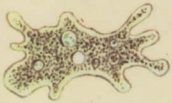
GEORG LITSCHE
RUDOLF LOSCHAN

RUND UM DIE BIOLOGIE



Georg Litsche · Rudolf Loschan

Rund um die Biologie

Lebewesen auf unserer Erde
Zellen – Bausteine der Lebewesen
Der Organismus –
eine Gemeinschaft von Spezialisten
Das Leben der Zellen
im vielzelligen Organismus
Lebewesen als Kybernetiker
Die Entwicklung der Organismen
Wir und das Leben

Georg Litsche
Rudolf Loschan

Rund um die Biologie

Illustrationen von
Johannes Breitmeier

Der Kinderbuchverlag
Berlin

Inhaltsverzeichnis

Lebewesen auf unserer Erde

6 Menschen, Tiere, Pflanzen – Lebewesen
8 Eine Million Tierarten
10 Eine lebende Decke
13 Vergangenes Leben
14 Affen – Vorfahren des Menschen
17 Spuren vergangener Zeiten in unserer Heimat
18 Von einem Ort zum anderen
20 Atmen ist lebensnotwendig
22 Fliegende Lebewesen
24 Mikroskopisch klein – riesengroß
27 Minuten und Jahrhunderte
28 Leben aus Leben
30 Zwischen Anfang und Ende
32 Leben – ein Strom von Lebewesen
34 Nahrung – woher?
36 Ererbtes Verhalten
38 Lebewesen im Gleichgewicht
40 Licht wird fallen auf den Menschen

Zellen – Bausteine der Lebewesen

43 Lebende Teile
44 Entdeckungen mit Mikrotom und Mikroskop
46 Vielzeller – Einzeller
48 Einzeller werden Vielzeller
51 Riesen unter dem Elektronenmikroskop
52 Stoff – Plan – Energie
54 Eiweiße – Träger des Lebens
56 Zwanzig Aminosäuren – zehn Quadrillionen Eiweiße
58 Enträtselte Geheimschrift
66 Ein Eiweißmolekül entsteht
62 Der Zellkern – die Bibliothek und Druckerei der Zelle
64 Energiezahlungsmittel der Zelle
66 Ein Konto wird aufgehoben
68 Ein Konto wird wieder aufgefüllt
70 Die Zelle – eine chemische Fabrik

Der Organismus – eine Gemeinschaft von Spezialisten

72 Arbeitsteilung muß sein
74 Zellen, die den Körper schützen
76 Zellen, die den Körper stützen
78 Zellen, die den Körper bewegen
80 Zellen, die Säfte absondern
83 Zellen, Ursprung neuer Lebewesen
84 Zellen, die Stoffe speichern

Das Leben der Zellen im vielzelligen Organismus

86 Die Körperflüssigkeit – Umwelt der Zellen
88 Verdauung – Aufbereitung der Nahrung für die Zellen
90 Atmung – Versorgung der Körperzellen mit Sauerstoff
92 Ausscheidung – Entgiftung der Körperflüssigkeit
94 Wurzeln und Blätter
97 Nahrung aus der Luft

Lebewesen als Kybernetiker

98 Was ist ein Regelkreis?
101 Gesteuerte Zellen
102 Hormone – steuernde Stoffe
105 Sinneszellen – Meßglieder des Organismus
106 Das koordinierende Zentrum
108 Reflex – Grundvorgang der Regelung
110 Spaltöffnungen – Regler der Pflanzen

Die Entwicklung der Organismen

112 Veränderungen auf der Erde
114 Gleicht ein Ei dem anderen?
116 Ganz der Vater!
118 Der weiße Hase
121 Die gemeinsame Genkasse
122 Vom Nutzen des Genvorrates
124 Populationen werden Arten
126 Raubtiere, die Pflanzenfresser wurden
128 Eiszeitliche Frühlingsboten
130 Der Mensch entwickelt Pflanzen und Tiere

Wir und das Leben

133 Das Leben entstand aus Nichtlebendem
134 Die Menschen entwickelten sich aus dem Tierreich
136 Wer bist du?
139 Der Mensch und die Natur
140 Leben und Gesundheit
143 Leben nur auf der Erde?

LEBEWESEN AUF UNSERER ERDE

Menschen, Tiere, Pflanzen — Lebewesen

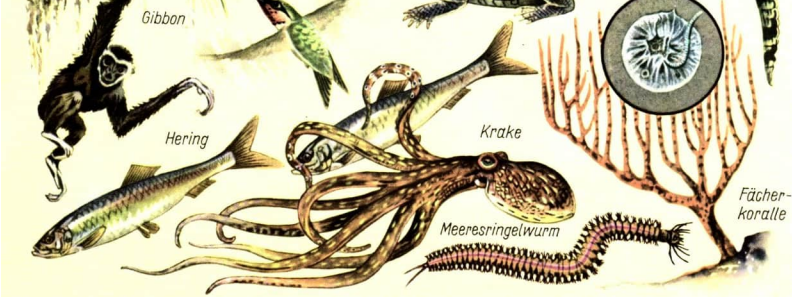
Unsere Erde ist seit einigen Milliarden Jahren von Lebewesen bewohnt. Die Anzahl der einzelnen Lebewesen, der Individuen, die heute leben, ist ungeheuer groß. Sie gehören fast 1,5 Millionen Arten an. Menschen, Tiere, Pflanzen sind die großen Gruppen, denen jedes Individuum zugeordnet werden kann.

Die Menschen unterscheiden sich von Tieren und Pflanzen dadurch, daß sie die Erde durch bewußte Arbeit nach ihren Bedürfnissen verändern. Sie schaffen sich ihre eigene Welt. „Bewußt" heißt, daß sie in Gedanken vorwegnehmen, was sie an wirklichen Veränderungen vollziehen, und daß sie sich durch eine Sprache verständigen, in die sie ihre Gedanken kleiden.

Im Aussehen kann es zwischen den Menschen große Unterschiede geben. Denken wir nur an die unterschiedlichen Hautfarben bei Afrikanern, Europäern

Menschen Die heute lebenden Menschen können drei großen Rassenkreisen zugeordnet werden, dem europiden, dem mongoliden und dem negriden Rassenkreis.

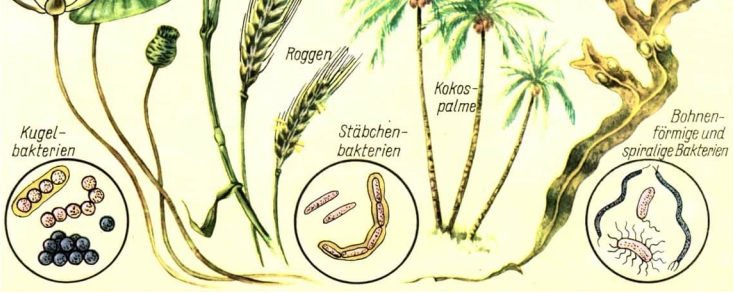
Tiere Eine große Anzahl verwandter Tierarten bildet einen Tierstamm. Einige Tierstämme werden hier genannt und durch einige Vertreter veranschaulicht. Da ist zunächst der Stamm der Wirbeltiere, dessen Angehörige alle eine aus Knochen oder Knorpel bestehende Wirbelsäule besitzen. Von den abgebildeten Tieren gehören zum Stamm der Wirbeltiere der Gibbon, der Kolibri — ein winziger tropischer Vogel —, die Krokodile und die Heringe. Ein weiterer Tierstamm sind die Weichtiere. Die Abbildung zeigt als einen Vertreter der Weichtiere den Kraken. Zu den Weichtieren zählen auch alle Schnecken und Muscheln. Eine besonders artenreiche



Stammgruppe bilden die Gliedertiere. Ihnen sind der abgebildete Meeresringelwurm, aber auch die zahlreichen das Erdreich bewohnenden Würmer und schließlich alle die vielen Krebse, Spinnen, Fliegen, Schmetterlinge und Käfer zuzuordnen. Auch die Hohltiere, zu denen die abgebildete Fächerkoralle sowie die vielen Polypen und Quallen gehören, bilden einen Tierstamm. Einen sehr artenreichen Stamm bilden auch die nur mit dem Mikroskop sichtbaren Urtiere.

Pflanzen Auch bei den Pflanzen können Stämme unterschieden werden. Die uns am meisten vertrauten Pflanzen finden wir im Stamm der Samenpflanzen. Auf der Abbildung gehören zu den Samenpflanzen die Seerose, die Kokospalme und der Roggen. Die hier dargestellten Tange bilden zusammen mit vielen im Süßwasser lebenden Algen einen Stamm des Pflanzenreiches. Zu einem Stamm mikroskopisch kleiner pflanzlicher Lebewesen gehören die Bakterien.
Weder bei den Pflanzen noch bei den Tieren ist die Aufzählung der Stämme vollständig.

oder Asiaten. Auch die Lebensweise der Menschen kann sehr unterschiedlich sein.
Zur Zeit leben auf der Erde mehr als 3,5 Milliarden Menschen. Sie alle gehören einer Art an. Diese trägt die wissenschaftliche Bezeichnung „Homo sapiens". Beide Wörter sind lateinisch. „Homo" bedeutet Mensch, „sapiens" weise.
Während alle Menschen zu einer Art zählen, leben zur Zeit auf unserer Erde über 1 Million Tierarten und etwa 0,25 Millionen Pflanzenarten.
Tiere und Pflanzen können wir meist sofort unterscheiden, aber manchmal stellt uns die Unterscheidung auch vor Probleme. So könnte man versucht sein, eine Fächerkoralle den Pflanzen zuzuordnen, wenn man sich von dem äußeren Eindruck leiten läßt. Beobachtet man die lebende Koralle genauer, so erkennt man, daß der Fächer ein Gerüst ist, das von winzigen Tierchen gebildet und besiedelt wird, den Korallentierchen.
Die Biologie, die Lehre vom Leben, führt uns, im Verein mit anderen Wissenschaften, zu tieferem Verständnis der Lebewesen. Sie erschließt uns die Erkenntnis des Lebens.

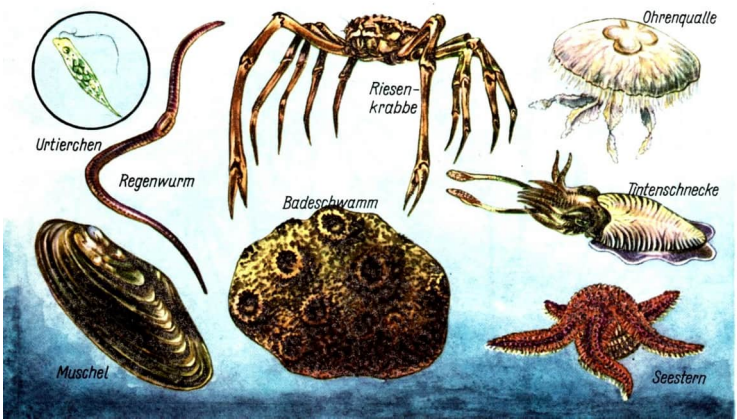


Wirbellose Tiere Natürliche Badeschwämme sind Körperteile, die von Lebewesen der Art Badeschwamm stammen. Was da zum Waschen und Baden benutzt wird, das ist das aus Hornfasern bestehende Skelett der Schwammtiere.
Die Quallen, die wir im strandnahen Wasser der Ostsee finden, sind meist bereits im Sterben begriffen. Wind und Wellen treiben ermattete Tiere dem Ufer zu. Wenn sie auf dem Lande vertrocknen, fällt auf, daß sie nur aus feinen Häutchen, aus Gallerte und Wasser bestehen. Quallen kommen in allen Meeren vor. Die uns von der Ostsee her bekannte Qualle heißt Ohrenqualle.

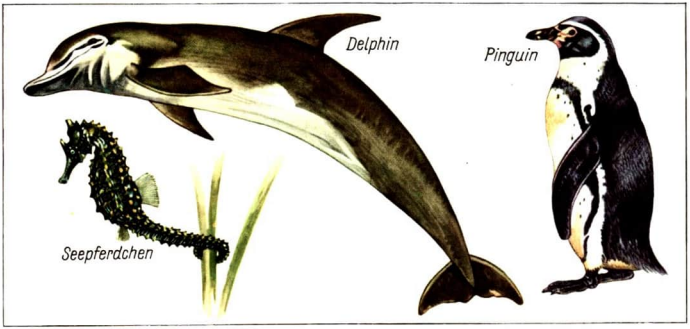
Wirbeltiere Das Seepferdchen ist ein Fisch wie der Karpfen oder der Hecht oder die auf dem Grunde lebende Scholle. Nur 2 bis 3 Zentimeter lang ist das in den tropischen Wäldern der afrikanischen Insel Madagaskar lebende Goldfröschchen. Es ist, wie unsere einheimischen Frösche und Kröten, ein Lurch.
Ebenfalls von der Insel Madagaskar stammt das Chamäleon, das mit seiner langen klebrigen Zunge, die es treffsicher aus dem Maul schnellen kann, Insekten fängt. Man zählt es, zusammen mit unseren einheimischen Eidechsen, Schlangen und mit den Schildkröten, zu den Kriechtieren.
Der Pinguin erbeutet als ausgezeichneter Taucher Fische und Tintenfische. Er kann aber nicht fliegen, obwohl er zu den Vögeln gehört wie die aus unserer Heimat bekannten Stare, Möwen, Sperlinge, Störche, Enten, Schwalben, Spechte.
Der Delphin sieht zwar in seiner Gestalt einem Fisch sehr ähnlich, zählt aber zu den Säugetieren wie Katzen, Hunde, Rinder, Mäuse, Rehe, Fledermäuse und auch die Affen.

Eine Million Tierarten

Auf der Erde leben zur Zeit mehr als eine Million Tierarten. Man brauchte fünfundvierzig Bücher von der Art dieses Buches, um darin die Namen aller Tierarten festzuhalten, wenn drei Artnamen auf einer Zeile Platz fänden.
Wir fassen die Tierarten nach ihrer Verwandtschaft in Stämmen zusammen. Einen Stamm bilden die mikroskopisch kleinen Urtierchen. Meist nur wenige hundertstel Millimeter groß, findet man sie fast überall auf unserer Erde, wo Feuchtigkeit vorhanden ist. Massenhaft kommen Urtiere im Wasser und im Boden vor. Sie leben aber auch als Schädlinge oder als harmlose Mitbewohner in anderen Lebewesen, in Menschen, in Tieren und in Pflanzen. Urtiere können sich kriechend oder mit Hilfe feiner Fäserchen, die man Geißeln oder Wimpern nennt, im Wasser fortbewegen. Manche Urtiere besitzen Schalen oder sogar Gehäuse.
Im folgenden seien Tierstämme genannt, deren Vertreter nur im Wasser und vorwiegend im Meer leben.
Schwämme, einfach gebaute, festsitzende Tiere, kommen im Süßwasser und in wärmeren Meeren vor. Sie ernähren sich von mikroskopisch kleinen Tier- und Pflanzenteilchen, die im Wasser schweben.
Hohltiere sind komplizierter gebaut. Manche sitzen fest, wie zum Beispiel die meeresbewohnenden Korallen oder der Süßwasserpolyp, andere schwimmen frei im Meer, die Quallen. Viele Hohltiere haben Fangarme, mit denen sie kleine Beutetiere festhalten und in ihre Mundöffnung stopfen.
Stachelhäuter kommen nur in den Meeren vor. Zu



ihnen gehören zum Beispiel Seesterne und Seeigel. Diese Tiere leben räuberisch. Wenn sich Seesterne stark vermehren, können sie unter Muscheln oder an Korallen großen Schaden anrichten.
Unter der Bezeichnung Würmer werden mehrere verschiedenartige Tierstämme zusammengefaßt. Würmer leben im Süßwasser und in den Meeren. Auch im Boden finden sich zahlreiche, darunter winzige Würmer. Zu den Würmern gehören auch viele Parasiten, die im Menschen, in Tieren und in Pflanzen leben. Von der Wissenschaft werden die Tiere entsprechend ihrer Abstammung und Verwandtschaft verschiedenen Stämmen zugeordnet. Solche Stämme sind zum Beispiel Plattwürmer, zu denen die Bandwürmer gehören, Rundwürmer, von denen die Spulwürmer allgemein bekannt sind. Die Regenwürmer gehören dem Stamm der Ringelwürmer an.
Gliederfüßer sind überaus vielgestaltig und zahlreich. Zu diesem Stamm gehören unter anderem Spinnentiere, Krebstiere, Tausendfüßer, Insekten. Die Insekten allein umfassen fast eine Million Arten.
Weichtiere sind im Meer, im Süßwasser und auf dem Lande verbreitet. Die meisten haben Schalen oder Gehäuse aus Kalk. Zu diesem Stamm gehören Muscheln, Schnecken, Tintenfische. Der Name der letzteren ist irreführend. Die Tintenfische sind als Weichtiere eben keine Fische, die bekanntlich zu den Wirbeltieren gehören. Die Tintenfische müßten deshalb besser Tintenschnecken heißen.
Die Vertreter aller bisher genannten Stämme besitzen keine Wirbelsäule. Man bezeichnet sie als Wirbellose. Ihnen stehen in einem Stamm, dem Stamm Wirbeltiere, alle jene Tiere gegenüber, die ein inneres Stützgerüst aus Knochen oder Knorpel haben.

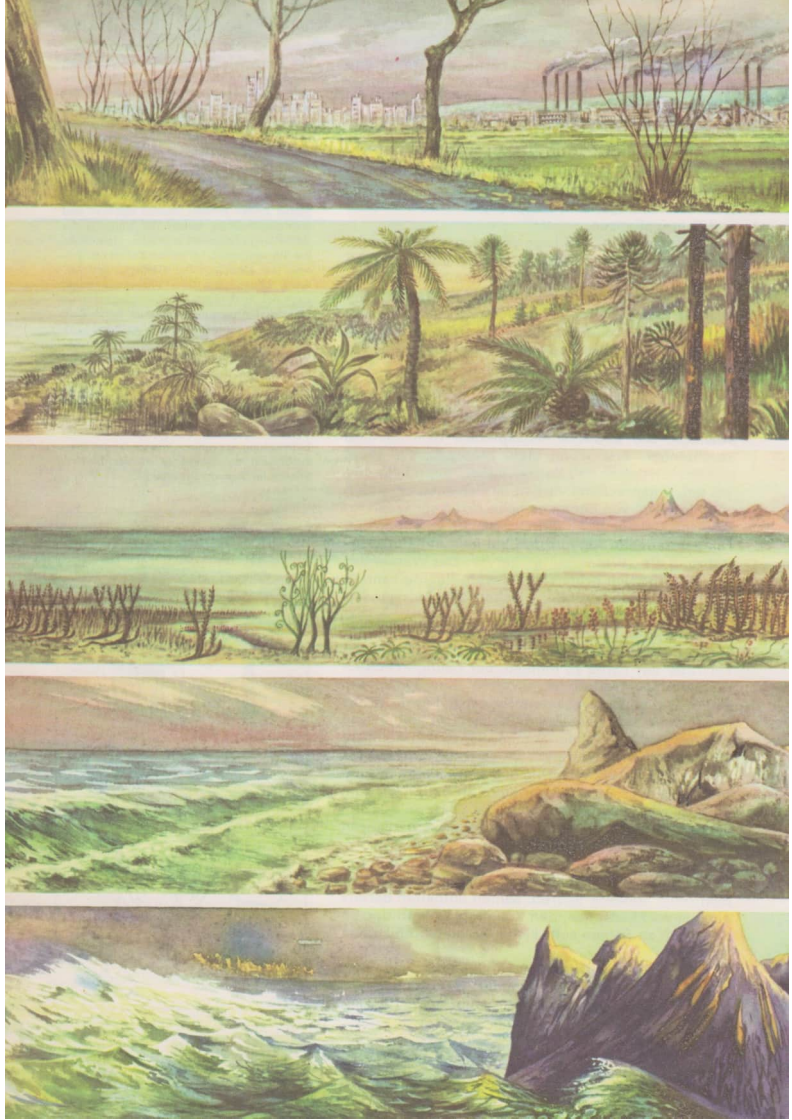


Bakterien, Algen, Pilze, Moose, Flechten, aber auch Farne pflanzen sich durch **Sporen** fort. Samenpflanzen bilden als Fortpflanzungskörper **Samen** aus. Samen, wie zum Beispiel die der abgebildeten Bohnenpflanze, enthalten bereits eine kleine Pflanze, den **Keimling.** Sobald der Samen Feuchtigkeit und Wärme vorfindet, beginnt der Keimling zu wachsen. Die Keimwurzel wächst zur Wurzel heran, die Nahrung aus dem Boden aufnimmt. Der Keimsproß entwickelt sich zum Sproß, an dem sich Blätter bilden, die Nahrung aus der Luft aufnehmen. Nahrung für den Beginn des Wachstums findet der Keimling im Samen.

Eine lebende Decke

Den Kosmonauten, die die Erde aus dem Weltraum betrachten konnten, erschienen weite Gebiete des Festlandes in einem grünen Farbton. Er rührt von der Pflanzendecke her, die das Festland überzieht. Die Zusammensetzung der Pflanzendecke ist unterschiedlich, sie ist abhängig von der geographischen Lage. In der tropischen Zone wachsen die Pflanzen ununterbrochen und üppig. In der gemäßigten Zone, in der wir leben, unterliegt die Pflanzenwelt großen jahreszeitlichen Veränderungen. In der kalten Zone ist der Pflanzenwuchs spärlich und auf die zeitweilig schnee- und eisfreien Flächen beschränkt.

Die Zusammensetzung der Pflanzendecke ist auch von der Höhenlage abhängig. Wer schon einmal Gelegenheit hatte, einen hohen Berg zu besteigen, der wird bemerkt haben, daß von einer bestimmten Höhe an die Bäume immer niedriger und spärlicher werden, bis schließlich der Wald aufhört. So finden wir zum Beispiel auf dem Kamm des an der Grenze zwischen der Volksrepublik Polen und der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik gelegenen Riesengebirges nur noch vereinzelte, dem Boden anliegende Kiefernbüsche, sogenanntes Knieholz oder Latschenkiefern. Die Erde ist mit Gras und anderen niedrigen Pflanzen bewachsen, an feuchten

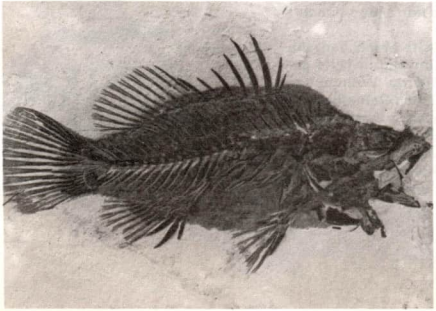


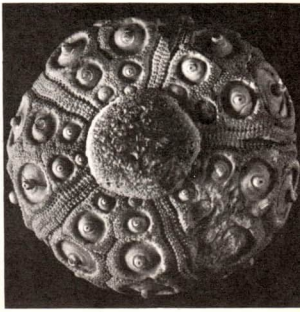
Könnten wir die Zeit um jeweils 200 Millionen Jahre zurückdrehen, so würden uns, wenn wir den Blick auf das Gebiet richteten, in dem wir leben, nacheinander Bilder vor Augen treten, wie sie die Abbildungen in der Reihenfolge von oben nach unten zeigen. Das oberste Bild zeigt die Gegenwart.
Nach dem ersten Sprung über 200 Millionen Jahre würden wir vergebens nach Menschen suchen, ebenso nach Dingen, die der Mensch geschaffen hat. Selbst die Pflanzen und Tiere wären unbekannt und fremd für uns.
Der zweite Sprung über 200 Millionen Jahre, und das Land erschiene uns nur von spärlichen, niedrigen, fremd anmutenden Pflanzen bedeckt. Wir würden nur wenige Tiere auf dem Lande finden, und nur in der Nähe der Gewässer. Im Wasser wären die Lebewesen zahlreicher. Vielleicht würden wir Seelilien erkennen und Schnecken, Wasserpflanzen würden wir finden und dazwischen auch Fische, jedoch nicht mit Schuppen bedeckt, sondern mit großen Knochenschilden, die einem Panzer gleichen.
Nach dem dritten Sprung über 200 Millionen Jahre erschiene uns das Land fast ohne Leben. Nur an den Ufern der Gewässer könnten wir Lagerpflanzen finden. Im Wasser gäbe es zwar Lebewesen, aber auch hier suchten wir vergebens nach Wirbeltieren. Nur Wirbellose könnten wir entdecken: Krebse, Schnekken und Würmer. Urtiere und einzellige Pflanzen fänden wir in großer Zahl, wenn wir die Gewässer mit dem Mikroskop untersuchten.
Noch ein solcher gewaltiger Sprung in die Vergangenheit, und uns erschienen die Gewässer so leer und ohne Lebewesen wie das Land. Erst ein Mikroskop würde uns zeigen, daß das Wasser zu dieser Zeit bereits von Urtieren und Algen bewohnt ist.

Die Abbildung unten rechts zeigt einen versteinerten Seeigel, der vor etwa 140 Millionen Jahren die Meere bewohnte. Sogar die Ansatzstellen der beim lebenden Tier beweglichen Stacheln sind zu erkennen.

Vergangenes Leben

Die Erde war wie der Mond ein unbelebter Himmelskörper. Der Mond blieb bis zum heutigen Tag ohne Leben.
Auf der Erde hingegen entstanden in den Meeren, die sich durch Niederschläge gebildet hatten, mikroskopisch kleine Lebewesen, den Urtieren ähnlich.
Aus ihnen gingen im Verlaufe von Jahrmillionen alle Pflanzen und Tiere hervor, die jemals auf der Erde lebten, auch die Menschen.
Die ersten Lebewesen waren Bewohner der Meere. Sie waren ganz dem Leben im Wasser angepaßt und außerhalb des Wassers nicht lebensfähig. Erst nachdem Tiere und Pflanzen nach langer Entwicklung eine bestimmte Entwicklungshöhe erreicht hatten, konnten einige von ihnen Grenzgebiete zwischen Wasser und Land besiedeln und schließlich nach weiterer Entwicklung das Land als Landtiere und Landpflanzen Schritt für Schritt erobern. Die freie Fortbewegung in der Luft, wie wir sie beispielsweise bei Vögeln oder bei fliegenden Insekten kennen, bedurfte weiterer Entwicklungsschritte landlebender, zunächst nicht flugfähiger Tiere. Während diese Entwicklung etwa 2 Milliarden Jahre dauerte, sind Menschen erst vor etwa $2^1/_2$ Millionen Jahren aus äffischen Vorfahren hervorgegangen.
Wie aber erhält der Mensch Kenntnis von den Lebewesen, die in einer Zeit lebten, in der es noch keine Menschen auf der Erde gab? Von dem Leben vergangener Zeiten künden Spuren im Gestein, die die Lebewesen hinterlassen haben. Der Abdruck (siehe Abbildung), den ein Panzerfisch hinterlassen hat, der vor etwa 300 Millionen Jahren lebte, ist ein Beispiel dafür. Die Wissenschaft hat Mittel und Methoden entwickelt, mit denen sich selbst Spuren mikroskopisch kleiner Lebewesen auffinden lassen, die vor einer Milliarde Jahren lebten. Dennoch sind Spuren bestimmter Lebewesen in der Erde selten und mitunter schwer auffindbar.





Affen — Vorfahren des Menschen

Es ist wahr, daß die Vorfahren des Menschen Affen waren. Allerdings muß man zum richtigen Verständnis dieser Feststellung folgendes wissen: Die Vorfahren des Menschen, die in diesem Zusammenhang gemeint sind, lebten vor mehr als zwei Millionen Jahren. Von diesen Vorfahren trennen uns Zehntausende von Generationen. Die äffischen Vorfahren des Menschen sind mit keinem der heute lebenden Affen gleichzusetzen, auch nicht mit den Menschenaffen, wie zum Beispiel Schimpanse oder Gorilla.

Die Affen, von denen die frühen Urmenschen abstammen, sind den Menschen zum Beispiel in der Form ihres Gebisses und in ihrer Lebens- und Fortbewegungsweise ähnlicher als den heute lebenden Menschenaffen. Diese haben kräftige, über die Schneide- und Backenzähne hinausragende Eckzähne. Die Affen, aus denen sich vor mehreren Millionen Jahren die Menschen entwickelten, besaßen solche den Raubtierzähnen ähnliche Eckzähne nicht. Wie man aus der Gestalt ihrer Wirbelsäule erkennt. gingen sie auch aufrecht wie die Menschen.

Vor etwa einer Million Jahren lebten die frühen Urmenschen. Wir wissen von ihnen durch Funde von Knochen und von Werkzeugen. Die Knochenfunde lassen erkennen, daß diese Menschen noch manche Züge mit Affen dieser weit zurückliegenden Zeit gemeinsam hatten: ein sehr kräftiges Gebiß, ein fehlendes Kinn und starke Überaugenwülste. Die gefundenen Werkzeuge sind grob zurechtgehauene Steine, die zum Stoßen, Kratzen, Schaben, Ritzen, Hämmern verwendet werden konnten. Die frühen Urmenschen waren Jäger und Sammler. Sie nutzten bereits das Feuer; das beweisen angekohlte Tierknochen und Ascheschichten, die in ihren Wohnhöhlen gefunden wurden. Von den Milliarden Urmenschen, die in der Urzeit der Geschichte der Menschheit gelebt haben, gibt es nur einige hundert bruchstückhafte Funde.

Die frühen Urmenschen sind bereits Menschen, die Werkzeuge herstellen konnten, mit deren Hilfe sie ihre Bedürfnisse — Nahrung, Kleidung, Wohnung — befriedigten. Sie lebten in urtümlichen Gemeinschaften, den Horden, und konnten sich wahrscheinlich bereits durch eine Sprache verständigen.

Sie gehören ebenso zur Art Homo sapiens wie die späten Urmenschen und die Jetztmenschen, zu denen die eiszeitlichen Neumenschen und alle heute lebenden Menschen gehören.

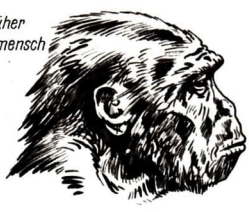
Ausgestorbene Menschenaffen, die als Vorfahren des Menschen angesehen werden können, sind durch Knochenfunde aus Ostafrika bekannt geworden. Wir kennen unter ihnen solche, die ähnlich den heute lebenden Menschenaffen Urwaldbewohner waren und auf Bäumen lebten (Dryopithecus.), und solche, die in urwaldfreien Gebieten, in der Gras- und Strauchsteppe, wohnten und ähnlich wie die Menschen aufrecht gingen (Proconsul, Oreopithecus, Australopithecus). Die Entwicklung vom Affen zum frühen Urmenschen dauerte mehrere Millionen Jahre.

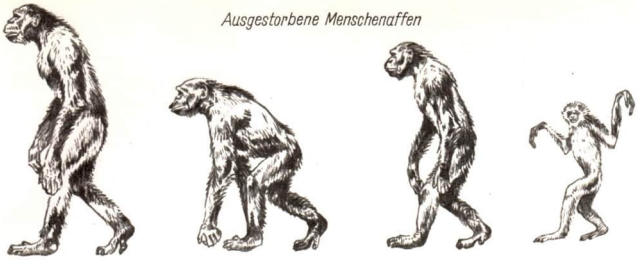
Die frühen Urmenschen bewohnten, wie Knochenfunde beweisen, weite Gebiete Afrikas, Asiens und Europas. Diese Menschen gingen aufrecht, sie lebten in Horden und konnten sich vermutlich schon durch eine Sprache verständigen. Aus Steinen fertigten sie einfache, vielseitig verwendbare Werkzeuge an, indem sie etwa faustgroße Steine mit anderen Steinen so zurechtschlugen, daß sie an einer Seite spitz und scharf wurden. Als Jäger töteten sie mit diesen Faustkeilen kleinere Tiere, trennten deren Fell und Fleischstücke ab. In Ascheschichten, die zu der Annahme berechtigen, daß die frühen Urmenschen das Feuer nutzten, finden sich neben Steinwerkzeugen vor allem zahlreiche zertrümmerte Knochen von Jagdtieren.

Die späten Urmenschen, die auch Neandertaler genannt werden, verstanden es bereits, spezielle Werkzeuge aus Stein herzustellen wie Schabermesser und Bohrer. Ihre Faustkeile sind feiner bearbeitet. Die späten Urmenschen nutzten das Feuer nicht nur, sondern verstanden wahrscheinlich, es selbst zu entfachen.

Die eiszeitlichen Neumenschen verwendeten zur Werkzeugherstellung außer Stein auch Knochen, Geweihe, Horn und Elfenbein. Mit Speeren sowie Pfeil und Bogen konnten sie das Wild auch auf größere Entfernungen erlegen. Bessere Waffen und gemeinsames Vorgehen bei der Jagd sicherten ihnen größere Jagderträge.

Früher Urmensch

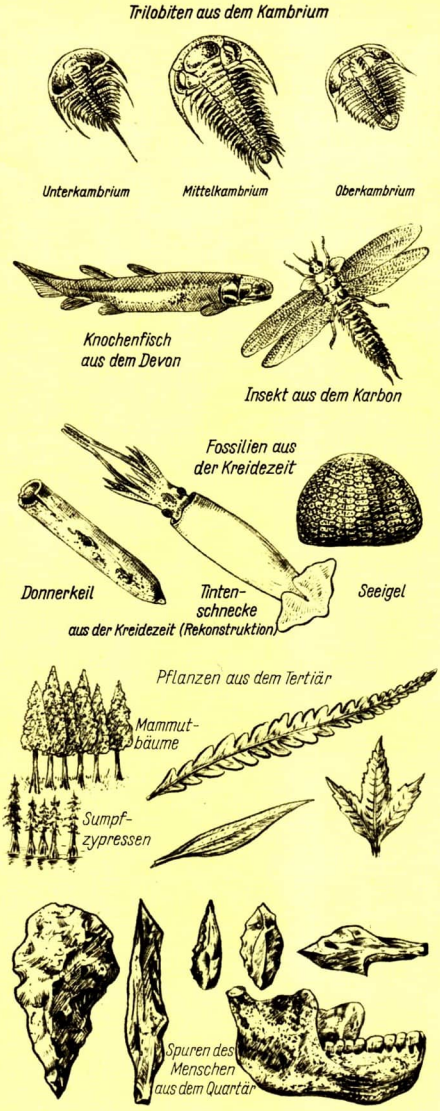


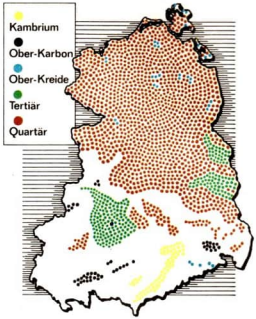

Ausgestorbene Menschenaffen

Neandertaler

Später
Urmensch

Neumensch





Nicht überall findet man Ablagerungen aus allen Erdzeitaltern. Ablagerungen aus dem **Kambrium** findet man in unserer Republik nur an wenigen Stellen. Zu den auffälligsten Fossilien dieser Zeit zählen die **Trilobiten,** Krebse mit festen Panzern und merkwürdig gebauten Kopfschilden. Die Panzer sind im Gestein über 500 bis 600 Millionen Jahre erhalten geblieben.

Aus dem **Devon** findet man in unserem Land kaum Spuren. Auf das Devon folgt das **Karbon,** die Steinkohlenzeit. Das Karbon zeichnete sich durch feuchtwarmes Klima aus. Auf dem Lande wuchsen bereits große Pflanzen, **baumartige Farne.** Es gab auch schon größere landbewohnende Tiere, jedoch nicht die uns vertrauten Säugetiere, sondern **Lurche.** Fossilien der Steinkohlenzeit finden sich bei uns an zahlreichen Orten.

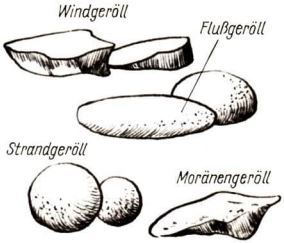
Im Elbsandsteingebirge, besonders aber in den Kreidefelsen der Insel Rügen, kann man Fossilien aus der **Kreidezeit** finden. Am Ostseestrand erleichtert die Suche das Meer, das die Kreidefelsen zerstört. Nicht selten findet man Donnerkeile, versteinerte Skeletteile von **Tintenschnecken** jener Zeit, und **Seeigel.** Manchmal findet man auch Abdrücke von Blättern vertrauter Pflanzen, wie **Eichen** oder **Buchen.** Untersucht man Sand unter dem Mikroskop, erkennt man ungezählte **beschalte Urtiere.**

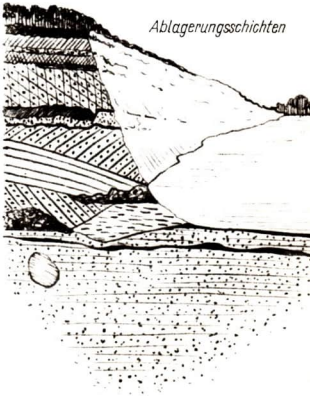
Das **Tertiär** und das **Quartär,** die beide für unsere Landschaft sehr bedeutsam sind, bilden die Brücke zwischen der Kreidezeit und der Gegenwart. Die Braunkohlenlagerstätten sind Zeugen des Tertiärs. In der Braunkohle findet man gut erhaltene **Sumpfzypressen** und **Mammutbäume** sowie Abdrücke von **Vögeln** und **Säugetieren.**

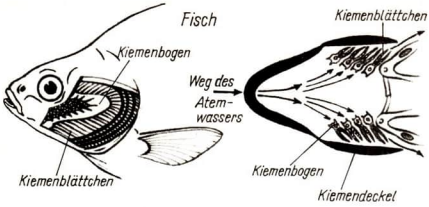
In Ablagerungen der Quartärzeit findet man auch **Steinwerkzeuge des Menschen** und viel seltener menschliche Fossilien.

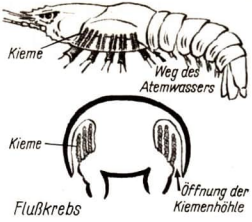
Spuren vergangener Zeiten in unserer Heimat

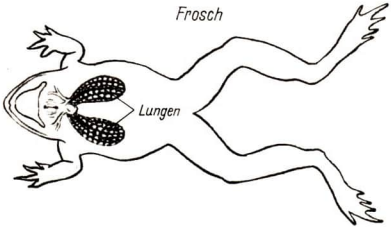
Spuren von Lebewesen vergangener Zeiten findet man in manchen Gesteinen. Wie ist es möglich, daß Gesteine Spuren von Lebewesen enthalten? Wind und Wasser verändern die Erdoberfläche ständig. Sie tragen Material von höher gelegenen Stellen an tiefer gelegene. So entstehen Ablagerungen.
Ablagerungen können kleinere und größere Lebewesen einschließen.
Im Verlaufe von Jahrtausenden und Jahrmillionen bilden sich Ablagerungsschichten von Hunderten Metern Mächtigkeit. Unter hohem Druck kann sich in so langen Zeiträumen aus den Ablagerungen Gestein — Schichtgestein oder Sedimentgestein — bilden. Dabei verändern sich die eingeschlossenen Lebewesen auch, sie werden selbst zu Gestein. Diese Spuren von Lebewesen oder Fossilien, wie sie genannt werden, können oftmals recht genau über die Lebewesen Auskunft geben, von denen sie stammen. Besonders gut bleiben Hartteile der Lebewesen, wie Knochen, Schalen und Panzer, erhalten. Kennt man das Alter eines Schichtgesteins, so weiß man auch, wann die Lebewesen gelebt haben müssen, die als Versteinerungen in dem Gestein enthalten sind. Da sich aber die Lebewesen entwickeln und zu einer bestimmten Zeit nur bestimmte Lebewesen vorkommen, kann man auch umgekehrt vom Vorhandensein bestimmter Lebewesen auf ein bestimmtes Alter des Gesteins, in dem sie lagern, schließen. Lebewesen, die für eine bestimmte Zeit charakteristisch sind und häufig auftreten, nennt man Leitfossilien. Die Leitfossilien helfen bei der erdgeschichtlichen Zeitbestimmung.
Die ehemals lebenden Bestandteile der toten Lebewesen sind schnell vergänglich. Sie verfaulen oder verwesen. Deshalb können solche Teile nur unter besonders günstigen Bedingungen über längere Zeiträume erhalten bleiben. Das geschieht dann, wenn sie rasch luftdicht abgeschlossen werden. Beispiele für raschen Luftabschluß von lebenden oder verendeten Lebewesen sind: Einfrieren in Eis, das nicht wieder auftaut; Einschluß in Harz, das dann versteinert; Einbettung in Schlamm, der später zu Schichtgestein wird.
In solche in Schlamm eingebetteten Lebewesen können im Wasser gelöste Mineralien eindringen, so daß das ganze Lebewesen versteinert. Unter diesen Bedingungen bleiben sogar die inneren Strukturen des Lebewesens erhalten und können mitunter durch Gesteinsdünnschliffe mikroskopisch untersucht werden.

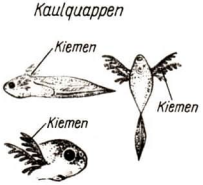












Atmen ist lebensnotwendig

Sehr viele Lebewesen brauchen zur Aufrechterhaltung ihres Lebens Sauerstoff. Dieses lebenswichtige Gas ist ein Bestandteil der Luft. Sauerstoff löst sich im Wasser. Das Wasser kann folglich gasförmigen Sauerstoff enthalten, allerdings in viel geringerer Menge als die Luft.
Die grünen Pflanzen geben, solange sie dem Licht ausgesetzt sind, Sauerstoff an die umgebende Luft oder das umgebende Wasser ab.
Bei der Atmung muß der Sauerstoff immer hauchdünne Häute der Lebewesen durchdringen, um so in den Körper zu allen lebenden Teilen zu gelangen.
Wasserbewohnende Tiere haben als Atmungsorgane meist Kiemen. Das sind blätter-, ästchen- oder büschelförmige Körperanhänge, die frei in das Wasser ragen oder abgedeckt und so besser geschützt sind. Diese Anhänge sind mit einer sehr dünnen Haut bekleidet und von vielen Blutgefäßen durchzogen. Das durchschimmernde Blut läßt die Kiemen häufig leuchtend rot erscheinen.
Das Wasser umströmt die Kiemen, wodurch der gelöste Sauerstoff ins Innere der Kieme, ins Blut und durch dieses zu allen lebenden Teilen des Körpers gelangen kann.
Für die Luftatmung haben sich bei den Tieren andere Atmungsorgane entwickelt, die Lungen. Das sind

Die zu den Wirbeltieren zählenden Fische atmen Sauerstoff, der im Wasser gelöst ist. Das Wasser umströmt ihre Kiemen. Durch die dünne Haut dieser reich mit Haargefäßen durchzogenen Organe wird der Sauerstoff aufgenommen. An der Luft würden die **Kiemen** eintrocknen, die Tiere müßten erstikken.

Lurche, Reptilien, Vögel und Säugetiere haben im Körper gelegene **Lungen,** die sich beim Atmen mit Luft füllen. Durch die dünne feuchte Haut der Lungen dringt der Sauerstoff in die Haargefäße und gelangt so in das Blut. Füllten sich die Lungen mit Wasser, so erhielten die Lungenatmer nicht genügend Sauerstoff, sie müßten ersticken.
Manche Lurche besitzen in ihrer Jugend Kiemen, später Lungen. Die mit Kiemen ausgestatteten Kaulquappen leben im Wasser. Die sich aus den Kaulquappen entwickelnden Frösche atmen mit ihren Lungen Luftsauerstoff. Allerdings können die lungenatmenden Frösche mit ihrer dünnen Körperhaut Sauerstoff aus dem Wasser entnehmen und so während des Winters unter Wasser bleiben.

Reptilien, Vögel und Säugetiere sind ausschließlich Luftatmer. Leben Angehörige dieser Tiergruppen im Wasser, so müssen sie regelmäßig an die Wasseroberfläche steigen, um Luft zu schöpfen, zum Beispiel wasserlebende Schildkröten.

Ursprünglich entnehmen auch die Gliederfüßer den zum Atmen erforderlichen Sauerstoff aus dem Wasser. Als Beispiel dafür sei an die den Grund der kambrischen Meere bewohnenden Trilobiten oder auch an die heute lebenden Flußkrebse gedacht. Viele Arten von Gliederfüßern haben sich zu Luftatmern entwickelt. Wenn solche Luftatmer, Spinnen oder Käfer, das Wasser bewohnen, sind sie auf die Luft zur Atmung angewiesen.

Von den Pflanzen sind die Algen Wasserbewohner. Nur wenige Algenarten leben an der Luft. Moose, Farne und Samenpflanzen haben sich dem Leben auf dem Lande angepaßt. Wie luftatmende Tiere können auch Moose, Farne und Samenpflanzen im Wasser vorkommen. Als Luftatmer haben sie sich an das Leben im Wasser angepaßt.

Hohlräume im Körper der Tiere und des Menschen, die mit einer dünnen feuchten, von Haargefäßen durchzogenen Haut umgeben sind. Die Luft strömt durch ein und dieselbe Öffnung in die Lungen ein und wieder aus. Der Sauerstoff kann wiederum durch die dünne feuchte Haut der Lunge in das Blut und in den Körper gelangen.

Kiemen eignen sich nicht für die Luftatmung und Lungen nicht für die Wasseratmung. Nachdem Tiere im Verlaufe ihrer Entwicklung zu Landbewohnern und Luftatmern geworden waren, blieb ihnen das Wasser als Lebensraum nicht verschlossen, wenn es gelang, den Körper auch weiterhin mit Luftsauerstoff zu versorgen.

Mit Hilfe von Tauchgeräten übertrifft der Mensch die Tauchleistungen aller lungenatmenden Tiere, die im Wasser leben.

Von einem Ort zum andern

Wechseltierchen

Pantoffeltierchen

Wasserfloh

Krebstierchen mit Schwebeeinrichtungen

Flußmuschel

Tintenschnecke

Viele Lebewesen bewegen sich fort. Der Hauptzweck der Fortbewegung ist die Sicherung der Ernährung. Pflanzen und Tiere, die ihre Nahrung zeit ihres Lebens an ihrem Standort finden, sind festsitzend und besitzen keine Organe für die Fortbewegung — wie beispielsweise Bäume und Korallen. Die frei beweglichen Lebewesen haben sehr verschiedene Fortbewegungsweisen entwickelt.

