, 107
Trompetentierchen 30
Tsetsefliege 31
Tuberkulose 114, 118
Turgor 71

Uhrglasamöbe 27
Umweltbedingungen 7, 62
Urin 103
Urkugelalgen 32
Urtiere 25

Vakuole 26, 29
Verdauungsorgane 95
Verdunstung 71
Verdunstungsschutz 6, 14
Vielzeller 34, 36
Viruskrankheiten 118
Vitamine 89, 92, 104
Vitamine, Übersicht 94
Vollschmarotzer 79

Wachstumsschicht 18
Wachtelweizen 80
Waidpflanze 100
Wald 145
Walnuß 123
Wanze 106
warmblütige Tiere 7
Wärmeentwicklung 54
Wärmemessung 151
Wasser 5, 92, 162
Wasserfloh 153
Wassergehalt der Pflanzen 69
Wassernetz 34
Wasserpest 10, 72
Wasserpflanzen und -tiere 5
Wechseltierchen 26
Wegschnecke 55
Weichtiere 53
Weinbergschnecke 55
Weizen 119
Wellhornschnecke 55
Wiederkäuermagen 100
Wiljams, Wladimir 69
Wimpertierchen 28, 153
Winterstarre 7
Wirtschaftsdünger 67
Wolle 140
Wollgras 155
Würmer 45
Wurzeldruck 71
Wurzelfüßer 28
Wurzelhaare 70
Wüstenbewohner 8
Wüstenfuchs 8

Zahnbelag 109
Zähne 96
Zahntrost 80
Zellen 8, 26, 28
Zellkern 13, 29
Zellkolonien 35
Zellmembran 12
Zellmund 29
Zellplasma 9, 26
Zellstoff 135
Zellteilung 13, 29
Zellulose 9, 90, 120
Zellvermehrung 13
Zellwolle 97
Zieralgen 32, 153
Zucker 126
Zwischenzellräume 15, 76
Zwitter 51, 56