Für die Fortbewegung ist bedeutsam, ob sie im Wasser oder in der Luft erfolgt, denn das Wasser ist dichter als die Luft und setzt dem sich bewegenden Körper einen größeren Widerstand entgegen. Es muß auch unterschieden werden, ob die Fortbewegung am Grund des Gewässers beziehungsweise am Grund des Luftmeeres, also auf der Erde, erfolgt oder im freien Wasser, im Luftraum oder auf der Wasseroberfläche.

Bereits die mikroskopisch kleinen Lebewesen können sich fortbewegen. Manche stülpen aus ihrem Zelleib Scheinfüßchen aus, mit denen sie auf der Unterlage kriechen. Andere haben fädchenförmige Gebilde, sogenannte Geißeln, die kreisförmig schwingen und den Körper infolge der Schraubenwirkung durch das Wasser ziehen oder schieben. Bei wieder anderen ist die Oberfläche dicht mit kurzen Fäserchen, sogenannten Wimpern, besetzt, die sich abgestimmt wie Ruder bewegen und den Körper im Wasser drehen und fortbewegen können.

Größere Lebewesen sind meist schwerer als das sie umgebende Wasser und sinken infolgedessen zu Boden. Bei vielen kleinen Krebstieren, die im Wasser schweben, finden wir große Körperanhänge, die das Absinken verlangsamen und somit kräftesparend wirken.

Schnecken zum Beispiel bewegen sich mit Hilfe eines Organs, das als Fuß bezeichnet wird. Über die Sohle des unbeweglich auf dem Untergrund aufliegenden Fußes laufen wellenförmige Bewegungen, die das Tier vorwärts gleiten lassen. Muscheln bewegen sich kriechend mit einem Fuß weiter, den sie zwischen den Schalen hervorschieben und wie ein Pflugschar in den weichen Bodengrund des Gewässers treiben. Tintenschnecken, die ebenfalls zum Stamm der Weichtiere gehören, schwimmen durch Wellenbewegungen ihres Mantelsaumes. Werden die Tiere erregt, so stoßen sie das in der Mantelhöhle befindliche Wasser durch einen an der Unterseite des Körpers befindlichen, nach allen Richtungen drehbaren kurzen Schlauch, den Trichter, aus.

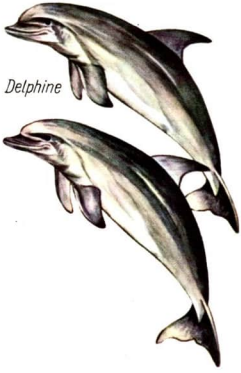
Gleichzeitig wird aus einem besonderen Organ, dem Tintenbeutel, ein dunkelbrauner Farbstoff ausge-

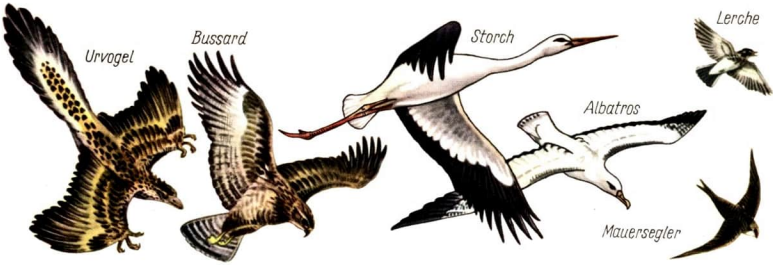
stoßen. Der entstehende Rückstoß läßt die Tiere sich rückwärts bewegen. Dadurch können sie sich auch im Schutze der Farbstoffwolke etwaigen Angreifern entziehen.
Schlängelnde Bewegungen machen Würmer, Schlangen, aber auch Fische, zum Beispiel der Aal. Die Fische treiben ihren Körper durch abwechselndes Seitwärtsschlagen der Schwanzflosse im Wasser voran. Schlängelbewegungen kann man auch bei vielen landbewohnenden vierfüßigen Wirbeltieren, wie beispielsweise der Eidechse, beobachten. Viele landlebenden Tiere heben mit Hilfe von Gliedmaßen den Körper vom Untergrund ab und erleichtern dadurch die Fortbewegung durch Verringerung der Reibung. Längere Gliedmaßen lassen bei Wirbeltieren fast immer auf die Fähigkeit zu rascher Fortbewegung schließen. Bei schnellen Läufern krümmt sich die Wirbelsäule nicht seitwärts, sondern wölbt und streckt sich beim Lauf. Das können wir bei einem schnell laufenden Hund oder galoppierenden Pferd oder auch bei einem flüchtenden Hasen sehen. Die langen, kräftigen Hintergliedmaßen ermöglichen es dem Tier, weite Sprünge, verbunden mit plötzlichen Richtungsänderungen, auszuführen. Eine weitere Verringerung der Bodenreibung kommt durch eine Verminderung der Anzahl der Zehen beziehungsweise der Finger zustande. Die schnellfüßigen Huftiere haben nur noch zwei Zehen, wie die Rinder, Rehe, Antilopen, oder nur eine, wie Pferd und Zebra. Die Känguruhs bewegen sich nur auf zwei, den stark verlängerten kräftigen Hintergliedmaßen fort, wobei sie mit dem langen Schwanz das Gleichgewicht halten. Die den Boden berührende Fläche ist dadurch noch weiter verringert. Die Wirbelsäule wölbt sich wie ein Bogen und streckt sich wieder. Seitwärtsbewegungen der Wirbelsäule treten nicht mehr auf.
Entsprechend finden wir auch bei den Walen, die zu den Säugetieren gehören und sich dem Leben im Wasser abermals angepaßt haben, nachdem ihre Vorfahren bereits Landbewohner geworden waren, trotz ihrer fischähnlichen Gestalt eine Schwanzflosse, die sich nicht seitwärts wie bei den Fischen, sondern auf und ab bewegt.
Ganz andere Anforderungen an den Körperbau stellt die Fortbewegung in der Luft. Die zu „Luftrudern" und „Tragflächen" umgebildeten Vordergliedmaßen der Vögel bedürfen zur Fortbewegung in der Luft ebenso eines festen Halts wie die hinteren Gliedmaßen zur Fortbewegung auf festem Untergrund oder im Wasser. Diesen bieten die zu einem starren Block verwachsenen Brust- und Lendenwirbel.
Wieder anders liegen die Dinge beim Menschen. Bei ihm muß das Becken die Hauptkräfte aufnehmen.

Bachforelle

Zaun-
eidechse

Hase


Delphine



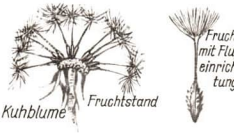
Fliegende Lebewesen

Die besten Flieger unter den Lebewesen sind die Vögel. Schwalben oder Mauersegler erjagen in schnellem Flug mit weit aufgerissenem Schnabel Insekten. Die Feldlerche steigt flügelschlagend senkrecht vom Erdboden in die Höhe. Minutenlang kann sie in der Luft stillstehen. Ähnlich verhalten sich auch die oft nur schmetterlingsgroßen, bunt schillernden Kolibris tropischer Wälder. Sie stehen im Schwirrflug vor einer Blüte und entnehmen ihr mit ihrer zu einer dünnen Röhre zusammengerollten langen Zunge den Nektar. Die Eulen wiederum huschen mit ihrem seidenweichen Gefieder in geräuschlosem Fluge in der Dämmerung durchs Geäst der Bäume, um ihre Beute zu erjagen.

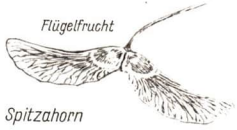
Was ließe sich noch an verschiedenartigen Fliegern unter den Vögeln aufzählen: die vortrefflichen Segelflieger, die Bussarde, aber auch die Störche oder die Geier und zum Beispiel der Albatros, der Ozeane überqueren kann.

Auch bei den Vögeln hat das Fliegen einmal ganz bescheiden begonnen. Die aus dem Jura bekannten Urvögel waren Gleitflieger. Sie mußten erst mit Hilfe der Finger an den Flügeln einen höher gelegenen Punkt erklimmen, bevor sie im Gleitflug zu einem entfernten, aber jeweils tiefer gelegenen Punkt gelangen konnten.

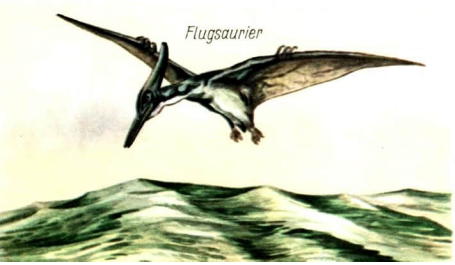
Windverbreitung der Kiefernpollen

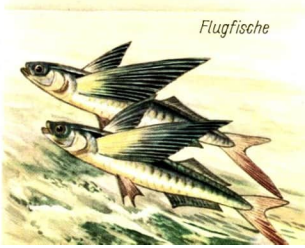


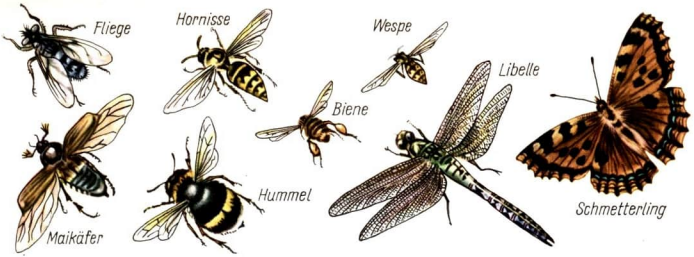
Windverbreitung der Früchte der Kuhblume



Windverbreitung der Früchte des Ahorns

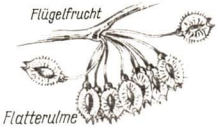






Windverbreitung der Birkenfrüchte

Windverbreitung der Lindenfrüchte



Windverbreitung der Ulmenfrüchte

Flieger gibt es in allen Wirbeltierklassen. In den tropischen Meeren kommen sogar fliegende Fische vor. Sie schnellen sich mehrere Meter hoch aus dem Wasser und gleiten mit Hilfe ihrer flügelartigen Flossen bis zu hundert Meter weit. Es gibt Frösche, die mit Flughäuten ausgestattet sind und Gleitflüge ausführen können.

Richtige Flieger hingegen haben die Reptilien hervorgebracht. Zu den Sauriern des Erdmittelalters gehörten auch Flugsaurier.

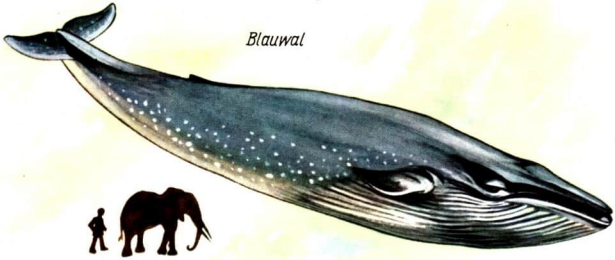
Selbst Säugetiere können Flieger sein: Gleitflieger, wie die Flughörnchen, oder echte Flieger, wie Fledermäuse und Fliegende Hunde.

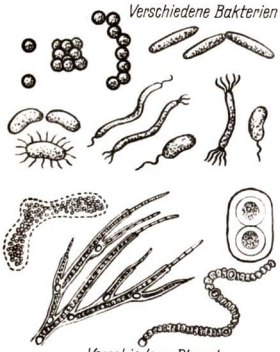
Zahlreiche fliegende Arten gibt es bei den Insekten: Fliegen, Mücken, Bienen, Hummeln, Wespen, Libellen, Schmetterlinge, Käfer. Selbst manche Spinnen, die ja keine Flügel besitzen, können, an der Spitze eines Grashalmes sitzend, einen langen Spinnwebfaden aus ihrem Hinterleib entlassen und sich mit Hilfe dieses Fadens vom Winde davontragen lassen.

Viele Pflanzen verbreiten ihre Samen und ihren Blütenstaub mit Hilfe besonderer Flugvorrichtungen.

Das Fliegen ist im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet.

Der Mensch übertrifft im Fliegen alle anderen Lebewesen. Allerdings muß er sich dazu besondere Geräte schaffen. Die ersten Fluggeräte des Menschen waren dem Vogel nachgebildet.





Mikroskopisch klein – riesengroß

Bei der Suche nach den kleinsten Lebewesen stößt man auf die Bakterien, auf die Blaualgen und auf die Viren.

Alle diese Lebewesen sind so klein, daß man sie einzeln mit bloßem Auge nicht sehen kann. Bakterien und Blaualgen haben Ausdehnungen von einigen tausendstel Millimetern. Die Viren, bei denen Lebensvorgänge nur auftreten, wenn sie mit anderen Lebewesen in Verbindung stehen, sind noch kleiner, nur wenige zehntausendstel Millimeter.

Diese Lebewesen leben überall auf der Erde, im Wasser, auf dem Lande und in der Luft, von der sie infolge ihrer geringen Größe und ihres geringen Gewichts auch in große Höhen getragen werden können.

Allerdings gehören zur umfangreichen Gruppe der Algen auch recht große Individuen. Der von der Ostsee her bekannte, zu den Braunalgen zählende Blasentang bildet auf Steinen und an Buhnen kräftige Büsche von 20 bis 30 Zentimeter Höhe. In den Meeren findet man Algenarten, die 30 bis 50 Meter lang und mehrere 100 Kilopond schwer sein können.

Welches sind nun die größten Lebewesen? Unter den Tieren ist es der Blauwal, der eine Länge von 30 Metern und ein Gewicht von 130 Tonnen erreichen kann. Riesige Tiere gab es auch unter den Sauriern.

Die gewaltigsten lebten ebenfalls im Wasser, denn dort ist die Fortbewegung so großer Massen leichter als auf dem Lande oder gar in der Luft. Auch in Zukunft wird es kaum größere Tiere auf der Erde geben, denn kein Muskel wäre in der Lage, noch größere Massen von Fleisch und Knochen zu bewegen.
Auch unter den Insekten gab es in der Zeit ihrer stärksten Verbreitung, am Ausgang des Erdaltertums, Riesen. Als Beispiel sei eine Libellenart genannt, die eine Flügelspannweite von 70 cm aufwies.

Die größten Pflanzen sind die Mammutbäume, die einmal weiter verbreitet waren, heute aber nur noch in einigen Gebieten Amerikas vorkommen. Diese Bäume erreichen 100 Meter, ja sogar 130 Meter Höhe. Ihr unterer Stammdurchmesser beträgt 8 bis 12 Meter. Unsere einheimischen Bäume mit einer Höhe von 30 bis 35 Metern wirken dagegen wie Zwerge.
Im Erdaltertum, in der Steinkohlenzeit, gab es auch Bäume von 20 bis 30 m Höhe. Diese Pflanzen waren allerdings Farne, Schachtelhalme und Bärlappe. Sie bildeten in dem feuchten, warmen Klima dichte, ausgedehnte Wälder an sumpfigen Standorten. Am Boden dieser Sumpfwälder sammelten sich abgebrochene Farnwedel, Äste und ganze abgestorbene oder vom Sturm entwurzelte Bäume. Von Zeit zu Zeit überzogen Schlammassen diese Ansammlung einst lebender Pflanzenteile. So finden wir sie heute nach mehr als 300 Millionen Jahren als Versteinerungen tief in der Erde. Sie bilden die Steinkohle. Die heute lebenden Verwandten dieser Riesen erreichen als Kräuter des Waldes oder Ackerunkräuter nicht annähernd diese Wuchshöhe. Nur an wenigen Stellen der tropischen und subtropischen Zone haben sich einige Baumfarnarten bis in die Gegenwart erhalten, aber auch diese erreichen nicht die Mächtigkeit ihrer Vorfahren.

Den Beginn des Lebens auf der Erde bildeten mikroskopisch kleine Lebewesen. Im Verlaufe langer Zeiträume entwickelten sich auch größere und schließlich auch sehr große Lebewesen.
Bakterien, Blaualgen und wahrscheinlich auch Viren sind ihrer Herkunft nach uralt. Sie stehen von allen heute lebenden Lebewesen dem Ursprung des Lebens auf der Erde am nächsten.
Die Entwicklungsgeschichte lehrt: Eine Organismengruppe tritt mit Arten kleiner Lebewesen in Erscheinung. Es bilden sich Arten immer größerer Lebewesen. Mit dem Auftreten von Riesenformen geht nicht selten das Aussterben der Organismengruppe einher. So geschah es zum Beispiel im Erdmittelalter mit den Sauriern. Die Gründe für das Aussterben der Saurier sind noch nicht bekannt.

Mammutbäume

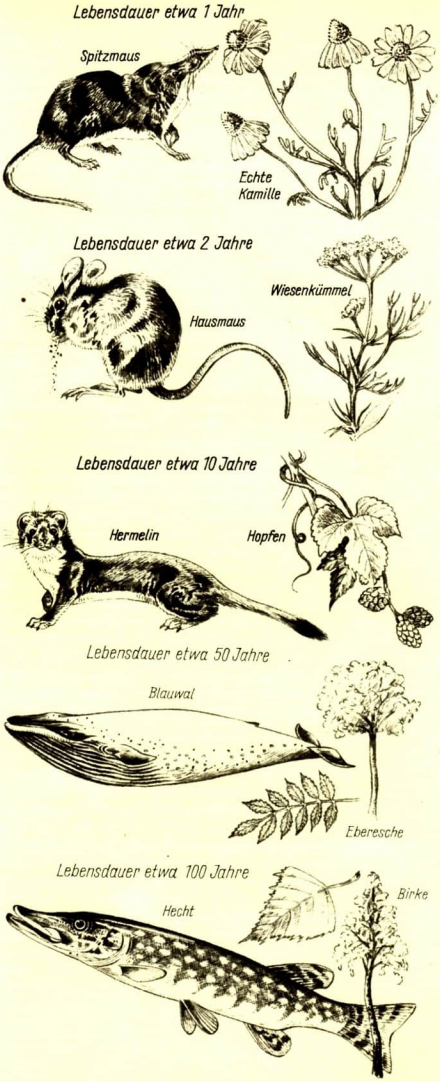
Viele Kräuter sind einjährig. Sie keimen im Frühjahr aus Samen, kommen zur Blüte und verbreiten selbst wiederum Samen. Diese überwintern, während die Mutterpflanze abstirbt.

Zweijährige Kräuter haben einen ähnlichen Lebenszyklus. Der Unterschied besteht vor allem darin, daß sie im ersten Jahr noch nicht zum Blühen und Fruchten kommen, sondern erst im zweiten, nachdem sie einmal überwintert haben. Beim Überwintern sterben große Teile des oberirdischen Pflanzenkörpers ab, die Pflanze zieht sich in den Erdboden zurück.

Mehrere Jahre ausdauernde Kräuter heißen Stauden.

Holzgewächse, besonders Bäume, können sogar mehrere 100 Jahre alt werden. Sie brauchen dann mitunter 10 Jahre, bis sie fortpflanzungsfähig werden. Da die Tiere nicht in gleichem Maße dem Jahresverlauf und dem jahreszeitlichen Rhythmus angepaßt sind wie die Pflanzen, steht auch ihre Lebensdauer nicht in einem ähnlich engen Zusammenhang zum Jahresablauf wie die der Pflanzen.
Pflanzen, Tiere und Menschen durchlaufen die Stadien: Jugend, Reife, Altern, Tod.
Insekten sind oft recht kurzlebig. Schmetterlinge leben meist nur einige Tage. Allerdings muß zum vollen Lebenszyklus eines Schmetterlings auch noch das Leben im Stadium des Eies, der Raupe und der Puppe hinzugerechnet werden.

Dem Karpfen wird oft ein mögliches Alter von 100 Jahren und mehr zugesprochen. Nachgewiesen ist allerdings nur ein Alter von rund 50 Jahren.
Die fast ausgerotteten Riesenschildkröten können nachweislich ein Alter von über 150 Jahren erreichen.
Auch der Mensch kann in Ausnahmefällen ein so hohes Alter erreichen.



Minuten und Jahrhunderte

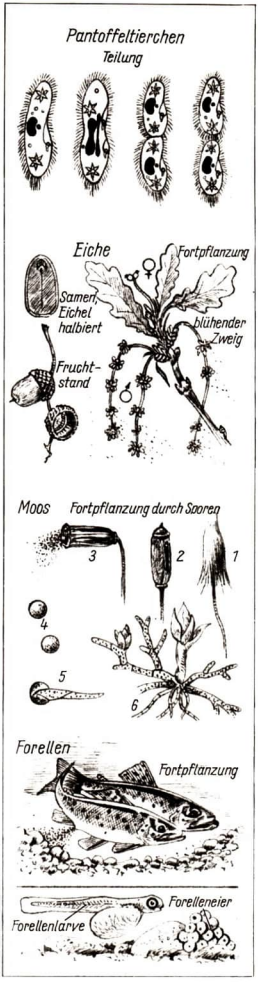
Einige Lebewesen leben nur Minuten, andere dagegen ein halbes Jahrtausend. Die einen leben zehnmillionenmal solange wie die anderen.
Große Lebewesen bestehen aus lebenden und aus nichtlebenden Teilen. Beim Menschen leben große Teile der Knochen, der Zähne, der Nägel, der Haare, die obersten Schichten der Haut nicht.
Auch Pflanzen haben nichtlebende Teile. Bei Bäumen beispielsweise gibt es mehr nichtlebende Teile als lebende. Das wird deutlich an Bäumen mit ausgehöhltem Stamm. Sie leben trotzdem, tragen Blätter und blühen, denn das Holz der Bäume und auch die Borke zählen zu den nichtlebenden Teilen.
An den Sproßenden und an den Wurzeln der Pflanzen sind Stellen mit lebenden Teilen, aus denen sich neue Sprosse und Blätter oder Wurzeln bilden.
Wenn diese Lebewesen sterben, also aufhören zu leben, dann leben Teile noch eine Zeitlang weiter. Abgeschnittene Pflanzenteile, zum Beispiel Weidenzweige, bewurzeln sich, wenn sie in Wasser oder in feuchten Boden gebracht werden. Man kann auf diese Weise Pflanzen vermehren. Einem durch einen Unfall ums Leben gekommenen Menschen können noch lebende Organe, zum Beispiel Nieren, entnommen werden, um sie einem Menschen einzupflanzen, dessen Nieren nicht funktionieren.
Sehr kurzlebige Lebewesen finden wir unter den Bakterien, die zu den kleinsten Lebewesen gehören.
Bakterien können sich unter günstigen Lebensbedingungen nach 20 bis 30 Minuten teilen. Teilen heißt, das Bakterium schnürt sich mitten durch. Das sieht so aus, als schnüre man den Körper des Bakteriums mit einer unsichtbaren Fadenschlinge ein, indem man diese langsam zuzieht, bis die beiden Teile auseinanderfallen. Die beiden durch Teilung entstandenen Tochterbakterien sind selbständige Lebewesen der gleichen Art wie das Mutterbakterium. Dieses besteht nicht mehr. Es ist in die Tochterbakterien eingegangen.
Im allgemeinen nimmt die Lebensdauer der Lebewesen mit zunehmender Entwicklungshöhe zu. Allerdings darf nicht von der durchschnittlichen Lebensdauer einer Art auf deren Entwicklungshöhe geschlossen werden.
Die Lebensdauer eines Individuums ist sowohl von der durchschnittlichen Lebensdauer der Art, der das Individuum angehört, als auch von anderen Faktoren abhängig. Beim Menschen spielt die Lebensweise, die gesellschaftlich bedingt ist, auf die aber auch jeder selbst großen Einfluß nehmen kann, eine bedeutende Rolle.

Kopfweide

Leben aus Leben

Das Leben auf der Erde entstand – vor etwa 3 Milliarden Jahren – aus Nichtlebendem. Heute können auf der Erde Lebewesen nicht mehr aus Nichtlebendem entstehen. Lebewesen entstehen nur aus Lebewesen.
Bakterien, Blaualgen, Urtiere teilen sich. Die durch die Teilung entstandenen selbständigen Lebewesen wachsen und ergänzen die fehlenden Teile.
Manche Urtierchen, manche Algen, Pilze, Moose, Farne pflanzen sich durch Sporen fort, mikroskopisch kleine lebende Gebilde, aus denen sich Lebewesen der jeweiligen Art entwickeln können. Sporen schnüren sich von lebenden Teilen der Mutterpflanze ab und werden vom Wasser, vom Wind oder auch von Tieren, von Schnecken oder Insekten, verbreitet. Unter günstigen Bedingungen keimen die Sporen aus.
Alle blütentragenden Pflanzen, dazu gehören auch alle Laub- und Nadelbäume und alle Sträucher, pflanzen sich durch Samen fort. Samen sind ebenfalls lebende Gebilde, jedoch keine mikroskopisch kleinen. Sie enthalten bereits ein winziges Pflänzchen, einen Keimling. Wind, Tiere und Wasser verbreiten die Samen. Bei günstigen Bedingungen, Feuchtigkeit und Wärme, wächst der Keimling zu einer Pflanze der entsprechenden Art heran.
Tiere pflanzen sich meist durch Verschmelzung von Eizelle und Samenzelle fort. Sowohl Eizelle als auch Samenzelle sind mikroskopisch kleine lebende Gebilde. Die Eizelle ist meist nicht zu eigener Bewegung fähig, während sich die Samenzelle selbst fortbewegen kann. Wenn eine Ei- und eine Samenzelle derselben Art miteinander verschmelzen und wenn noch andere Voraussetzungen, Nahrung und Sauerstoff, vorhanden sind, kann aus der vereinigten Zelle – der Zygote – ein neues Lebewesen dieser Art entstehen. Auch der Mensch pflanzt sich auf diese Weise fort.

Eizelle und Samenzellen des Menschen



Außer den beschriebenen Hauptformen der Fortpflanzung gibt es noch zahlreiche besondere Fortpflanzungsformen:

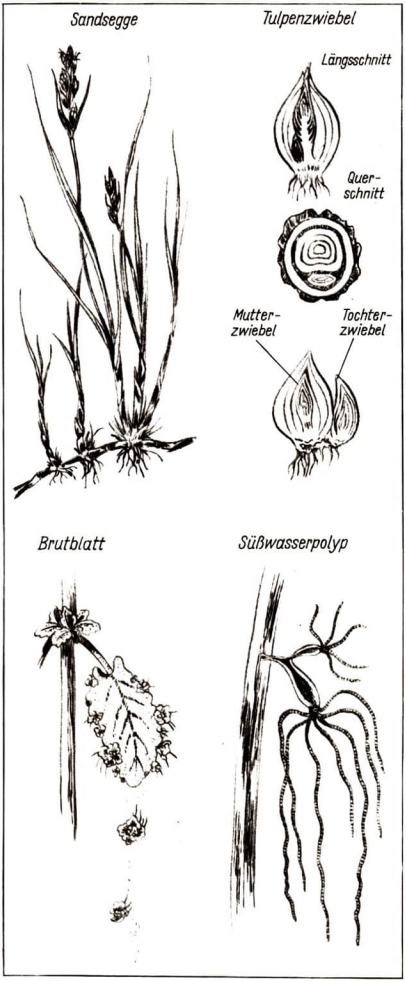
Die Sandsegge, man pflanzt sie auf Dünen des Ostseestrandes zur Strandbefestigung an, bildet aus Knospen dicht über dem Erdboden lange **Ausläufer**, und an deren Enden entstehen wiederum Knospen. Aus diesen Knospen gehen Tochterpflanzen hervor. Liegen diese dem Boden auf, finden ihre Wurzeln Halt und Nahrung, sind sie bald nicht mehr auf die Nährstoffzufuhr von der Mutterpflanze angewiesen und können selbständig leben. Die Gartenerdbeere und die Grünlilie, eine weit verbreitete Zimmerpflanze, pflanzen sich ebenfalls durch Ausläufer fort.

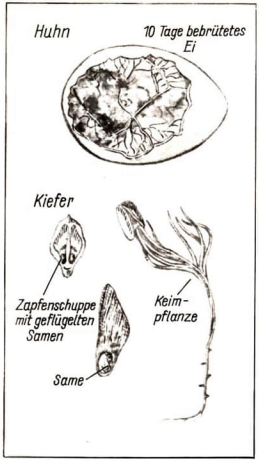
Bei der Gartentulpe bilden sich an der **Zwiebel** aus Knospen kleine Zwiebeln, Tochterzwiebeln oder Brutzwiebeln. Später lösen sich diese von der Mutterzwiebel. Die Fortpflanzung durch Brutzwiebeln findet man auch bei anderen Pflanzen mit Zwiebeln, zum Beispiel bei der Küchenzwiebel und beim Schneeglöckchen.
Wenn man diese Besonderheit der Fortpflanzung bei Zwiebelgewächsen kennt, versteht man zum Beispiel auch, warum Schneeglöckchen meist in großer Anzahl auf engem Raum beieinanderstehen.

Im tropischen Afrika und Amerika leben Pflanzen, die den Namen **Brutblatt** tragen und ebenfalls eine interessante Art der Fortpflanzung aufweisen. In den Kerben des Blattrandes entstehen aus Knospen kleine Pflänzchen, die bereits Wurzeln ausbilden. Fallen diese „Kindel" oder die alternden Blätter mit den daran haftenden Pflänzchen ab, so wachsen die Brutblattpflänzchen selbständig weiter. Johann Wolfgang von Goethe kannte diese Pflanzen. Er kultivierte sie und beobachtete ihre interessante Fortpflanzungsweise.

Bei dem nur 2 bis 4 Millimeter großen Süßwasserpolypen, der manchmal in Aquarien eingeschleppt wird, gibt es neben der Fortpflanzung durch Ei- und Samenzelle auch noch die **Knospung.** Aus dem Muttertier wachsen kleine Polypen heraus. Sie können sich vom Muttertier lösen und selbständig weiterleben.

Bei Insekten tritt nicht selten neben der Fortpflanzung, bei der Männchen und Weibchen zusammenwirken, auch noch die **Jungfernzeugung** auf. Dabei entwickeln sich Nachkommen aus unbefruchteten Eiern. Manchmal entstehen dabei nur Weibchen, in anderen Fällen nur Männchen, aber auch die Entwicklung beider Geschlechter ist möglich.





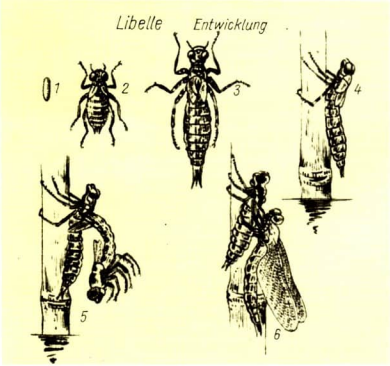
Interessante Formen der Individualentwicklung finden wir bei Insekten:

Die Individualentwicklung einer **Stubenfliege** beginnt im Körper einer weiblichen Fliege mit der Verschmelzung einer Ei- und einer Samenzelle zu einer Zygote. Aus dieser entwickelt sich ein etwa 1 Millimeter langes gelblichweißes Ei. Die weibliche Stubenfliege legt die Eier in Häufchen von zehn bis dreißig Stück auf Speiseresten, Kot und Müll ab. Schon am nächsten Tage schlüpfen aus den Eiern weiße Maden, die keine Ähnlichkeit mit dem vollentwickelten Insekt haben. Die Maden ernähren sich von den Stoffen, an denen die Eier abgelegt wurden; sie wachsen. Nach 5 bis 6 Tagen verwandeln sich die Maden in braune, unbewegliche Gebilde, die Tönnchenpuppen. Aus diesen schlüpfen nach einigen Tagen die vollentwickelten Stubenfliegen, die im Sommer etwa 2 bis 4 Wochen leben.

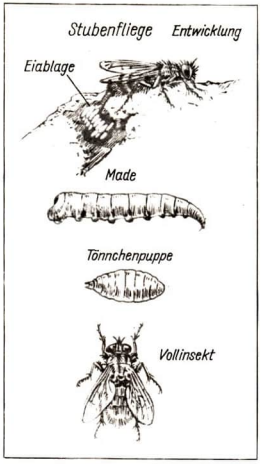
Libellen, die auch zu den Insekten gehören, sind in ihrer Individualentwicklung durch folgende Merkmale interessant: Die Libellenweibchen kriechen zur Eiablage an Stengeln von Wasserpflanzen ins Wasser und legen die Eier unter Wasser ab. Die aus den Eiern schlüpfenden Libellenlarven sind wasserlebend. Sie haben keine Ähnlichkeit mit der entwickelten Libelle. Die reife Larve kriecht an einer Wasserpflanze aus dem

Zwischen Anfang und Ende

Es gibt mikroskopisch kleine Lebewesen, eine Fülle größerer Lebewesen und schließlich einige ganz große, die Zentner und sogar Tonnen wiegen.
Das Leben jedes einzelnen Lebewesens — gleich ob es mikroskopisch klein oder größer ist — beginnt immer mit einem mikroskopisch kleinen Gebilde.
Ein Einzellebewesen hat eine bestimmte Lebensdauer. Diese kann wenige Minuten betragen, aber auch Stunden, Tage, Jahre und sogar Jahrzehnte und Jahrhunderte. Schließlich endet das Leben jedes Lebewesens: Es stirbt. Es ernährt sich nicht mehr, wächst nicht mehr, reagiert nicht mehr auf Reize, es pflanzt sich nicht mehr fort. Das Leben mikroskopisch kleiner Lebewesen kann auch dadurch enden, daß diese sich durch Teilung fortpflanzen. Mit der Entstehung von Tochterbakterien durch Teilung eines Mutterbakteriums zum Beispiel hat dieses aufgehört zu existieren.
Vom Beginn des Lebens eines Lebewesens bis zu seinem Ende gibt es keinen Stillstand, sondern ununterbrochene Bewegung, Veränderung, Entwicklung. Ein durch Teilung entstandenes Urtierchen nimmt Nahrung auf, wächst, ergänzt die fehlenden Teile und wird schließlich fortpflanzungsfähig. In einem befruchteten Hühnerei vollziehen sich, wenn es bebrütet wird, tiefgreifende Veränderungen. Ein winziges, auf dem Dotter schwimmendes Scheibchen, die Keimscheibe, nimmt aus dem Dotter Nah-



rung auf, wächst, bildet immer neue Teile, bis daraus ein Kücken geworden ist, das alle Nährstoffvorräte des Eies in seiner Entwicklung aufgezehrt hat und das ganze Ei ausfüllt. Das Kücken durchbricht die Schale, es schlüpft aus dem Ei. Nunmehr nimmt es mit dem Schnabel Nahrung auf, es wächst. Die feinen Daunenfedern gehen verloren, es bilden sich Deck- und Schwungfedern aus. Das Huhn wird flugfähig, es wird fortpflanzungsfähig. Schließlich altert es und stirbt.
Entsprechendes trifft auch für die Pflanzen zu. Der Keimling eines Kiefernsamens zum Beispiel wächst zunächst zu einer wenige Zentimeter großen Keimpflanze heran, indem er die im Samen enthaltenen Nährstoffe aufzehrt. Die Keimpflanze ernährt sich mit Hilfe ihrer Wurzeln und Blätter, sie wächst zur Jungpflanze heran. Erst nach vielen Jahren wird die Kiefer fortpflanzungsfähig, sie blüht und bildet Samen. Nach mehreren Jahrzehnten altert sie und stirbt.
Die Veränderungen, die ein Lebewesen vom Beginn seines Lebens bis zum natürlichen Ende durchmacht und die bei allen Angehörigen einer Art übereinstimmen, bezeichnet man als Entwicklung des Einzellebewesens, als Individualentwicklung.
Die Individualentwicklung des Menschen ist wie bei Pflanzen und Tieren erblich bedingt. Darüber hinaus ist sie aber auch von der Gesellschaft bestimmt, der der Mensch angehört. Letztlich hat jeder Mensch selbst einen erheblichen Einfluß auf seine eigene Entwicklung, indem er sich Ziele steckt, Mittel und Wege wählt und Energie aufwendet, diese Ziele zu erreichen.



Wasser. Sie hält sich an der Pflanze fest. Die Rückenhaut der Larve platzt auf, und Kopf, Brust, Flügel und Gliedmaßen kommen zum Vorschein. Nachdem auch der Hinterleib aus der Nymphenhaut herausgezogen und das Tier getrocknet ist, erhebt es sich als gewandter Flieger, der andere Insekten im Fluge als Beute erjagt, in die Lüfte.

Unter den Säugern weisen die **Beuteltiere** eine besonders interessante Individualentwicklung auf. Das zu den Beuteltieren gehörende Rote Riesenkänguruh zum Beispiel, das eine Gesamtlänge von 2,5 Metern erreichen kann, bringt nur winzige, 2 bis 3 Zentimeter große nackte und blinde Junge zur Welt. Die Jungen klimmen mit ihren bekrallten Vordergliedmaßen im Fell des Muttertieres in die Höhe, bis sie eine der in einem Beutel des Muttertieres befindlichen Zitzen erreichen. Dort saugen sie sich fest. Die Mundöffnung dieser wenig entwickelten Jungen verwächst mit der Zitze. Dadurch bekommen diese hilflosen Saugjungen während der etwa 2 Monate währenden Säugezeit einen Halt. Ist das Junge so weit herangereift, daß es den Beutel verlassen und selbständig äsen kann, löst sich die Verwachsung mit der mütterlichen Zitze. Aber noch mehrere Monate findet das Junge im Beutel — einer Bauchfalte des Muttertieres — Zuflucht.

Leben — ein Strom von Lebewesen

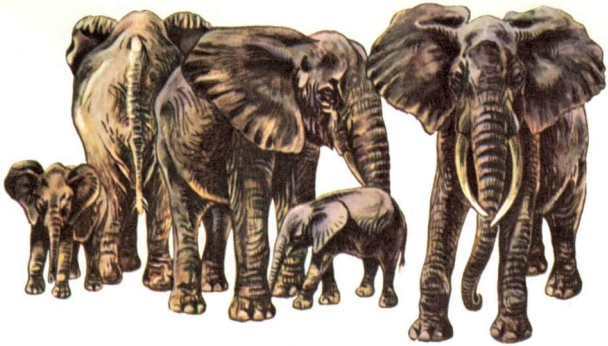
Lebewesen leben nur eine eng begrenzte Zeit. Das Leben auf der Erde währt bereits Jahrmillionen. Dieser Lebensstrom, der ständig aus anderen Lebewesen besteht, erhält sich durch Fortpflanzung.
Urtiere zum Beispiel, auch Bakterien können sich durch Teilung fortpflanzen. Dabei entstehen aus dem Elternindividuum zwei Nachkommen, die Tochterindividuen.
Sporenpflanzen und Samenpflanzen bringen meist eine sehr große Anzahl Fortpflanzungskörper — Sporen beziehungsweise Samen — hervor. Da aber sowohl für Sporen als auch für Samen mehrere Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sie sich zu selbständigen, fortpflanzungsfähigen Pflanzen entwickeln, ist schließlich die Anzahl der Nachkommen viel geringer als die der Fortpflanzungskörper. Von Hunderttausenden Eicheln, die eine große Stieleiche ausstreuen kann, keimen nur einige hundert. Die anderen werden von Tieren gefressen, sie vertrock-

Sowohl im Pflanzenreich als auch im Tierreich findet man zur Erhaltung der Art oft große, ja riesige Mengen von Nachkommen.

Bei Pflanzen kann man das nachprüfen, indem man zum Beispiel die in einem Fichtenzapfen enthaltenen Samen zählt und dann schätzt, wie viele Zapfen eine Fichte trägt.

Im Tierreich ist die **Brutpflege** weit verbreitet. Die Elterntiere versorgen die Nachkommen eine Zeitlang mit Nahrung, schützen sie vor Feinden und übermitteln ihnen arttypische Verhaltensweisen.

Bei den Vögeln unterscheidet man Nestflüchter und Nesthocker. Die aus dem Ei schlüpfenden Jungen der Nestflüchter sind so weit entwickelt, daß sie sich selbst fortbewegen und Nahrung aufnehmen können. Zu den Nestflüchtern zählen zum Beispiel die Wildente, die Wildgans, der Schwan. Auch Haushuhn, Hausente und Hausgans sind Nestflüchter.
Alle Singvögel dagegen sind Nesthocker. Die Jungen schlüpfen noch ungefiedert aus dem Ei, sie können nicht fliegen und müssen von den Eltern mit Nahrung versorgt werden. Die



Eltern wärmen die Jungen und halten das Nest sauber. Erst wenn den Jungen Schwungfedern gewachsen sind, machen sie Flugversuche, bis sie schließlich richtig fliegen lernen und sich von ihren Eltern trennen.
Auch bei Insekten ist Brutpflege weit verbreitet. Ausgeprägt ist die Brutpflege bei staatenbildenden Insekten. Bei der Honigbiene zum Beispiel werden die in Zellen des Bienenstockes heranwachsenden Bienenlarven von bestimmten Bienen versorgt, während andere Nahrung herbeischaffen und wieder andere den Bienenstock schützen.
In Amerika lebt eine Krötenart, die Wabenkröte, deren Junge sich in den wabenartigen Vertiefungen in der Rückenhaut des Muttertieres entwickeln.
Alle Säugetiere betreiben Brutpflege. Beim Haushund oder der Hauskatze läßt sich das gut beobachten. Interessant ist es immer wieder, im Tierpark die Brutpflege bei Affen zu beobachten.

Die Bildung von Samen im Pflanzenreich kann man auch als eine Art Brutpflege ansehen, denn die Jungpflanze — der Keimling — wird eine Zeitlang von der Mutterpflanze geschützt und mit einem Vorrat versorgt, bevor er sich selbst überlassen ist.

nen oder verfaulen. Von den wenigen, die keimen, entwickeln sich nur einige zu Bäumen und davon vielleicht nur einer zu einer Eiche, die nach 20 bis 30 Jahren selbst Samen bildet und sich fortpflanzt. Allerdings ist zu bedenken, daß eine Eiche weit über 100 Jahre leben und etwa vom dreißigsten Lebensjahr an Jahr für Jahr eine riesige Menge von Samen ausstreuen kann.
Tiere haben entweder eine große Anzahl von Nachkommen, von denen dann, ähnlich wie bei den Pflanzen, nur einige wenige fortpflanzungsfähig werden, oder sie haben eine geringe Anzahl von Nachkommen, die entsprechend geschützt und verteidigt werden.
Forelle, Hering, Hecht oder Karpfen bringen zum Beispiel Tausende von Nachkommen hervor. Unter natürlichen Bedingungen wird davon nur eine geringe Anzahl fortpflanzungsfähig.
In den Tropen gibt es Fischarten, die ihre Jungen im Maul verstecken und sie auf diese Weise vor Feinden schützen.
Durch Brutpflege können die Tiere mit einer erheblich geringeren Anzahl von Nachkommen die Erhaltung der Art sichern.

Brutpflege

Großer Ameisenbär

Ameisenlöwe

Da die Ernährung für die Lebewesen lebensnotwendig ist, haben sich ihre Gestalt, einzelne Organe und ihr Verhalten so entwickelt, daß sie die erforderliche Nahrung erlangen können.

Raubtiere mit ihrer gedrungenen Gestalt sind behende, geschmeidig und kräftig. Mit ihren Krallen an den Gliedmaßen halten sie die Beute fest, und mit Hilfe des kräftigen Gebisses und den spitzen Zähnen zerreißen sie die Beute, um sie in Stücken verschlingen zu können. Raubtiere lauern ihrer Beute auf, beschleichen oder jagen sie, manchmal in Rudeln, wie zum Beispiel die Wölfe.

Die pflanzenfressenden Huftiere hingegen, die Weideflächen brauchen, aber häufig die Beute von Raubtieren werden, haben eine andere Gestalt und ein anderes Verhalten. Die in Afrika lebenden Antilopen weiden in Herden. Während einige Tiere äsen, sichern andere. Dabei kommt ihnen zustatten, daß sich ihr Kopf hoch über der Erde befindet. Lippen und Zunge eignen sich zum Abreißen des Grases, die kräftigen, abgeplatteten Zähne zum Zerreiben der Pflanzen. Diese sind nicht so reich an Nährstoffen wie Fleisch.

Nahrung — woher?

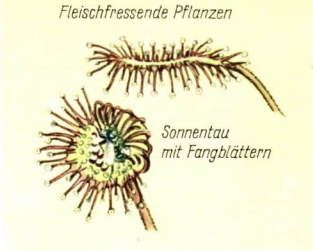
Alle Lebewesen müssen sich ernähren. Worin besteht die Nahrung der Lebewesen?

Grüne Pflanzen ernähren sich von Stoffen der nichtlebenden Natur. Wir können uns davon überzeugen, wenn wir grüne Pflanzen als Hydrokultur halten. Der Hydrotopf, in den die Wurzeln der Pflanze hineinragen, ist mit Wasser gefüllt. Dem Wasser müssen von Zeit zu Zeit Nährsalze zugesetzt werden. Außer Wasser und Salzen nehmen die Pflanzen noch Stoffe aus der Luft auf.

Alle diese Stoffe, welche die grünen Pflanzen als Nahrung aufnehmen — Wasser, Salze, bestimmte Stoffe der Luft —, sind Stoffe der nichtlebenden Natur. Die grünen Pflanzen wandeln diese Stoffe mit Hilfe des Sonnenlichtes in Stoffe des Pflanzenkörpers um.

Nichtgrüne Pflanzen, wie Pilze und Bakterien, ernähren sich meist ebenso wie die Tiere von Stoffen der lebenden Natur. Die Stoffe der lebenden Natur können von Tieren oder von Pflanzen stammen.

Raubtiere, wie zum Beispiel Tiger, Löwe, Fuchs, Katze, aber auch andere Tiere, wie zum Beispiel Hecht, Forelle, Schwalbe, Fischreiher, Fledermaus,



Libellen, Wanzen, Läuse, Flöhe, Polypen, ernähren sich von anderen Tieren. Sie sind Fleischfresser.
Manche Tiere fressen nur Pflanzenkost. Dazu zählen alle Huftiere, Rinder, Pferde, Rehe, Hirsche, Antilopen, Giraffen, Elefanten und Nashörner, aber auch Blattläuse, Maikäfer, alle Schmetterlinge und viele andere.
Schließlich gibt es Tiere, die sich sowohl von Tieren als auch von Pflanzen ernähren. Dazu gehören unter anderem Affen, Schweine, Gänse, Enten.
Interessant ist jetzt die Frage, woher die Nahrung der Fleischfresser kommt.
Der Löwe zum Beispiel reißt Giraffen, Antilopen, Zebras — also Huftiere, reine Pflanzenfresser. Das Beispiel zeigt, daß sich die Fleischfresser auch von Pflanzen ernähren, allerdings auf dem Umweg über Pflanzenfresser.
Dadurch wird deutlich, daß sich alle Lebewesen letzten Endes von grünen Pflanzen ernähren. Diese wiederum sind fähig, sich von Stoffen der nichtlebenden Natur zu ernähren. Ohne grüne Pflanzen ginge das Leben auf der Erde zugrunde.

Die Tiere müssen viel Nahrung aufnehmen. Manche Huftiere verschlingen ihre Nahrung zunächst nur. Erst wenn die Tiere an einem sicheren Platz ruhen, holen sie das Kauen nach, indem sie die vorverdaute Nahrung aus dem mehrkammerigen Magen noch einmal in das Maul bringen. Das kann man bei allen Wiederkäuern beobachten, zum Beispiel bei Rindern, Ziegen, Schafen und Rehen.
Müssen die Tiere flüchten, so erreichen sie mit ihren langen Gliedmaßen große Geschwindigkeiten und können sich auch noch durch Hufschläge oder Stöße mit den Hörnern verteidigen.

Die Abbildung Seite 34 oben links zeigt den großen Ameisenbären. Das in Südamerika lebende Tier ernährt sich nur von Ameisen oder Termiten, die er mit seiner langen klebrigen Zunge aufnimmt.
Die Abbildung darunter zeigt den Ameisenlöwen, die Larve eines libellenähnlichen Insekts, der Ameisenjungfer, in seinem Fangtrichter. Ein Bombardement von Sandkörnchen läßt an den Trichterrand geratene Insekten zu seiner Beute werden.

Ererbtes Verhalten

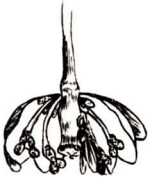
Geht man bei Regen durch einen Laubwald, so fällt einem an Beständen von Sauerkleepflanzen auf, daß deren Blätter dachförmig schräg nach unten hängen. Bei trockenem Wetter hingegen stehen die Blätter der Sauerkleepflanzen tischförmig waagerecht.
Wodurch wird die Regenstellung der Blätter des Sauerklees hervorgerufen?
Läßt man auf Sauerkleepflanzen, deren Blätter waagerecht stehen, Wasser tropfen, so sieht man nach wenigen Minuten, wie sich die Blätter der Pflanzen senken. Dasselbe beobachtet man auch, wenn man an Stelle von Wasser feinen Sand auf die Blätter der Pflanzen rieseln läßt. Es gelingt sogar, die Blätter zum Absinken zu bringen, indem man mit dem Finger darüberstreicht.
Das Senken und Heben der Sauerkleeblätter ist ein artspezifisches Verhalten, das durch Berührungsreize ausgelöst wird, die auf die Blätter wirken. Die Art erwarb dieses Verhalten im Verlaufe der Entwicklung. Das Verhalten dient, ebenso wie der Bau, der Erhaltung der Art unter bestimmten Lebensbedingungen.
Auch bei den Tieren und beim Menschen gibt es ein ererbtes artspezifisches Verhalten.
Jungvögel von Nesthockern wenden sich im Nest den ankommenden Eltern zu und reißen die Schnäbel weit auf. Das ankommende Elterntier stopft daraufhin das mitgebrachte Futter mit dem Schnabel in einen der weitgeöffneten Schnäbel.

Bei den Samenpflanzen muß Blütenstaub auf die Narbe der Blüte gelangen, damit sich Samen bilden können. Wie aber gelangt der Blütenstaub von einer Pflanze zur anderen?
Die wichtigsten Transportmittel für Blütenstaub sind Wind und Insekten. Schmetterlinge, Käfer, Fliegen, Bienen, Hummeln und viele andere Insekten tragen den Blütenstaub von Blüte zu Blüte, jedoch ohne etwas von ihrer wichtigen Aufgabe für die Erhaltung des Lebens der Pflanze zu wissen. Was sie zur Pflanze lockt, das ist die Nahrung, die sie als Nektar meist am Grunde der Blüten finden.

Bei der Blüte des Berberitzenstrauches kann man beobachten, wie die Staubblätter bei Berührung der Innenseite nach innen klappen. Die Staubbeutel berühren dabei das Insekt und bestreuen es mit Blütenstaub. Beim Besuch einer anderen Berberitzenblüte kann der an dem Insekt haftende Blütenstaub auf die Narbe dieser Blüte gelangen, und die Samenbildung kann erfolgen.
Daß dies ein artspezifisches Verhalten der Berberitze ist, erkennt man daran, daß auch die Berührung der Staubblätter mit einer Nadel oder einem anderen spitzen Gegenstand zum Einwärtsklappen der Staubblätter führt.

Bei Honigbienen kennt man viele artspezifische Verhaltensweisen. Besonders interessant sind die Tänze der Honigbienen, durch die sie andere Tiere des Bienenstockes über günstige Futterplätze benachrichtigen. Trachtbienen, die reichlich Futter gefunden haben, vollführen im Stock einen Rundtanz,

Verhalten der Berberitzenblüte

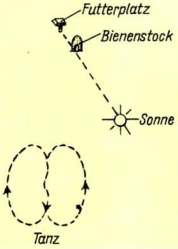


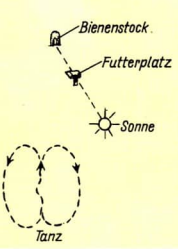
indem sie sich mit trippelnden Schritten auffällig im Kreise bewegen. Das erregt die Aufmerksamkeit weiterer Bienen, die dadurch zum Sammeln angeregt werden. Der an der tanzenden Biene haftende Duft leitet die Bienen zu den Futterpflanzen. Liegen diese aber weiter als hundert Meter vom Bienenstock entfernt, so weist ihnen die tanzende Biene durch einen Schwänzeltanz die Richtung. Aus den Tanzbewegungen können die Bienen sogar entnehmen, wie weit die Nahrungsquelle entfernt ist.
Dieses zur Erhaltung der Art wichtige artspezifische Verhalten ist den Honigbienen angeboren. Sie haben es im Verlaufe einer Jahrtausende währenden Entwicklung erworben.

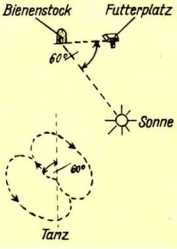
Dieses Sperren geschieht bei mehreren Jungvögeln im Nest wie auf ein Kommando, selbst dann, wenn sich an Stelle des Elternvogels etwas anderes dem Nest nähert.
Wenn man den Jungvögeln ein Stöckchen entgegenhält, sperren sie diesem ebenso entgegen wie dem Schnabel des Elterntieres. Umgekehrt kann man Elternvögel mittels Pappschablonen, die einen dunklen Fleck mit heller Umrandung erkennen lassen, zum Füttern bewegen.
Auch das sind artspezifische, der Lebenserhaltung unter bestimmten Umweltbedingungen dienende Verhaltensweisen, die die Tiere ererbt haben und folglich nicht zu erlernen brauchen.

Verhalten der Honigbiene

Rundtanz







Lebewesen im Gleichgewicht

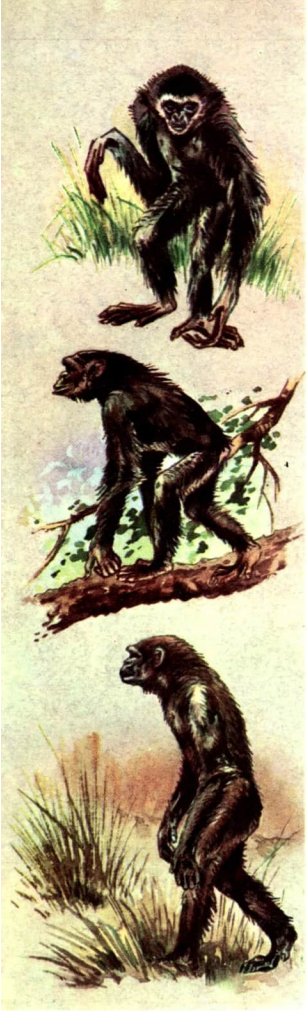
In einem bestimmten Gebiet findet man immer Lebewesen verschiedener Arten in großer Anzahl vereint. Aus Erfahrung wissen wir schon, daß sich die Lebewesen in einem Lebensraum nicht zufällig zusammenfinden, sondern daß die Lebewesen häufig an für sie typischen Orten vorkommen; Frösche sucht man nur in Wassernähe.

Die Lebewesen eines Lebensraums leben nicht einfach nebeneinander, sondern sie sind voneinander abhängig, sie bilden Lebensgemeinschaften. Nehmen wir als Beispiel für eine Lebensgemeinschaft die Hecke. Gewiß, die Hecken sind seltener geworden in unserer Landschaft, seit unsere landwirtschaftlichen Großbetriebe riesige Flächen mit modernen Maschinen bearbeiten, aber es gibt sie noch. Sie besiedeln kleine, für den Ackerbau ungeeignete Gebiete am Rande der Felder oder zwischen zwei Schlägen. Solche Hecken liegen wie Inseln im Meer der Felder. Zunächst fallen Sträucher mit Dornen und Stacheln auf. Sie machen die Hecke undurchdringlich und unzugänglich. Häufig findet man Weißdorn und Heckenrose, dazu aber auch Holunder, Pfaffenhütchen und Schneeball. Am Rande versperren nicht selten Brombeersträucher den Weg ins Innere der Hecke.

Im Schutz der Sträucher wachsen Buschwindröschen, Leberblümchen, Veilchen und andere Frühlingspflanzen.

Viele der Pflanzen der Hecke verraten durch ihre Früchte, daß sie wahrscheinlich im Fell von Hasen, Mäusen, Wieseln oder Mardern dorthin gelangten wie Klette, Kleblabkraut und Nelkenwurz.

Feldahorn, Zitterpappel, Waldrebe und Weidenröschen hat der Wind an ihren jetzigen Standort gebracht.
Die genannten Sträucher hingegen tragen Früchte, meist Beeren, die von Vögeln gefressen und deren Samen durch den Kot verbreitet werden.
Neben der Nahrung bietet die Hecke den Vögeln Nistgelegenheiten und Schutz bei der Aufzucht der Jungen.
Viele Insekten bewohnen die Hecke: Schmetterlinge, Fliegen, Käfer, Bienen, Wespen, Hummeln, Ameisen, Blattläuse und auch Spinnen.
Schließlich könnte man noch Eidechsen, zahlreiche Schnecken und Würmer nennen, die der Lebensgemeinschaft Hecke angehören.
Wäre es für die Insekten dieser Lebensgemeinschaft nicht besser, wenn zu ihr keine Vögel gehörten, die sich von Insekten ernähren?
Wenn es so wäre, würden die meist Blätter fressenden Insekten überhandnehmen. Sie würden die Pflanzen kahlfressen, so daß diese eingingen. Die Hecke hörte auf zu existieren, auch die Insekten, weil sie keine Nahrung mehr fänden. Dadurch aber, daß die Lebewesen einer Lebensgemeinschaft in der Erhaltung ihrer Existenz aufeinander angewiesen sind, stellt sich zwischen den verschiedenen Arten ein Gleichgewicht ein.
Wird eine Lebensgemeinschaft zum Beispiel durch Witterungseinflüsse — wie anhaltende Trockenheit — aus dem Gleichgewicht gebracht, so stellt es sich im Verlaufe einiger Zeit wieder ein.
Die Lebensgemeinschaft erhält sich durch das Zusammenwirken aller zu ihr gehörenden Lebewesen.



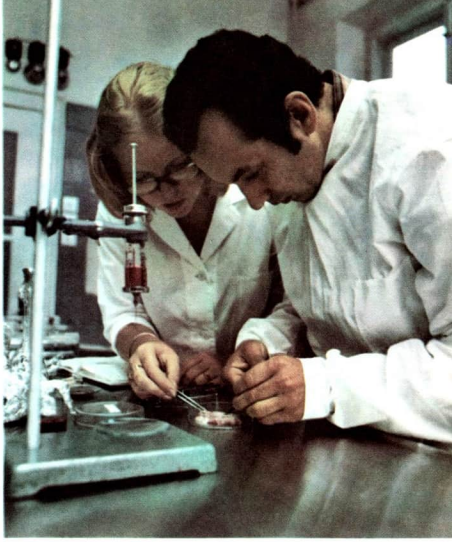
Licht wird fallen auf den Menschen

Im Jahre 1859 veröffentlichte der englische Naturforscher Charles Darwin sein Werk „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl". Darin wurde zum erstenmal eine wissenschaftliche Erklärung für die Entwicklung in der lebenden Natur gegeben. Die Entwicklung des Menschen bezog Darwin zu diesem Zeitpunkt noch nicht in seine Überlegungen ein. Im Schlußkapitel seines Werkes findet sich lediglich der Satz: „Licht wird auch fallen auf den Menschen und seine Geschichte."

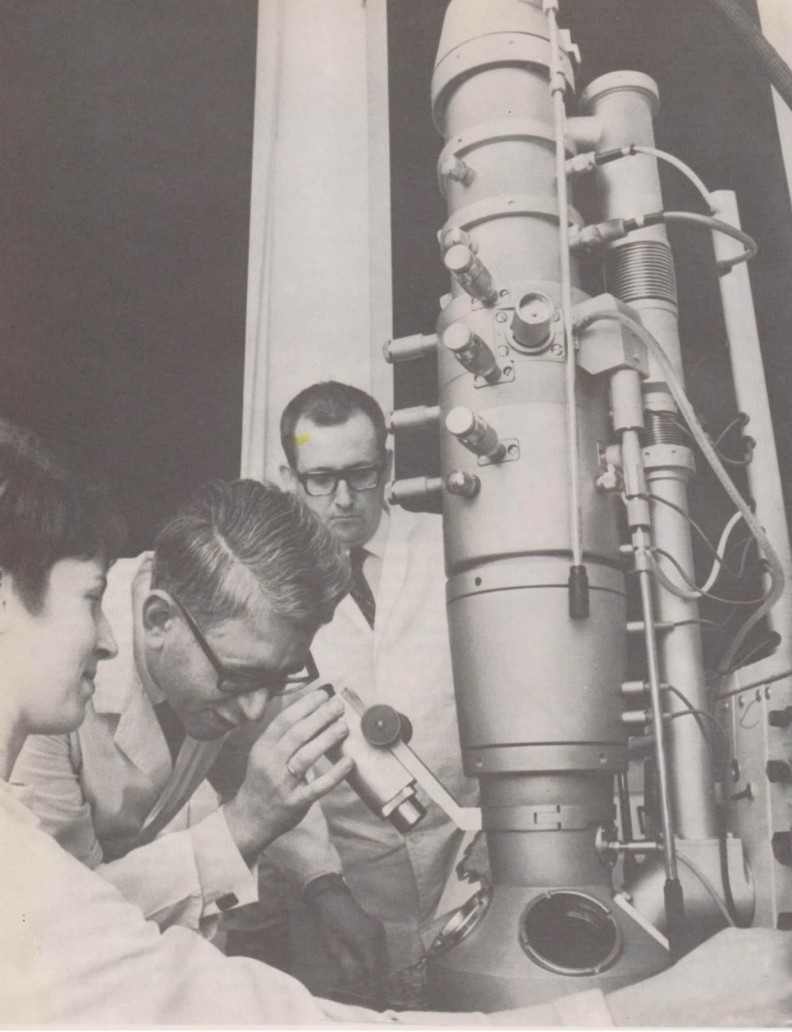
Wenige Jahre später setzten sich Forscher wie Huxley in England und Haeckel in Deutschland für die Abstammungslehre ein. Beide Forscher bezogen, wie später Darwin auch, den Menschen in ihre Überlegungen und Untersuchungen ein. Haeckel vertrat dabei den Standpunkt, daß Zwischenglieder zwischen Affen und Menschen gelebt haben müssen. Er bezeichnete diese von ihm vermuteten Lebewesen als Pithecanthropus erectus, was soviel bedeutet wie aufrechtgehender Affenmensch. Großes Aufsehen erregte ein Fund, bestehend aus einem Schädeldach und aus Oberschenkelknochen, den der Holländer Eugen Dubois bei Grabungen an einem Fluß auf der Insel Java im Jahre 1891 gemacht hatte, denn er lieferte den Beweis für Haeckels wissenschaftliche Voraussage.

Von diesem Zeitpunkt an wurde von Wissenschaftlern in aller Welt immer systematischer nach Zeugnissen für die Entwicklung des Menschen gesucht. Heute liegt ein reiches Fundmaterial vor, das ständig durch neue Funde ergänzt wird. Das Bild von der Entwicklung des Menschen aus äffischen Vorfahren wird immer klarer.

Die Wissenschaft von der Entwicklung des Menschen ist bereits so tief in die gesetzmäßigen Zusammenhänge eingedrungen, daß die Wissenschaftler in der Lage sind, auch unbedeutend scheinende Bruchstücke fossiler Skelette richtig einzuordnen. Das ist bedeutsam, denn es werden meist nur versteinerte Bruchstücke von Knochen gefunden. Die Anthropologen, wie die Wissenschaftler genannt werden, die sich mit dem Menschen als Lebewesen beschäftigen, vermögen aus solchen Bruchstücken zum Beispiel Schädel oder Gliedmaßenskelette zu rekonstruieren, das heißt die fehlenden Teile richtig zu ergänzen. Manchmal sind die Fossilien im Gestein eingebettet und müssen herausgesprengt werden. Dann ist das Zusammensetzen und Ergänzen der Teile besonders schwierig.



Die Abbildung Seite 40 (unten) zeigt einen Affen, der vor etwa 25 Millionen Jahren lebte und sowohl als Vorfahre der heute lebenden Menschen als auch der heute lebenden Menschenaffen angesehen werden kann. Er ging bereits aufrecht, wenn auch gebückt. Seine Wirbelsäule war noch nicht doppelt S-förmig gekrümmt wie beim Menschen. Er konnte sich auf Bäumen fortbewegen. Jedoch waren die Arme dieses Affen noch nicht so weit verlängert wie die der an das Leben auf Bäumen angepaßten Hangelkletterer. Die mittlere Abbildung von Seite 40 zeigt einen Menschenaffen, der vor etwa 20 Millionen Jahren lebte. Er liegt bereits eindeutig auf der Entwicklungslinie der Menschenaffen. Das lassen die deutlich verlängerten Vordergliedmaßen erkennen. Der Körperbau dieses Affen war auf das Leben auf Bäumen spezialisiert. Er scheidet deshalb als Vorfahre des Menschen aus. Bereits vollkommen dem Leben im Urwald angepaßt ist der Seite 40 oben dargestellte gibbonähnliche Affe, der vor etwa 15 Millionen Jahren lebte. Seite 41 unten ist ein früher Urmensch abgebildet, wie er vor etwa einer Million Jahren lebte, darüber ein später Urmensch, auch Neandertaler genannt. Er lebte vor etwa 500000 Jahren gleichzeitig mit dem eiszeitlichen Neumenschen (Seite 41 oben).



ZELLEN — BAUSTEINE DER LEBEWESEN

Lebende Teile

Wir wissen, daß nicht nur ganze Tiere oder Pflanzen leben können, sondern auch Teile von ihnen. Ein Blumenstrauß in der Vase lebt, aber er besteht nur aus Teilen von Pflanzen. Selbst einzelne Organe der Tiere können leben. In einem gerade geschlachteten Karpfen kann man beispielsweise das Herz schlagen sehen. Andere Organe des toten Karpfens — Haut, Muskeln, Nerven — leben ebenfalls noch einige Zeit.

Auch beim Menschen sterben manche Organe nach Eintritt des Todes nicht sofort ab. Diese Erkenntnis wenden die Ärzte an, wenn sie Organe verpflanzen. Organe, die nach dem Tode eines Menschen noch leben, können dem Toten entnommen werden und einem Schwererkrankten die Gesundheit wiedergeben.

Bei aller Vielfalt der Arten bestehen alle Lebewesen aus verhältnismäßig einheitlichen Teilchen — den Zellen. Zellen sind die kleinsten Teile der Lebewesen, die selbst noch leben. Sie sind gewissermaßen die lebenden Bausteine, aus denen alle Lebewesen aufgebaut sind.

Auch die Zellen bestehen aus Teilen: Die Grundsubstanz aller Zellen bildet das durchsichtige, zähflüssige Zellplasma. Es ist Träger vieler Lebensvorgänge der Zelle. Im Zellplasma befindet sich der Zellkern. Durch ihn werden die Lebensvorgänge, die im Zellplasma ablaufen, gesteuert und geregelt. Das im Innern der Zelle dünnflüssige Zellplasma bildet außen eine zähflüssige, oft eine nahezu feste Schicht, die Plasmagrenzschicht. Sie grenzt die Zelle von ihrer Umgebung ab und nimmt aus der Umgebung Stoffe auf, welche die Zelle zum Leben braucht.

Zellplasma, Zellkern und Plasmagrenzschicht leben nur als ganze Zelle, getrennt voneinander sind sie nicht lebensfähig.

Entdeckungen mit Mikrotom und Mikroskop

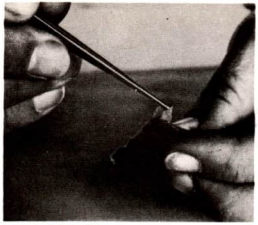
Zellen sind sehr kleine Gebilde. Ihre Größe liegt meist unter 0,1 Millimeter, das heißt, man muß zehn Zellen nebeneinanderlegen, wenn man eine Zellreihe von 1 Millimeter Länge erhalten will. Auch das Gewicht der Zellen ist nur gering, eine Wurzelzelle wiegt etwa 0,000 001 Gramm (ein millionstel Gramm), das heißt, 1 Million dieser Zellen wiegen zusammen 1 Gramm.

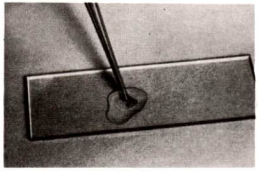
Die Entdeckung der Zellen war erst möglich, nachdem die Menschen Geräte erfunden hatten, mit deren Hilfe man so winzig kleine Gegenstände untersuchen und beobachten konnte.

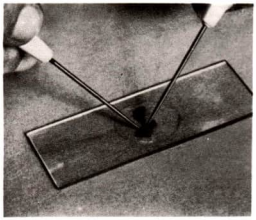
Die wichtigste Erfindung zur Untersuchung der Zellen war das Mikroskop. Das erste Mikroskop wurde im Jahre 1590 gebaut. Die wissenschaftliche Forschung mit dem Mikroskop begann jedoch erst ein halbes Jahrhundert später.

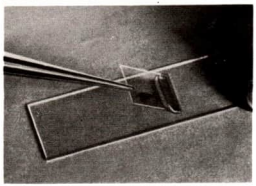
Robert Hooke gilt als der Entdecker der Zellen. Er bezeichnete sie im Jahre 1667 als kleine Schachteln oder kleine Kammern.

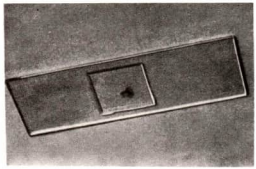
Das Mikroskop wurde bald zum unentbehrlichen Werkzeug der Biologen. Heute gibt es Mikroskope für die verschiedensten Zwecke. Selbst Schülermikroskope sind heute leistungsfähiger als die Instrumente,

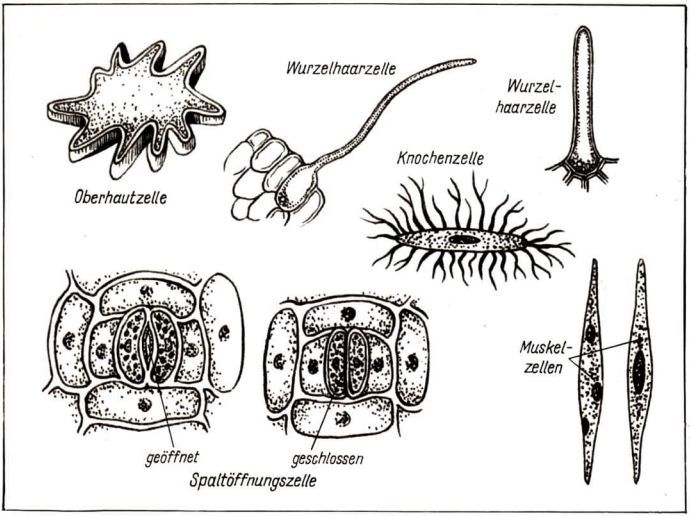












Pflanzenzellen Wurzelhaarzellen nehmen Wasser und Nährsalze auf. Gefäßzellen bilden lange Röhren, in denen Wasser und Nährsalze zu allen Zellen der Pflanze transportiert werden. Bastzellen haben besonders starke Zellwände und dienen der Festigkeit des Stengels. Oberhautzellen sind durchsichtig; auch sie haben starke Zellwände, durch die das Blatt geschützt wird. Besondere Festigkeit erhält das Blatt, wenn die Oberhautzellen miteinander verzahnt sind. Spaltöffnungszellen liegen in der Oberhaut. Sie bilden einen Spalt, der sich verengen und erweitern kann, wodurch die Aufnahme von Gasen in das Blatt und die Gasabgabe aus dem Blatt geregelt werden.

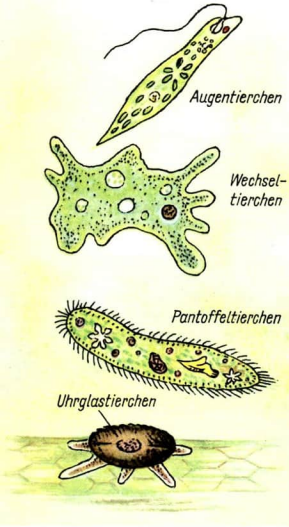
Tierzellen Die Muskelzellen zeichnen sich durch ein Zellplasma aus, das sich zu verkürzen und wieder zur ursprünglichen Länge auszudehnen vermag. Das Plasma der Muskelzellen der Skelettmuskulatur bildet keine Grenzschichten aus, so daß viele Muskelzellen zu einer „Riesenzelle" mit vielen Kernen verschmelzen. Sie werden als Muskelfasern bezeichnet. Die Knochenzellen erzeugen die Knochensubstanz. Sie haben etwa die Gestalt von Pflaumensteinen und sind untereinander durch feine Plasmafäden verbunden.

die den Pionieren der Zellforschung zur Verfügung standen. Mit einem Spezialgerät, dem Mikrotom, zerlegt man Teile von Lebewesen, die untersucht werden sollen, in hauchdünne Scheiben und betrachtet sie unter dem Mikroskop.

Pflanzenzellen eignen sich besonders gut zu mikroskopischer Betrachtung, weil sie – im Unterschied zu tierischen Zellen – von festen Zellwänden umgeben sind, die man unter dem Mikroskop deutlich erkennen kann.

Frische Pflanzenteile untersucht man mikroskopisch auf einem Objektträger in einem Wassertropfen. Die Pflanzenteile gewinnt man, indem man dünne Scheibchen abschneidet, ein kleines Teilchen einer Pflanze zerzupft oder zerquetscht oder eine feine Haut abzieht.

Das Mikroskopieren tierischer beziehungsweise menschlicher Zellen und Gewebe erfordert im allgemeinen einen größeren Aufwand an Ausrüstung und Geräten. Durch das Fehlen fester Zellwände kann man tierische Zellen auch unter dem Mikroskop nicht ohne weiteres erkennen. Um beispielsweise Zellkerne in tierischen Zellen sichtbar zu machen, ist das Anfärben mit verschiedenen speziellen Farbstoffen erforderlich.



Vielzeller – Einzeller

Zellen leben nicht nur als Bausteine vielzelliger Organismen, es gibt auch selbständig lebende Zellen, einzellige Lebewesen, Einzeller. Diese Einzeller leben überall auf der Erde, im Salzwasser der Ozeane, in kontinentalen Salzseen, aber auch im Süßwasser. Sie kommen sogar in kleinsten Wasseransammlungen vor, in Regenpfützen oder in dem vom Moos gespeicherten Wasser.

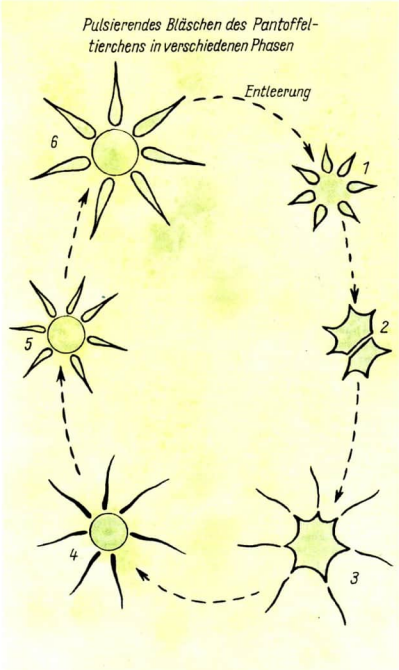
Das Zusammenwirken von Zellen verschiedener Art ermöglicht das Leben des vielzelligen Organismus. Jede Zellart löst nur eine oder einige wenige Aufgaben für den gesamten Organismus.

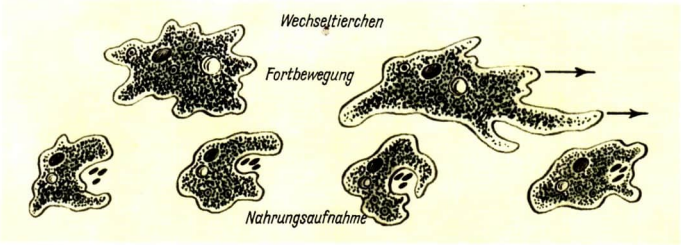
Im Pflanzenkörper nehmen die Wurzelhaare Wasser und Nährsalze für alle Zellen der Pflanze auf, die Gefäßzellen transportieren diese Stoffe zu allen Zellen des Pflanzenkörpers.

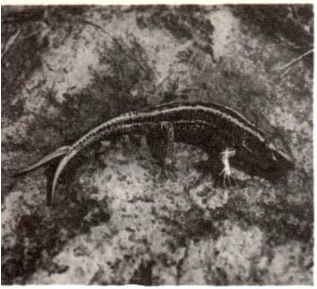
Im Tierkörper übernehmen die Muskelzellen die Aufgabe der Fortbewegung des gesamten Organismus.

Bei den Einzellern müssen alle diese Aufgaben von einer Zelle gelöst werden. Ihr Zellplasma besitzt verschiedene Einrichtungen, die den Zellen vielzelliger Lebewesen oft fehlen. Da diese Einrichtungen Aufgaben erfüllen, die im Vielzeller durch die verschiedenen Organe vollzogen werden, nennt man sie Organellen. So gibt es bei Einzellern Bewegungsorganellen, Ernährungsorganellen, Ausscheidungsorganellen und Schutzorganellen.

Das Grüne Augentierchen lebt in kleinen Pfützen, seichten Gräben oder in Dorfteichen, die in der Nähe von Düngerstätten liegen. Manchmal sind die 0,05 bis 0,1 Millimeter langen Tiere so zahlreich, daß das Wasser grün aussieht.
Das Grüne Augentierchen bewegt sich mit Hilfe einer Geißel fort. In der äußeren Schicht des Zellplasmas befinden sich Fibrillen, mit deren Hilfe die Form verändert werden kann. Geißeln und Fibrillen sind Bewegungsorganellen.
In der Nähe des Ursprungs der Geißel liegt das Ausscheidungsorganell. In diesem Bläschen sammeln sich das überflüssige Wasser des Zellkörpers und darin gelöste auszuscheidende Stoffe. Dabei erweitert sich das Bläschen. Ist es gefüllt, entleert es sich nach außen. Da es sich regelmäßig füllt und entleert, heißt das Ausscheidungsorganell pulsierendes Bläschen.
Das Vielgestaltige Wechseltierchen findet man in Tümpeln, an Stengeln und Blättern von Wasserpflanzen, im Schlamm stehender Gewässer oder auf dem Grunde von Aquarien. Seinen Namen hat das bis zu 0,5 Millimeter große Tierchen wegen seiner veränderlichen Gestalt erhalten. Es bewegt sich fort, indem sein Zellplasma langsam fließt und dabei Scheinfüßchen bildet. Nahrungsteilchen werden umflossen und vom Zellplasma in ein Nahrungsbläschen, das Ernährungsorganell, aufgenommen.
Das Uhrglastierchen erhielt seinen Namen von seinem Schutzorganell. Dieses Wechseltierchen umgibt eine Schale, deren Gestalt einem Uhrglas ähnelt. Die Scheinfüßchen ragen aus einer runden Öffnung der Schale hervor.
Das Pantoffeltierchen kommt überall in fauligem Wasser vor. Es hat eine pantoffelähnliche Gestalt und bewegt sich mittels einer großen Anzahl von Wimpern fort, die die ganze Körperoberfläche bedecken. Die Nahrung wird mit Hilfe der Wimpern in eine trichterförmige Öffnung gestrudelt, auf deren Grund sie von Nahrungsbläschen aufgenommen wird



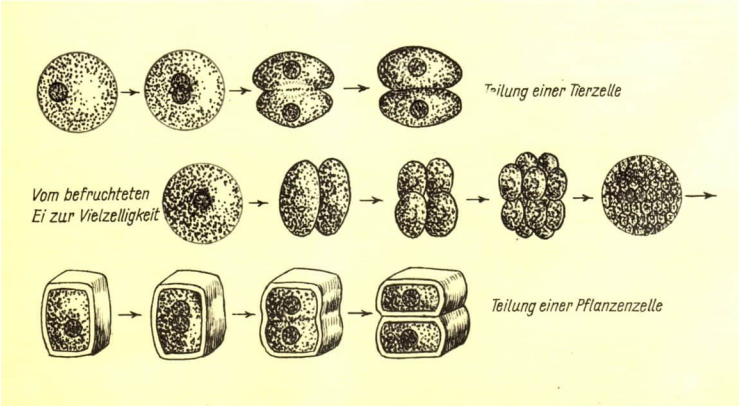




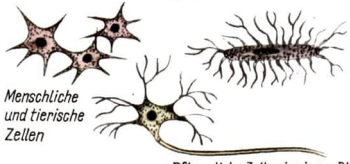
Regeneration: Bei manchen Tieren schließen sich nicht nur Wunden, sondern es werden ganze Organe oder Teile des Körpers ersetzt, regeneriert.
Verliert eine Eidechse durch Verletzung ihren Schwanz, so wächst ein neuer. Manchmal kommt es sogar vor, daß an einer Wunde am Rumpfende ein zweiter Schwanz wächst.
Regenwürmer können sogar den größten Teil ihres Körpers ergänzen. Versuche ergaben, daß 2 Zentimeter lange Stücke aus dem Körper eines Regenwurms zu vollständigen Regenwürmern regenerieren.
Beim Menschen spielen Regenerationsvorgänge bei der Wundheilung eine bedeutende Rolle. Das Verheilen von Haut- und Fleischwunden und das Heilen von Knochenbrüchen beruhen darauf. Ohne Regenerationsfähigkeit wäre schließlich keine Operation möglich, weil nach ihr das verletzte Gewebe wieder heilen muß.

Einzeller werden Vielzeller

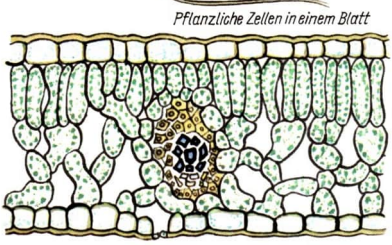
Alles Leben stammt aus dem Ei. Der englische Arzt und Forscher William Harvey versuchte diesen Satz bereits 1651 zu beweisen. Seine Erkenntnis ist das Ergebnis der Erforschung des Lebens der Zellen im vielzelligen Organismus durch viele Gelehrte aus verschiedenen Ländern.
Der Satz besagt, daß sich die vielzelligen Organismen aus einer Zelle, der Eizelle, entwickeln. Zu Beginn ihres Lebens — und sei es nur für wenige Minuten — sind die Vielzeller also einzellig. All die vielen Zellen, aus denen der erwachsene vielzellige Organismus besteht, gehen aus dieser einen Zelle durch Zellteilung hervor.
Von der Vermehrung der Zellen durch Teilung weiß man erst seit etwa 120 Jahren. Bis dahin glaubte man, Zellen könnten aus Nichtlebendem entstehen.
Bei der Teilung einer Zelle schnürt sich das Zellplasma in der Mitte durch. Vor der Durchschnürung des Zellplasmas verdoppeln sich die meisten Zellorganellen, wie zum Beispiel der Zellkern, so daß jede Tochterzelle mit allen notwendigen Einrichtungen ausgerüstet ist.
Das Zellplasma verteilt sich gleichmäßig auf die Tochterzellen. Durch fortwährende Teilung der Zellen können aus einer Zelle Billionen Zellen entstehen, aus denen zum Beispiel ein erwachsener Mensch oder ein großer Baum besteht.
Das vielzellige erwachsene Lebewesen unterscheidet sich von seinem ein- oder wenigzelligen Keimstadium nicht nur dadurch, daß es aus einer viel größeren Anzahl von Zellen besteht, sondern auch dadurch, daß es sich aus verschiedenen Arten von Zellen zusam-

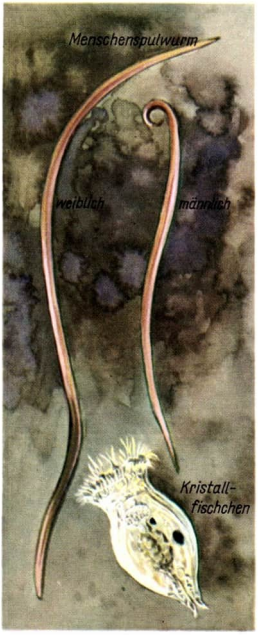


mensetzt. Die Entwicklung des Lebewesens aus einer Eizelle ist folglich nicht nur Vermehrung von Zellen durch Zellteilung, sondern auch deren Umbildung, bei Tieren zum Beispiel zu Muskelzellen oder Knochenzellen, bei Pflanzen zum Beispiel zu Gefäßzellen oder Oberhautzellen.
Auch im erwachsenen vielzelligen Organismus bleiben nicht umgebildete, also umbildungsfähige Zellen erhalten.
So bilden die Pflanzen zeit ihres Lebens immer neue, nicht umgebildete, teilungsfähige Zellen aus, beispielsweise in den Knospen und unter der Rinde. Darauf ist es zurückzuführen, daß auch noch ein vielhundertjähriger Baum in jedem Frühjahr neue Triebe bildet, weiter in die Höhe wächst und seine Krone verbreitert und verdichtet.
Bei erwachsenen Tieren und Menschen bleiben teilungsfähige Zellen nur in Organen erhalten, die einer Abnutzung unterliegen, beispielsweise in der Haut. Teilungsfähige Zellen ermöglichen auch das Heilen von Wunden.
Tiere und Menschen können nur bis zu einem bestimmten Alter wachsen und stellen dann das Wachstum ein. Pflanzen dagegen können über die gesamte Dauer ihres Lebens wachsen und neue Organe ausbilden.
Die Mediziner und die Biologen haben heute Geräte entwickelt, mit denen es möglich ist, aus lebenden Zellen Zellorganellen zu entnehmen und in andere Zellen zu verpflanzen, wobei die Zellen weiterleben. Damit ist ein Anfang gemacht, lebende Zellen für bestimmte Zwecke zu „bauen".

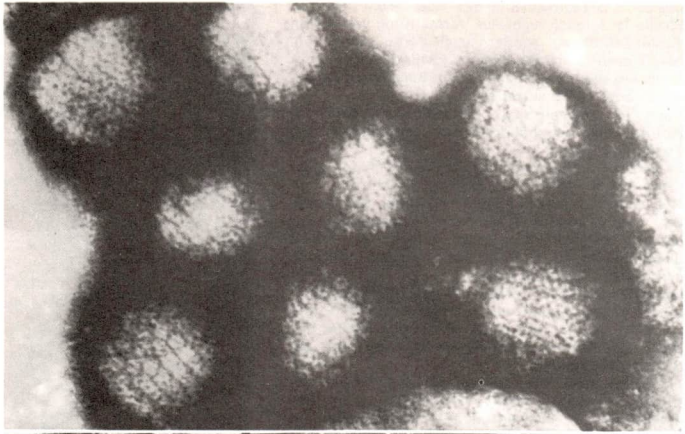


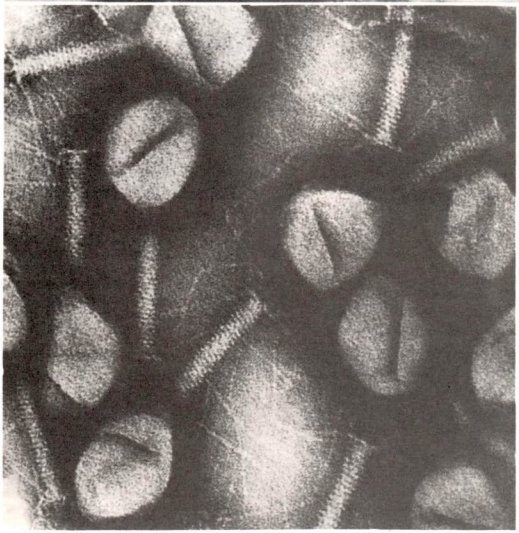
Pflanzliche Zellen in einem Blatt





Zellkonstanz: Manche Tierarten bestehen aus einer immer gleichen Anzahl von Zellen, so zum Beispiel die Rädertierchen. Rädertierchen gehören zu den kleinsten Vielzellern und sind oft kleiner als manche Einzeller. Die Länge der kleinsten bekannten Art beträgt nur 0,04 Millimeter. Man findet sie fast überall im Süßwasser; in jeder Pfütze können sie leben.
Das Kristallfischchen, ein Rädertier, untersuchte man besonders genau. Es besteht stets aus 959 Zellen. 301 davon bilden die Haut, 165 den Magen und 247 das Nervensystem.
Auch Fadenwürmer besitzen eine konstante Zellenanzahl. Bei manchen von ihnen kann zwar die Gesamtzahl der Körperzellen schwanken, bestimmte Organe bestehen jedoch stets aus der gleichen Anzahl von Zellen. Beim Menschenspulwurm besteht das Nervensystem aus 162 Zellen und das Ausscheidungsorgan aus 3 Zellen.





Riesen unter dem Elektronenmikroskop

Die ersten Mikroskope eröffneten den Menschen den Blick in eine unbekannte Welt, in die Welt der Zelle. Diese Mikroskope ermöglichten bis zu einhundertfünfzigfache Vergrößerungen. Sie wurden immer weiter verbessert und verfeinert, und heute erreicht man mit einem guten Gerät zweitausendfache Vergrößerungen, so daß man sehr kleine Teile der Zelle beobachten kann. Aber selbst mit den besten Mikroskopen sah man das Zellplasma nur als eine einheitlich klare, durchsichtige Substanz. Woraus es besteht, erkannte man nicht. Aus diesem Grund begannen Wissenschaftler das Zellplasma chemisch zu untersuchen.

Das Feststellen der Stoffe, aus denen Zellen bestehen, ist sehr schwierig, weil die Zellen bei der Untersuchung absterben.

Wenn die Zelle stirbt, bleiben die Grundstoffe der Zelle erhalten. Der wichtigste Bestandteil der lebenden Zelle ist der Kohlenstoff (C). Zu den Grundstoffen zählen weiter der Wasserstoff (H) und der Sauerstoff (O), die das Wasser bilden, sowie die Nichtmetalle Stickstoff (N), Schwefel (S), Phosphor (P) und die Metalle Magnesium (Mg), Kalium (K), Natrium (Na) und Eisen (Fe).

Die Teilchen der Grundstoffe, die Atome, sind in allen Stoffen der lebenden Zelle auf eine ganz besondere, sehr komplizierte Art angeordnet. Diese Ordnung wird beim Tod der Zelle zerstört. So gleicht die Untersuchung der toten Zelle der eines Trümmerhaufens. Man findet zwar Ziegel, Balken und Mörtel, aber ob die Trümmer einst eine Hütte oder ein Palast waren, ist schwer zu ermitteln.

In der lebenden Zelle bildet eine Anzahl von Atomen, etwa zehn bis einhundert, kleinere Moleküle, die Bausteinmoleküle. Aus vielen dieser Bausteinmoleküle, einhundert bis einhunderttausend, bestehen die eigentlichen Moleküle der lebenden Zelle. Im Vergleich zu den winzig kleinen Atomen wirken diese Moleküle wie Riesen, obwohl auch sie winzig klein sind. Man nennt sie Makromoleküle. Makromoleküle kann man mit einem Elektronenmikroskop, das einhunderttausendfache Vergrößerung ermöglicht, sichtbar machen.

Wenn wir die Moleküle der lebenden Zelle noch einmal mit Bauwerken vergleichen, dann müssen wir uns diese als moderne Großblockbauten vorstellen. Die Großblockbauten bestehen aus vorgefertigten Bauteilen; entsprechend bestehen die Makromoleküle aus Bausteinmolekülen.

Kohlenstoff kann man leicht nachweisen, indem man trockene Tier- oder Pflanzenteile erhitzt. Die anderen Grundstoffe entweichen dabei in Form unangenehm riechender Gase, der Kohlenstoff bleibt als schwarze Masse zurück.

Wasserstoff und **Sauerstoff** reagieren chemisch miteinander und bilden dabei Wasser. Man weist es nach, indem man in die Dämpfe kurz einen kühlen Gegenstand, zum Beispiel eine Glasschale, hält. Der entweichende Wasserdampf kondensiert, und das Glas beschlägt.

Eine besondere Art der Makromoleküle stellen die **Kernsäuremoleküle** dar. Sie bilden lange, fadenförmige Ketten. Diese Ketten können aus dreißigtausend und mehr Bausteinen zusammengesetzt sein. Sie erreichen dann eine Länge von 0,0009 Millimetern und eine Dicke von 0,0000002 Millimetern. Bei Bakterien entdeckte man noch längere Kernsäuremoleküle.

Kernsäuren findet man vor allem in den Zellkernen, aber auch im Zellplasma.

Eiweißmoleküle haben einen sehr komplizierten Bau. Ein Eiweißmolekül kann aus fünfzig bis zehntausend Bausteinen bestehen.

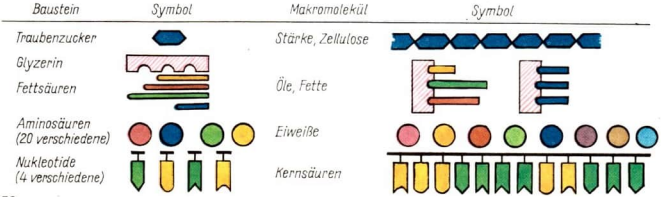
Die Abbildungen auf Seite 50 sind elektronenmikroskopische Fotografien verschiedener Makromoleküle. Oben und unten links: Viren, die aus vielen regelmäßig angeordneten Eiweißmolekülen bestehen. Unten rechts: Teil eines Moleküls aus dem Zellkern.

Stoff — Plan — Energie

Noch bevor die Wissenschaftler festgestellt hatten, daß die Lebewesen aus denselben Stoffen bestehen wie alle anderen Dinge auf unserer Erde, versuchte man, Lebewesen und sogar Menschen künstlich herzustellen.
Man gab verschiedene Stoffe in ein Gefäß, erhitzte und schüttelte diese Mischung und unterwarf sie verschiedenen anderen Prozeduren. Es gelang jedoch nicht, Leben künstlich herzustellen. Bis heute entwickelt sich das Leben — seit es einmal entstanden war — nur aus Leben.
In der lebenden Zelle liegen die Teilchen — Atome und Moleküle — nicht wirr durcheinander, sondern sie sind in einer bestimmten Weise angeordnet. Diese Ordnung der Teilchen ist ein charakteristisches Merkmal der lebenden Substanz. Wenn man lebende Substanz herstellen will, genügt die Kenntnis der Stoffe nicht, aus denen sie besteht. Damit kennt man gewissermaßen nur das Baumaterial. Man muß wissen, wie die Atome und Moleküle dieser Stoffe angeordnet sind. Man muß den Bauplan kennen.
Außer dem Plan und den Bauteilen braucht man zur Herstellung des Baues auch Energie, Bewegungsenergie, um die einzelnen Bauteile an den vorgesehenen Ort zu befördern. Energie ist auch notwendig, um die einzelnen Teile so miteinander zu verbinden, daß sie in der vorgesehenen Ordnung bleiben. Beim Hausbau steckt diese Energie beispielsweise im Mörtel, der die Ziegel miteinander verbindet.
Wie der Mensch Häuser bauen kann, so kann die Zelle neue lebende Substanz herstellen. Sie muß folglich einen „Plan" besitzen, nach dem sie beim Zusammenfügen der Stoffe, die sie aus ihrer Umwelt aufnimmt, vorgeht, und sie muß über Energie verfügen, denn auch in der Zelle müssen die Teilchen, aus denen neue lebende Substanz entsteht, an ihren Ort befördert und in der bestimmten Ordnung erhalten werden.

Energie ist die Fähigkeit eines Körpers oder Vorganges, an einem anderen Körper oder Vorgang eine Arbeit zu verrichten, das heißt Veränderungen hervorzurufen. Energie gibt es in verschiedenen Formen.
Mit Hilfe der Elektroenergie kann der Mensch die verschiedensten Arbeiten leisten: bohren, sägen, hämmern, schleifen, transportieren, heizen und vieles andere mehr.
Die chemische Energie ist in vielen Stoffen gespeichert und wird bei bestimmten Stoffumwandlungen frei. Kohle ist ein solcher Speicher chemischer Energie. Bei der Verbrennung wandelt sie sich zu Asche um, und chemische Energie wird als Wärme und Licht frei.
Wärme und Licht sind wie die Bewegungsenergie und die Atomenergie weitere Energieformen. Die Lichtenergie, die von der Sonne ausgeht, ist für die grünen Pflanzen und damit für das Leben auf der Erde überhaupt lebensnotwendig.
Alle Energieformen lassen sich ineinander umwandeln.

Nach der Art der Bausteine unterscheidet man vier Arten von Makromolekülen: Kohlenhydrate (z.B. Stärke), Fette, Eiweiße, Kernsäuren

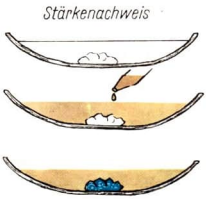


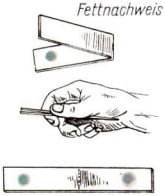
Die Abbildung auf der linken Seite unten zeigt mit Hilfe von Symbolen den Aufbau von vier Arten für das Leben bedeutsamer Makromoleküle aus Bausteinen. Traubenzucker, im weiteren auch Stärke, Zellulose, Öle und Fette sind vor allem als Energieträger bedeutsam. Die chemische Energie der Zellulose kann jedoch vom menschlichen Organismus nicht genutzt werden. Für viele Pflanzenfresser hingegen ist die Zellulose eine Hauptenergiequelle.
Die Eiweiße dienen vor allem dem Aufbau der lebenden Zellen. Die Kernsäuren enthalten den Plan für den Aufbau der Stoffe der lebenden Zelle.

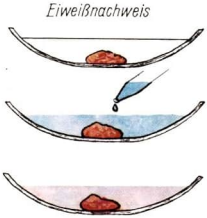
Stärkenachweis Stärke färbt sich mit Jod blauviolett. Diese Eigenschaft nutzt man, um Nahrungsmittel auf ihren Stärkegehalt zu untersuchen. Man bringt einige Tropfen einer Jodlösung auf das zu prüfende Nahrungsmittel. Blaufärbung zeigt das Vorhandensein von Stärke an.

Fettnachweis Fett verdunstet nicht. Diese Eigenschaft hilft, Fette in Nahrungsmitteln nachzuweisen. Man bringt eine Probe auf Papier (am besten Löschpapier) und prüft, ob die entstehenden Flecke austrocknen, indem man das Papier erwärmt (auf einen Heizkörper legen – mit Wasserfleck vergleichen). Trocknet der Fleck nicht aus, so enthält das untersuchte Nahrungsmittel Fett.

Eiweißnachweis Eiweiß, das man mit verdünnter Kalilauge (Kaliumhydroxidlösung) versetzt, färbt sich bei Zugabe von Kupfersulfat violett. Man zerreibt die zu untersuchende Nahrungsmittelprobe und gibt etwas verdünnte Kalilauge dazu. In diese Mischung bringt man einige Tropfen 0,1prozentige Kupfersulfatlösung. Violettfärbung beweist das Vorhandensein von Eiweiß.







Eiweiße — Träger des Lebens

Vor über 100 Jahren erkannte Friedrich Engels bereits die Bedeutung der Eiweißkörper für das Leben. Er schrieb: „Leben ist die Daseinsweise der Eiweißkörper, deren wesentliches Moment im fortwährenden Stoffwechsel mit der äußeren, sie umgebenden Natur besteht und die mit dem Aufhören dieses Stoffwechsels auch aufhört und die Zersetzung des Eiweißes herbeiführt."

Die besondere Bedeutung der Eiweiße für das Leben besteht darin, daß die Eiweiße Träger aller Lebensvorgänge in den Zellen und im gesamten mehrzelligen Organismus sind. Die Haut, die den Körper bedeckt, die Muskeln, mit deren Hilfe die Fortbewegung erfolgt, und alle anderen Organe des tierischen und auch des pflanzlichen Körpers bestehen zum großen Teil aus Eiweißen.

Wo es Leben gibt — und sei es in den einfachsten Formen —, gibt es Eiweiße.

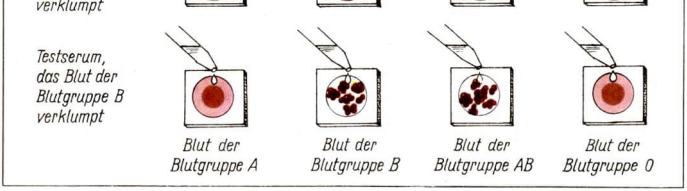
Jedes einzelne Lebewesen besitzt in seinen Zellen sehr viele verschiedene Arten von Eiweißmolekülen. Der menschliche Körper enthält verschiedene Bluteiweiße, mehrere Lebereiweiße, Muskeleiweiße und viele andere Eiweißarten. Viele Eiweißkörper sind zudem artspezifisch, das heißt, jede Art von Lebewesen besitzt andere Bluteiweiße, andere Muskeleiweiße. Nur wenige Eiweiße kommen bei verschiedenen Arten von Tieren oder Pflanzen vor. Manche Eiweißarten sind gruppenspezifisch, sie kommen nicht bei allen Lebewesen einer Art vor, sondern nur in einem Teil, der Gruppe.

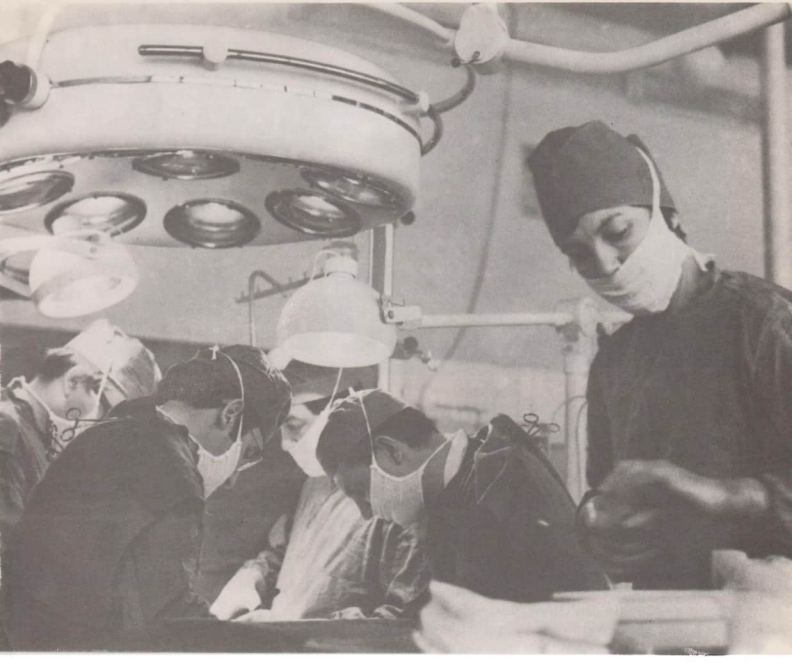
Im Blut des Menschen können die beiden Bluteiweiße A und B vorkommen. Menschen, die entweder das Eiweiß A oder B haben, gehören der Blutgruppe A oder der Blutgruppe B an. Kommen beide Eiweißarten

Blutgruppenbestimmung Die Unverträglichkeit verschiedener Blutgruppen beruht darauf, daß das zugeführte fremde Blut verklumpt. Diese Eigenschaft nutzt man zur Feststellung der Blutgruppe eines Menschen. Es gibt ein Testserum, das Blut der Gruppe A verklumpt, und ein zweites, das Blut der Gruppe B verklumpt. Gehört das zu untersuchende Blut der Gruppe AB an, dann verklumpt es in beiden Testseren. Blut der Blutgruppe 0 verklumpt in keinem der Testseren. Zur Kontrolle verwendet man zusätzlich ein Testserum 0, das nur Blut der Gruppe 0 nicht verklumpt.

Die Schwierigkeiten der Organverpflanzung beruhen auf dem spezifischen Bau der Eiweißmoleküle. Obwohl sogar das Ersetzen eines kranken Herzens durch ein gesundes operativ einwandfrei gelingt, gab es bei Herzverpflanzungen bisher noch keinen länger andauernden Erfolg. Die Eiweiße der Herzzellen sind bei jedem Menschen anders gebaut und nur selten miteinander verträglich. Der Körper stößt das eingepflanzte fremde Herz ab. Bessere Erfolge erzielte man bei Hautverpflanzungen und Nierenverpflanzungen. In unserer Republik führte das Nierenzentrum in Berlin bereits viele Nierenverpflanzungen erfolgreich durch.

Die Praxis, erkrankte, funktionsuntüchtige Organe des Menschen zu ersetzen und dadurch sein Leben und seine Gesundheit zu erhalten, hat bereits so zahlreiche Wünsche geweckt und Bedürfnisse geschaffen, daß Rückschläge und Schwierigkeiten nur den Forscherdrang weiter anstacheln. So wird unter Nutzung der Technik ein weiterer Weg des Organersatzes beschritten: der Bau und die Anwendung künstlicher Organe. Es gibt schon lange künstliche Lungen und künstliche Nieren, aber an diese kann der Erkrankte nur zeitweilig angeschlossen werden.



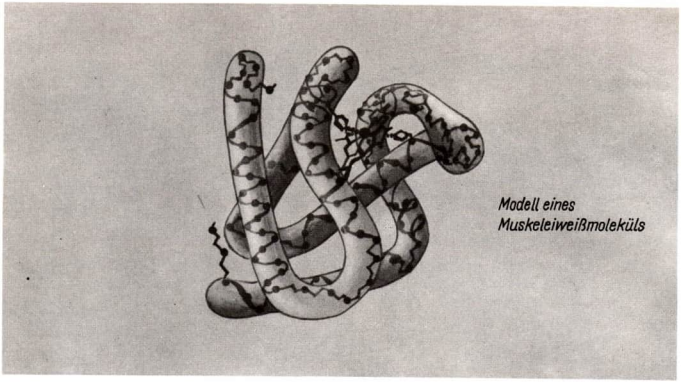


	Artenzahl
Tierreich	1 020 000
Einzellige Tiere	20 000
Mehrzellige Tiere	1 000 000
Pflanzen	380 000
Samenpflanzen	240 000
	Individuenzahl
Gegenwärtig auf der Erde lebende Menschen	3 000 000 000

zugleich vor, dann hat dieser Mensch die Blutgruppe AB. Fehlen die Eiweißarten A und B, dann zählt man den Menschen zur Blutgruppe 0.

Diese Tatsache muß bei der Blutübertragung berücksichtigt werden. Das Blut fremder Blutgruppen kann wie ein Gift wirken, das Abwehrreaktionen des Körpers hervorruft. Diese Abwehrreaktionen führen dazu, daß das Blut verklumpt und die Gefäße verstopft. Dadurch kann der Mensch sterben.

Es gibt sogar Eiweiße, die spezifisch für jedes einzelne Individuum sind, sie sind bei jedem einzelnen Menschen anders gebaut. Auf der Erde leben gegenwärtig über eine Million Arten von Lebewesen. Das besagt, daß in der lebenden Natur viele tausend Millionen verschiedene Eiweißkörper vorkommen müssen.



Modell eines Muskeleiweißmoleküls

Zwanzig Aminosäuren — zehn Quadrillionen Eiweiße

Die Bausteine der Eiweiße sind die Aminosäuren. Bisher konnte man 20 Aminosäuren als Bausteine von Eiweißen nachweisen. Für den Aufbau der Eiweißkörper aus den Aminosäuren ist eine Eigenschaft der Aminosäuren bedeutsam: Sie können sich untereinander zu langen Ketten, die mehrere 10 000 Aminosäuremoleküle enthalten, verbinden.

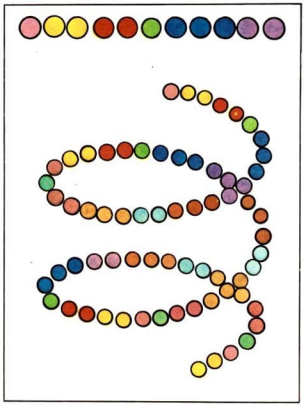
Die Eigenschaften der Eiweißmoleküle hängen nicht nur von den zu ihrem Aufbau verwendeten Aminosäuren, sondern auch von deren Reihenfolge ab. Aus 2 Aminosäuren A1 und A2 lassen sich 2 verschiedene Folgen herstellen, nämlich A1 — A2 und A2 — A1, aus 3 Bausteinen bereits 6 Folgen:

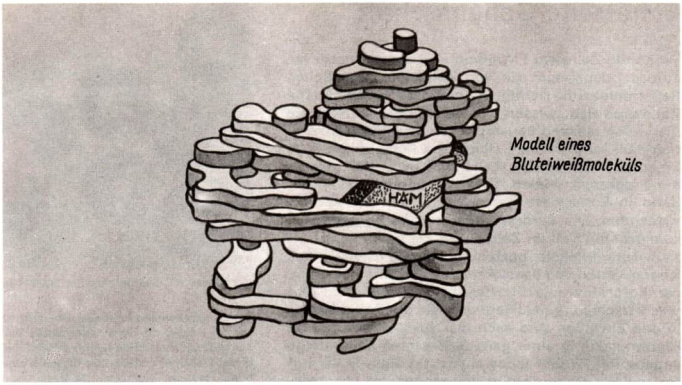
A1 — A2 — A3
A1 — A3 — A2
A2 — A1 — A3
A2 — A3 — A1
A3 — A1 — A2
A3 — A2 — A1

4 verschiedene Bestandteile ermöglichen 24 Kombinationen und 5 Bausteine 120.

Bei 20 Aminosäuren beträgt die Anzahl der möglichen Kombinationen fast 2,5 Trillionen. Die genaue Zahl ist 2 432 902 008 176 640 000. Dabei wurde angenommen, daß jede Aminosäure nur einmal vorkommt. Tatsächlich besteht jedes Eiweißmolekül aus mehr als

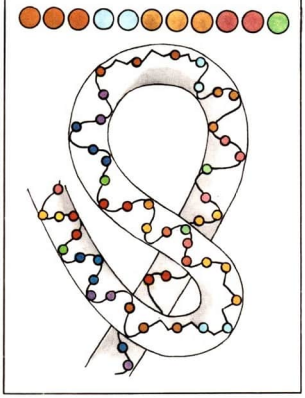
Die Abbildung zeigt den Aufbau eines **Muskeleiweiß**moleküls (Myoglobin). Dieses verhältnismäßig kleine Molekül besteht aus 153 Aminosäuren. Jeder schwarze Punkt stellt eine Aminosäure dar. Die Aminosäurekette ist wendelförmig aufgerollt. Die aufgerollte Kette bildet ein Knäuel aus 8 Abschnitten, die in Winkeln oder in unregelmäßig gebogenen Teilen abgeknickt sind.





Modell eines Bluteiweißmoleküls

Ein anderes, bereits gut bekanntes Eiweiß ist der **rote Blutfarbstoff** (Hämoglobin). Es nimmt in der Lunge Sauerstoff auf, den es dann im Körper wieder an die Zellen abgibt. Die Abbildung zeigt eine räumliche Darstellung dieses Moleküls. Ein Teil des Moleküls – die Hämgruppe – kann ein Sauerstoffatom binden. Sie wirkt wie eine Schöpfkelle, die sich in der Lunge mit einem Sauerstoffatom füllt und sich im Körper wieder entleert.



20 Bausteinen, so daß jede Aminosäure mehrfach vorkommt. Dadurch erhöht sich die Zahl der möglichen Eiweiße auf mehr als 10 Quadrillionen, das ist eine Eins mit fünfundzwanzig Nullen.

Die Aminosäureketten sind spiralig oder wendelig aufgerollt. Außerdem ragen aus der spiraligen Hauptkette Seitenketten aus einzelnen oder wenigen Aminosäuren hervor. Ein Eiweißmolekül mit Seitenketten läßt sich mit einem Flaschenreiniger vergleichen, der mit Borsten besetzt ist.

Diese Seitenketten haben große Bedeutung für die Eigenschaften der Eiweißstoffe. Manche stoßen zum Beispiel Wasser ab, andere ziehen es an.

Wieder andere können elektrisch positiv oder negativ geladen sein. Positive und negative elektrische Ladungen ziehen sich an. Dadurch bringen diese Seitenketten verschiedene Abschnitte der Eiweißspirale einander näher und verknüpfen sie mehr oder weniger fest. Es entstehen verhältnismäßig starre Gebilde, die gewöhnlich zu Knäueln oder anderen Formen gewunden sein können.

Die Gestalt der Knäuel und die Eigenschaften der Aminosäuren in der Spirale bestimmen, welche Lebensvorgänge sich im jeweiligen Eiweißmolekül vollziehen.

Die Erforschung der Reihenfolge der Aminosäuren und der räumlichen Anordnung der Kette gelang erst in den vergangenen 20 Jahren. Bisher kennt man den genauen Bau nur von einigen Eiweißmolekülen, zum Beispiel vom roten Blutfarbstoff und vom Muskeleiweiß.

Enträtselte Geheimschrift

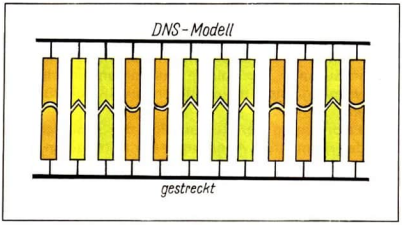
Wenn die Zelle ein Eiweißmolekül aus Aminosäuren aufbaut, dann muß sie von den vielen möglichen Reihenfolgen die richtige Reihenfolge herstellen. Die Zelle muß also „wissen", in welcher Reihenfolge sie die vielen tausend Bausteine, die Aminosäuren, ordnen muß, und sie muß sich diese Reihenfolge auch „merken" können. Die Zelle muß also einen „Plan", ein Programm, haben. Dieses Programm ist in der Zelle in Form besonderer Stoffe, der Kernsäuren, vorhanden. Die Kernsäure einer Zelle befindet sich zum größten Teil im Zellkern.

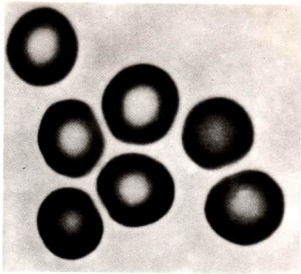
Kernsäuremoleküle bestehen wie die Eiweiße aus langen Ketten von Bausteinmolekülen. Die Bausteine der Kernsäuremoleküle heißen Nukleotide. Es gibt vier verschiedene Nukleotide. Wie die Aminosäuren in den Eiweißen sind auch die Nukleotide im Kernsäuremolekül in einer ganz bestimmten Reihenfolge angeordnet, wobei jedes Nukleotid viele Male auftreten kann. Daraus ergibt sich wieder eine phantastische Anzahl von möglichen Kombinationen. Sie ist größer als die Anzahl der Atome im gesamten Sonnensystem.

Die Kernsäuren eignen sich durch eine besondere Eigenschaft der Nukleotide als Programmspeicher. Nukleotide verbinden sich mit Aminosäuren, und zwar jeweils eine bestimmte Nukleotidfolge mit einer bestimmten Aminosäure. Jeder Aminosäurenfolge eines Eiweißes, das in einer Zelle gebildet wird, entspricht eine Nukleotidfolge der Kernsäuremoleküle des Zellkerns.

Die Wissenschaftler beschreiben diesen Sachverhalt so: „Die Aminosäurenfolge der Eiweiße ist in eine Nukleotidfolge der Kernsäure übersetzt." Nukleotide und Aminosäuren sind gewissermaßen Vokabeln zweier Sprachen. Das Programm für den Aufbau der Eiweiße ist in der Sprache der Nukleotide gespeichert.

In den letzten Jahren gelang es, die „Geheimschrift"

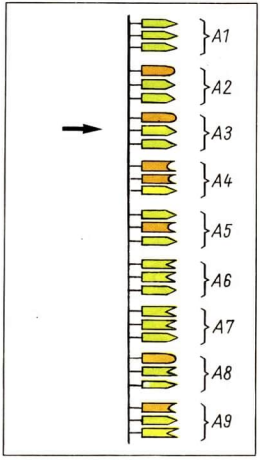




Normale rote Blutkörperchen des Menschen

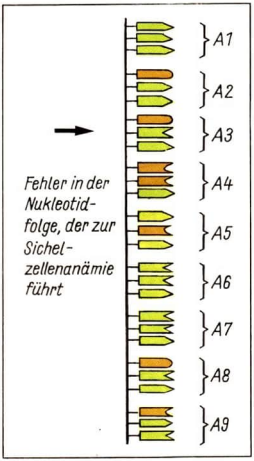
Die Sichelzellenanämie ist eine Erbkrankheit des Menschen, die durch eine falsche Reihenfolge der Nukleotide verursacht wird. Bei dieser Krankheit sind die roten Blutzellen, die beim gesunden Menschen die Gestalt von eingedrückten Scheiben haben, sichelförmig.

Das verhältnismäßig kleine Hämoglobineiweiß der roten Blutzellen besteht aus rund dreihundert Aminosäuren. In der langen Kette dieser dreihundert Bausteine befindet

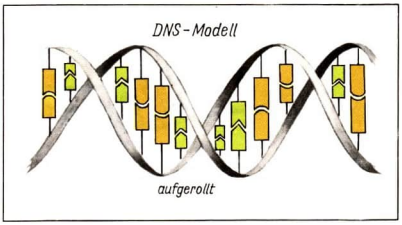


Infolge Sichelzellenanämie veränderte Blutkörperchen

sich nur ein einziger falscher Baustein. An Stelle eines Aminosäuremoleküls mit dem Namen Glutamin liegt ein Valinmolekül. Dieser „Fehler" im Bau des Hämoglobins bewirkt die oft tödlich endende Erkrankung des Menschen.
Der falsche Aufbau des Hämoglobins beruht auf einem Programmfehler. Das Kernsäuremolekül mit dem Programm für den Aufbau des Bluteiweißes enthält an einer Stelle ein falsches Nukleotid.



der Zelle zu entschlüsseln, und man weiß bei jeder Aminosäure, zu welcher Folge von Nukleotiden sie gehört.
Eine Vorstellung von der Leistungsfähigkeit des Programmspeichers gewinnt man durch folgende Überlegung: Der Kern einer einzigen Zelle — der befruchteten Eizelle — enthält das Programm für die Ausbildung aller Eigenschaften eines Menschen. Es beansprucht weniger Raum als ein Kubikmikron mit einem Gewicht von $4 \cdot 10^{-12}$ Gramm. Auf der Erde leben etwa 3 Milliarden Menschen. Das Gesamtvolumen der Kernsäuren der befruchteten Eizellen von 3 Milliarden Menschen beträgt folglich 2,4 Kubikmillimeter, ihr Gewicht insgesamt 24 Milligramm. Man könnte das Programm für alle Eigenschaften von 3 Milliarden Menschen also in einem Raum unterbringen, der der Hälfte eines Regentropfens entspricht.
Im Zellkern sind die Kernsäuremoleküle als Doppelstrang angeordnet. Die beiden Teilstränge gleichen einander wie zwei Spiegelbilder. Die Verbindung der beiden Doppelstränge untereinander beruht auf einer weiteren Eigenschaft der Nukleotide: Immer zwei von ihnen verbinden sich miteinander, sie liegen einander im Doppelstrang immer gegenüber. Dieser Doppelstrang ist zudem noch spiralig gewunden und erhält dadurch große Stabilität.
Die Doppelstränge der Kernsäuremoleküle finden sich in der lebenden Zelle vor allem im Zellkern. Von Eiweißstoffen umgeben, bilden die spiralig aufgewundenen Doppelstränge das „Kerngerüst". Bei der Zellteilung bilden sich aus dem Kerngerüst stäbchenförmige Gebilde, die Chromosomen. Für jede Art sind Form und Anzahl der Chromosomen stets gleich und charakteristisch.
Da die Chromosomen die „Baupläne", die Programmspeicher, für den Aufbau der arteigenen Eiweiße enthalten, sind sie zugleich die Grundlage der Vererbungsvorgänge, durch welche bewirkt wird, daß die Nachkommen den Eltern in Aussehen und Verhalten ähnlich sind.

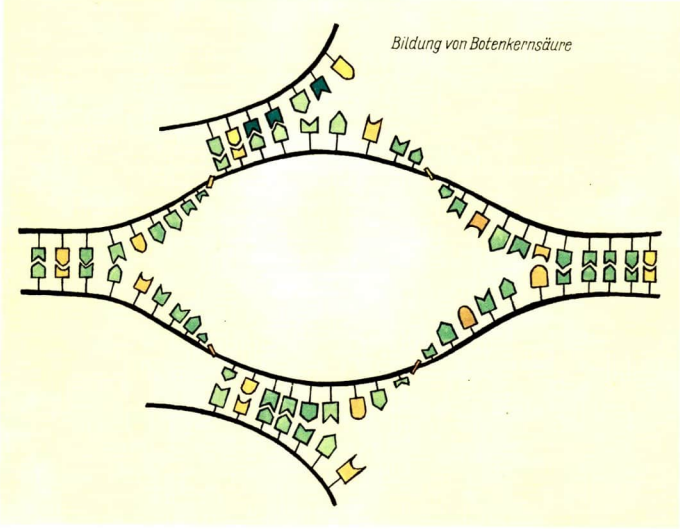


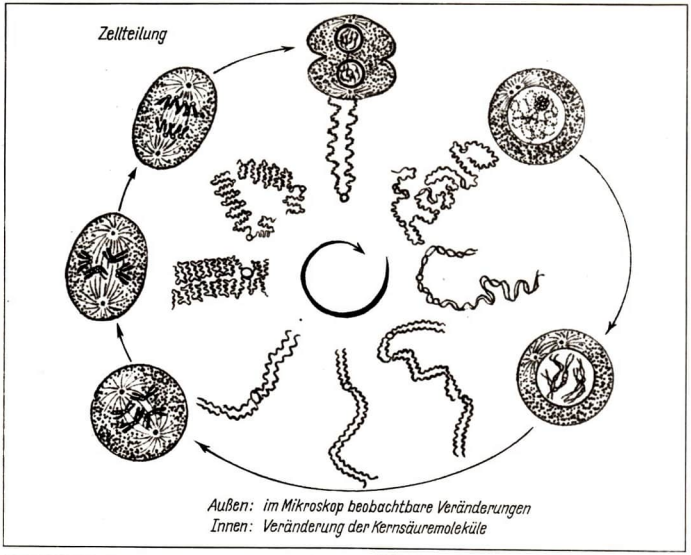
Elektronenmikroskopische Fotografie eines Kernsäuremoleküls, das aus einem Virus ausgetreten ist.

Bei der Verdoppelung der Kernsäuremoleküle spaltet sich zuerst der Doppelstrang in Einzelstränge auf. Danach lagern sich an jedem Einzelstrang die einander zugehörigen Nukleotide an. Es entstehen zwei neue, gleichgebaute Doppelstränge.
Bei der Bildung der Botenkernsäure löst sich die Botenkernsäure von dem die Matrize bildenden Einzelstrang ab. Die Botenkernsäure besteht wie die Transportkernsäure teilweise aus anderen Bausteinen als die im Kern befindliche Kernsäure. In der Abbildung sind diese Nukleotide dunkler dargestellt.

Ein Eiweißmolekül entsteht

Die Kernsäuremoleküle des Zellkerns enthalten das Programm, den „Plan", nach dem die Zelle den Aufbau der Eiweißmoleküle vollzieht. In der Reihenfolge der Nukleotide ist im Zellkern „aufgeschrieben", in welcher Reihenfolge die Aminosäuren zusammenzusetzen sind.
Der Aufbau der Eiweiße erfolgt jedoch nicht, wie man nun glauben könnte, im Zellkern, sondern im Zellplasma, in besonderen Zellorganellen, den Ribosomen. Wie gelangt nun aber das Programm aus dem Zellkern in die Ribosomen?
Die Kernsäuren können sich vervielfältigen, das heißt selbst wieder Kernsäuremoleküle aufbauen, die genau so aussehen wie sie selbst. Mit Hilfe eines Stempels oder einer Matrize kann man einen Text vervielfältigen und an verschiedene Stellen verschicken.
Ähnliches geht auch in der Zelle vor sich. Die Kernsäuremoleküle stellen Abdrücke von sich her, die in die Ribosomen „verschickt" werden. Diese Mole-





Außen: im Mikroskop beobachtbare Veränderungen
Innen: Veränderung der Kernsäuremoleküle

Der Zellkern – die Bibliothek und Druckerei der Zelle

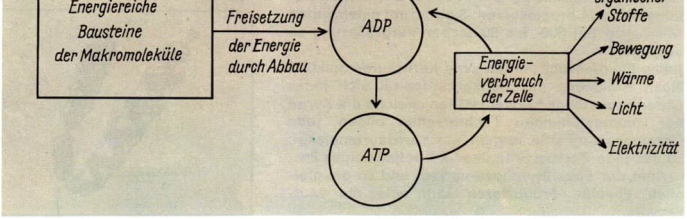
Die Kernsäuremoleküle befinden sich, wie ihr Name besagt, im Zellkern. In der Zeit, in der die Zelle wächst und Eiweißmoleküle erzeugt, haben die Kernsäuremoleküle die bereits beschriebene langgestreckte Form eines Doppelstrangs. Die Kernsäuremoleküle eines Zellkerns enthalten das Programm für den Aufbau aller Eiweißmoleküle eines Organismus. So bildet der Zellkern die „Bibliothek der Zelle", in welcher die Pläne zur Herstellung der Eiweißmoleküle „aufbewahrt" sind.
Die langgestreckte Form ermöglicht die Herstellung von Abdrücken, die als Botenkernsäuren in die Ribosomen transportiert werden und dort die Eiweißsynthese steuern. So wirkt der Zellkern auch als „Druckerei", die ständig neue Programme „druckt".

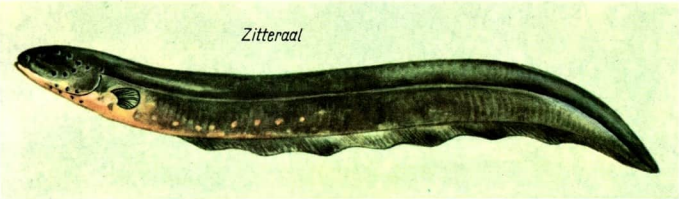
Energiezahlungsmittel der Zelle

Zum Aufbau der Eiweiße und anderer zelleigener Stoffe, zur Zellteilung und zu allen anderen Lebensvorgängen benötigt die Zelle Energie in verschiedener Form: Bewegungsenergie zum Transport der Stoffe (die Botenkernsäure muß vom Zellkern zu den Ribosomen transportiert werden, die Aminosäure von den Plasmagrenzen zum Ribosom); chemische Energie zur Herstellung der energiereichen Bindungen zwischen den einzelnen Bausteinen der Makromoleküle.
Diese Energie gewinnt die Zelle fast ausschließlich aus einem besonderen Stoff, dem ATP, der sich bei Energieabgabe in einen anderen Stoff, das ADP umwandelt. Dieser Vorgang ist umkehrbar, ADP kann sich bei Energiezufuhr wieder in ATP umwandeln.

Außer der Bewegungsenergie zum Transport der Moleküle innerhalb der Zellen und der chemischen Energie zur Synthese der Makromoleküle wird durch die Lebewesen ATP-Energie noch bei vielen anderen Vorgängen genutzt.

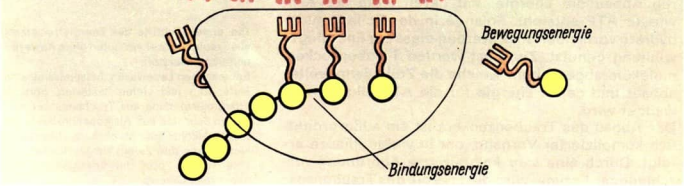
Manche Lebewesen erzeugen Lichtenergie, zum Beispiel Glühwürmchen. Sie gehören zur Familie der Leuchtkäfer, die etwa 2000 Arten umfaßt. Die meisten von ihnen leben in wärmeren Ländern. In unserer Heimat kommen nur drei Arten vor. Die Weibchen sind fluguntüchtig. Das Leuchten dient wahrscheinlich dazu, den fliegenden Männchen das Auffinden der Weibchen zu ermöglichen.
Andere Lebewesen, vor allem Fische, erzeugen elektrische Spannungen, die manchmal beträchtliche Größen erreichen. Am bekanntesten sind der Zitteraal und der Zitterrochen. Der Zitteraal kann Spannungen bis zu 800 Volt bei Stromstärken bis zu

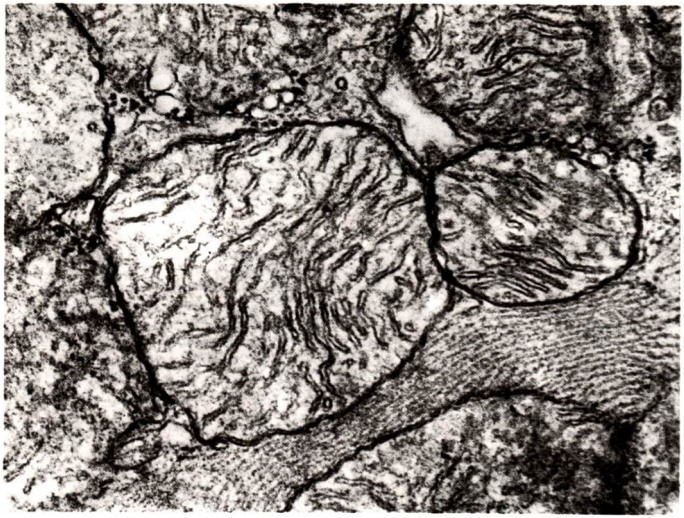




100 Milliampere erzeugen, der Zitterrochen bei 280 Volt Stromstärken von 120 Milliampere. Mit Hilfe elektrischer Schläge verteidigen sich diese Tiere, betäuben oder töten Beutetiere.
Der Zitteraal kann sich mit Hilfe seines elektrischen Organs auch orientieren, indem er ein elektrisches Feld errichtet. Wird dieses durch Gegenstände gestört, so nimmt er das mit Hilfe eines besonderen Sinnesorgans wahr. Dadurch kann er sich im trüben Wasser seines Lebensraumes zurechtfinden, zumal auch die Augen dieser Tiere nicht besonders leistungsfähig sind.

Die Vorräte an ATP im Organismus sind jedoch verhältnismäßig gering. Deshalb muß das bei energieverbrauchenden Vorgängen entstandene ADP schnell wieder in ATP umgewandelt werden. Die Wissenschaftler haben festgestellt, daß jedes ATP-Molekül im menschlichen Körper im Verlauf eines Tages etwa zehntausendmal genutzt wird. Das ADP, das dabei entsteht, wird demzufolge rund zehntausendmal am Tage wieder in ATP zurückverwandelt. Dazu muß dem ADP wieder Energie zugeführt werden.
Betrachtet man das ATP als das „energetische Kleingeld", mit dem die Zelle ihren laufenden Energiebedarf deckt, dann muß die Zelle auch ein „energetisches Bankguthaben" besitzen, dessen Energie dazu benutzt wird, das entstehende ADP ständig wieder zu ATP umzuwandeln. Dieses „energetische Bankguthaben" liegt in der Zelle in Form der organischen Makromoleküle und deren Bausteine vor. Stärke, Eiweiße und Fette sind ja ebenfalls energiereiche Stoffe. Wenn sie zerfallen, dann wird die in ihren Bindungen vorhandene Energie frei. Das nutzt die Zelle, indem sie solche Stoffe abbaut und die dabei frei werdende Energie zur Wiederherstellung des ATP aus dem ADP benutzt.



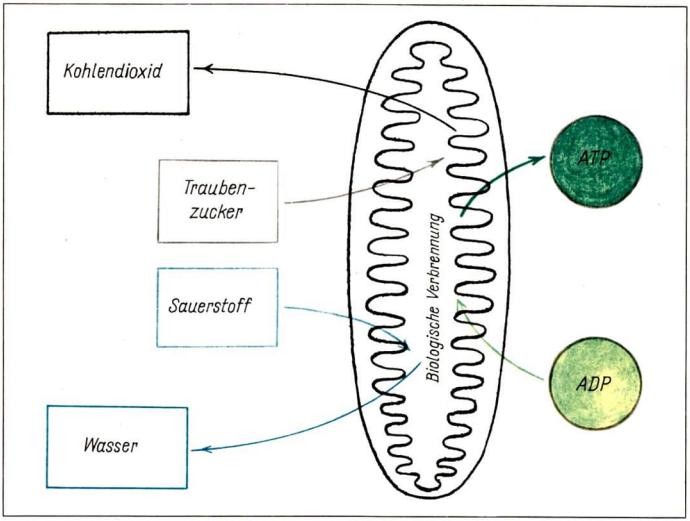


Ein Konto wird aufgehoben

Der ATP-Vorrat einer Zelle reicht nur für einige Sekunden, um die Zelle am Leben zu erhalten. Durch Abbau der energiereichen Makromoleküle der Zelle muß ATP ständig wieder ergänzt werden. Die Makromoleküle bilden das „Bankguthaben" der Zelle, aus dem ständig „Kleingeld" entnommen wird.
Dazu werden die Makromoleküle zunächst in ihre Bausteine zerlegt. Diese Bausteine, Traubenzucker, Aminosäuren, Fettsäuren, liefern durch ihren weiteren Abbau die Energie, mit deren Hilfe aus ADP wieder ATP entsteht. Solange in der Zelle Kohlenhydrate vorhanden sind, werden diese zur Energiegewinnung genutzt. Zunächst werden Traubenzuckermoleküle abgespalten, welche die Zelle dann weiter abbaut und deren Energie für die ATP-Bildung verwendet wird.
Der Abbau des Traubenzuckers ist ein außerordentlich komplizierter Vorgang, der in vielen Phasen erfolgt. Durch eine sehr komplizierte Anordnung verschiedener Enzyme wird die Energie des Traubenzuk-

Verbrennungsvorgänge setzen viel Energie frei und werden deshalb im Haushalt und in der Technik zur Energiegewinnung genutzt. Bei diesen Verbrennungsvorgängen entstehen hohe Temperaturen, die man zum Heizen und Kochen verwendet.
In der Zelle dürfen so hohe Temperaturen natürlich nicht entstehen, sie würden das Zellplasma sofort zerstören. Die organischen Stoffe verbrennen in der Zelle mit Hilfe von Enzymen allmählich. So entstehen immer nur kleine Energiemengen, die gerade zum Aufbau von ATP ausreichen. Diese Art der Verbrennung nennt man biologische Verbrennung.

Die ersten Schritte der Energiefreisetzung aus Traubenzucker verlaufen ohne Anwesenheit von Sauerstoff.
Bei manchen Lebewesen, beispielsweise bei Hefepilzen und vielen Bakterien, hört die Energiegewinnung aus Traubenzucker nach diesen Schritten auf. Als Abbauprodukte entstehen Alkohol oder Milchsäure. Diese Stoffe werden von den Zellen ausgeschieden.
Eine solche Form der Energiefreisetzung nennt man Gärung.



Milchsäuregärung bei den Milchsäurebakterien: Milchsäurebakterien kommen fast überall vor – in der Luft und im Staub. Gelangen sie in Milch, so entsteht durch ihren Stoffwechsel Milchsäure, die nach außen, also in die Milch, abgeschieden wird. Durch die Milchsäure gerinnt das in der Milch enthaltene Eiweiß, die Milch wird dick.
Milchsäure bildet sich auch in menschlichen und tierischen Muskeln, wenn die Muskeln so stark belastet werden, daß nicht genügend Sauerstoff zum vollständigen Abbau des Traubenzuckers in die Muskeln gelangen kann. Die Milchsäure wird im Muskel abgelagert und verursacht Muskelkater.

Alkoholische Gärung bei den Hefepilzen: Hefepilze verwendet man zur Herstellung von Alkohol. In einer kohlenhydratreichen Umgebung, beispielsweise in süßen Fruchtsäften, erzeugen die Hefepilze Alkohol, der in den Fruchtsaft abgeschieden wird. So reichert sich der Fruchtsaft immer mehr mit Alkohol an. Da Alkohol giftig ist, sterben die Hefepilze bei einer bestimmten Alkoholkonzentration ab.
Auf diese Weise stellt man Wein und Bier her.

kers Schritt für Schritt in die Energie des ATP übergeführt. Die energiearmen Abbauprodukte des Traubenzuckers sind Kohlendioxid und Wasser. Die Überführung der Energie in das ATP erfolgt in besonderen Einrichtungen der Zellen, den Mitochondrien.
Der Abbau des Traubenzuckers in den Mitochondrien ist meist ein Verbrennungsvorgang. Deshalb ist zur Energiegewinnung in der Zelle Sauerstoff notwendig. Durch die Atmung wird dem Körper dieser Sauerstoff zugeführt. Zugleich wird das Kohlendioxid aus dem Körper entfernt.
Die Mitochondrien sind von einem feinen Häutchen umgeben, von dem aus zahlreiche Einstülpungen in das Innere des Mitochondriums hineinragen. Das ist auf dem Foto Seite 66 gut zu erkennen. Die Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung des Mitochondriums.
Der schrittweise Abbau der energiereichen Makromoleküle erfolgt vermutlich an den Einstülpungen des Häutchens, denn diese sind in den Mitochondrien solcher Zellen sehr zahlreich, die einen besonders intensiven Stoff- und Energiewechsel vollziehen.

Ein Konto wird wieder aufgefüllt

Die Bausteine der organischen Makromoleküle, die von den Zellen aufgenommen werden, sind zugleich Baumaterial zum Aufbau der zelleigenen Stoffe und Träger der Energie, ohne die Lebensvorgänge unmöglich sind. Die Vorräte an organischen Stoffen auf der Erde sind jedoch nicht unerschöpflich; sie wären nach einiger Zeit aufgebraucht, würden sie nicht ständig neu gebildet.

Zum Aufbau von energiereichen organischen Stoffen aus Kohlendioxid und Wasser, den Abfallstoffen der biologischen Oxydation, ist Energie notwendig, die nicht aus anderen organischen Stoffen gewonnen werden kann. Die Lebewesen müssen also noch eine andere Energiequelle nutzen.

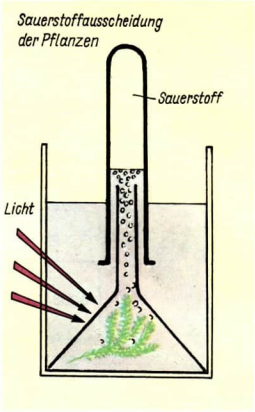
Eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle für unsere Erde ist die Sonne. Sie strahlt jährlich $5 \cdot 10^{20}$ Kilokalorien Energie auf unsere Erde. ($5 \cdot 10^{20}$ entspricht einer Fünf mit zwanzig Nullen!)

Nutzen Lebewesen Lichtenergie, so muß diese in chemische Energie umgewandelt werden. Für diesen Vorgang ist das ADP besonders bedeutsam, denn ADP kann auch mit Hilfe von Lichtenergie in ATP umgewandelt werden:

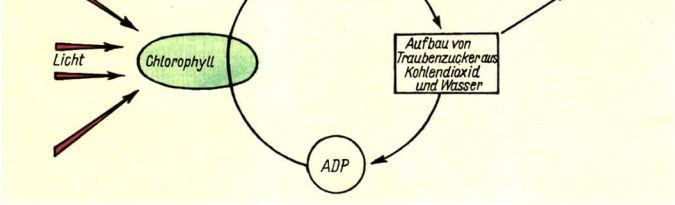
$$\text{ADP} + \text{Lichtenergie} \rightarrow \text{ATP}$$

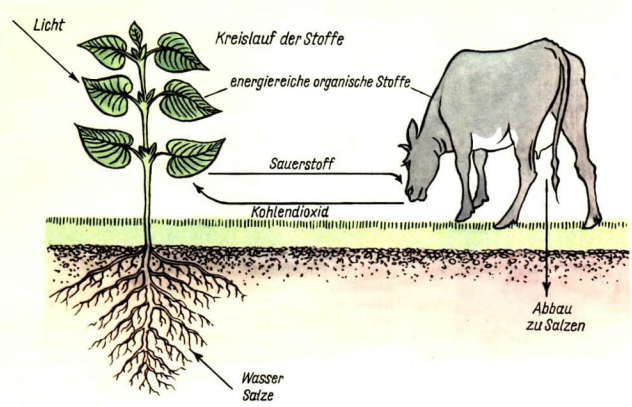
Die nun im ATP gespeicherte chemische Energie kann weiter zum Aufbau von Traubenzucker aus Kohlendioxid und Wasser genutzt werden.

Zur Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie sind jedoch nicht alle Zellen befähigt, sondern nur solche in grünen Teilen der Pflanzen. Im Zellplasma dieser Zellen befinden sich grün gefärbte Blattgrünkörper, die Chloroplasten.



Tiere und Menschen ernähren sich von Stoffen, welche die Pflanzen durch die **Fotosynthese** produzieren. Andererseits erzeugen sie durch die biologische Oxydation Kohlendioxid und Wasser, die Ausgangsstoffe der Fotosynthese. Die Grundstoffe, aus denen die Lebewesen bestehen, befinden sich in einem ständigen Kreislauf. Die **autotrophen Organismen** wandeln anorganische Stoffe mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts in organische Stoffe um. Die **heterotrophen Organismen** ernähren sich von diesen Stoffen und wandeln sie dabei wieder in anorganische Stoffe um. Dieser Kreislauf wird durch die Sonnenenergie aufrechterhalten.





Den Aufbau von Traubenzucker aus Kohlendioxid und Wasser mit Hilfe von Lichtenergie nennt man Fotosynthese. Die Fotosynthese verläuft umgekehrt wie die biologische Oxydation.

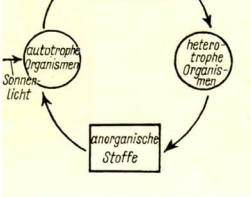
Biologische Oxydation:
Traubenzucker + Sauerstoff → Kohlendioxid + Wasser + ATP

Fotosynthese:
Kohlendioxid + Wasser + ATP → Traubenzucker + Sauerstoff

Der Sauerstoff, der bei der Fotosynthese entsteht, wird in die Luft ausgeschieden. So ist die Fotosynthese der grünen Pflanzen dreifach bedeutend für das Leben auf unserer Erde:
Mit der Erzeugung von Traubenzucker entsteht der „Grundbaustein", durch dessen Umwandlung alle anderen Bausteine der organischen Stoffe gewonnen werden.
Die Speicherung von Sonnenenergie ist die energetische Grundlage für alle anderen Lebensvorgänge der Pflanzen selbst, ebenso der Tiere und des Menschen.
Schließlich wird durch die Aufnahme von giftigem Kohlendioxid und durch die Erzeugung von Sauerstoff die Grundlage für die Atmung und damit für die biologische Oxydation erhalten.
Wissenschaftler haben berechnet, daß allein die Landpflanzen jährlich etwa 80 Milliarden Tonnen Kohlendioxid aus der Luft aufnehmen.

Neben der Fotosynthese gibt es noch einen zweiten Vorgang, durch den anorganische Stoffe in organische umgewandelt werden: die **Chemosynthese**, zu der einige Bakterienarten befähigt sind. Bei der Chemosynthese wird die zur Assimilation der organischen Stoffe benötigte Energie durch die Oxydation anderer anorganischer Stoffe gewonnen.

Alle Lebewesen, die anorganische Stoffe in organische Stoffe umwandeln, heißen **autotrophe Lebewesen**. **Heterotrophe Lebewesen** ernähren sich von den organischen Stoffen, die autotrophe Organismen produziert haben.



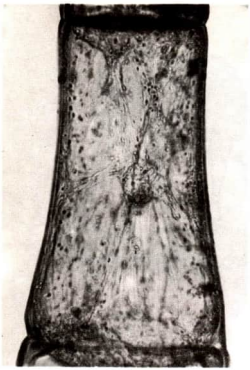


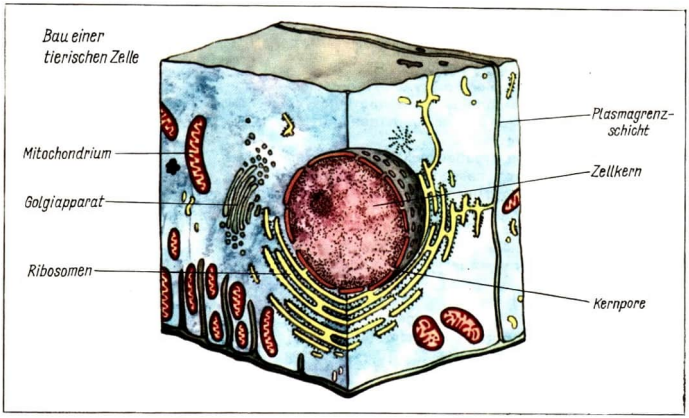
Foto einer Zelle aus einem Staubfadenhaar. Es zeigt das im Zellinnern strangförmig angeordnete Zellplasma, das den Zellkern umgibt. In den nicht vom Zellplasma ausgefüllten Räumen befindet sich Zellsaft.

Die Zelle – eine chemische Fabrik

Die Zellen sind sehr kompliziert gebaute Gebilde mit vielen verschiedenen Bestandteilen. Auf sehr kleinem Raum laufen viele verschiedene chemische und physikalische Vorgänge gleichzeitig ab. Deshalb kann man eine Zelle nicht einfach aus dem Gemisch ihrer Bestandteile herstellen. Der sowjetische Biologe Dubinin schreibt dazu: „Das wäre das gleiche, als wolle man alle Chemikalien einer modern ausgerüsteten chemischen Fabrik in eine Grube gießen, anschließend die ganze Einrichtung zerschlagen, die Scherben in die gleiche Grube werfen und die ganze Mischung in der Hoffnung rühren, dadurch die Fabrik in unversehrtem Zustand zurückzugewinnen."

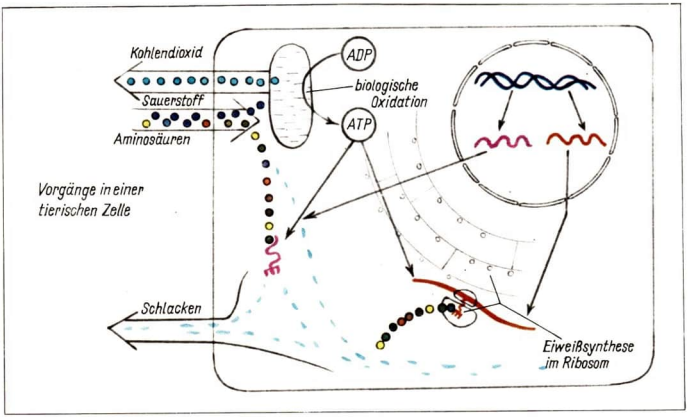
Alle Lebensvorgänge vollziehen sich in Zellen. Sie sind an chemische und physikalische Vorgänge gebunden, sind letztlich Umwandlung von Stoffen und Energie. Die Zelle nimmt die Ausgangsstoffe für die Produktion der zelleigenen Substanzen aus ihrer Umgebung auf und transportiert sie an die Reaktionsorte in der Zelle.

In den Ribosomen entstehen die Eiweiße. Diese werden nach einem Programm zusammengefügt, das im Zellkern gespeichert ist. Der Zellkern stellt die „Bibliothek" der Zelle dar, in der die „Produktionsunterlagen" aufbewahrt werden.



Die Ribosomen erzeugen auch die Enzyme, das sind Eiweiße, mit deren Hilfe alle anderen Vorgänge in der Zelle vollzogen werden. Die Enzymenerzeugung kann man als „Werkzeugproduktion" der Zelle bezeichnen.
Zum Ablauf aller Lebensvorgänge in der Zelle muß Energie vorhanden sein. Diese Energie wird in den Mitochondrien bereitgestellt, indem durch Abbau und biologische Oxydation ATP als vielseitig verwendbarer Energieträger erzeugt wird. So sind die Mitochondrien die „Kraftwerke" der Zelle, in denen die in Form der organischen Makromoleküle vorliegende Energie in eine von der Zelle verwendbare Energieform, die ATP-Energie, umgewandelt wird.
Die genannten Vorgänge laufen in allen heterotrophen Zellen in gleicher Weise ab und dienen vor allem der Erhaltung ihres eigenen Lebens. Die verschiedenen Zellen des vielzelligen Organismus erfüllen aber auch besondere Aufgaben, die der Erhaltung des gesamten Organismus dienen.
Bedeutsam sind vor allem die grünen, autotrophen Zellen der Pflanzen. Sie enthalten Chloroplasten und wandeln Lichtenergie in chemische Energie um.
Die grünen Chloroplasten, ähnlich gebaut wie die Mitochondrien, sind ebenfalls „Kraftwerke", denn sie wandeln die Sonnenenergie in die Energie des ATP um, die Energie, die allein von den Zellen genutzt werden kann. Die in den Chloroplasten gewonnene Energie des ATP wird in andere organische Makromoleküle über tragen.

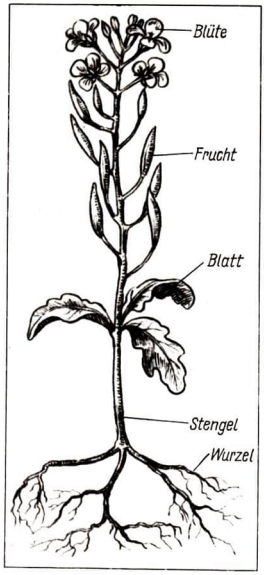
Foto einer fünfeckigen Wurzelzelle der Zwiebel. Es zeigt den großen Zellkern und um diesen kugelförmige Mitochondrien, in denen die Eiweißsynthese abläuft.

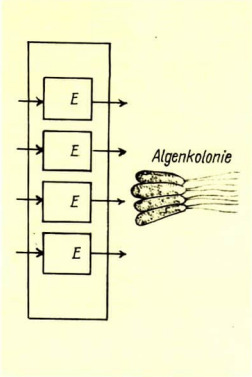


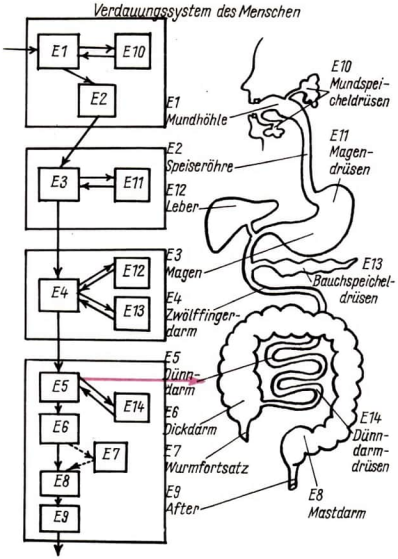
DER ORGANISMUS – EINE GEMEINSCHAFT VON SPEZIALISTEN

Arbeitsteilung muß sein

Ein vielzelliger Organismus besteht aus vielen verschiedenen Arten von Zellen, die sich voneinander durch ihre Gestalt, ihren Stoffwechsel und ihre Leistung unterscheiden. Der Organismus wird nur durch das Zusammenspiel aller seiner Zellen lebensfähig. So ermöglichen zum Beispiel vor allem die Muskelzellen bei Tieren das Laufen, Klettern, Fliegen, Schwimmen.
Alle Zellen einer Art nennt man Gewebe, die Muskelzellen bilden beispielsweise das Muskelgewebe, die Zellen der Oberhaut das Oberhautgewebe.
Betrachtet man einen Organismus von außen, so kann man bereits erkennen, welche Teile, die aus mehreren Geweben zusammengesetzt sind, bestimmte Lebenstätigkeiten vollziehen.
Die menschliche Hand zum Beispiel besteht unter anderem aus Hautgewebe, Muskelgewebe, Knochengewebe und ist vom Nervengewebe durchzogen. Das Zusammenwirken der einzelnen Gewebe ermöglicht die Funktion der Hand.
Eine Einrichtung des Körpers, die aus mehreren Geweben besteht und eine oder mehrere Leistungen für den Körper vollbringt, nennt man ein Organ. Organe des tierischen Körpers sind Fortbewegungsorgane, Sinnesorgane (Augen, Ohren, Nase) und Verdauungsorgane (Magen, Darm). Organe des pflanzlichen Körpers sind zum Beispiel Blätter, Wurzeln, Stengel oder Stamm.
Organe, deren Funktionen besonders eng miteinander verbunden sind und die zusammen bestimmte Leistungen für den Organismus vollbringen, faßt man zu Organsystemen zusammen. So bilden die Organe, die der Verdauung dienen, das Verdauungssystem und die Organe, die der Fortbewegung dienen, das Bewegungssystem.
Der vielzellige Organismus ist also kein regelloser Zellhaufen, sondern ein wohlgeordnetes Ganzes, ein System aus Zellen, Geweben und Organen. Jede Zelle, jedes Gewebe und jedes Organ vollbringt eine besondere Leistung für den Organismus. Der vielzellige Organismus ist eine „Gemeinschaft von Spezialisten", in dem jeder Spezialist nur eine Teilaufgabe löst.



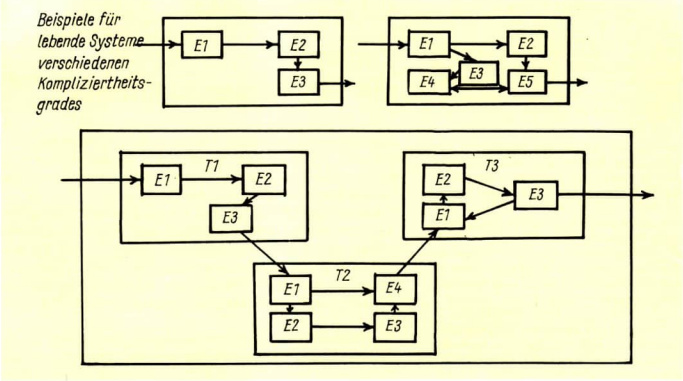




Mit der Arbeitsweise von Systemen beschäftigt sich ein besonderer Zweig der Kybernetik, die **Systemtheorie**. Ein System reagiert (antwortet) auf äußere Einwirkungen. Ein einfaches System ist zum Beispiel ein Fahrkartenautomat. Wirft man die richtigen Geldstücke ein (Einwirken), erfolgt die Reaktion (Antwort) – die Ausgabe einer Fahrkarte.

Ein **System** besteht aus voneinander verschiedenen Elementen (E). Auch sie reagieren auf Einwirkungen. Da die Elemente eines Systems geordnet miteinander verbunden sind, ist die Reaktion des einen Elements zugleich eine Einwirkung auf ein anderes Element oder mehrere andere Elemente. In komplizierten Systemen sind die Elemente zu Teilsystemen (T) zusammengefaßt. Manche Systeme bestehen sogar aus Teilsystemen, die sich aus weiteren Teilsystemen zusammensetzen. Zu solchen komplizierten Systemen zählen die vielzelligen Organismen. Ihre Elemente sind die Gewebe, sie bestehen aus vielen gleichartigen Zellen, die zu Teilsystemen – den Organen – zusammengefaßt sind. Die Organe, aus verschiedenen Geweben aufgebaut, sind zu Organsystemen zusammengefaßt, die dann den Organismus bilden.

Es gibt vielzellige Gebilde, Zellkolonien, in denen keine „Arbeitsteilung" besteht. Jede Zelle der Kolonie vollbringt die gleichen Lebensvorgänge. Deshalb ist eine Kolonie kein System von Elementen, sondern nur eine Menge von gleichartigen, voneinander unabhängigen Elementen, ein „Zellhaufen".



Zellen, die den Körper schützen

Lebewesen sind den vielfältigsten Einflüssen der Umwelt unterworfen. Sonne und Regen, Hitze und Kälte wirken auf sie ein. Die Hautzellen schützen die Lebewesen vor diesen Einwirkungen.
Eine wichtige Funktion des Körpers ist der Schutz vor Austrocknung. Die Hautzellen der Pflanzen ermöglichen den Verdunstungsschutz dadurch, daß sie besonders dicke Zellwände besitzen. Die Zellen der Tiere haben keine Wände, vor Verdunstung schützt sie eine verhornte Plasmagrenzschicht der Hautzellen.
Die Zellwände und Plasmagrenzen sind oft so stark, daß sie völlig undurchlässig werden. Dann kann das Zellplasma keine Nahrung mehr aufnehmen. Es stirbt

In vielen Fällen erzeugen die Hautzellen durch ihren Stoffwechsel Substanzen, die nach außen abgeschieden werden und die Haut verstärken. Eine solche Hautverstärkung heißt **Kutikula.**

Bei Pflanzen besteht die Kutikula oft aus **wachsartigen Stoffen**. Eine besonders dicke Kutikula besitzt die in Wüsten wachsende **Welwitschie**. Ihr bis zu 1 Meter dicker Stamm ragt meist nur 20–40 cm aus dem Boden heraus und geht unten in eine mehrere Meter lange Pfahlwurzel über. Der Stamm ist am oberen Ende gespalten und durch eine dicke Korkschicht geschützt. Er trägt nur zwei oft mehrere Meter lange Blätter, die meist aufgeschlitzt sind.

Bei Tieren lagert sich in die Kutikula außer Eiweißen oft **Kalk** ein. Sie wird zu einem Panzer, der das Tier umgibt und schützt. So entstandene Panzer haben Krebse, Schnek-

Sattelrobbe

ab, erhalten bleiben nur noch die toten Wände oder Plasmagrenzen, zum Beispiel Hornhaut, vor allem bei Wirbeltieren und beim Menschen, und Rinde bei Bäumen. Hornhaut und Rinde, beide setzen sich aus vielen Schichten abgestorbener Zellen zusammen.

Oft besteht die Haut aus einer einzigen Zellschicht. Häufig wird die Schutzwirkung der Haut durch Anhangsorgane verstärkt. Solche Anhangsorgane sind die Haare der Säugetiere und die Federn der Vögel. Sie dienen vor allem dem Wärmeschutz. Säugetiere und Vögel sind gleich warme Tiere, ihre Körpertemperatur liegt stets zwischen 35 und 40 Grad Celsius. Fell und Gefieder verhindern eine übermäßige Wärmeabgabe.

Auch Pflanzen können haarähnliche Gebilde haben. Diese schützen die Pflanzen vor allem vor Verdunstung. Deshalb sind meist solche Pflanzen behaart, die an trockenen Standorten leben.

ken und Muscheln. Der Panzer der Insekten besteht aus Chitin, einem organischen Stoff, der ähnlich aufgebaut ist wie die Zellwände der Pflanzen.

Die Haut des Menschen und der Säugetiere enthält eine **Oberhaut, Lederhaut und Unterhaut**. Die Oberhaut ist in zwei Schichten gegliedert, die Hornschicht und die Keimschicht. Die Keimschicht besteht aus dünnhäutigen, teilungsfähigen Zellen; die Hornschicht aus abgestorbenen Zellen mit verhornten Grenzschichten. Die in der Keimschicht neuentstehenden Zellen verhornen und ersetzen die sich ständig abnutzenden Zellen der Hornschicht. Die feste und elastische Lederhaut liefert bei tierischen Häuten nach dem Gerben Leder. Die Unterhaut enthält Fett. Sie schützt den Körper vor Stoßverletzungen und wirkt zugleich wärmeisolierend. Das ist besonders für die in polaren Gegenden lebenden Robben wichtig.

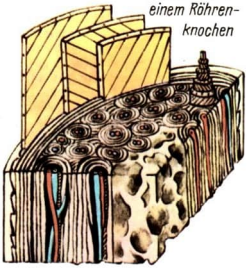
Die Stützung des Körpers wird bei Tieren durch verschiedenartige Stützgewebe, bei Pflanzen durch Festigungsgewebe erzielt.

Stützgewebe der Tiere zeichnen sich dadurch aus, daß die Zellen, die dieses Gewebe bilden, stützende Stoffe ausscheiden, die sich in den Zwischenzellräumen einlagern.
Beim **Bindegewebe** werden faserartige Stoffe in die Zwischenzellräume eingelagert. Bindegewebe sind dehnbar und zugelastisch. So bestehen zum Beispiel Sehnen und Bänder aus Bindegewebe.
Knorpelgewebe ist vor allem druckelastisch. Das Skelett der Wirbeltiere enthält mehr oder weniger Knorpel.
Beim **Knochengewebe** schließlich werden harte Stoffe in den Zwischenzellräumen abgelagert. Dabei lassen sich zwei Stoffe unterscheiden: der elastische Knochenleim und die Zug-, Druck- und Biegefestigkeit verleihende Knochenerde. Bei jungem Knochengewebe überwiegt der Knochenleim, bei älterem die Knochenerde. Das bedingt die Elastizität der Knochen in der Jugend und ihre Sprödigkeit und Brüchigkeit im Alter.

Die **pflanzlichen Festigungsgewebe** zeichnen sich dadurch aus, daß die Zellwände der Zellen dieser Gewebe durch Ablagerungen

Lockeres Bindegewebe des Menschen

Ausschnitt aus einem Röhrenknochen



Zellen, die den Körper stützen

Lebewesen sind vielfältigen Kraftwirkungen ausgesetzt.
Auf alle Lebewesen wirkt die Schwerkraft als immerwährender, zum Erdmittelpunkt gerichteter Druck auf alle Teile des Körpers. Bei der Fortbewegung auf der Erde, gleich ob im Wasser, auf der Erdoberfläche oder in der Luft, muß diese Schwerkraft überwunden werden.
Die Kosmonauten waren die ersten irdischen Lebewesen, die auf ihren Flügen die Schwerelosigkeit erlebten. Dabei zeigte es sich, daß der Organismus an die auf der Erde wirkende Schwerkraft angepaßt ist. Beim Wegfall der Schwerkraft treten für den Organismus Komplikationen auf.
Mitunter können Lebewesen starken Krafteinwirkungen ausgesetzt sein, die von bewegtem Wasser oder von bewegter Luft ausgehen. Denken wir an Tiere und Pflanzen, die in der Brandungszone des Meeres leben, oder an Bäume, die Stürmen standhalten müssen.
Von den Lebewesen selbst können erhebliche Kraftwirkungen ausgehen. Welche Kraft muß zum Beispiel ein Elefant aufbringen, wenn er einen Baum niederbricht! Auch ein Maulwurf, der sich durch das Erdreich gräbt, vollbringt eine große Kraftleistung. Erhebliche Kräfte müssen auch Pflanzen aufbieten, wenn sie mit ihren Sprossen das Erdreich durchdringen, um ans Licht zu gelangen.

Ein physikalisches Gesetz besagt, daß allen Wirkungen gleich große Gegenwirkungen entsprechen. Demnach müssen die gleichen Kräfte, die, vom Elefanten ausgehend, auf den niederzubrechenden Baum wirken, auch auf das Tier zurückwirken. Entsprechendes gilt auch für den im Erdreich grabenden Maulwurf, und die gleiche Kraft, die die aufstrebende Sproßspitze eines Schneeglöckchens auf das darüberliegende Erdreich überträgt und es dadurch hebt, lockert und beiseite schiebt, wirkt als Druckkraft auf die Sproßachse des Schneeglöckchens.

Diesen vielfältigen Kräften können Zellen nur standhalten, wenn sie besondere Stützsubstanzen und Stützeinrichtungen enthalten oder wenn sie in Verbindung mit spezialisierten Stützzellen und Stützgeweben auftreten.

Bei Einzellern finden wir zum Beispiel Skelette aus Kieselkristallen oder Kalkgehäuse. Bei Pflanzen treten vorwiegend Holzstoff (Zellulose) oder Korkstoff als Stützsubstanzen auf. Tiere hingegen haben Kalk, Horn oder Chitin als Stützsubstanzen. Letzteres findet sich bei Insekten.

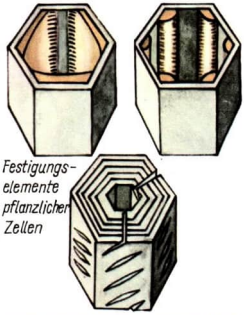
Es gibt Tiere mit Innenskeletten und solche mit Außenskeletten. Außenskelette kennen wir bei den Insekten, zum Beispiel den Panzer bei Käfern. Innenskelette haben die Wirbeltiere, auch der Mensch.

Baumstämme werden von Jahr zu Jahr dicker, so daß sie das ständig wachsende Gewicht der Krone tragen können. Das Dickenwachstum kommt dadurch zustande, daß in jedem Jahr ein neuer Ring von Gefäß- und Stützzellen gebildet wird. Dadurch nimmt die Tragfähigkeit des Baumstammes stetig zu.

teilweise oder ganz verdickt werden. Die Zellen erlangen dadurch große Druck- und Zugfestigkeit. Davon können wir uns durch Beobachtungen überzeugen. Vergleichen wir zum Beispiel einen Roggenhalm hinsichtlich seines Durchmessers und seiner Länge mit Turmbauten, auf die wir vom Standpunkt der Technik aus stolz sind, so werden wir auch von der Leistungsfähigkeit natürlicher Konstruktion beeindruckt sein. Der am Grunde nur 3 bis 4 Millimeter Durchmesser aufweisende, aber 1,20 bis 1,50 Meter hohe Roggenhalm trägt an seiner Spitze die große Last der reifen Ähre. Er kann durch den Wind fast bis zur Erde geneigt werden, ohne zu brechen.

Seit alters nutzt der Mensch pflanzliche und tierische Stützsubstanzen entsprechend ihren Eigenschaften. Die Knochen- und Holzwerkzeuge der Urmenschen beweisen das ebenso wie die heute noch verbreitete Verwendung von Holz und Hanf.

Heute vermag der Mensch mit Hilfe der Chemie Stoffe herzustellen, die in der Natur nicht vorkommen und die dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechen. Dabei dient nicht selten die Feinstruktur pflanzlicher oder tierischer Produkte bei der Strukturgebung der Kunststoffe als Vorbild.



Festigungselemente pflanzlicher Zellen

Ausschnitt aus einem vierjährigen Kiefernstamm

Zellen, die den Körper bewegen

Tiere und Pflanzen unterscheiden sich auch durch ihre Beweglichkeit.

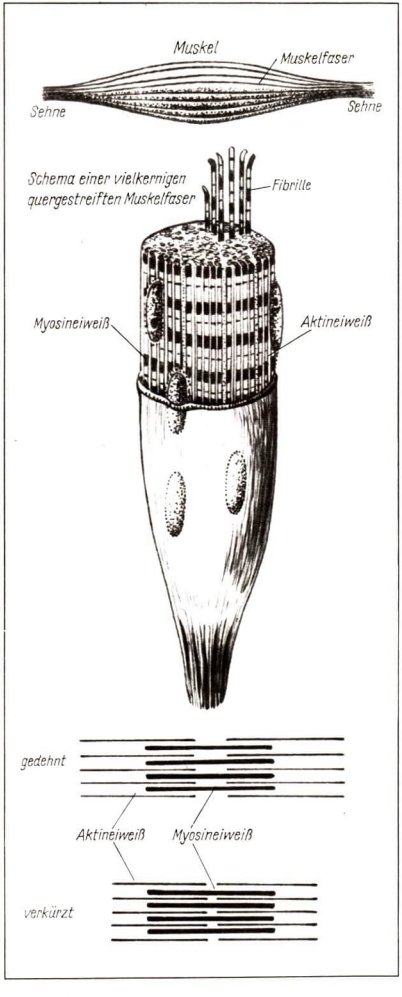
Die meisten Tiere bewegen sich frei. Die feste Verankerung an einem Ort hingegen ist für die Pflanzen charakteristisch. Nur manche der einzelligen Pflanzen sind frei beweglich. Das hängt mit der unterschiedlichen Ernährungsweise von Tier und Pflanze zusammen. Pflanzen finden ihre Nahrung — Wasser und Nährsalze im Boden und das Kohlendioxid der Luft — an ihrem Standort vor. Tiere müssen ihre Nahrung — Pflanzen oder andere Tiere — erst suchen und oft jagen und fangen.

Die Bewegung des Tierkörpers wird durch Muskelzellen ermöglicht. Sie enthalten besondere Organellen, die Muskelfibrillen, fadenartige Gebilde, welche die Muskelzelle durchziehen. (In pflanzlichen Zellen kommen sie nur bei manchen einzelligen Formen vor.) Fibrillen können sich verkürzen und anschließend wieder ihre ursprüngliche Länge einnehmen. Eine Muskelzelle enthält viele dieser Muskelfibrillen.

In den besonders leistungsfähigen Muskeln der Tiere sind mehrere Muskelzellen miteinander verschmolzen, die Zellgrenzen aufgelöst, so daß vielkernige Muskelfasern entstehen. Man kann sie an einem Muskel oft bereits mit bloßem Auge erkennen. Jeder Muskel besteht aus vielen solcher Muskelfasern. Die Oberarmmuskeln des Menschen enthalten bis zu 2 Millionen Muskelfasern. Beim Kochen zerfällt der Muskel in die einzelnen Fasern, so daß sie bei gekochtem Fleisch gut zu sehen sind.

Durch gleichzeitiges Verkürzen aller Fibrillen eines Muskels zieht sich der Muskel zusammen, er ist angespannt und fühlt sich hart an. Wird die Verkürzung aufgehoben, erschlafft der Muskel.

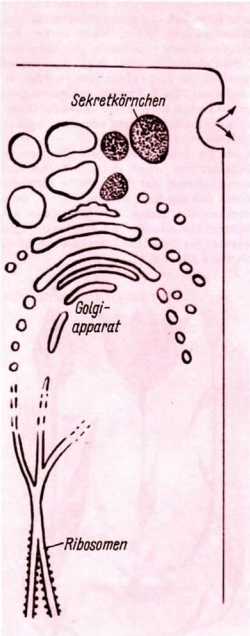
Auch Pflanzen bewegen sich. Sie stellen dadurch die richtige Lage des Pflanzenkörpers und seiner Organe im Raum her und erhalten diese. Eine für die Fotosynthese wichtige Bewegung der Pflanzen ist die Zuwendung der Blätter zum Licht. Diese Bewegung kann man an Zimmerpflanzen gut beobachten. Sie erfolgt jedoch äußerst langsam. Verändert man die Stellung einer Zimmerpflanze zum Lichteinfall, dann dauert es meist einige Tage, bis alle Blätter der Pflanze wieder dem Licht zugewendet sind. Diese Bewegungen erfolgen dadurch, daß die dem Licht abgewendeten Zellen der Blattstiele schneller wachsen als die dem Licht zugewendeten. Muskelzellen enthalten die Pflanzen nicht.

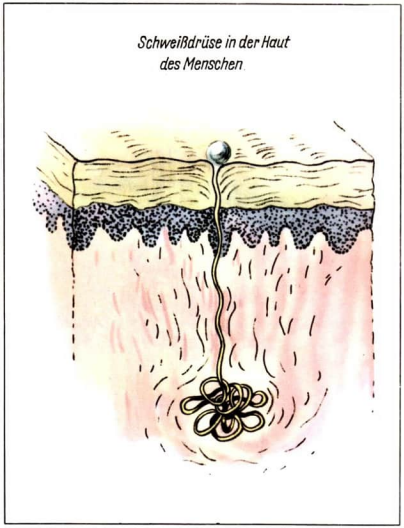


Viele **Bewegungen der Pflanzen** sind auf unterschiedlich schnelles Wachstum der Zellen zurückzuführen. Nach starken Regengüssen sieht man häufig, daß Gras- und Getreidehalme flach auf dem Boden liegen. Nach einiger Zeit richten sich die Pflanzen wieder auf. Das Aufrichten der Halme geht an den Knoten vor sich: Die Zellen der Unterseite der Knoten wachsen schneller als die an der Oberseite.

Auch die Schlafbewegungen, die man an Blütenblättern vieler Pflanzen beobachten kann, kommen auf diese Weise zustande. Wenn sich die Blüte abends schließt, dann wachsen die Zellen der Außenseite der Blütenblätter schneller. Am Morgen dagegen wachsen die Zellen der Innenseite schneller, die Blüte öffnet sich.

Betrachtet man die **Fortbewegungsmuskulatur der Tiere** im Mikroskop, erkennt man hellere und dunklere Abschnitte. Die Muskeln erscheinen gestreift. Diese Streifung ist auf eine besondere Anordnung zweier Muskeleiweiße zurückzuführen, durch welche das Zusammenziehen des Muskels erfolgt. In den dunkleren Abschnitten der Fibrillen liegen die Myosinmoleküle. Einige Myosinmoleküle bilden Fäden, die bis zu 1,5 Mikrometer lang werden können. Auch das hellere Muskeleiweiß, das Aktin, bildet fadenförmige Gebilde aus mehreren Molekülen. Die Abbildung zeigt die Anordnung der beiden Eiweiße. Bei einer Verkürzung ziehen sich die Aktinfäden durch chemische Vorgänge an den Myosinfäden entlang, wie etwa Zahnräder an einer Zahnstange.



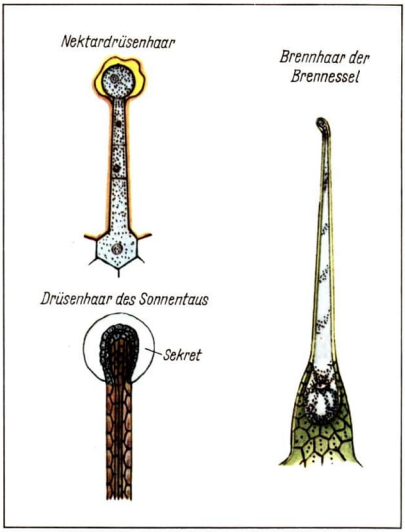


Sekrete sind Lösungen verschiedener Stoffe und Eiweiße in Wasser. Die einzelnen Moleküle werden in den Ribosomen produziert und in den Golgiapparat des Zellplasmas transportiert. Im Golgiapparat entsteht aus diesen Molekülen und Wasser das eigentliche Sekret, das in Form kleiner Bläschen – den Sekretkörnchen – gesammelt und aus der Zelle ausgestoßen wird. Bei manchen Drüsen, zum Beispiel den Zellen der Talgdrüsen, sammeln sich in der Zelle zunächst sehr viele Sekretkörnchen an. Danach zerfällt die Zelle, und das Sekret wird frei.

Eine wichtige Hautdrüse der weiblichen Säugetiere ist die **Milchdrüse**, in der die Milch erzeugt wird. Diese Milch dient den Säugetieren während der ersten Zeit ihres Lebens als Nahrung. Auch der Mensch ernährt sich in den ersten Lebenswochen ausschließlich von Milch.

Zellen, die Säfte absondern

Zellen können eine große Vielfalt von Stoffen erzeugen. Die Enzyme sind die „Werkzeuge", mit deren Hilfe die vielen anderen Stoffe aufgebaut werden. Manche für den Organismus bedeutende Stoffe werden nur von besonderen Zellen, den Drüsenzellen, produziert. Oft sind viele Drüsenzellen zu einem Organ, einer Drüse, vereinigt. Vielzellige Drüsen haben meist einen schlauchförmigen Ausführungsgang, durch den die erzeugten Säfte, Sekrete, nach außen oder ins Körperinnere abgegeben werden.
In der Haut von Tieren liegen viele Drüsen. Nur wenige Tiergruppen, wie zum Beispiel die Reptilien, haben eine drüsenlose Haut. In der Haut des Menschen befinden sich Schweißdrüsen und Talgdrüsen.
Die Schweißdrüsen sind Knäueldrüsen, bei denen die einzelnen Drüsenzellen in der Wand eines dünnen, knäuelartig aufgerollten Schlauches liegen. Auch der

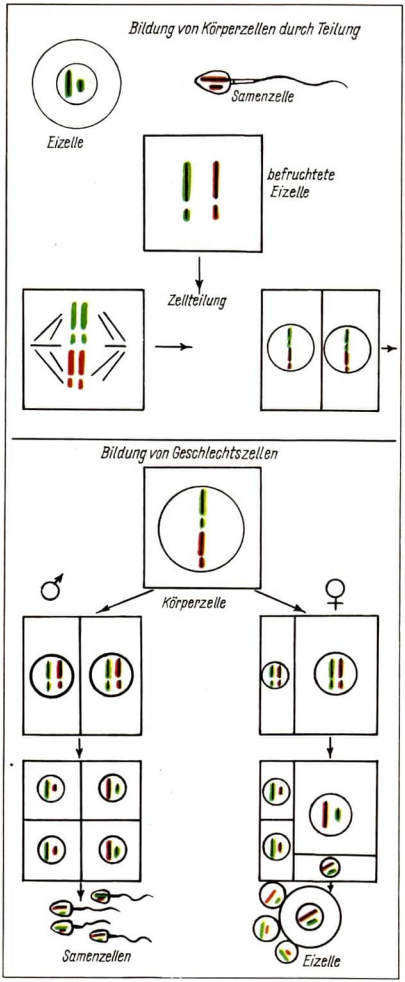


Ausführungsgang ist gewunden, oft sogar korkenzieherartig gedreht. Der von den Schweißdrüsen erzeugte Schweiß enthält vor allem Wasser sowie Kochsalz und verschiedene Abfallprodukte des Stoffwechsels.
Die Talgdrüsen sind Bläschendrüsen. Die Drüsenzellen liegen in der Wand von kleinen Bläschen. Die Sekrete werden in die mit dem Ausführungsgang verbundenen Bläschen abgesondert. Die menschlichen Talgdrüsen erzeugen eine breiige, sehr fettige Substanz, den Hauttalg, der die Haare und die Haut mit einer dünnen schützenden Fettschicht überzieht.
Auch Pflanzen können mit Hilfe von Drüsenzellen die verschiedensten Stoffe erzeugen. In den Nektarien der Blüten wird der Nektar erzeugt, ein zuckerartiges, oft stark duftendes Sekret, das Insekten und anderen Tieren als Nahrung dient. Die Bienen sammeln Nektar und stellen daraus Honig her.
Pflanzliche Drüsen befinden sich häufig in den Haaren der Oberhaut. In den Brennhaaren der Brennessel entsteht eine Säure, die das Brennen auf unserer Haut verursacht.

Die **Schnabeltiere**, urtümliche Säuger, legen Eier in unterirdische Nester und brüten diese aus. Die Jungen werden auch von Milch ernährt, die in vielen kleinen Milchdrüsen erzeugt wird, welche in zwei Drüsenfeldern auf der Bauchseite des Weibchens liegen. Da Zitzen nicht vorhanden sind, müssen die Jungen die abgesonderte Milch von den Haaren ablecken.

In den Blüten vieler Samenpflanzen gibt es **Nektardrüsen**, die Nektarien. Der süße Nektar lockt Insekten an.

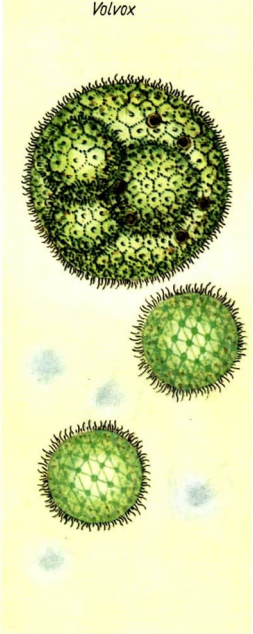
Das **Brennhaar** der Brennessel besteht aus einer flaschenförmigen Drüsenzelle, die in ihrem unteren Teil kugelig angeschwollen ist. Der lange Hals der Zelle, aus hartem, aber sprödem Material, ist mit Reizstoffen angefüllt und oben von einem Knöpfchen abgeschlossen. Bei Berührung bricht dieses Knöpfchen ab. Dabei entstehen scharfe Bruchränder, die in die Haut eindringen. Die Reizstoffe gelangen in die Haut und verursachen ein Brennen.



Meist sind männliche und weibliche Geschlechtszellen ganz unterschiedlich gebaut. Die weiblichen Geschlechtszellen, die **Eizellen**, enthalten reichliche Vorräte an organischen Stoffen, die der Ernährung des Keimlings dienen. Eizellen sind deshalb sehr viel größer, hunderttausendmal und mehr, als die normalen Körperzellen. Infolge dieser Größe können sie sich nicht mehr fortbewegen. Die kleinen männlichen Geschlechtszellen, die **Samenzellen**, dagegen bewegen sich fort. Samenzellen ähneln in ihrer Gestalt einer Kaulquappe und bestehen jeweils aus einem Kopfstück, das den Zellkern enthält, und einem Schwanzstück, das der Fortbewegung dient.

Die **Volvoxalge** ist eines der einfachsten vielzelligen Lebewesen. An ihr kann man die verschiedenen Formen der Fortpflanzung gut erkennen. Die Zellen der Volvoxalgen bilden

eine etwa 1 Millimeter große, mit Schleim ausgefüllte Hohlkugel. Sie kann aus 256, 512, 1024 oder mehr Zellen bestehen. Die meisten Zellen haben die Fähigkeit zur Fortpflanzung verloren. Sie dienen der Fotosynthese oder der Fortbewegung.
Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung bilden sich Fortpflanzungszellen zu Eizellen und zu Samenzellen um und werden ins Wasser entlassen. Die Samenzellen schwimmen zu den Eizellen und befruchten diese. Aus den befruchteten Eizellen entstehen neue Volvoxalgen.
Ein anderer Teil der Fortpflanzungszellen gelangt in das Innere der Kugel, wo sie sich – ohne Befruchtung – durch mehrfache Teilung zu kleinen Tochterkugeln entwikkeln. Bei der „Geburt" der Tochterkugeln reißt die Mutterkugel auf, entläßt die Tochterkugeln und stirbt.



Zellen, Ursprung neuer Lebewesen

Die Lebewesen haben Nachkommen. Bei der Teilung erhält jede Tochterzelle einen gewissen Vorrat an Eiweißen, Fetten und Kohlenhydraten und durch die Kernteilung auch das Programm zur Bildung von neuen zelleigenen Stoffen. Zur Erzeugung von Nachkommen verfügt der vielzellige Organismus über besondere Zellen, die Fortpflanzungszellen. Sie haben die Fähigkeit, sich zu vollständigen Lebewesen heranzubilden. Bei der Fortpflanzung trennen sich Zellen vom Körper. Wenn sie als einzelne Zellen aus dem Organismus entlassen werden und sich getrennt von ihm zu neuen Lebewesen entwickeln, nennt man sie Sporen. Manchmal bleiben die Fortpflanzungszellen auch mit dem Mutterkörper verbunden und entwickeln sich z. B. als Ausläufer oder Ableger.
Diese ungeschlechtliche Fortpflanzung kommt nicht bei allen Lebewesen vor. Die allgemeine Form der Fortpflanzung ist die geschlechtliche Fortpflanzung. Sie erfolgt durch männliche Geschlechtszellen – die Samenzellen – und weibliche Geschlechtszellen – die Eizellen. Sie verschmelzen miteinander, die Samenzelle befruchtet die Eizelle. Erst aus der befruchteten Eizelle entsteht das neue Lebewesen.
Bei der Verschmelzung der Geschlechtszellen vereinigen sich auch die beiden Zellkerne. Der Kern der befruchteten Eizelle enthält also die doppelte Anzahl von Chromosomen, je einen Satz väterliche und mütterliche Chromosomen. Die Körperzellen, die durch Teilung aus dieser befruchteten Eizelle hervorgehen, enthalten nun ebenfalls einen doppelten Chromosomensatz.
Entstehen aus Körperzellen erneut Geschlechtszellen, wird die Chromosomenzahl auf die Hälfte verringert, sonst würde sich die Chromosomenzahl von Generation zu Generation verdoppeln. Die Halbierung der Chromosomenzahl wird dadurch erreicht, daß die Chromosomen sich nicht spalten.
Viele Lebewesen entlassen Ei- und Samenzellen ins Wasser, wo auch die Befruchtung stattfindet. Bei den meisten Landbewohnern findet die Befruchtung jedoch in besonderen Organen des Körpers statt.
Bei den Samenpflanzen beispielsweise erfolgt die Befruchtung im Fruchtknoten der Blüte.
Bei den meisten landbewohnenden Tieren findet die Befruchtung im weiblichen Körper statt. Bei eierlegenden Tieren entwickelt sich die befruchtete Eizelle – das Ei – außerhalb des Körpers zu einem neuen Lebewesen. Bei lebendgebärenden Tieren entwickelt sich das Ei im weiblichen Körper.

Speicherorgane Viele Pflanzen besitzen Organe, in denen Stoffe gespeichert sind, von denen der Organismus bei ungünstigen Lebensbedingungen lebt.

Die Laubbäume unserer Heimat erzeugen im Sommer große Mengen organischer Stoffe, die in den **Wurzeln** gespeichert werden. Im Frühjahr dienen diese Nährstoffe dazu, neue Blätter aufzubauen.

Zwiebeln sind zu Speicherorganen umgebildete unterirdische Knospen. In ihnen werden im Sommer Wasser und Nährstoffe gespeichert. Daher können Pflanzen mit Zwiebeln, wie Schneeglöckchen und Krokus, bereits im zeitigen Frühjahr blühen, selbst wenn der Boden noch gefroren ist.

Die Küchenzwiebel stammt dagegen aus warmen und trockenen Gebieten. Mit Hilfe der in der Zwiebel gespeicherten Nährstoffe können diese Pflanzen Trockenperioden überdauern.

Viele einheimische Tiere schlafen im Winter und nehmen während dieser Jahreszeit keine Nahrung zu sich. Sie legen sich im Sommer und Herbst einen Vorrat an Nährstoffen an, mästen sich. In ihrer Unterhaut wird besonders viel Fett eingelagert. Von diesem Winterspeck zehren die Tiere im Winter.

Auch der Mensch enthält bei seiner Geburt einen Vorrat an Nährstoffen. Ein Neugeborenes erscheint dick und pausbäckig. Beim Wachstum während der ersten Lebenstage wird der Vorrat aufgebraucht. Deshalb nimmt das Neugeborene in seiner ersten Lebenswoche bis zu 400 Gramm ab. Erst nach etwa 14 Tagen wird das Geburtsgewicht wieder erreicht.

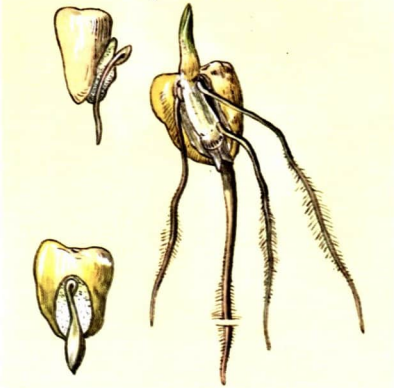
Zellen, die Stoffe speichern

Die Fähigkeit der Organismen, in ihren Zellen organische Stoffe und damit Energie zu speichern, stellt eine Grundbedingung ihres Lebens dar. In der lebenden Natur geschieht zwar wie in allen anderen Bereichen der Welt nichts ohne Ursache, jedoch ist das Verhältnis Ursache – Wirkung komplizierter. Die Lebensäußerungen werden durch äußere Einwirkungen hervorgerufen, aber die zum Vollzug der Lebensäußerungen notwendige Energie muß zuerst vom Organismus selbst geliefert werden.

Ein lebloser Körper kann sich nicht von allein bewegen, er muß bewegt werden. Ein Mensch kann einen Stein anstoßen und dadurch zum Rollen bringen. In diesem Fall stammt die Energie vom Menschen.

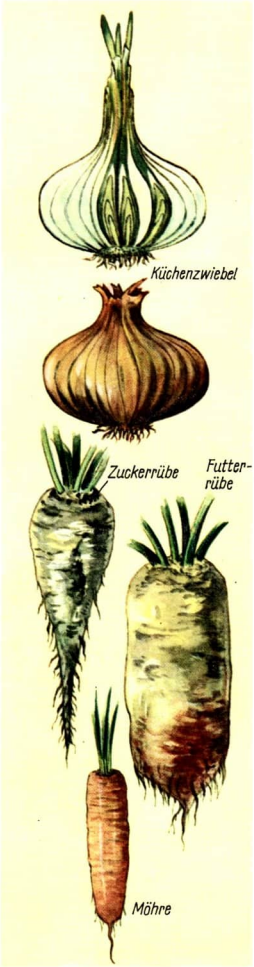
Wenn sich aber ein Lebewesen bewegt, ein Frosch nach einer Fliege springt, die Pflanze ihre Blätter zum Licht wendet, dann stammt die Bewegungsenergie aus dem Organismus. Erst im Ergebnis der Bewegung wird dem Lebewesen Energie zugeführt, durch die aufgenommene Nahrung oder die Energie des Sonnenlichtes. Deshalb muß jeder Organismus einen gewissen Vorrat an Energie besitzen. Erst dadurch

Keimung eines Maiskorns



können sich Lebensäußerungen vollziehen, durch die dem Organismus wieder Energie zugeführt wird.
Junge Lebewesen benötigen einen großen Vorrat an Energie, denn sie müssen häufig erst die Organe ausbilden, mit deren Hilfe sie später selbst Energie gewinnen können. Das ist zum Beispiel deutlich an einem Samen erkennbar. Der Same, eine fertig ausgebildete Keimpflanze, besteht aus Keimwurzel, Keimblättern und Keimsproß mit vorgebildeten Laubblättern.
Bevor bei dieser kleinen Pflanze die Fotosynthese möglich ist, müssen sich Wurzeln ausbilden, mit deren Hilfe Wasser und Nährsalze aufgenommen werden können. Die Pflanze muß außerdem grüne Laubblätter hervorbringen, mit denen die Fotosynthese vollzogen werden kann. Dazu benötigt sie einen Vorrat an organischen Stoffen und Energie. Dieser Vorrat ist in Speicherorganen enthalten.
Auch die Eizellen der Tiere enthalten zahlreiche Speicherstoffe. Beim Hühnerei beispielsweise liegt das Protoplasma als kleine Keimscheibe zwischen Eidotter und Eiklar, aus der Keimscheibe entwickelt sich das Kücken. Eidotter und Eiklar, die den meisten Raum im Ei einnehmen, stellen Vorräte dar.
Die Eizellen der Säugetiere enthalten wenig Vorratsstoffe. Die Keimlinge entnehmen die zu ihrer Entwicklung notwendigen Stoffe aus dem Blut des mütterlichen Körpers.

Hühnerei, etwa 10 Tage bebrütet



DAS LEBEN DER ZELLEN IM VIELZELLIGEN ORGANISMUS

Die Körperflüssigkeit — Umwelt der Zellen

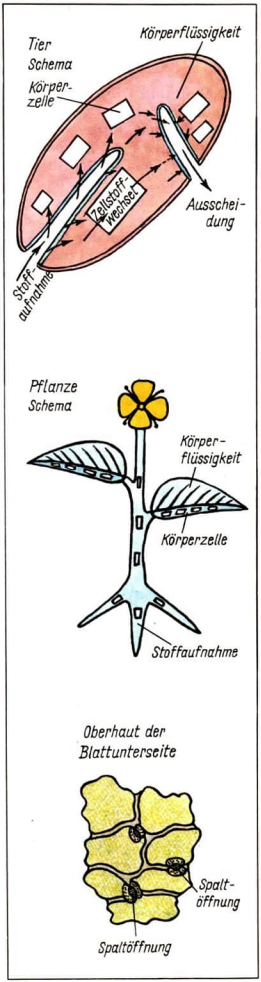
Alle Zellen eines vielzelligen Organismus müssen mit Nänrstoffen und Sauerstoff versorgt werden. Ohne Nährstoffe und Sauerstoff können sie nicht leben und ihre spezielle Funktion für den Organismus erfüllen.

Nicht alle Zellen der Körperoberfläche eignen sich zur Stoffaufnahme oder Ausscheidung. Nur an bestimmten Bereichen der Körperoberfläche liegen stoffaufnehmende Häute.

Bei Tieren sind diese stoffaufnehmenden Häute meist in Einsenkungen, Gruben oder Hohlräumen angeordnet, so daß die eigentliche Körperoberfläche dem Schutz dienen kann.

Bei den Pflanzen ist die Fläche der stoffaufnehmenden Häute nach außen vergrößert. Wurzeln und Blätter durchdringen große Räume der Luft und des Erdbodens, aus denen sie Kohlendioxid, Wasser und Nährsalze aufnehmen. Die Körperflüssigkeit der Pflanzen besteht im wesentlichen aus diesem Wasser, in dem Nährsalze gelöst sind. Der Transport der Assimilate erfolgt durch Weitergabe von Zelle zu Zelle.

Die meist giftigen Abfallprodukte des Stoffwechsels der Zellen müssen entfernt werden.
Der Einzeller steht mit seiner Umwelt direkt in Berührung, nimmt die für sein Leben notwendigen Stoffe direkt aus der Umgebung auf und scheidet die Abfallprodukte direkt in die Umgebung aus. In einem vielzelligen Organismus können das nur die Zellen, die an der Oberfläche des Körpers liegen. Die Zellen an der Oberfläche müssen den Körper jedoch auch schützen und haben deshalb verdickte Zellwände oder Plasmagrenzen, welche die Stoffaufnahme oder -abgabe erschweren oder gar verhindern.
In einem vielzelligen Organismus übernehmen Zellspezialisten die Stoffaufnahme und Stoffausscheidung für alle Zellen des Körpers. Sie müssen mit allen anderen Zellen in Verbindung stehen.
Alle Zellen eines Lebewesens sind miteinander durch eine Körperflüssigkeit verbunden, die sich in den Zwischenräumen zwischen den Zellen befindet. Sie ist die Umwelt der Körperzellen, das innere Milieu des Organismus. Nahrung und Sauerstoff werden durch spezialisierte Zellen in die Körperflüssigkeit befördert, aus der die anderen Körperzellen die für ihr Leben notwendigen Stoffe entnehmen. Diese wiederum scheiden die Abfallprodukte ihres Stoffwechsels in die Körperflüssigkeit ab, aus der sie die Ausscheidungszellen aufnehmen und nach außen befördern.
Um alle Zellen gleichmäßig mit Stoffen zu versorgen, muß die Körperflüssigkeit ständig gemischt werden. Das kann durch die Bewegung des Körpers erfolgen. Bei den meisten Lebewesen aber befindet sich die Körperflüssigkeit in besonders dafür ausgebildeten röhrenartigen Gefäßen, die den gesamten Körper durchziehen. In den Gefäßen fließt die Körperflüssigkeit in einer bestimmten Richtung. So wird die Versorgung aller Zellen mit den lebensnotwendigen Stoffen gewährleistet. Bei den meisten Tieren ist die Körperflüssigkeit das Blut, das vom Herzen in einen Kreislauf durch den Körper gepumpt wird.
Das menschliche Blut besteht aus dem flüssigen Blutplasma und verschiedenen Blutzellen, die etwas weniger als die Hälfte der Gesamtmenge des Blutes ausmachen. Das Blutplasma besteht zum größten Teil aus Wasser, in dem verschiedene Stoffe, wie Eiweiß, Zucker, Fette, Aminosäuren und verschiedene Salze, gelöst sind.
Die roten Blutzellen dienen vorwiegend dem Transport von Sauerstoff, sie bilden den Hauptanteil an Blutzellen. 1 mm^3 Blut (ein kleines Blutröpfchen) enthält etwa 4 bis 5 Millionen dieser roten Blutkörperchen. Die weißen Blutzellen können sich frei im Körper bewegen und eingedrungene Fremdkörper unschädlich machen.



Verdauung – Aufbereitung der Nahrung für die Zellen

Menschen und Tiere sind heterotrophe Lebewesen. Sie müssen sich von organischen Stoffen ernähren, welche die zum Aufbau der körpereigenen Makromoleküle notwendigen Bausteine enthalten und die auch die Träger der zu ihrem Leben notwendigen Energie sind.
Diese Stoffe kommen in der Natur nur in Form von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen von Pflanzen oder Tieren vor. Bei den Lebewesen, die als Nahrung dienen, sind sie anders gebaut als bei denen, die sie als Nahrung aufnehmen. Sie werden in körpereigene Stoffe umgewandelt, assimiliert. Dazu werden sie zunächst in ihre Bausteine zerlegt, die zu allen Zellen des Körpers transportiert und dort zu körpereigenen Molekülen zusammengefügt werden.
Die Zerlegung der Makromoleküle in ihre Bausteine nennt man Verdauung. Enzyme bewirken diesen Vorgang, der meist in Körperhohlräumen, dem Verdauungskanal, verläuft. Der Verdauungskanal ist ein in verschiedene Abschnitte gegliederter Schlauch, der den Körper durchzieht.
Die Enzyme werden durch die Verdauungsdrüsen erzeugt, die als einzellige oder kleine mehrzellige Drüsen in der Wand des Verdauungskanals liegen, wie beispielsweise die Magen- und Dünndarmdrüsen des Menschen. Die Verdauungsdrüsen können aber auch, zu großen Organen zusammengefaßt, außerhalb des Verdauungskanals liegen, wie die Mundspeicheldrüse, die Bauchspeicheldrüse und die Leber des Menschen. Sie sind durch feine Kanäle mit dem Verdauungskanal verbunden, durch die sich die Verdauungssäfte in den Verdauungskanal ergießen. Bevor die Nahrung in den Verdauungskanal gelangt, wird sie oft in kleine Stücke, Bissen, zerteilt und manchmal auch noch fein zermahlen. Manche Tiere, zum Beispiel die Schlangen, verschlingen die Beutetiere unzerkaut.

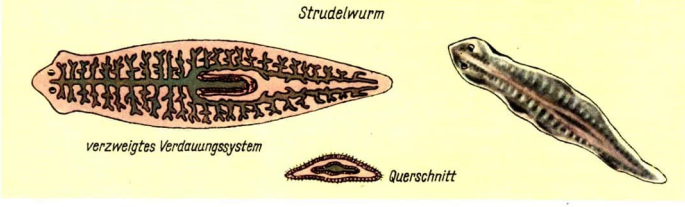
Nicht bei allen Tieren erfolgt die Verdauung in Körperhohlräumen. Bei vielen einfach gebauten Tierarten werden kleine Nahrungsteilchen direkt von den Körperzellen aufgenommen und, wie bei den Einzellern, innerhalb der Zellen verdaut. Bei den Schwammtieren sind dazu besondere Zellen ausgebildet: die amöbenartigen Wanderzellen. Sie nehmen aus dem Wasser kleine Nahrungspartikeln auf und verdauen diese. Durch feine Gewebespalten wandern die Zellen durch den gesamten Schwammkörper und verteilen die verdaute Nahrung an die Körperzellen.

Wanderzellen gibt es auch im menschlichen Organismus: die weißen Blutzellen. Sie dienen jedoch nicht der Verdauung, sondern vernichten eingedrungene Fremdkörper, Schmutzteilchen und Bakterien. Verletzt sich ein Mensch, dann wandern diese Zellen durch Gewebespalten zur Wunde. Dort „fressen" sie die eingedrungenen Fremdkörper und machen sie unschädlich.

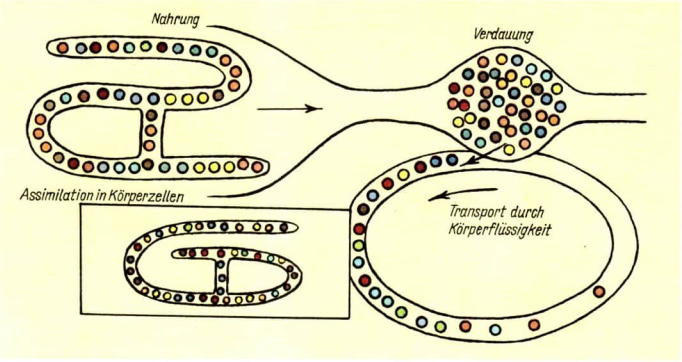
Bei vielen Tierarten hat der Verdauungshohlraum nur eine Öffnung, die gleichzeitig als Mund und After dient. Der Süßwasserpolyp hat einen bis zu 15 Millimeter langen schlauchartigen Körper, der aus zwei Zellschichten besteht. Mit Hilfe der Fangarme werden die gefangenen Beutetiere, meist Wasserflöhe, in das Innere des Schlauches gestopft. Verdaut wird mit Hilfe von Verdauungsenzymen, welche die innere Zellschicht absondert.

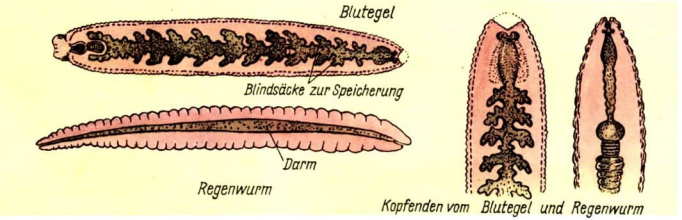
Die 2 bis 3 Zentimeter langen Strudelwürmer besitzen nur eine Mundöffnung, an die sich ein stark verästelter Darm anschließt, der den ganzen Körper durchzieht, so daß die Körperzellen die verdauten Nährstoffe leicht aufnehmen können.

Der Blutegel ernährt sich vom Blut anderer Tiere. Sein Darm besitzt viele Blindsäcke, in denen er bis 16 g Blut speichern kann. Mit diesem Vorrat kann ein Blutegel 18 Monate lang leben.



Äskulapnatter





Kopfenden vom Blutegel und Regenwurm

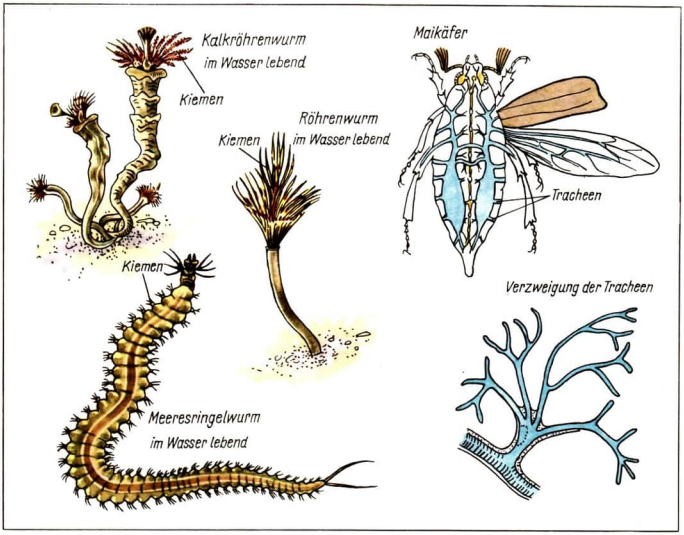
Atmung – Versorgung der Körperzellen mit Sauerstoff

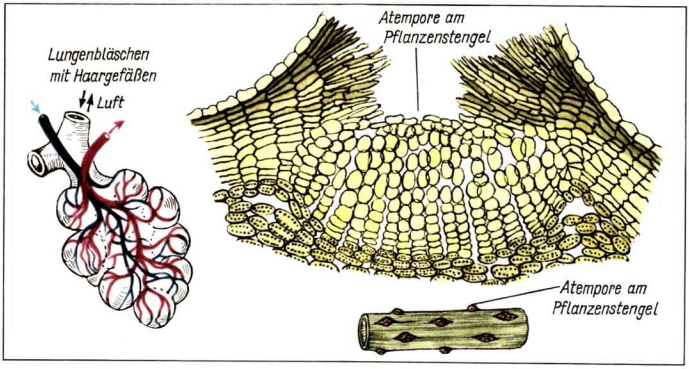
Die Körperzellen müssen nicht nur mit Nährstoffen, sondern auch mit Sauerstoff versorgt werden. Außerdem muß das bei der biologischen Oxydation entstehende giftige Kohlendioxid aus dem Körper entfernt werden.
Bei vielen Tieren transportiert das Blut Sauerstoff und Kohlendioxid. Der Gasaustausch zwischen Blut und Außenwelt erfolgt durch feine Häute, die von vielen Haargefäßen durchzogen sind. Die Versorgung der Körperzellen mit Sauerstoff muß regelmäßig sein. Alle Tiere, bei denen das Blut die Körperzellen mit Sauerstoff versorgt, haben einen gut ausgebildeten Blutkreislauf, der einen schnellen und gleichmäßigen Blutumlauf gewährleistet.
Der Blutkreislauf des Menschen ist – wie der Blutkreislauf aller gleich warmen Tiere – gut ausgebildet. Die Versorgung des Blutes mit Sauerstoff und die Abgabe des Kohlendioxids werden durch einen be-

Im Wasser lebende Tiere entnehmen den Sauerstoff meist dem Wasser. Ihre Oberhaut ist dünn und von Haargefäßen durchzogen, der Gasaustausch erfolgt durch die Haut. Die atmenden Teile der Oberhaut sind außerdem durch fadenförmige oder andersartige Ausstülpungen stark vergrößert, es sind Kiemen ausgebildet, wie zum Beispiel bei vielen Meeresringelwürmern. Oft liegen diese Kiemen vor Verletzungen geschützt in Hohlräumen des Körpers. Dann muß regelmäßig frisches sauerstoffreiches Atemwasser zugeführt werden.

Landbewohnende Tiere entnehmen den Sauerstoff der Luft. Im einfachsten Falle, zum Beispiel beim Regenwurm, dient eine dünne, stark durchblutete Oberhaut dem Gasaustausch. Meist sind jedoch Lungen ausgebildet, feine durchblutete Häute, die sich stets in Körperhohlräumen befinden. Es sind einfache, kaum gekammerte Säcke, die durch eine Öffnung mit der Außenwelt in Verbindung stehen, oder durch Kammerung stark vergrößerte Organe.

Bei **Menschen** beträgt die dem Gasaustausch dienende Fläche etwa 170 Quadratmeter. Die





Lunge besteht aus mehreren Millionen kleinster Lungenbläschen, die mit der Luftröhre in Verbindung stehen und deren Wände von Haargefäßen umsponnen sind.

Die **Fischkiemen** setzen sich aus vielen kleinen Kiemenblättchen zusammen, die eine dünne, stark durchblutete Haut umgibt. Diese Kiemenblättchen sind auf acht Kiemenbögen angebracht, je vier liegen an beiden Seiten des Maules. Sie werden durch Kiemendeckel geschützt. Der Fisch sorgt für die regelmäßige Atemwasserzufuhr, indem er mit dem Maul Wasser aufnimmt und dieses durch die Kiemenbögen hindurch nach außen preßt.

sonderen Kreislauf, den Lungenkreislauf, gewährleistet. Nur das aus der Lunge kommende sauerstoffreiche Blut wird zu den Körperzellen gepumpt. Deshalb enthält das Herz auch zwei Pumpen: die rechte und die linke Herzkammer. Die rechte Herzkammer pumpt das aus dem Körper kommende, kohlendioxidreiche Blut über die Lunge zur linken Herzkammer. Die linke Herzkammer pumpt das in der Lunge mit Sauerstoff angereicherte Blut in den Körper.

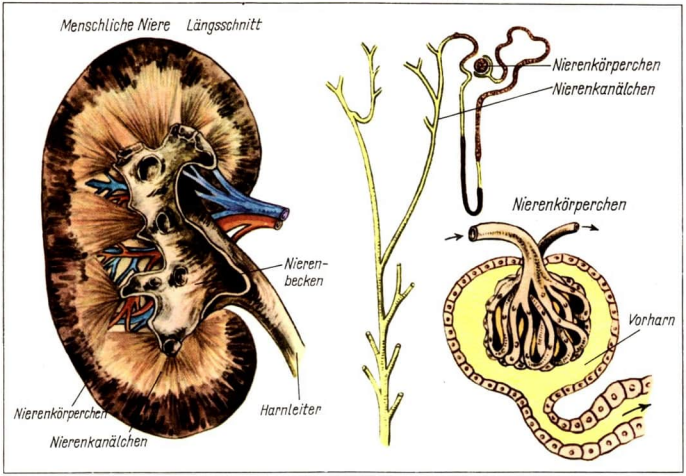
Viele Lebewesen oder einzelne Organe von Lebewesen sind porös oder schwammartig gebaut. In ihrem Innern befinden sich Zwischenräume mit Luft, so daß die Körperzellen den Gasaustausch mit dieser Luft durchführen können. Die Luft ist durch Poren in der Haut mit der Außenluft verbunden, so daß eine regelmäßige Lufterneuerung erfolgen kann.

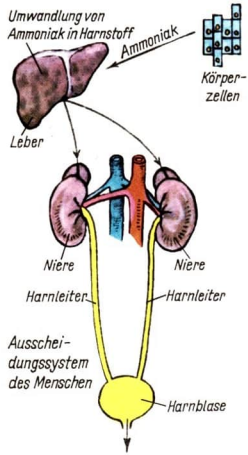
Diese Form der Atmung finden wir bei allen Insekten. Der Insektenkörper ist von vielen feinen Röhren, den Tracheen, durchzogen. Die Tracheen stehen durch Poren mit der Außenluft in Verbindung.

Diese Atemlöcher kann man meist schon mit bloßem Auge an den Seiten des Hinterleibs als kleine Punkte erkennen.

Die Körperzellen sind von feinsten Verzweigungen der Tracheen umsponnen, so daß der Gasaustausch ermöglicht wird.

Auch die Zellen der Blätter haben eine schwammartige Anordnung. Auf der Unterseite der Blätter befinden sich feine Poren, die Spaltöffnungen, durch welche die Außenluft in das Blatt eindringen kann. Die Blattzellen führen den Gasaustausch mit dieser Luft durch. Die Spaltöffnungen ermöglichen den Austausch der Luft im Blattinnern.



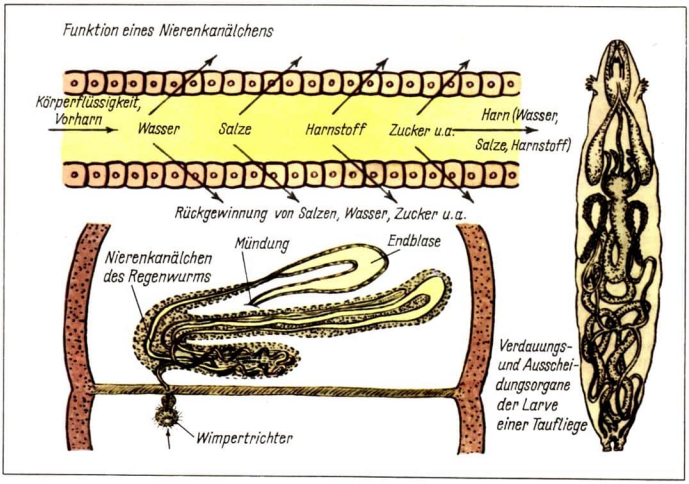


Ausscheidung — Entgiftung der Körperflüssigkeit

Die Körperflüssigkeit der Tiere enthält nicht nur Nährstoffe für die Körperzellen, sie nimmt auch die Schlackenstoffe des Stoffwechsels der Zellen auf. Diese Schlacken, giftige Stickstoffverbindungen, werden von den Körperzellen an das Blut abgegeben und durch besondere Organe, die Ausscheidungsorgane, aus der Körperflüssigkeit entfernt. Die Ausscheidungsorgane beim Menschen und bei vielen Wirbeltieren heißen Nieren.

Im Prinzip scheiden alle Tiere auf nahezu gleiche Weise aus. Die schlackenhaltige Körperflüssigkeit wird durch feine Kanälchen geleitet, deren Zellen die Eigenschaft haben, aus der Körperflüssigkeit alle die Stoffe wieder aufzunehmen, die der Körper noch benötigt.

An den Ausscheidungsorganen des Regenwurms läßt sich das Prinzip der Ausscheidung besonders gut erkennen. Der Körperhohlraum des Regenwurms gliedert sich in Abschnitte, Ringe. In jedem Abschnitt befindet sich ein Ausscheidungskanälchen, dessen trichterförmige Öffnung mit Wimpern besetzt ist. Die



Wimpern strudeln die Körperflüssigkeit in den Trichter, an den sich ein langes, vielfach gewundenes Kanälchen anschließt, das bereits im folgenden Abschnitt liegt. Während die Körperflüssigkeit durch das Kanälchen fließt, werden ihr alle noch brauchbaren Stoffe entzogen.

In einer menschlichen Niere liegen etwa 2 Millionen dieser Kanälchen in einem Organ. Sie enden im Nierenbecken; von da aus fließt der Harn durch die Harnleiter zur Blase. Am anderen Ende der Nierenkanälchen liegen die Nierenkörperchen, durch welche die Blutflüssigkeit in die Nierenkanälchen gelangt.

Die Nierenkörperchen bilden Kapseln, in denen sich ein Haargefäßknäuel befindet. Etwa ein Fünftel der Blutflüssigkeit wird beim Durchfluß des Blutes in die Kapsel durch die dünnen Wände hindurch als Vorharn ausgepreßt.

Nur die Blutzellen und großen Eiweißmoleküle werden zurückgehalten. Die Zellen der Nierenkanälchen entnehmen diesem Vorharn die noch vorhandenen Nährstoffe (Aminosäuren, Traubenzucker usw.), Salze und andere brauchbare Stoffe sowie so viel Wasser, daß die richtige Konzentration des Blutes erhalten bleibt. So entsteht aus dem abgepreßten Vorharn der Harn.

In jeder Minute wird fast 1 Liter Blut, etwa ein Fünftel der gesamten Blutmenge, den **Nieren** zugeführt. Das entspricht einer Tagesleistung von 1500 Litern! Von dieser Menge werden etwa 180 Liter Vorharn abgepreßt. Die Endharnmenge beträgt nur etwa 1 bis 1,5 Liter. Fast die gesamte Vorharnmenge wird also in den Nierenkanälchen wieder zurückgewonnen.

Beim Eiweißstoffwechsel entsteht als Abfallprodukt Ammoniak, eine Verbindung eines Stickstoffatoms mit drei Wasserstoffatomen (NH_3). Einzeller und manche niederen Tiere geben Ammoniak direkt an die Umgebung ab. Höher entwickelte Tiere scheiden Ammoniak an die Körperflüssigkeit ab, das von anderen Organen zu festen, salzartigen Verbindungen umgewandelt wird. Beim Menschen und bei den Wirbeltieren wandeln die Leberzellen Ammoniak in Harnstoff um.

Die menschliche Niere, ein etwa faustgroßes Organ, wiegt etwa 120 bis 200 Gramm. Die Nierenrinde enthält vor allem die Nierenkörperchen. Die Nierenkanälchen sind in zehn bis fünfzehn pyramidenförmigen Strahlen angeordnet, die das Mark bilden. Die spitzen Enden der Markstrahlen vereinigen sich im Nierenbecken, das durch den Harnleiter mit der Blase verbunden ist. Die Harnblase sammelt den Harn und scheidet ihn durch die Harnröhre nach außen ab.

Wurzeln und Blätter

Die autotrophe Ernährung der Pflanzen bedingt einen grundsätzlich anderen Körperbau als die heterotrophe der Tiere. Pflanzen ernähren sich von löslichen Stoffen, wie Salzen, Kohlendioxid und Wasser. Diese Nahrung muß nicht verdaut werden. Sie kommt außerdem nicht in „Klumpen", sondern überall in der Luft und im Boden fein verteilt vor. Pflanzen brauchen sich auch nicht fortzubewegen, um zu ihrer Nahrung zu gelangen.
Die Organe der Nahrungsaufnahme müssen bei Pflanzen so beschaffen sein, daß sie die Nahrung, die in Luft und Boden fein verteilt ist, erreichen können. Dazu eignen sich Wurzeln und Blätter.
Die Wurzeln durchwachsen den Boden des Standortes einer Pflanze fast vollständig. Das kann man an Topfpflanzen beim Umtopfen gut erkennen: Die Wurzeln bilden einen festen Ballen, der den Boden einschließt.
Das Wurzelwerk einer Pflanze ist ein vielfach verzweigtes System von Wurzeln, deren letzte Enden, die Wurzelhaare, Wasser und Nährsalze aufnehmen. Die Wurzelhaare sind besonders gestaltete Zellen der äußeren Zellschicht der Wurzeln. Diese Zellen mit etwa 1 Millimeter langen Ausstülpungen sind mit den umgebenden Bodenkrümeln eng verbunden. Durch Weitergabe von Zelle zu Zelle gelangen die aufgenommenen Stoffe zu den Gefäßen im Zentrum der Wurzeln, in denen sie durch den Stengel zu den Blättern und Blüten transportiert werden.
Die Wurzeln der Pflanzen dienen aber nicht nur der Aufnahme von Wasser und Nährsalzen, sondern auch der Verankerung der Pflanzen im Boden. Sie müssen oft sehr großen Zug- und Druckkräften standhalten. Denken wir nur an große Bäume, die Wind und Sturm ausgesetzt sind. Manchmal sind die Kräfte des Sturmes größer als die Festigkeit der Wurzeln, und der Baum wird entwurzelt.
Das Blattwerk durchdringt den Luftraum wie das Wurzelwerk den Boden. Durch die spaltartigen Poren, die Spaltöffnungen der Blätter, findet der Gasaustausch statt. Das Blattinnere ist nur locker von Zellen ausgefüllt, in den Zwischenräumen zirkuliert Luft, aus der die Zellen das Kohlendioxid aufnehmen.
Durch die Spaltöffnungen verdunstet auch Wasser. Diese Wasserabgabe, Transpiration, bildet eine Grundlage für die Bewegung des Wassers in den Gefäßen. Durch Adhäsion und Kohäsion steigt das Wasser in den Gefäßen empor. Durch die Transpiration der Blätter wird das emporgestiegene Wasser ständig „abgesaugt", so daß in den Gefäßen ein Wasserstrom entsteht.

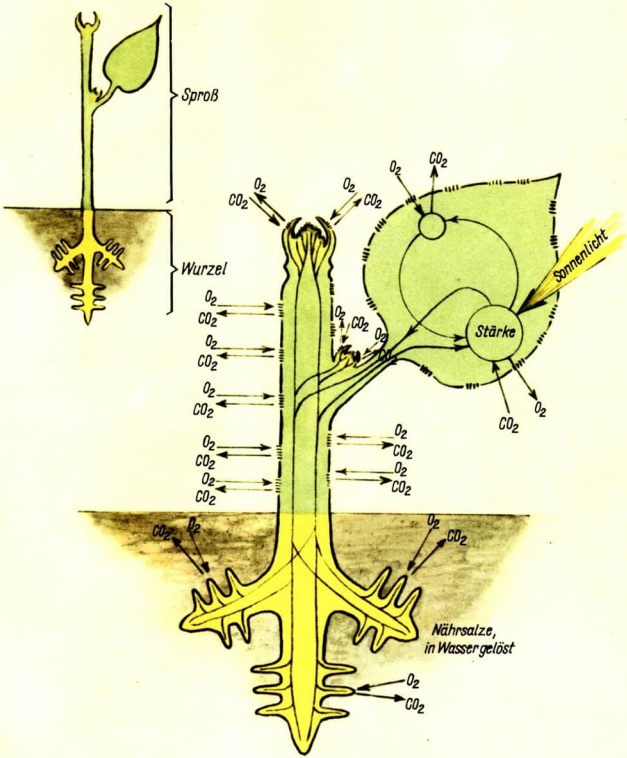
Bei **Landpflanzen** befinden sich die Spaltöffnungen auf der Blattunterseite. Man kann sie mit einem einfachen Mikroskop gut beobachten. Dazu zieht man mit einer Pinzette ein kleines Stückchen der durchsichtigen Haut von der Blattunterseite ab und stellt ein Frischpräparat her.
Zwischen den unregelmäßig geformten, miteinander verzahnten und farblosen Zellen der Haut liegen die grün gefärbten Zellen der Spaltöffnungen.

Wurzelhaare kann man gut an den Keimwurzeln von Bohnen oder Erbsen beobachten. Man läßt Samen dieser Pflanzen zwischen Filterpapier auskeimen. Wenn die Wurzeln eine Länge von 3 bis 4 Zentimetern erreicht haben, kann man deutlich die Zone der Wurzelhaare erkennen..

Bei **Wasserpflanzen**, deren Blätter auf dem Wasser schwimmen, liegen die Spaltöffnungen auf der Blattoberseite, wie zum Beispiel bei Seerosen.

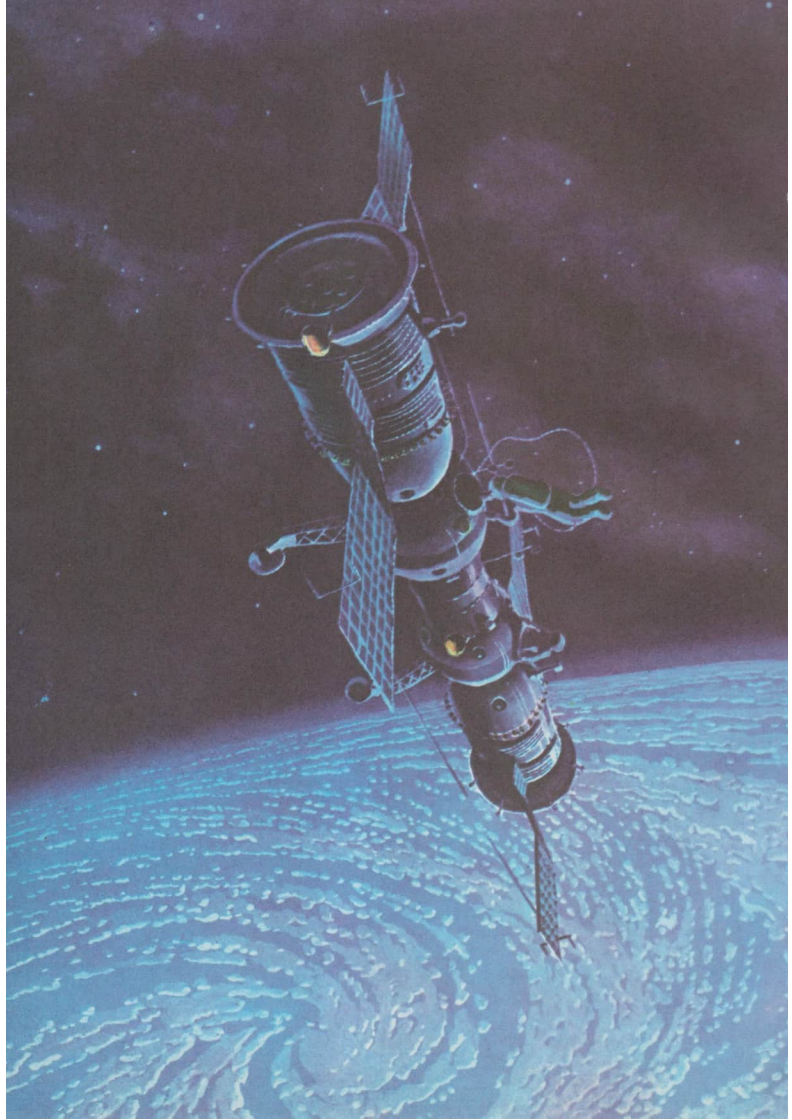
Blätter dienen nicht nur der Aufnahme von Kohlendioxid, sondern auch der Fotosynthese, bei der Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird. Deshalb sind die Blätter so angeordnet, daß sie einander nicht das Licht wegnehmen. Sie bilden ein Blattmosaik.

Auch die Zellen der Wurzeln müssen atmen. Sie entnehmen den Sauerstoff der Luft aus den Hohlräumen im Boden. Durch das Hacken im Garten und auf den Feldern wird das Erdreich gelockert. So kann Luft in den Boden eindringen, und den Wurzeln wird das Atmen ermöglicht.



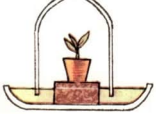
O_2 = Sauerstoff

CO_2 = Kohlendioxid



Nahrung aus der Luft

Noch vor weniger als 150 Jahren glaubte man, daß die Pflanzen den Kohlenstoff zum Aufbau der organischen Stoffe aus dem Humus des Bodens entnehmen, obwohl der holländische Arzt Ingenhousz bereits im Jahre 1779 nachgewiesen hatte, daß die Pflanzen sich vom Kohlenstoff der Luft ernähren. Mit folgendem Versuch können wir das nachprüfen: Man stellt Pflanzen unter zwei Glasgefäße, die in flachen, mit Wasser gefüllten Schalen stehen. Unter dem Rand der Gefäße führt man jeweils einen Schlauch (oder passend gebogene Glasröhrchen) hindurch. Durch die Schläuche kann man nun die Luft in einem Glasgefäß mit Kohlendioxid anreichern, indem man täglich etwa zehn- bis fünfzehnmal hineinpustet, denn die ausgeatmete Luft enthält reichlich Kohlendioxid.
Das zweite Gefäß läßt man unverändert. Nach 1 bis 2 Wochen stellt man fest, daß die Pflanzen in dem mit kohlendioxidreicher Luft gefüllten Gefäß sich besser entwickeln und schneller wachsen als die Pflanzen in normaler Luft. Die Pflanzen in der kohlendioxidreichen Luft werden besser ernährt als die anderen.
Als Versuchspflanzen eignen sich junge Senf- oder Kressepflanzen. Man läßt sie in einer kleinen Schale auf angefeuchteter Watte keimen. Nach einiger Zeit, wenn die Nährstoffvorräte des Samens verbraucht sind, kann man mit dem Versuch beginnen.
Der deutsche Forscher Justus von Liebig beschäftigte sich besonders mit der Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden. Es gelang ihm, Pflanzen auch ohne Boden, in einer Nährlösung, welche die notwendigen Salze enthielt, wachsen zu lassen. Heute hält man viele Pflanzen in Nährlösungen. Dazu gibt es besondere Gefäße und Nährsalzgemische, die man in Tabletten- oder Pulverform kaufen und in Wasser auflösen kann. 0,5 bis 1 Gramm Nährsalze ernähren eine große Pflanze 2 bis 3 Wochen. In einem Jahr nimmt die Pflanze also nur wenige Gramm Nährsalze auf (die keinen Kohlenstoff enthalten); trotzdem wächst sie und bildet viele neue Blätter.
Auch daraus kann man schließen, daß die Pflanze außer dem Boden noch eine weitere Nahrungsquelle braucht — die Luft, aus der sie das Kohlendioxid entnimmt.



Die Sauerstoffabscheidung läßt sich an Wasserpflanzen besonders gut beobachten. Man bringt Sprosse einer Wasserpflanze, beispielsweise der Wasserpest, unter einen Trichter. Die entstehenden Sauerstoffbläschen sammeln sich im Trichter, und wir können sie mit einem Reagenzglas auffangen. Halten wir einen glimmenden Holzspan an die Reagenzglasöffnung, so flammt dieser hell auf — ein Beweis für das Vorhandensein von Sauerstoff.

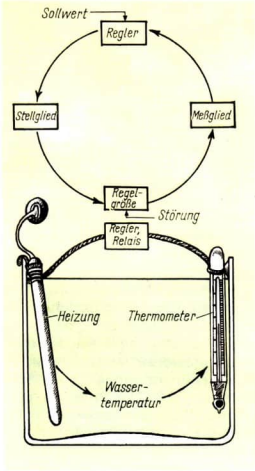
Das in der Atmosphäre enthaltene Kohlendioxid würde von den Pflanzen in wenigen Monaten vollständig aufgebraucht sein, käme nicht ständig von Menschen, Tieren und Bakterien ausgeschiedenes hinzu. Kohlendioxid entsteht auch bei Vulkanausbrüchen und durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Benzin. Größere Mengen an Kohlendioxid sind im Wasser der Ozeane gelöst. Es könnte die Wasserpflanzen etwa 300 Jahre versorgen. Der in der Luft enthaltene Sauerstoff wird durch die Fotosynthese der grünen Pflanzen in etwa 2000 Jahren einmal vollständig erneuert. Den größten Anteil daran — etwa 80 Prozent — haben die Wasserpflanzen, die in den Ozeanen leben.

Für die Weltraumstationen werden Vorrichtungen zur Versorgung der Kosmonauten konstruiert, in denen Pflanze und Mensch ein geschlossenes System bilden. Als Pflanzen dienen wasserlebende Grünalgen. Diese liefern bei Aufnahme von Sonnenenergie Sauerstoff und können auch als Nahrung für die Kosmonauten verwendet werden. Die Algen reinigen die Luft vom für den Menschen schädlichen Kohlendioxid, indem sie es als Nahrung aufnehmen.

LEBEWESEN ALS KYBERNETIKER

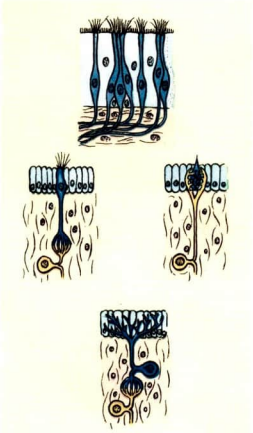
Was ist ein Regelkreis?

Das Innere des Körpers, die Umwelt der Zellen, ist das innere Milieu des Organismus. Außer den Bestandteilen der Körperflüssigkeit gehören vor allem Konzentrations-, Druck- und Temperaturverhältnisse des Körperinneren zum inneren Milieu.
Eine wesentliche Eigenschaft aller Organismen besteht in ihrer Fähigkeit, dieses innere Milieu beständig zu halten. Die einzelnen Eigenschaften des inneren Milieus, zum Beispiel die Körpertemperatur oder die Nährstoffkonzentration des Blutes, sind verhältnismäßig konstant, das heißt, sie verändern sich nur innerhalb engerer Grenzen.
So weicht die Körpertemperatur des gesunden Menschen nicht mehr als um 0,5 Grad Celsius von 36,5 Grad Celsius ab (sie liegt stets zwischen 36 Grad Celsius und 37 Grad Celsius). Da jedoch die Außentemperaturen schwanken, muß der Körper seine Temperatur regeln können. Er muß also über Einrichtungen verfügen, die bei niedriger Außentemperatur ein Absinken der Körpertemperatur oder bei hoher Außentemperatur eine Überhitzung des Körpers verhindern können.
Ein System, mit der eine Eigenschaft trotz störender äußerer Einwirkungen konstant gehalten werden kann, nennt man einen Regelkreis.
Auch das Lebewesen muß über Regelkreise verfügen, durch die die vielen Eigenschaften des Körpers konstant gehalten werden können. Die Regelkreise des Organismus bestehen — wie alle Organe — aus Zellen. Es muß im Körper also Zellen geben, welche die Regelgrößen messen können. Das sind die Sinneszellen, die Druck, Lichtstärke, Temperatur, Konzentration von Stoffen im Blut und andere Regelgrößen messen.
Im Körper muß es auch Stellglieder geben, mit denen der Organismus Störungen in der Stoffkonzentration, der Körpertemperatur und so weiter ausgleichen kann. Diese Stellglieder sind vor allem die Muskeln und die Drüsen.
Schließlich muß es im Körper Regler geben, die die Meßergebnisse der Sinneszellen zusammenfassen und die Stellglieder entsprechend einstellen. Diese Regler sind das Gehirn und das Rückenmark, die durch Nerven mit den Meß- und Stellgliedern verbunden sind.



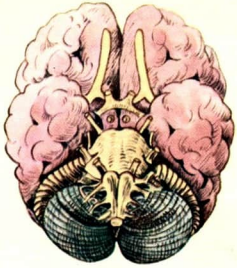
Man kann den Aufbau eines Regelsystems an einer geregelten Aquarienheizung veranschaulichen:
Zunächst benötigt man eine Meßeinrichtung, mit der man die Regelgröße, also die Wassertemperatur, messen kann, das **Meßglied**. Bei der Aquarienheizung ist das ein Thermometer, in dem sich ein verstellbarer Kontakt befindet.
Eine Heizeinrichtung, Heizspirale, die beim Absinken der Temperatur eingeschaltet wird, bildet das **Stellglied** des Regelkreises.
Schließlich müssen Meßglied und Stellglied mit dem **Regler**, einem Schaltrelais, verbunden sein, welcher die Heizung je nach den Meßergebnissen ein- oder ausschaltet.
Zur Regelung einer Größe gehört auch die Vorgabe des normalen Wertes der **Regelgröße**, der Sollwert oder die Führungsgröße. Bei der Aquarienheizung wird sie im Thermometer eingestellt.

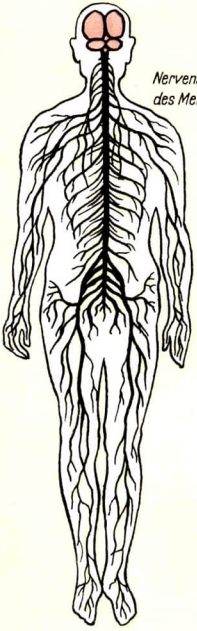
Bei Lebewesen ist die Regelgröße angeboren, ererbt. Auch die mögliche Schwankungsbreite der Regelgröße ist unterschiedlich. Beim Menschen beträgt die Schwankungsbreite der Körpertemperatur etwa 1 Grad Celsius, bei vielen Vögeln ist sie geringer, etwa 0,5 Grad Celsius. Wechselwarme Tiere sowie die Pflanzen haben eine große Schwankungsbreite, sie liegt zwischen plus 2 Grad Celsius und etwa plus 40 Grad Celsius.



Verschiedene Sinneszellen

Gehirn des Menschen von unten gesehen

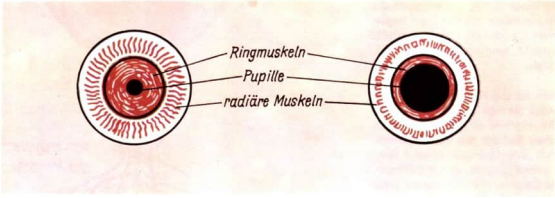




Nervensystem des Menschen

Pupille im Licht

Pupille im Dunkeln



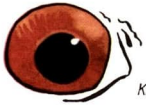
Pupillenformen

Erdkröte

Rotbauchunke

Kreuzotter

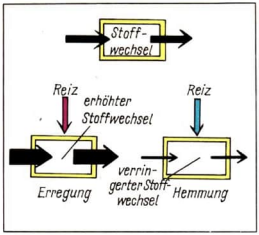
Königspinguin



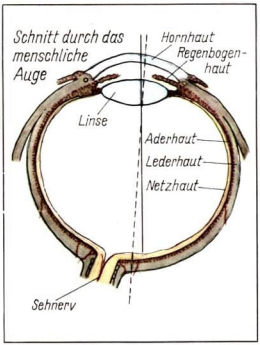
Krontaube

Katze

Ohrenscharbe



Ein gut beobachtbares Beispiel für Regelungsvorgänge ist die Regelung der Lichtstärke im Auge. Die Lichtsinneszellen in der Netzhaut des Auges können ihre Funktion nur bei einer bestimmten Lichtstärke erfüllen. Zu helles Licht schädigt sie (die Augen schmerzen), zuwenig Licht kann sie nicht erregen. Die Pupille (eine Öffnung in der Regenbogenhaut) kann durch Ring- und Radiärmuskeln verengt und erweitert werden. Die Nervenzellen des Sehnervs leiten die Informationen der Lichtsinneszellen zum Zentralnervensystem (ZNS). Bei zuviel Licht werden die Ringmuskeln, die ebenfalls durch Nervenzellen mit dem ZNS verbunden sind, durch Impulse des ZNS erregt und ziehen sich zusammen: Die Pupille verengt sich. Bei zuwenig Licht werden die Radiärmuskeln der Regenbogenhaut erregt. Wenn sie sich zusammenziehen, erweitert sich die Pupille.
Die Pupille kann bei verschiedenen Tierarten sehr unterschiedliche Formen haben.



Gesteuerte Zellen

Die Gleichmäßigkeit des inneren Milieus des Organismus zu erhalten ist nur möglich, wenn der Stoffwechsel der Zellen, welche die Zusammensetzung des inneren Milieus beeinflussen, gesteuert werden kann. Der Stoffwechsel dieser Zellen muß also je nach Notwendigkeit verstärkt oder vermindert werden können.
Die Stärke der chemischen Tätigkeit der Zelle, die Intensität ihres Stoffwechsels, hängt nicht nur von der Zufuhr von Nährstoffen und Sauerstoff ab, sondern auch die Temperatur, Druckverhältnisse, Lichteinwirkung oder Schall, elektrische Entladungen oder bestimmte Stoffe können die Stärke des Stoffwechsels verändern. Die Verstärkung des Stoffwechsels einer Zelle durch eine äußere Einwirkung nennt man Erregung. Die äußere Einwirkung, welche die Erregung hervorruft, ist der Reiz. Ein Reiz kann den Stoffwechsel der Zelle aber auch verringern. Dieser Vorgang heißt Hemmung.
Die Steuerung des Stoffwechsels der Körperzellen erfolgt durch körpereigene Reize, die der Organismus durch die Erzeugung bestimmter Stoffe oder durch elektrische Erscheinungen der Nervenzellen ausübt.
Das Zusammenziehen und Erschlaffen der Muskelzellen wird wie die Funktion vieler Drüsen durch elektrische Reize der Nervenzellen gesteuert.
Eine andere Form der Steuerung des Zellstoffwechsels erfolgt durch spezielle Stoffe, die der Organismus erzeugt, die Hormone.
Hormone gibt es auch bei Pflanzen.
Die Wachstumshormone steuern viele Bewegungen der Pflanzen: das Wenden der Blätter zum Licht, das Aufrichten von liegenden Pflanzen u. a.
Wachstumshormone werden von den teilungsfähigen Zellen in den Wachstumszonen erzeugt. Licht-Temperatur- oder Schwerkraftreize bewirken eine unterschiedliche Konzentration der Hormone auf verschiedene Seiten der Stengel und Wurzeln und bewirken so ein unterschiedliches Wachstumstempo und dadurch Krümmungsbewegungen.
Licht zerstört das Wachstumshormon. Deshalb enthält die dem Licht zugewandte Seite des Stengels weniger Hormon als die dem Licht abgewandte Seite, die folglich schneller wächst, wodurch der Stengel sich dem Licht entgegenkrümmt.
Durch die Einwirkung der Schwerkraft auf liegende Stengel konzentriert sich das Wachstumshormon auf der Unterseite des Stengels Dieser wächst dadurch an der Unterseite schneller als an der Oberseite, so daß der Stengel sich aufrichtet.

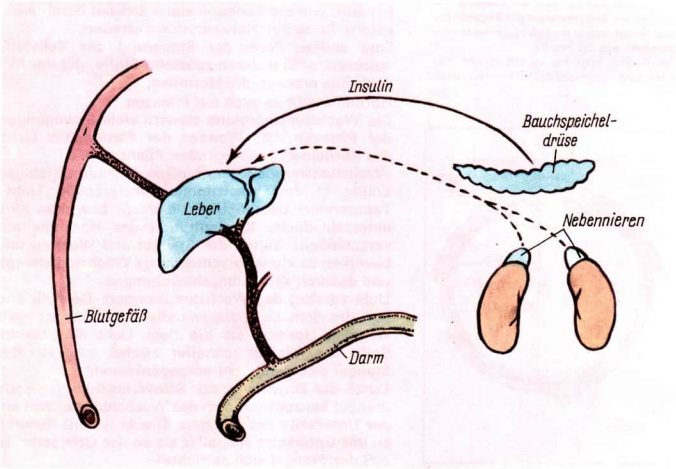
Hormone — steuernde Stoffe

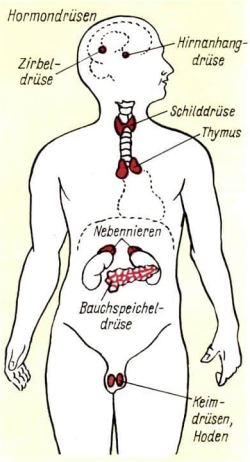
Die Steuerung der Körperzellen kann auch durch chemische Reize erfolgen, die durch die Körperflüssigkeit übermittelt werden. Diese Reize werden durch Hormone ausgeübt.
Hormone sind Stoffe, die den Stoffwechsel bestimmter Körperzellen beeinflussen, erregen oder hemmen. Sie werden von den Zellen der Hormondrüsen erzeugt. Hormone sind oft Eiweiße. Ein Beispiel für die hormonale Regelung ist die Erhaltung der Konzentration des Traubenzuckergehaltes im Blut.
Bei Bewegung, aber auch bei körperlicher Ruhe wird dem Blut ständig Traubenzucker entzogen. Der Ersatz des entzogenen Traubenzuckers erfolgt jedoch nicht gleichmäßig, sondern stoßweise und abhängig von den Mahlzeiten. So wäre zu erwarten, daß der Blutzuckerspiegel nach den Mahlzeiten stark ansteigt und danach ständig sinkt, wobei das Sinken bei körperlicher Bewegung schneller erfolgen müßte als bei Ruhe.
Genaue Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß der Zuckerspiegel stets etwa gleich hoch ist. Er schwankt, unabhängig von den Mahlzeiten, zwischen 0,8 und 1,2 Gramm pro Liter Blut.

Auf die Regelgröße Blutzuckerspiegel wirken als Störungen die Verdauung und der Stoffwechsel (biologische Oxydation) der Zellen ein. Nebenniere und Bauchspeicheldrüse wirken als Regler, die ihre Hormone in Abhängigkeit vom Blutzuckerspiegel ans Blut abgeben. Diese werden mit dem Blut zur Leber transportiert und steuern dort den Stoffwechsel der Leberzellen.

Zuckerkrankheit, Diabetes, beruht meist darauf, daß die Bauchspeicheldrüse die Fähigkeit zur Insulinproduktion verloren hat. Dadurch erhöht sich der Blutzuckerspiegel oft bis auf das Zehnfache des Normalen. Hohe Blutzuckerkonzentration aber schädigt die Körperzellen.
Kann die Bauchspeicheldrüse nicht wieder geheilt werden, verhindert man die Schädigung der Körperzellen, indem man dem Körper das fehlende Insulin zuführt.

Die Keimdrüsen (bei der Frau z. B. in den Eierstöcken gelegen) steuern die Ausbildung der äußeren Geschlechtsmerkmale.
Die Entwicklung der Schambehaarung, Bartwuchs und Stimmbruch, die Entwicklung der Milchdrüsen und anderer geschlechtstypischer Merkmale werden durch die Hormone der Keimdrüsen gesteuert.



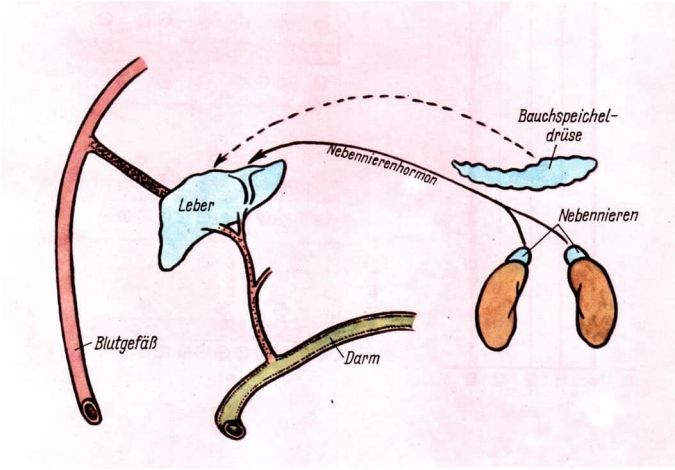


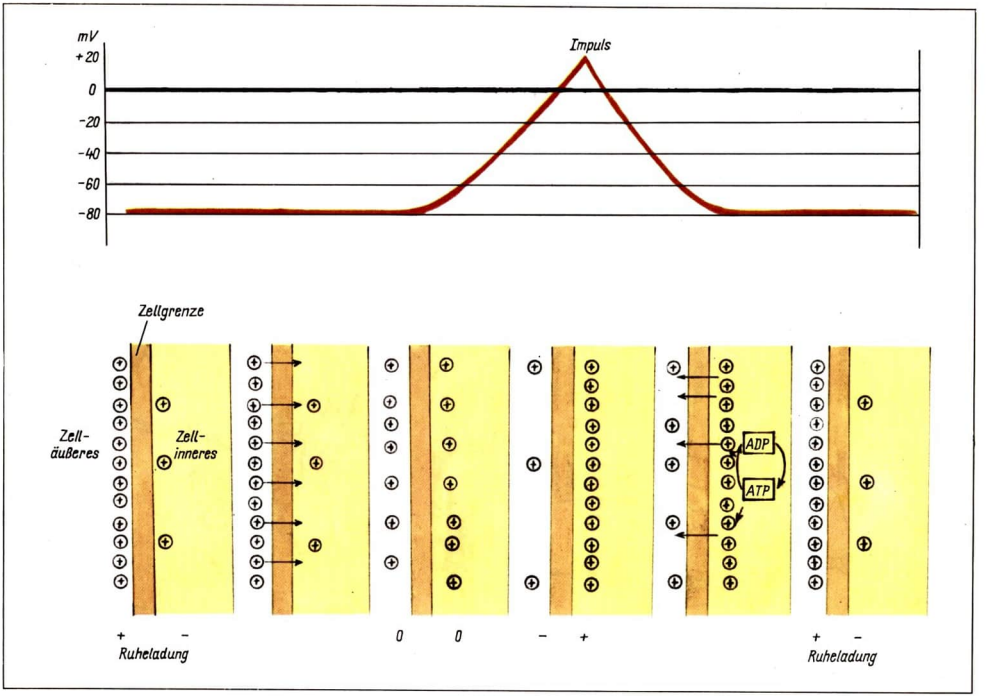
Es muß im Körper folglich ein Organ vorhanden sein, das den Zuckergehalt des Blutes stets konstant hält. Dieses Organ muß dem Blut bei Zuckerüberschuß nach den Mahlzeiten Zucker entziehen und diesen speichern. Sinkt aber der Zuckerspiegel infolge des Stoffwechsels der Zellen, dann muß dieses Organ den gespeicherten Zucker dem Blut allmählich wieder zuführen.

Dieses Organ ist die Leber. Das Blut, das den Zucker aus dem Darm aufgenommen hat, fließt zunächst in die Leber. Diese regelt den Zuckergehalt des Blutes, ähnlich wie ein Stausee die Wassermenge eines Flusses: Bei Hochwasser wird das Wasser gespeichert, bei Trockenheit allmählich wieder abgegeben. Die Steuerung des Stoffwechsels der Leberzellen erfolgt durch zwei Hormone.

Das eine Hormon heißt Insulin und wird bei Zuckerüberschuß im Blut von besonderen Zellen der Bauchspeicheldrüse — den Inselzellen — erzeugt und ans Blut abgegeben. Es bewirkt, daß die Leberzellen dem Blut Traubenzucker entziehen.

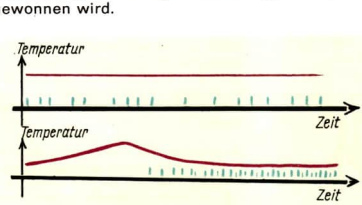
Das andere Hormon wird bei Zuckermangel in der Nebenniere erzeugt und beeinflußt den Stoffwechsel der Leberzellen so, daß die als Glykogen gespeicherte Stärke in Traubenzucker umgewandelt und ins Blut abgegeben wird.



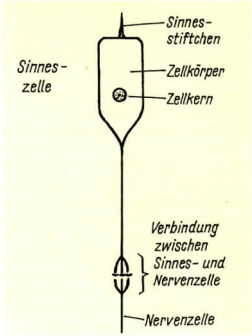

mV
+20
0
-20
-40
-60
-80
Impuls
Zellgrenze
Zell-
äußeres
Zell-
inneres
ADP
ATP
+
-
Ruheladung
0
0
-
+
+
-
Ruheladung

Sinneszellen — Meßglieder des Organismus

Die Steuerung der Körperzellen durch das Zentralnervensystem führt nur dann zur Erhaltung der Beständigkeit des inneren Milieus wenn sie den äußeren Einwirkungen den Störungen, entspricht. Die Zellen des Zentralnervensystems können die richtigen Aufträge an die Körperzellen nur dann erteilen, wenn sie durch die Sinneszellen, die Meßglieder des Körpers, genau über den Zustand des inneren Milieus und die Störungen informiert sind.
Die Sinneszellen erzeugen wie die Nervenzellen eine elektrische Ladung indem an ihrer Plasmagrenzschicht ein Konzentrationsunterschied von elektrisch positiv und negativ geladenen Teilchen auftritt. Dadurch entsteht ein elektrischer Ladungsunterschied zwischen Zellinnerem und Zelläußerem. Das Zellinnere ist dabei elektrisch negativ geladen. Diese Ladung heißt Ruheladung und kann 40 bis 80 Millivolt betragen. Die äußeren Einwirkungen, die Reize, bewirken nun, daß sich dieser Konzentrationsunterschied aufhebt, indem die positiv geladenen Teilchen in das Zellinnere schießen. Das kann so heftig geschehen, daß im Zellinnern sogar ein geringer Überschuß an positiv geladenen Teilchen entsteht. Im erregten Zustand ist der Ladungsunterschied, die Erregungsladung, also entweder gleich Null oder positiv (bis zu 20 Millivolt). Einen solchen Ladungsausgleich nennt man Impuls.
Nach der Abgabe eines Impulses ist die Sinneszelle entladen und somit nicht mehr erregbar. Sie transportiert die eingeströmten positiv geladenen Teilchen wieder aus der Zelle heraus, sie erzeugt eine neue Ruheladung und ist erst dann wieder erregbar.
Der gesamte Vorgang dauert nur wenige Millisekunden. Zu seinem Ablauf, vor allem zur Erzeugung der Ruheladung, ist Energie notwendig, die aus ATP gewonnen wird.



Aufzeichnung der Impulsfolgen von Temperatursinneszellen (blaue Markierungen) bei gleicher (oben) und sich ändernder Temperatur (unten)



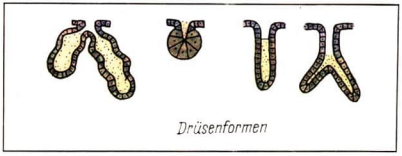
In der Umgebung des Menschen herrscht immer eine bestimmte Temperatur, so daß eine Temperatursinneszelle stets Impulse erzeugt. Ändert sich nun die Temperatur, dann folgen auch die Impulse schneller oder langsamer aufeinander. Aus der Anzahl der Impulse in einer bestimmten Zeit kann man folglich ablesen, welche Temperatur in der Umgebung der Sinneszelle herrscht. Die Temperatursinneszellen messen die Temperatur. Sie übersetzen die Meßergebnisse in die Sprache der Nervenzellen, in Impulsfolgen.
In entsprechender Weise arbeiten auch die anderen Sinneszellen. Lichtsinneszellen messen die Lichtstärke, Hörsinneszellen Lautstärken und Geschmackssinneszellen die Konzentration von Stoffen.

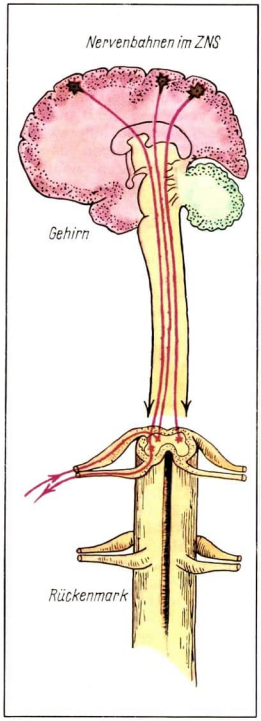
Die Erregung der Zellen besteht in der Änderung der Impulsfolge durch Änderung einer Umweltbedingung.

Über die Vorgänge in den Temperatursinneszellen weiß man bereits genauer Bescheid. Beim Menschen gibt es zwei Arten, die Kältepunkte und die Wärmepunkte. Sie liegen in der Lederhaut. Die Kältepunkte reagieren nur im Bereich zwischen plus 10 Grad Celsius und plus 30 Grad Celsius und dann noch einmal im Bereich über 45 Grad Celsius. Die Wärmepunkte reagieren im Bereich zwischen 23 und 45 Grad Celsius. Charakteristisch ist für beide, daß es etwa in der Mitte des Empfindungsbereiches die größte Anzahl von Impulsen pro Sekunde gibt, bei steigender beziehungsweise fallender Temperatur nimmt die Impulsfolge ab. Die Temperaturempfindung des Menschen ist das Resultat des Zusammenwirkens beider Arten von Temperatursinneszellen.

Das koordinierende Zentrum

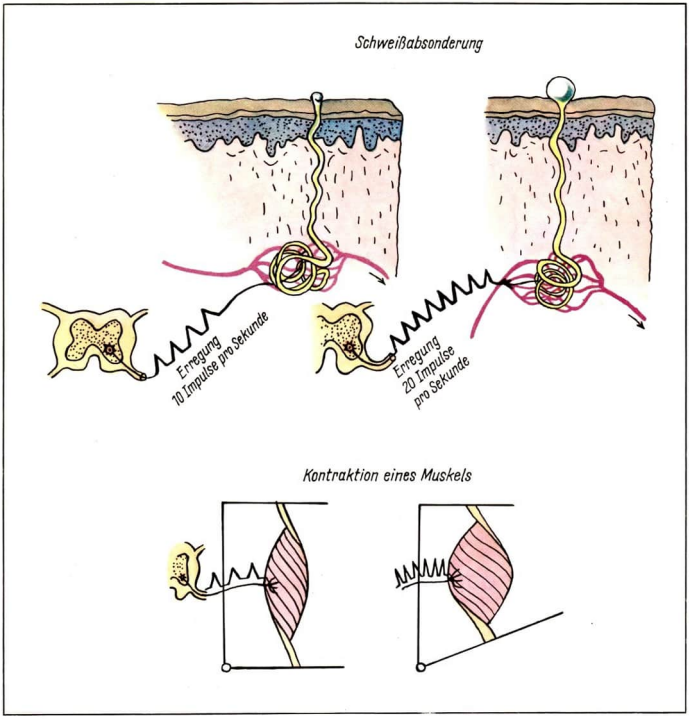
Die Regelung des inneren Milieus ist ein sehr komplizierter Vorgang, an dem viele Meß- und Stellglieder beteiligt sind, deren Tätigkeit genauestens aufeinander abgestimmt ist.
Wie wird zum Beispiel die Körpertemperatur beim Menschen geregelt, wenn sich die Außentemperatur abkühlt? Zunächst verstärkt sich die biologische Oxydation der Körperzellen, um den erhöhten Wärmeverlust auszugleichen. Dazu müssen die Körperzellen mehr Sauerstoff und Traubenzucker erhalten. So erhöht sich der Puls, das Blut fließt schneller; die Anzahl der Atemzüge erhöht sich ebenfalls. Reicht das nicht aus, dann muß die Wärmeabgabe eingeschränkt werden. Das geschieht, indem die Blutgefäße der Haut verengt oder geschlossen werden. Es fließt weniger Blut in die abgekühlte Haut. Schließlich beginnt der Mensch zu zittern. Die Muskelbewegungen, die das Zittern verursachen, bewirken eine weitere Verstärkung der biologischen Oxydation und somit der Wärmeerzeugung. Bei Erhöhung der Körpertemperatur durch steigende Außentemperatur oder durch intensive Bewegung wird der Körper durch Schweißabsonderung und verstärkte Durchblutung der Haut gekühlt. Durch die verstärkte Durchblutung, die an der Rötung der Haut erkennbar ist, wird Wärme vom Körperinnern an die Körperoberfläche abgegeben. Die Verdunstung des Schweißes entzieht der Körperoberfläche Wärme.
Alle diese Vorgänge müssen genauestens aufeinander abgestimmt, koordiniert, werden. Es muß ein Organ vorhanden sein, das mit allen Körperzellen in Verbindung steht und das die Tätigkeit der einzelnen Zellen auf das genaueste steuern kann. Dieses Organ muß zugleich mit allen Meßgliedern verbunden sein und die Tätigkeit der Körperzellen mit den Meßergebnissen in Übereinstimmung bringen. Das Organ, das alle diese Vorgänge „überwacht" und aufeinander abstimmt, heißt Zentralnervensystem (ZNS), das aus Gehirn und Rückenmark sowie vielen Nervenfasern besteht, die es mit den Meß- und Stellgliedern des Organismus verbinden.





Die Zellkörper der Nervenzellen liegen im Gehirn und im Rückenmark, ihre Fortsätze durchziehen den ganzen Körper und verbinden Gehirn und Rückenmark mit allen Körperzellen. So können Gehirn und Rückenmark den Stoffwechsel aller Körperzellen steuern.

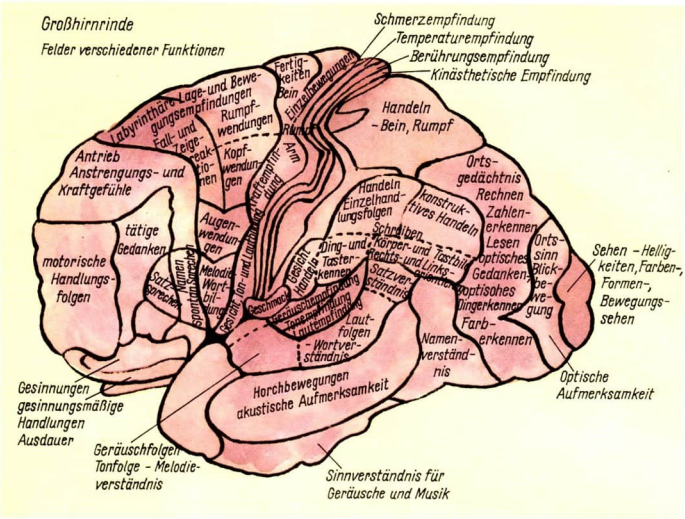
Die Intensität des Stoffwechsels der Körperzellen ist von der Impulsfolge der Nervenzellen abhängig, mit denen sie verbunden sind. Bei einer Drüsenzelle beispielsweise entspricht jeder Impulsfolge eine bestimmte Menge abgegebenes Sekret. Bei einer Impulsfolge von zehn Impulsen je Sekunde

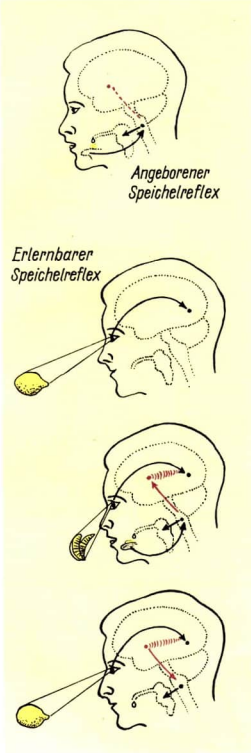


werden beispielsweise 0,4 Milligramm Sekret erzeugt, bei einer Impulsfolge von fünfzehn Impulsen je Sekunde würden 0,5 Milligramm Sekret erzeugt und so weiter.

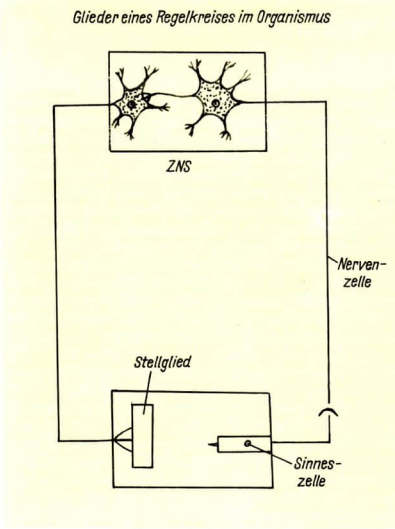
In Muskelzellen entspricht jedem Impuls ein kurzes Zusammenziehen, eine Zuckung. Bei einer Impulsfolge von fünfzehn Impulsen je Sekunde käme es zu fünfzehn Zuckungen in der Sekunde. In den kurzen Zwischenräumen zwischen den Einzelzuckungen kann sich der Muskel jedoch nicht mehr auf seine ursprüngliche Länge ausdehnen, die bei der Zuckung erreichte Kürze bleibt erhalten, der Muskel ist kontrahiert.

Die Zellen des Zentralnervensystems, die Nervenzellen, können wie die Sinneszellen ihr Inneres elektrisch aufladen und sich entladen. Durch ihre langen Fasern können sie so Impulse der Sinneszellen zum ZNS und vom ZNS zu den Körperzellen leiten. Diese elektrischen Impulse sind Reize für die Körperzellen, mit denen die Nervenzelle durch ihren Fortsatz verbunden ist. Eine Nervenzelle kann in einer Sekunde viele Impulse erzeugen. Die Impulsfolge der Nervenfaser erregt oder hemmt den Stoffwechsel der mit ihr verbundenen Zellen. So kann der Stoffwechsel der Zellen durch die Impulsfolge der Nervenzelle genau gesteuert werden.


Großhirnrinde
Felder verschiedener Funktionen
Schmerzempfindung
Temperaturempfindung
Berührungsempfindung
Kinästhetische Empfindung
Fertigkeiten Bein
Einzelbewegungen
Handeln – Bein, Rumpf
Lage- und Bewegungsempfindungen
Labyrinthäre Fall- und Zeigebewegungen
Rumpfwendungen
Kopfwendungen
Arm
Antrieb Anstrengungs- und Kraftgefühle
Orts-gedächtnis
Rechnen
Zahlenerkennen
Lesen
optisches Gedächtnis
optisches Fingerkennen
Farberkennen
Namenverständnis
Handeln Einzelhandlungsfolgen
konstruktives Handeln
Schulden
Körper- und Rechts- und Links-Satzverständnis
Tastbild
Ding- und Tasterkennen
Gesichtshandeln
Gesichtsfeldausfall
Gesichtsfeldausfall
Gesichtsfeldausfall

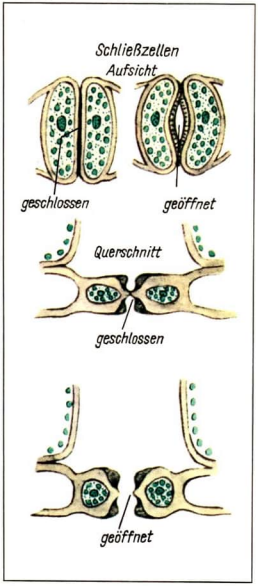


Auf der Grundlage angeborener Reflexe können weitere Reflexe „erlernt" werden: Der Anblick einer Zitrone erregt zunächst nur das Sehzentrum, ihr Geschmack, der den angeborenen Reflex auslöst, erregt das Geschmackszentrum. Wird die Zitrone erblickt und gegessen, so werden beide Zentren zugleich erregt, und es entsteht eine Verbindung zwischen beiden Zentren. Durch mehrfache Wiederholung kann diese Verbindung so fest werden, daß der Anblick der Zitrone genügt, um den Speichelreflex auszulösen.



Dafür ein Beispiel: Der Zustand im Mund ist eine geregelte Größe. Der Organismus ist bestrebt, den normalen geschmacklosen Zustand aufrechtzuerhalten. Wirkt nun eine Störung ein, zum Beispiel beim Verzehren eines sauren Nahrungsmittels, einer Zitrone, dann übermitteln die Geschmackssinneszellen der Zunge diese Störung über die Empfindungsnerven an das Gehirn.
Dort sind diese mit den Bewegungsnerven verbunden, welche den Stoffwechsel der Speicheldrüsen steuern. Die veränderte Impulsfolge der Geschmacksnerven verändert die Impulsfolge in den Nerven, die die Speicheldrüsen des Mundes steuern. Dadurch werden die Speicheldrüsen zu stärkerer Speichelabsonderung angeregt. Der verstärkt abgesonderte Speichel verdünnt die in den Mund eingedrungene Säure und spült sie notfalls aus dem Mund heraus. Der normale Zustand ist wieder hergestellt, die Störung ist beseitigt.
Ein solcher Vorgang, bei dem eine äußere Einwirkung eine bestimmte Reaktion des Organismus hervorruft, heißt Reflex. Der beschriebene Speichelreflex ist angeboren.

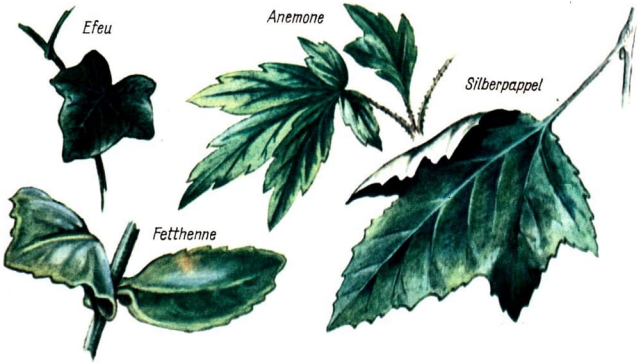
Spaltöffnungen — Regler der Pflanzen



Das innere Milieu des Pflanzenkörpers ist meist viel weniger kompliziert als das der Tiere. Pflanzen haben weder Blut noch eine ähnliche Körperflüssigkeit. Die Körperflüssigkeit der Pflanzen ist vor allem Wasser mit darin gelösten Nährsalzen. Organische Stoffe werden von Zelle zu Zelle transportiert und sind nicht in der Körperflüssigkeit gelöst. Den zur biologischen Oxydation notwendigen Sauerstoff entnehmen die heterotrophen Zellen des Pflanzenkörpers den Zwischenzellräumen, die durch Poren mit der Außenluft in Verbindung stehen. Da die Pflanzen keine Eiweißstoffe aufnehmen, entstehen in ihrem Stoffwechsel auch keine giftigen, stickstoffhaltigen Abfallprodukte, die an die Körperflüssigkeit abgegeben werden und aus ihr entfernt werden müßten.

Da die mit der Außenluft in Verbindung stehende Körperoberfläche das Blattwerk, sehr groß ist, verdunstet das Wasser der Blätter leicht. Man hat festgestellt, daß eine mittelgroße Birke mit etwa zweihunderttausend Blättern an einem normalen Tage 60 bis 70 Liter an sehr heißen Tagen bis zu 400 Liter Wasser durch ihre Blätter verdunstet. Diese Wassermenge muß von den Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werden.

Bei Wasserabgabe durch die Blätter wird die Pflanze abgekühlt und so — vor allem an heißen Tagen — vor Überhitzung bewahrt. Zum anderen ermöglicht die Verdunstung einen stetigen Wasserstrom in den



Die Regelung der Wasserabgabe durch die Spaltöffnungen erfordert einen guten Verdunstungsschutz, damit nur möglichst wenig Wasser durch die Haut verdunstet. Pflanzen, die auf trockenen Standorten leben, haben besondere Einrichtungen zum Verdunstungsschutz.
Ihre Haut ist oft von einer dicken Kutikula überzogen, oft sind die Blätter behaart. Die Spaltöffnungen können auch in Gruben eingesenkt sein. Bei vielen Gräsern sind die schmalen Blattflächen eingerollt. So wird erreicht, daß 90 bis 95 Prozent des Wassers durch die Spaltöffnungen verdunstet und damit der Wasserhaushalt geregelt wird.
Die Veränderung der Spaltöffnung durch die Schließzellen beruht auf dem Bau ihrer Zellwand und auf dem Druck, den die prall mit Wasser gefüllten Zellen auf die Zellwand ausüben.

Eine Abbildung zeigt eine weit verbreitete Spaltöffnungsform. Die Zellwände der Schließzellen sind auf der Öffnungsseite (Bauchwand) durch zwei Leisten (außen und innen) verstärkt, während die Rückwand dünn und elastisch bleibt. Bei reichlicher Wasserzufuhr füllt sich die Zelle mit Wasser und drückt auf die Zellwände. Jedoch nur die dünne Rückwand gibt nach. Dadurch wird die starre Bauchwand mitgezogen, und der Spalt öffnet sich. Geht die Wasserzufuhr zurück, dann läßt auch der Druck in den Zellen nach, und die starren Vorderleisten nehmen ihre ursprüngliche Lage wieder ein, der Spalt ist geschlossen.

Gefäßen, durch den die von den Wurzeln aufgenommenen Salze transportiert werden. Die Pflanzen sind also auf ständige Zufuhr von Wasser angewiesen.
Auf trockenen Standorten und in regenarmen Zeiten können die Wurzeln nicht immer die verdunstete Wassermenge aufnehmen. Deshalb muß die Verdunstung der Wasseraufnahme angepaßt, die Wasserabgabe durch die Blätter von der Pflanze geregelt werden können. Dazu dienen die Spaltöffnungen.
Die Zellen, welche die Spaltöffnungen bilden, können den Spalt zwischen sich erweitern, verengen und sogar schließen. Dadurch kann die Verdunstung durch die Spaltöffnungen so geregelt werden, daß sie der Wasseraufnahme durch die Wurzeln entspricht.
Die Veränderung der Spaltgröße beeinflußt jedoch auch die Fotosynthese, denn die Spaltöffnungen dienen nicht nur der Wasserabgabe, sondern auch der Aufnahme von Kohlendioxid. Verengung oder Verschluß der Spaltöffnungen bewirken auch Einschränkung oder völlige Unterbrechung der Aufnahme von Kohlendioxid und folglich der Fotosynthese. Die Ernährung der Pflanze durch Aufnahme von Kohlendioxid aus der Luft ist also stets mit Wasserverlust verbunden. Die Pflanze kann sich nur ernähren, indem sie Wasser verdunstet.
Muß die Pflanze wegen Wassermangels die Verdunstung einschränken, so wird dadurch auch die Aufnahme von Kohlendioxid behindert. Bei völligem Verschluß der Spaltöffnungen infolge lang andauernder Trockenheit kann schließlich kaum noch Kohlendioxid aufgenommen werden.
So schwebt die Pflanze gewissermaßen stets zwischen Verdursten und Verhungern.

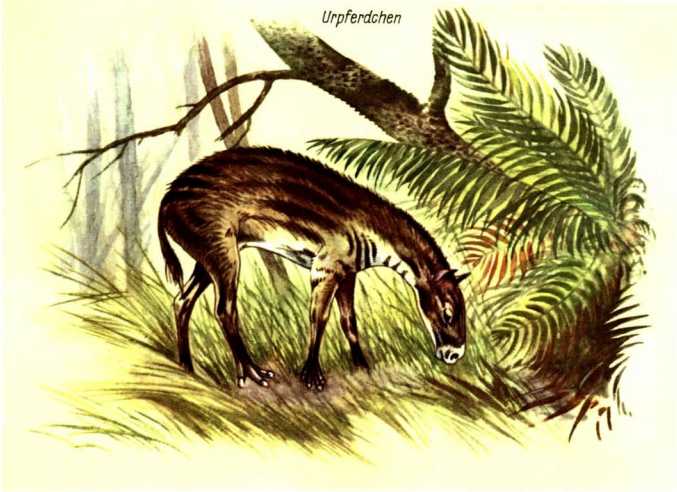
DIE ENTWICKLUNG DER ORGANISMEN

Veränderungen auf der Erde

Wir wissen bereits, daß auf der Erde etwa 1,5 Millionen Arten von Lebewesen leben. Vor den heute lebenden Arten lebten auf unserer Erde andere. Sie sahen anders aus, verhielten sich anders und hatten andere Lebensweisen. Diese Arten sind ausgestorben, ihre Anzahl ist um vieles größer als die Anzahl der gegenwärtig lebenden Arten.
Auf unserer Erde gab es im Verlauf ihrer Geschichte viele gewaltige Veränderungen. Gebirge und Ozeane entstanden und vergingen. Flüsse veränderten ihren Lauf, Eis bedeckte große Teile des Festlandes und schmolz wieder.
Die Veränderungen unserer Erde gehen sehr langsam vor sich, und es dauert viele Millionen Jahre, bis ein Gebirge entsteht oder verschwindet. Auch das Aussterben und das Entstehen von Arten sind sehr langsam verlaufende Prozesse, die sich in Hunderten von Millionen Jahren vollziehen. Durch diese und andere

Aus unserer Verfassung: „Im Interesse des Wohlergehens der Bürger sorgen Staat und Gesellschaft für den Schutz der Natur. Die Reinhaltung der Gewässer und der Luft sowie der Schutz der Pflanzen- und Tierwelt und der landschaftlichen Schönheiten der Heimat sind durch die zuständigen Organe zu gewährleisten ..."

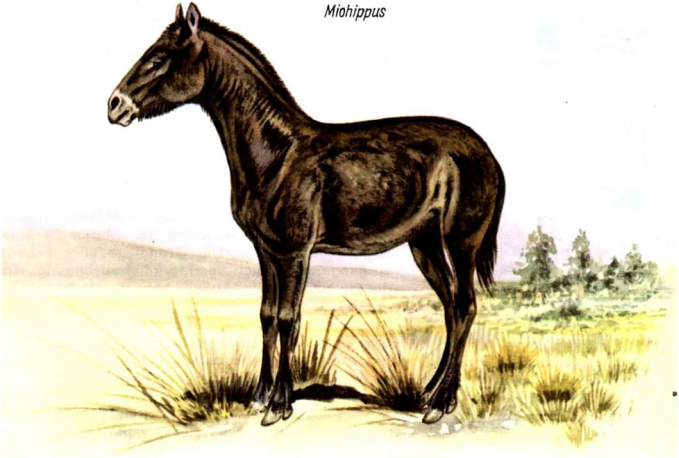
Aus unserem Landeskulturgesetz:
§ 7: „Die Betriebe und ihre übergeordneten Organe haben zu gewährleisten, daß die Landschaft und ihre Reichtümer sinnvoll und rationell genutzt werden. Sie sind dafür verantwortlich, daß aus ihrer Tätigkeit eine Beeinträchtigung der natürlichen Umwelt weitestgehend ausgeschlossen wird."
§ 11: „Maßnahmen, die die Landschaft verändern oder beeinflussen, sind so durchzuführen, daß entsprechend den Voraussetzungen der Landschaftshaushalt nicht gestört und eine Mehrfachnutzung der Landschaft erreicht wird."
§ 13: „Zu geschützten Pflanzen und Tieren können durch das zuständige zentrale Staatsorgan wildwachsende Pflanzen sowie wildlebende Tiere erklärt werden, wenn sie in ihrem Fortbestehen bedroht, volkswirtschaftlich bedeutsam oder für die wissenschaftliche Forschung und die Bildung von besonderem Wert sind."

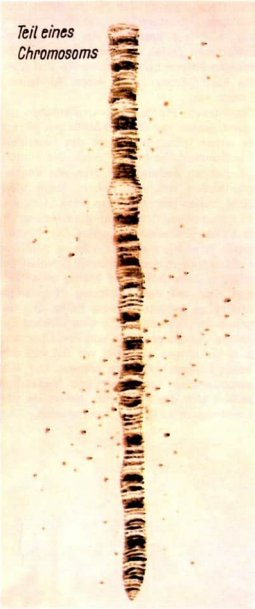

Urpferdchen

Veränderungen aber kommt es zum Aussterben vieler Arten von Lebewesen. Aus manchen Arten jedoch gehen neue Arten hervor, die den neuen Umweltbedingungen angepaßt sind und gut in der neuen Umwelt leben können.
Nur von wenigen dieser Vorgänge wissen wir überhaupt etwas, und nur über ganz vereinzelte Entwicklungsvorgänge wissen wir Genaueres. Einer dieser Vorgänge ist die Entwicklung des Pferdes.
Auch heute sind viele Arten von Pflanzen und Tieren vom Aussterben bedroht. Der Mensch verändert durch seine Arbeit die Umwelt der Lebewesen oft so erheblich, daß diese die für ihr Leben notwendigen Bedingungen nicht mehr vorfinden und dadurch allmählich aussterben. So sind manche Ackerunkräuter, die noch vor 20 Jahren sehr häufig waren, heute zu seltenen Pflanzen geworden. In den zoologischen und botanischen Gärten sowie in Naturschutzgebieten oder Landschaftsschutzgebieten in aller Welt wird versucht, den heute noch lebenden Pflanzen- und Tierarten Lebensmöglichkeiten zu schaffen und zu erhalten.
Es wird weltweit erkannt, daß die Natur als Lebensgrundlage des Menschen sorgsam nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gepflegt und behandelt werden muß, damit sie auch künftigen Generationen uneingeschränkt zur Verfügung steht.

Das Ursprungsland der Pferde, deren Entwicklung gut erforscht ist, ist Nordamerika. Von hier aus breiteten sie sich zu verschiedenen Zeiten und wiederholt über die Panama-Brücke nach Südamerika und über die Bering-Brücke nach Asien, Afrika und Europa aus.
Die ältesten Pferde, auch Urpferdchen genannt, lebten vor etwa 60 Millionen Jahren. Es waren fuchsgroße Tiere des Urwaldes. Die Schulterhöhe betrug 25 cm. Die Hintergliedmaßen endeten mit drei, die Vordergliedmaßen mit vier Zehen. Nach etwa 10 Millionen Jahren starben diese Tiere aus. Es traten neue Formen auf, die wiederum in fast allen Erdteilen vorkamen. Die Körpergröße erreichte die eines Schafes. Alle vier Füße waren nunmehr dreizehig, wobei die mittlere Zehe besonders kräftig entwickelt war. Der auf der Abbildung dargestellte Miohippus gehörte in diese Reihe. Die folgende Entwicklung zeigte eine weitere Zunahme der Körpergröße und den Übergang zum einzehigen Fuß, wie wir ihn von den heute lebenden Pferden kennen. Der sich verändernden Landschaft und Vegetation paßten sich die Pferde an, indem sie von Laubfressern zu Grasfressern wurden.

Miohippus





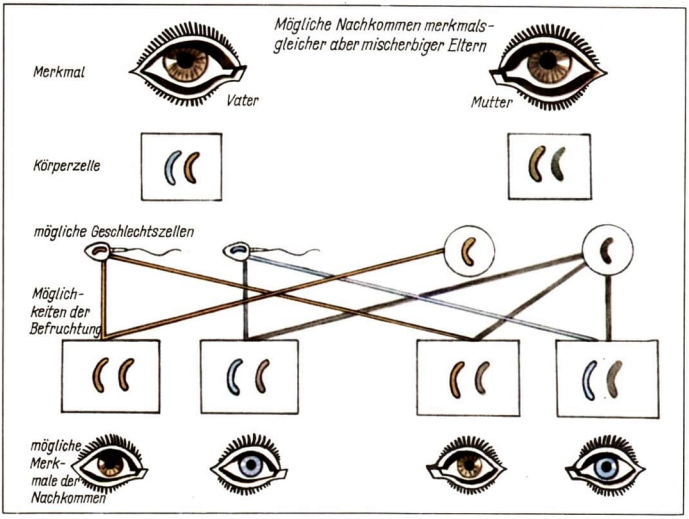
Chromosomensatz des Menschen (untere Abbildung)
Taufliegen haben besonders große und deshalb gut beobachtbare Chromosomen, von denen man Chromosomenkarten angefertigt hat, auf denen die Lage der Gene verzeichnet ist (obere Abbildung).
Die Gene für die verschiedenen Merkmale liegen an ganz bestimmten Orten auf den Chromosomen.

Gleicht ein Ei dem anderen?

Er gleicht ihm wie ein Ei dem anderen! Wer hat wohl diese Worte noch nicht gehört? Aber gibt es zwei vollkommen gleiche Lebewesen? Wenn wir genau hinschauen, finden wir immer Merkmale, und seien sie noch so winzig, durch die wir zwei Lebewesen voneinander unterscheiden können, auch wenn sie einander noch so ähnlich sehen.
Eltern und ihre Kinder sowie Geschwister sehen einander besonders ähnlich, aber sie unterscheiden sich in vielen Merkmalen voneinander. Leicht beobachtbare Merkmale sind beispielsweise die Augenfarbe, die Haarfarbe, die Gestalt der Ohrmuscheln, der Finger oder die Körperstatur. Bei diesen und vielen anderen Merkmalen kann man leicht Abweichungen zwischen Eltern und Kindern beobachten.
Wie ist das zu erklären?
Zur Beantwortung dieser Frage muß man zunächst wissen, wie die Ausbildung der Merkmale eines Organismus erfolgt. Die Grundlage aller Lebensvorgänge, also auch der Merkmalsausbildung, sind die Eiweißmoleküle. Augen- oder Haarfarbe werden durch Eiweiße bestimmt, und auch alle anderen Merkmale sind das Ergebnis der Lebenstätigkeit von Eiweißmolekülen. Unterschiedliche Merkmale beruhen also auf unterschiedlichen Eiweißmolekülen, gleiche Merkmale auf gleichen Eiweißmolekülen.
Die Bildung der Eiweißmoleküle wird durch die Kernsäuremoleküle des Zellkerns gesteuert. Unterschiede und Übereinstimmungen der Eiweiße, und damit der

Merkmale, haben ihre Ursache folglich in Unterschieden und Übereinstimmungen der Kernsäuren.
Für die Ausbildung vieler Merkmale ist jedoch nicht nur ein Eiweiß, sondern es sind viele verschiedene Eiweiße notwendig, die zusammen ein bestimmtes Merkmal ergeben. Die Bildung jedes Eiweißes wird durch einen Abschnitt eines Kernsäuremoleküls gesteuert. Einen solchen Abschnitt des Kernsäuremoleküls nennt man Gen.
Schon die Änderung eines einzigen Bausteins, eines Nukleotids, der Kernsäure bewirkt die Bildung eines anderen Eiweißes und so eine Änderung eines Merkmals. So kann beispielsweise das Gen für die Ausbildung der Augenfarbe in verschiedenen Formen vorkommen.
Je nach der Reihenfolge der Nukleotide werden die verschiedenen Augenfarben ausgebildet. Die verschiedenen Formen, in denen ein Gen vorkommt, nennt man seine Allele. Das Gen für die Ausbildung der Augenfarbe kommt also in einem Allel für braune Augen, einem Allel für blaue Augen und so weiter vor.
Das gilt nun für jedes Gen, und weil jedes Lebewesen eine große Vielzahl von Merkmalen besitzt, die alle in verschiedener Ausbildung vorkommen können, kann es nicht zwei Lebewesen geben, die einander in allen Merkmalen gleichen. Das trifft auch auf zwei Eier zu.
Neben diesen ererbten Merkmalsunterschieden gibt es auch noch Unterschiede, welche durch äußere Einwirkungen bedingt sind, z. B. durch Ernährung, Wasserangebot oder auch durch Verletzungen.

Die Verschiedenheit der Lebewesen beruht nicht nur auf der Verschiedenheit der Gene. Viele Merkmale kommen durch äußere Einwirkungen zustande, zum Beispiel Narben. Auch andere Einwirkungen der Umwelt, mangelndes Nahrungsangebot oder Wassermangel, beeinflussen die Ausbildung der Merkmale.
Merkmale dieser Art finden wir bei den Nachkommen nicht wieder, sie sind nicht erblich, während die durch Gene bestimmten Merkmale auf die Nachkommen vererbt werden können.



Lebewesen, deren Zellen verschiedene Allele eines Gens besitzen, heißen **mischerbig**. Sie können verschiedene Merkmale auf ihre Nachkommen vererben. Reinerbige Organismen besitzen gleiche Allele eines Gens. Die Eigenschaften reinerbig und mischerbig beziehen sich immer nur auf ein Merkmal. So kann es vorkommen, daß ein Mensch in bezug auf die Körpergröße reinerbig ist, also zweimal das Allel Groß besitzt, in bezug auf die Augenfarbe aber mischerbig ist.

Ganz der Vater!

Die vielen Merkmale, durch die sich die einzelnen Lebewesen voneinander unterscheiden, ändern aber nichts daran, daß verwandte Lebewesen einander ähnlich sind. Die Merkmale werden bei der Fortpflanzung von den Eltern an die Nachkommen weitergegeben, vererbt.

Jedes Lebewesen entsteht aus einer Zelle, meist

einer Eizelle, die von einer Samenzelle befruchtet worden ist. Bei der Vereinigung von Eizelle und Samenzelle vereinigen sich auch deren Zellkerne. Daher kommt es auch, daß alle Körperzellen jedes Chromosom doppelt besitzen: eines stammt von der mütterlichen Eizelle, das andere von der väterlichen Samenzelle. So ist es zu erklären, daß die Merkmale der Eltern bei den Kindern wieder erscheinen.

Da es aber nun nicht zwei Eltern gibt, bei denen alle Gene von den gleichen Allelen gebildet werden und daher die gleichen Merkmale vererben, befinder sich auf den beiden Chromosomen eines Paare, verschiedene Allele. Wenn der Vater beispielsweise braune und die Mutter blaue Augen hat, dann enthält der Kern der befruchteten Eizelle in dem entsprechenden Chromosomenpaar zwei verschiedene Allele (braunäugig und blauäugig). Welche Augenfarbe hat aber nun das Kind?

Die Antwort auf diese Frage hängt von dem Verhältnis der beiden Allele ab. Entweder beide wirken gleich stark – es sind gleichwertige Allele –, oder eines überwiegt das andere, eines ist das herrschende, das andere das unterdrückte Allel. Bei gleichwertigen Allelen wird das Merkmal in einem Zwischenwert ausgebildet – also weder braun noch blau, sondern ein Gemisch aus beiden. Im anderen Falle wird das Merkmal des herrschenden Alleles ausgebildet, also bei herrschendem Allel Braun braune Augen, das Allel Blau wird unterdrückt, obwohl es in allen Zellen enthalten ist.

Welche Merkmale haben die Nachkommen eines Lebewesens, bei dem für ein Merkmal zwei verschiedene Allele vorhanden sind? Das hängt von zwei Bedingungen ab. Bei der Bildung der Geschlechtszellen entstehen durch die Reifeteilung Kerne, die nur je ein Chromosom des Paares enthalten. So entstehen Ei- beziehungsweise Samenzellen, die stets nur eines der Allele besitzen (nur braun oder blau).

Die Augenfarbe des Kindes hängt demnach davon ab, welches Allel die Geschlechtszelle besitzt, aus der es hervorgeht, und auch davon, welches Allel die andere Geschlechtszelle besitzt. Befruchtet eine Samenzelle mit dem Allel Blau wieder eine Eizelle mit dem Allel Braun, haben die Kinder (bei gleichwertigen Allelen) eine gemischte Augenfarbe. Vereinigen sich aber die Geschlechtszellen mit gleichen Allelen (also zweimal Blau oder zweimal Braun), dann haben die Kinder braune beziehungsweise blaue Augen.

Unterdrückte Allele führen also nur dann zur Ausbildung des entsprechenden Merkmals, wenn sie bei der Befruchtung der Eizelle zusammenkommen. Es ist deshalb möglich, daß unterdrückte Allele über viele Generationen hinweg vererbt werden, ohne daß das entsprechende Merkmal ausgebildet wird.

Gleicherbig sind Lebewesen, die genau den gleichen Chromosomensatz, also vollkommen gleiche Allele besitzen, wie zum Beispiel alle Zellen eines Körpers. Gleicherbige Lebewesen entstehen nur bei ungeschlechtlicher Fortpflanzung oder eineiigen Mehrlingen (zum Beispiel Zwillingen). Eineiige Zwillinge entstehen, wenn sich die beiden Zellen, die sich nach der ersten Teilung der befruchteten Eizelle bilden, voneinander lösen und getrennt voneinander zu vollständigen Organismen entwickeln.

Wildkaninchen

Albino

Der weiße Hase

Hasen sehen gewöhnlich braun aus, weiße Hasen sind außergewöhnlich selten, sie kommen aber gelegentlich doch vor. Wie kommt es zu solcher Abweichung?
Die Ausbildung der Haarfarbe wird, wie die Ausbildung aller Merkmale, durch Gene gesteuert. Die Gene jeder Zelle eines Organismus werden nach jeder Zellteilung aufs neue erzeugt, indem jedes Kernsäuremolekül einen genauen „Abdruck" von sich erzeugt. Nicht immer geht dieser Vorgang jedoch ohne Störungen vor sich. Gelegentlich kommt es vor, daß durch äußere Einwirkungen — schädliche Stoffe, Strahlungen, plötzliche Temperaturveränderungen — ein Fehler im Abdruck entsteht, indem falsche Nukleotide in die Kette des Kernsäuremoleküls eingebaut werden. Dadurch wird das Gen verändert und das entsprechende Merkmal in anderer Form oder überhaupt nicht ausgebildet. Ein neues Allel ist entstanden. Einen solchen Vorgang nennt man Mutation. Lebewesen mit einem mutierten Merkmal heißen Mutanten.
Die meisten Mutationen sind für das Lebewesen schädlich oder sogar tödlich. Ein Beispiel dafür ist die Sichelzellenanämie, eine Krankheit des Men-

Manche Gene mutieren häufiger, andere seltener. Man schätzt, daß im Durchschnitt bei hunderttausend Geschlechtszellen ein Gen mutiert ist. Da nun alle höheren Organismen mindestens zehntausend Gene (die meisten viel mehr) besitzen, kann man annehmen, daß jedes zehnte Lebewesen wenigstens ein Gen besitzt, das in einem neuen Allel vorkommt. In einer Klasse von dreißig Schülern befinden sich also durchschnittlich drei Schüler, die ein frisch mutiertes Gen besitzen.

Bei Mutationen entstehen oft unterdrückte Allele. Das Äußere dieser Mutanten bleibt unverändert, da die Ausbildung des Merk-

Kopf eines weißen Raben

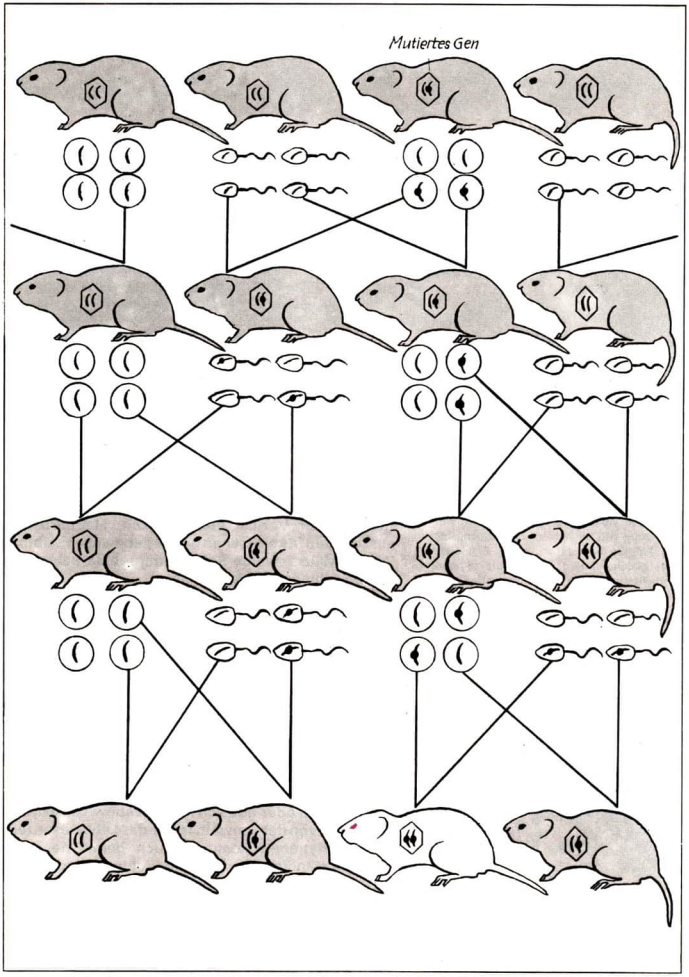
Schneehase

mals von dem „normalen" herrschenden Allel bestimmt wird. So kann ein mutiertes Allel über viele Generationen vererbt werden, ohne daß es sich im Erscheinungsbild des Trägers bemerkbar macht. Erst wenn zwei gleiche unterdrückte Allele in einer befruchteten Eizelle zusammentreffen, wird dieses Merkmal ausgebildet.

Eine bei Pflanzen bekannte Mutante ist die **Blutbuche**, eine mutierte Rotbuche. Die Rotbuche hat grüne Blätter (ihren Namen erhielt sie wegen ihres rötlich gefärbten Holzes). Bei der Blutbuche wird das Chlorophyll durch einen roten Farbstoff überdeckt. Deshalb hat die Blutbuche dunkelrot gefärbte Blätter.

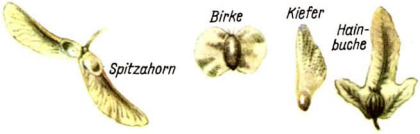
Kopf einer weißen

schen, die durch eine Mutation entstanden ist. Eine andere Mutation, die bei Menschen und Tieren auftritt, ist der Verlust der Fähigkeit, Hautfarbstoffe auszubilden. Es entstehen weiße Lebewesen, Albinos. Weiße Mäuse, weiße Ratten oder weiße Raben sind solche Albinomutanten.
Weiße Mäuse, Ratten oder Kaninchen werden von Raubtieren besonders leicht entdeckt und gefressen, deshalb kommen sie kaum zur Fortpflanzung und können so das mutierte Gen nicht auf Nachkommen vererben: sie werden ausgemerzt.
Es gibt aber auch Umweltbedingungen, in denen sich diese Mutation als sehr nützlich erweist: die Polarlandschaft Dort schützt die weiße Haarfarbe die Tiere. Deshalb leben in diesen Gegenden viele Tierarten, die ein weißes Fell oder Gefieder tragen: Schneehasen, Eisbären, Schneehühner.
Es hängt also nicht nur von der Art der Mutation ab, ob sie schädlich oder nützlich für das Lebewesen ist, sondern auch von der Umwelt, in der das Lebewesen lebt.
Albinomutationen kommen auch beim Menschen vor Vollständige menschliche Albinos sind jedoch meist nicht lebensfähig. Anders ist das, wenn der Albinismus auf einzelne Teile der Körperoberfläche beschränkt bleibt. So gibt es Menschen mit weißen Flecken in der Haut oder Menschen mit angeborenen weißen Haaren.


Mutiertes Gen

Die gemeinsame Genkasse

Durch Mutationen entstehen neue Allele vorhandener Gene. Bei der Albinomutation, die beispielsweise in den Eierstöcken einer Feldmaus geschieht, erzeugt die normal braun gefärbte Maus Eizellen, in denen das Gen für die Haarfarbe in Form eines neuen Allels, des Allels Weiß (w), vorkommt. Wie bei den meisten Mutationen ist auch dieses Allel ein unterdrücktes Allel. Bei der Fortpflanzung wird das Allel (w) nun mit dem herrschenden Allel Braun (B) vereinigt, so daß die Nachkommen der Maus alle braun sind, obwohl die Eizellen auch das Allel (w) besitzen.
Infolge der Trennung der Chromosomenpaare bei der Reifeteilung tragen die Eizellen und Samenzellen, die von der ersten Generation der Nachkommen dieser Maus erzeugt werden, zur Hälfte das Allel w, zur anderen Hälfte das Allel B. Das Allel w können jedoch nur Geschlechtszellen der Nachkommen dieser einen Maus tragen, alle anderen Mäuse der Population erzeugen Geschlechtszellen mit dem normalen, nicht mutierten Allel B. Weiße Mäuse können jedoch nur entstehen, wenn eine Eizelle mit dem Allel w durch eine Samenzelle mit dem gleichen Allel befruchtet wird. In der freien Natur wird das nur selten der Fall sein, denn es müssen sich zwei Mäuse paaren, die beide Träger des Allels w sind. Da es diese Tiere in der Population nur sehr selten gibt, geschieht das auch sehr selten. Außerdem müssen beide Geschlechtszellen das Allel w tragen, denn bei der Vereinigung von w mit B entstehen ja braune Mäuse. Wenn also eine solche Mutation in einer Population auftritt, dann ist das den Tieren zunächst gar nicht anzusehen. Das neu mutierte Allel w kann sich im Verlaufe mehrerer Generationen innerhalb der Population ausbreiten, ohne daß weiße Mäuse entstehen. Die Population wird in bezug auf das Merkmal Haarfarbe mischerbig, sehr viele Mäuse besitzen beide Allele, w und B; trotzdem bleiben die Mäuse braun.
So kann durch eine Mutation bei einem einzigen Lebewesen der Genvorrat einer ganzen Population — ihre gemeinsame Genkasse — bereichert werden, ohne daß sich das Aussehen der Lebewesen verändert.



Eine **Population** ist eine Gruppe von Lebewesen einer Art, die auf einem gemeinsamen Territorium leben und sich miteinander fortpflanzen und so einen gemeinsamen Genvorrat besitzen.

Das Territorium einer Population kann unterschiedlich groß sein:

Das Territorium der **Mäusepopulation** einer Waldwiese ist nur so groß wie die Wiese, denn diese Mäuse wandern nicht durch den Wald und können sich deshalb nicht mit anderen Mäusen vermischen. Ein Allel, das in dieser Population entstanden ist, kann folglich auch nicht in eine andere Population übertragen werden, es bleibt nur im Besitz des Genvorrates dieser Population.

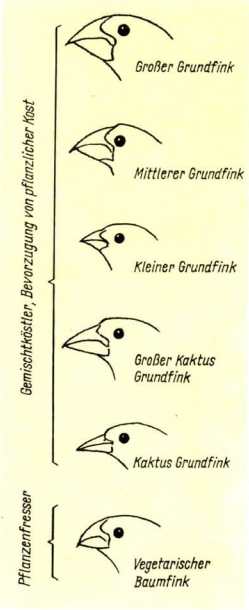
Das Territorium von **Vogelpopulationen** ist meist sehr groß. Die Mäusebussarde bilden beispielsweise eine einzige große Population.

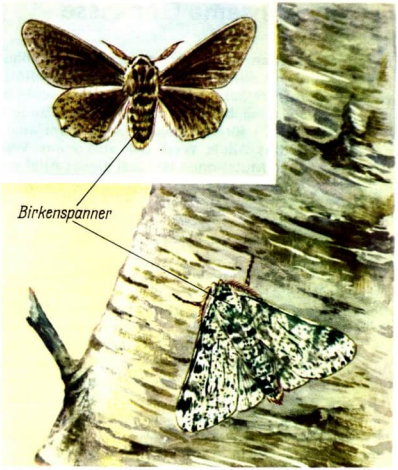
Das Territorium von **Pflanzenpopulationen** hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Bei Insektenblütlern wird seine Größe von der Verbreitung der Insekten bestimmt, durch welche die Bestäubung erfolgt. Bei Windblütlern wird die Verbreitung des Pollens durch die Witterungsverhältnisse während der Blütezeit bestimmt.

Viele Pflanzen erzeugen Samen, die Flug- oder Schwimmeinrichtungen zur **Verbreitung** besitzen. Andere wieder erzeugen Samen oder Früchte, die von Tieren verbreitet werden.

Früchte, die auf verschiedene Weise verbreitet werden

Der englische Naturforscher **Charles Darwin** entdeckte die Entstehung von Arten durch die Spaltung von Populationen. Während einer Weltumsegelung entdeckte er auf einer Inselgruppe Fliegen, deren Flügel nur als kleine, zum Fliegen unbrauchbare Stummel ausgebildet waren. Das Allel für Stummelflügel gibt es auch bei unseren Fliegen. Stummelflügelige Fliegen sind jedoch fluguntüchtig. Das ist in unserer Heimat nachteilig, dieses Tier kann sich nicht fortpflanzen. Auf diesen Inseln herrschen jedoch andere Umweltverhältnisse: Fast während des ganzen Jahres wehen heftige Winde oder Stürme. Fliegende Insekten werden von diesen Stürmen ins Meer geweht. Die fluguntüchtigen Insekten hingegen bleiben am Land und können sich fortpflanzen. So kann durch Auslese aus einer Population normalflügeliger Fliegen, in deren Genvorrat sich das Allel für Stummelflüglichkeit befindet, eine neue, stummelflügelige Population von Fliegen entstehen.



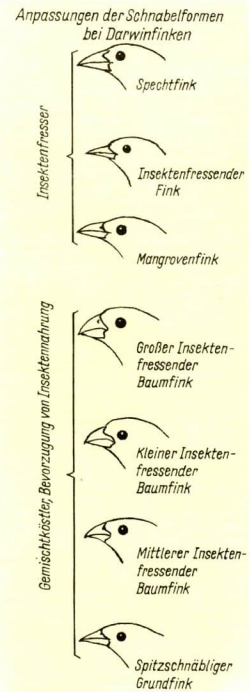


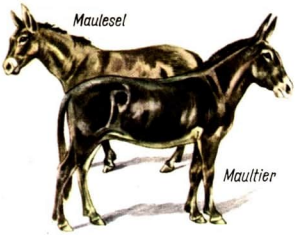
Vom Nutzen des Genvorrates

Die verhältnismäßig große Häufigkeit von Mutationen führt dazu, daß in einer großen Population sehr viele Gene in mehreren Allelen vorkommen, obwohl meist nur ein Allel, das herrschende, das Aussehen und Verhalten der Lebewesen bestimmt. Von Bedeutung für das Leben wird der große Genvorrat der Population aber dann, wenn sich die Umwelt der Population ändert oder wenn die Population — beispielsweise bei starker Vermehrung — neue Lebensräume besiedelt. Dann können sich Mutationen, die in der alten Umgebung schädlich waren und deshalb ständig ausgemerzt wurden, als nützlich erweisen.
Ein beobachtbares Beispiel dafür ist die Veränderung der Farbe mancher Schmetterlinge in den Industriegebieten Europas. In einer über ganz England verbreiteten Population des Birkenspanners gibt es seltene Mutanten mit dunklen Flügeln. Da das mutierte Allel ein herrschendes ist, kann man dunkel gefärbte Falter bereits in der ersten Nachkommengeneration beobachten. Vor der Industrialisierung waren die Baumstämme meist von einer hellen Flechte bedeckt, auf der die dunklen Falter viel besser sichtbar waren als die hellen und so von den Vögeln schnell ent-

deckt und verzehrt wurden. Auf diese Weise wurde die dunkle Mutante stets ausgemerzt, so daß die Ausgangspopulation hellflügelig war und eine geringe Anzahl dunkler Mutanten enthielt.
Durch die Industrialisierung veränderte sich die Luft: Sie enthält jetzt mehr Ruß und andere Stoffe. Dadurch können sich die hellen Baumflechten nicht entwikkeln, die Baumrinde ist dunkel gefärbt. Unter diesen veränderten Bedingungen besitzen die dunklen Mutanten einen Vorteil, denn jetzt heben sich die hellen Falter besser vom Untergrund ab und werden von den Vögeln ausgemerzt, während die dunklen Mutanten erhalten bleiben.
In den wenig industrialisierten Gebieten Nordenglands besteht die ursprüngliche Population fort.
So hat sich durch die Veränderung der Umwelt die Schmetterlingspopulation gespalten, in eine hellflügelige und in eine dunkelflügelige Unterpopulation.
Das Vorhandensein verschiedener Allele eines Gens in einer Population bewirkt also, daß diese Population auch bei sich ändernden Umweltbedingungen überleben kann, wenn im Genvorrat der Population Gene vorhanden sind, durch die Merkmale ausgebildet werden, die ihren Trägern das Leben unter den veränderten Umweltbedingungen ermöglichen.

Das Vorhandensein von zunächst ungenutzten, ja schädlichen Allelen ist unter veränderten Umweltbedingungen Voraussetzung für das Überleben.
Da es in jeder Population viele Gene mit mutierten Allelen gibt, können aus ihr viele verschiedene Populationen hervorgehen. Darwin erforschte diesen Vorgang bei den Finkenarten der Galapagosinseln. Die verschiedenen Galapagosfinken sind aus einer Finkenpopulation hervorgegangen. Viele dieser Finkenarten besiedeln nur eine einzige Insel. Sie entstanden, indem die Ausgangspopulation sich über die verschiedenen Inseln ausbreitete. Dabei konnten sich auf jeder Insel andere Allele der Ausgangspopulation als nützlich erweisen.





Isolationsmechanismen sind Einrichtungen der Lebewesen, welche die Vermischung der Arten verhindern. Manche Isolationsmechanismen verhindern die Befruchtung (das Zusammentreffen von Ei- und Samenzellen). Bei den Blütenpflanzen wird das oft dadurch bewirkt, daß die Blüten wegen ihres unterschiedlichen Baues nur von verschiedenen Insekten bestäubt werden können.
Isolierend wirkt auch die Blütenstetigkeit der meisten Bienenarten. Die Bienen suchen beim Pollen- oder Honigsammeln nur die Blüten einer Art auf, auch wenn andere Bienen des gleichen Volkes eine eng verwandte Art besuchen. So kann der Pollen immer nur innerhalb einer Pflanzenart übertragen werden.
Bei Tieren ist das Balzverhalten ein wichtiger Isolationsmechanismus. Die Balzhandlungen, wie der Gesang der Vögel, die Rufe der Frösche und Kröten oder das Zirpen der Grillen und Heuschrecken, gehen der Paarung voraus. Das Balzverhalten ist ein erbliches Merkmal, und nur bei dem „richtigen" ererbten Verhalten zeigt sich das Weibchen zur Paarung bereit.

Bei manchen Arten können sich die Lebewesen zwar paaren, und es kommt auch zur Befruchtung, die befruchtete Eizelle kann sich jedoch nicht entwickeln. Das liegt am unterschiedlichen Bau der väterlichen und mütterlichen Chromosomen bei den verschiedenen Arten.

In manchen Fällen entstehen zwar lebensfähige Nachkommen, jedoch sind die Nachkommen selbst unfruchtbar. Ein bekanntes Beispiel dafür sind Maultier und Maulesel, Kreuzungen zwischen Pferd und Esel.

Populationen werden Arten

Die Spaltung einer Population in eine oder mehrere Unterpopulationen kann der Beginn der Entstehung neuer Arten sein. Dieser Vorgang verläuft sehr langsam über viele Tausende von Generationen hinweg und kann mehrere Millionen Jahre dauern.
Eine entscheidende Bedingung für die Umwandlung einer Unterpopulation in eine neue Art ist die geographische Trennung (Isolation) der Unterpopulation von der Ausgangspopulation. Die Trennung führt dazu, daß der Genaustausch mit der Ausgangspopulation unterbleibt. Dadurch können einerseits Gene, die in der Ausgangspopulation neu entstehen, nicht mehr in die abgespaltene Population übertragen werden. So können sich in der Ausgangspopulation Merkmale entwickeln, die der Unterpopulation fehlen. Andererseits können auch in der abgespaltenen Population neu auftretende Mutationen nicht ausgetauscht werden, sie bleiben nur in dieser Population.
Auf diese Weise entstehen geographische Rassen, die sich in einer Reihe von erblichen Merkmalen unterscheiden. Wird die Isolation zwischen den Rassen jedoch aufgehoben, dann vermischen sich die Populationen miteinander und bilden wieder einen gemeinsamen Genvorrat.
Bleibt die Isolation der Rassen jedoch lange genug erhalten, dann können sie sich so weit auseinanderentwickeln, daß sie sich nicht mehr miteinander fortpflanzen und folglich auch keine Gene miteinander austauschen können, eine neue Art ist entstanden. Auch wenn jetzt die Isolation aufgehoben wird und die neue Art mit der ursprünglichen zusammenkommt, bildet jede Art Populationen mit getrenntem Genvorrat, die auf einem gemeinsamen Territorium leben. Die entstandenen Arten sind einander sehr ähnlich und eng miteinander verwandt, sie bilden eine Gattung.
Durch weitere Aufspaltung der Arten einer Gattung in neue Arten entstehen weitere Gattungen, und die ursprüngliche Gattung wird zur Familie. So sind die verschiedenen Gruppen der Lebewesen, wie Ordnungen, Stämme u. a., entstanden.

Individuen verschiedener Populationen

Balzfigur bei Kolbenenten

Erpel

Ente

Balzfigur bei Stockenten

Ente

Erpel

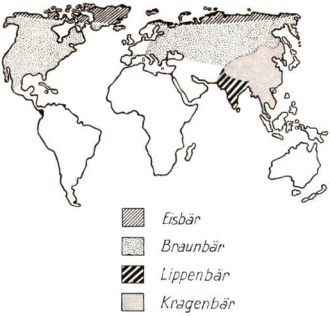
Mehrere Arten einer Gattung

Purpurrote Taubnessel

Weiße Taubnessel

Gelbe Taubnessel

Gefleckte Taubnessel



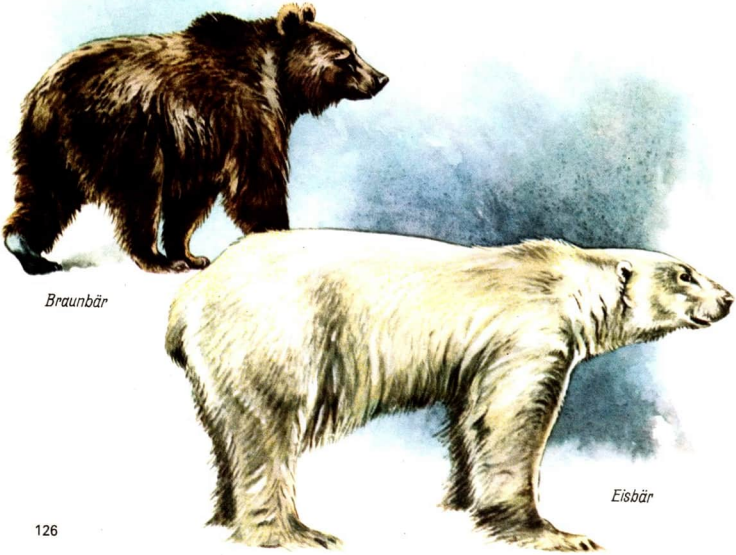
Raubtiere, die Pflanzenfresser wurden

Bären sind zwar echte Raubtiere, ihr Gebiß ist jedoch auch zum Zermahlen pflanzlicher Nahrung geeignet: Die Backenzähne der Bären besitzen breite Kauflächen. Unter den Bären gibt es neben reinen Pflanzenfressern auch noch reine Fleischfresser.

Am vollkommensten hat sich der Lippenbär der neuen Ernährungsweise angepaßt. Er besitzt eine rüsselartige Schnauze mit langen, dehnbaren Lippen, die wie eine geschlossene Röhre vorgestreckt werden können. Mit der langen riemenförmigen Zunge ist diese Schnauze ein ausgezeichneter Saug- und Greifapparat. Der Lippenbär liebt vor allem Früchte, Blüten, Zuckerrohr und Bienenhonig.

Auch der Malayenbär ist vorwiegend Pflanzenfresser, kleine Wirbeltiere und Insekten erbeutet er nur gelegentlich.

Der Kragenbär, ein guter Kletterer, ernährt sich vorwiegend von Früchten wie Eicheln und Nüssen. Von den im südlichen Asien lebenden Bären ist er der ein-



zige, der auch größere Tiere erbeutet: Hirsche und Wildschweine fallen ihm zum Opfer.
Die genannten Bärenarten leben alle südlich des Himalajagebirges, das sich quer durch Asien zieht und etwa zur gleichen Zeit entstand, zu der sich auch die Bären aus fuchsgroßen, hundeähnlichen Raubtieren entwickelten. Das Himalajagebirge spaltete diese Population und isolierte diese Bären von denen, die in nördlichen Breiten lebten: den Braunbären und den Eisbären.
Während die Eisbären wohl gezwungenermaßen fast reine Fleischfresser sind, leben die Braunbären in den meisten Gegenden vorwiegend vegetarisch. Sie ernähren sich von Waldfrüchten und -beeren, Pilzen, Eicheln, Nüssen, Obst. Gelegentlich schädigen sie Anpflanzungen von Melonen, Rüben, Kohl oder anderen landwirtschaftlichen Kulturen. In manchen Gebieten lebt der Braunbär als ausgesprochenes Raubtier und schlägt auch größere Tiere.
Braunbären und Eisbären sind noch eng miteinander verwandt, denn sie lassen sich untereinander kreuzen und bringen fruchtbare Nachkommen hervor. Durch die geographische Trennung kommt das in der Natur jedoch nicht vor

Der nordamerikanische Grizzlybär ist eine besonders große Unterart des europäischen Braunbären. Seine bis zu 10 Zentimeter langen Krallen waren eine indianische Jagdtrophäe, die seinem Besitzer hohes Ansehen verlieh. Die Braunbären leben in manchen Gebieten vegetarisch, indem sie Früchte, Pilze und saftige Pflanzenteile fressen. In anderen Gebieten wiederum reißen sie wie Raubtiere größere Wild- und Haustiere.
Außer dem Braunbären gibt es in Nordamerika noch eine weitere Bärenart: die Schwarzbären oder Baribals. Sie sind gewissermaßen Bindeglieder zwischen den Braunbären und den südasiatischen Bärenarten. Baribals sind kleine Bären von etwa 1,50 bis 2 Meter Länge und 1 Meter Schulterhöhe. Sie leben heute vor allem „halbzahm" in den nordamerikanischen Naturschutzgebieten, wo sie die Reisenden an Autostraßen und Gehwegen um Nahrung anbetteln.

Lippenbär

Kragenbär

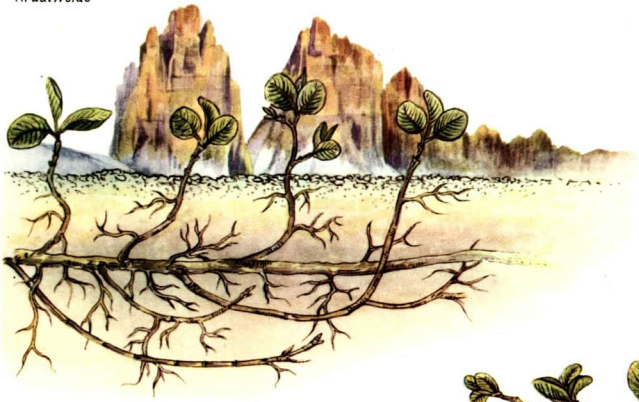
Silberweide

Eiszeitliche Frühlingsboten

Jeder kennt wohl Weidenkätzchen als Boten des Frühlings. Weidengewächse gibt es in unserer Heimat schon sehr lange. In Europa lebten sie bereits in der Kreidezeit vor 100 Millionen Jahren. Frühlingsboten waren sie jedoch damals nicht, denn in der Kreidezeit herrschte in Europa tropisches Klima, es gab also keinen Winter und keinen Frühling.
Zu dieser Zeit war das Land von dichtem Wald bedeckt. An Flußufern und feuchten Waldrändern wuchsen vermutlich die Weidenarten dieser Zeit.
Das tropische Klima blieb jedoch nicht erhalten. Die Temperaturen kühlten sich allmählich ab, und vor etwa 2 Millionen Jahren begann die erste Eiszeit. Unaufhörlich rückten polare Gletscher südwärts und bedeckten große Teile Europas mit einer viele Meter dicken Eisschicht. Alles Leben erstarb in dieser Zeit. Nach etwa 100000 Jahren veränderte sich das Klima wieder. Es setzte eine Warmzeit ein, in der das Eis allmählich schmolz und der tiefgefrorene Boden auftaute. Europa wurde wieder von Pflanzen und Tieren besiedelt. Dieser Vorgang wiederholte sich fünfmal. Die Warmzeit, in der wir jetzt leben, begann vor etwa 15000 Jahren.
Diese gewaltigen Veränderungen der Lebensbedingungen führten dazu, daß viele Arten von Tieren und Pflanzen ausstarben. Andere Arten wurden weit nach

In unserer Heimat blieben solche Weidenarten nur an Standorten erhalten, an denen sie ähnliche Lebensbedingungen wie in den nordischen Tundren vorfinden. In tiefen schattigen Tälern der Gebirge, vor allem der Alpen und des Riesengebirges, herrscht ein sehr langer Winter. Der erste Schnee taut oft erst Ende Mai. In Mooren mit hohem Grundwasserstand herrscht die gleiche Baumlosigkeit wie in der nordischen Tundra. Zudem ist das Klima in einem Moor kühler als in der Umgebung. So finden wir die Krautweide im Riesengebirge, ebenso die Heidelbeerweide, die auch in Mooren Mecklenburgs lebt.
Die Kriechweide wächst noch heute in der Gegend des Brockens und auf der Insel Hiddensee.

Krautweide

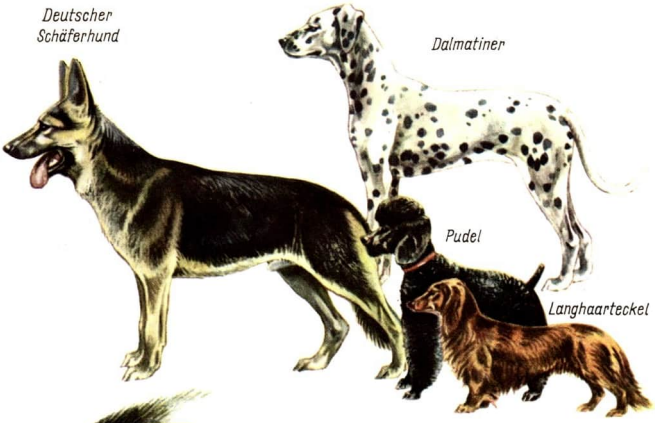


Süden gedrängt, wo ja noch heute tropisches Klima herrscht. Dort leben heute die Nachkommen der tropischen Weiden der Kreidezeit. Jedoch nicht alle Weiden litten in gleicher Weise unter der kalten Witterung. Unter ihnen gab es Mutanten, denen das Leben auch bei kalter Witterung möglich war.
Manche der heute in Europa lebenden Weidenarten gehören zu den Pflanzen, die auch noch im hohen Norden vorkommen. Sie besiedeln die Tundren auch dort noch, wo der Boden in der Tiefe ständig gefroren ist und nur in den obersten Schichten während des kurzen Sommers auftaut.
Manche dieser Weiden haben Stämme, die unterirdisch wachsen, und nur die Zweige durchdringen das Erdreich und sind so dem kalten Klima ausgesetzt. Solche Arten sind die Krautweide und die Heidelbeerweide, die auch in unserer Heimat vorkommen.
Bei anderen Arten schmiegen sich der Stamm und die größeren Äste dicht dem Boden an. Nur die Äste, die Blätter und Blüten tragen, sind aufgerichtet, wie bei der Netzweide.
Weiden wie diese gehören zu den ersten Pflanzen, die nach dem Abtauen der Gletscher das wüste, gefrorene Land besiedelten. Später wurden sie von Birken, Kiefern und anderen Bäumen verdrängt. So folgten sie dem zurückweichenden Eis und besiedeln noch heute die Übergangszone zwischen dem ewigen Eis und den Wäldern: die Tundren.

Der Mensch entwickelt Pflanzen und Tiere

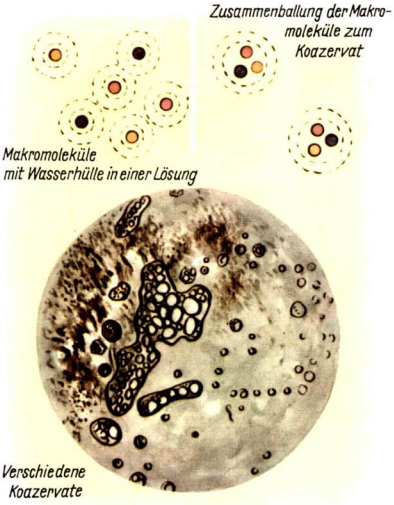
Wie die natürliche Entwicklung der Organismen erfolgt auch die Züchtung von Nutzpflanzen und Haustieren durch Mutation, Genaustausch, Auslese und Isolation.
Noch ist der Mensch nicht in der Lage, gezielte Mutationen auszulösen, durch welche gewünschte Eigenschaften entstehen. Durch radioaktive oder ultraviolette Bestrahlung, chemische Behandlung oder durch andere Maßnahmen kann man jedoch die Anzahl der Mutationen in einer Population erhöhen. Die wenigsten der entstehenden Mutanten sind überhaupt lebensfähig. Nur wenige von diesen bringen dem Menschen Nutzen und können weitergezüchtet werden.
Bei der Auslese kommt es darauf an, diejenigen Individuen aus einer Population auszulesen, die den menschlichen Ansprüchen am besten entsprechen. Bei dieser künstlichen Auslese treten an die Stelle der sich ändernden Umweltverhältnisse (natürliche Auslese) die Ansprüche des Menschen, die sich auch verändern. Die Mechanisierung der Landwirtschaft macht beispielsweise die Züchtung neuer Sorten von Getreide und Kartoffeln erforderlich.

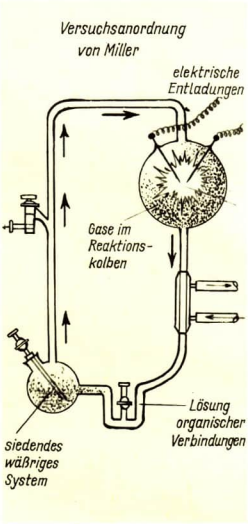
Alle Formen unserer Kohlgemüse wurden letztlich aus einer Wildkohlart gezüchtet, die heute noch an den Küsten und auf den Inseln des Mittelmeeres sowie an den atlantischen Küsten Europas vorkommt. Diese Wildform des Gartenkohls kommt wegen ihres zersplitterten Verbreitungsgebietes in verschiedenen Unterpopulationen vor, die manchmal örtliche Rassen bilden.
Bei den verschiedenen Formen der Kohlgemüse sind jeweils bestimmte Teile besonders stark ausgebildet oder verdickt: Knospen (Rosenkohl), Blüten (Blumenkohl); Stengel (Kohlrabi), Blätter (Weißkohl).



Noch bis ins vorige Jahrhundert war der Wolf über die ganze Erde (mit Ausnahme von Australien und Südamerika) verbreitet. Heute ist er in weiten Gebieten Europas ausgerottet. Der einzige wirkliche Feind des Wolfes ist der Mensch. Er verfolgte und verfolgt dieses in Rudeln jagende Raubtier, um seine Viehherden vor ihm zu schützen. Zugleich ist der Wolf vermutlich das erste Haustier des Menschen gewesen. Alle heute lebenden Hunderassen — selbst der kleine Rehpinscher — wurden letztlich aus dem Wolf gezüchtet. Auch heute noch werden Schutzhunde mit Wölfen gekreuzt, um deren Schärfe zu verbessern.

Bei der Auslesezüchtung nutzt man auch den natürlichen Genvorrat, der in Wildpopulationen vorhanden ist. Ein Beispiel dafür ist die Züchtung der Süßlupine.
Die wild vorkommenden Lupinenpflanzen enthalten einen ungenießbaren Bitterstoff. Im Genvorrat der Lupinen gibt es jedoch auch ein unterdrücktes Allel, das die Bildung des Bitterstoffes verhindert. Die Züchter untersuchten nun eine Population von 1 Million Lupinenpflanzen und fanden dabei drei Exemplare, in denen es nur wenig Bitterstoff gab (die also sowohl das väterliche als auch das mütterliche Allel Süß geerbt haben). Durch Vermehrung und Weiterzüchtung sind alle anderen Süßlupinen aus diesen drei Mutanten hervorgegangen.
Die Isolation erreicht der Züchter durch eine sorgfältige Auswahl der Partner bei der geschlechtlichen Fortpflanzung, über die von Generation zu Generation Buch geführt wird.
Bei Pflanzen erfolgt die Partnerauswahl der Fortpflanzung durch künstliche Bestäubung. Man entnimmt den Blüten der Pollenspender (Väter) die Staubgefäße, und um Selbstbestäubung zu verhindern, werden dem anderen Partner die Staubgefäße kurz vor dem Aufblühen entnommen. Danach bindet man diese Blüten in Gaze- oder Plastbeutel ein. Sind die Stempel bestäubungsreif, wird der ausgewählte Pollen übertragen.


Zusammenballung der Makromoleküle zum Koazervat
Makromoleküle mit Wasserhülle in einer Lösung
Verschiedene Koazervate


Versuchsanordnung von Miller
elektrische Entladungen
Gase im Reaktionskolben
Lösung organischer Verbindungen
siedendes wäßriges System

„Gänsebaum"
„Schafbaum"

WIR UND DAS LEBEN

Das Leben entstand aus Nichtlebendem

Die Frage nach dem Ursprung des Lebens ist wohl eines der ältesten Probleme der Wissenschaft. Viele Antworten haben die Menschen auf diese Frage gegeben, aber erst in der Gegenwart ist es möglich, eine wissenschaftlich begründete Antwort zu erarbeiten. Wissenschaftler in allen Ländern arbeiten an der weiteren Lösung dieser Frage.

Wir wissen heute schon sehr genau, wie die Lebewesen aus den leblosen Stoffen lebende Substanz aufbauen, wie Eiweiße und Kernsäuren in lebenden Zellen gebildet werden. Die Frage nach der Entstehung des Lebens ist also die Frage, wie Eiweiße und Kernsäuren und aus diesen zellähnliche Gebilde ohne das Vorhandensein von lebenden Zellen entstehen können.

Vor etwa 2 bis 3 Milliarden Jahren gab es noch kein Leben auf unserer Erde. Sie war von einem Urozean bedeckt. Unter den damals auf der Erde herrschenden Bedingungen konnten aus den Stoffen, die im Wasser des Urozeans gelöst waren, zwar einfache Aminosäure- und Kernsäureketten und andere einfache organische Verbindungen entstehen, komplizierte Eiweißmoleküle oder die riesigen Kernsäuremoleküle jedoch nicht. Dazu ist eine bestimmte Anordnung der Moleküle, eine Struktur, notwendig. In der wäßrigen Lösung des Urozeans sind die darin gelösten Moleküle jedoch ungeordnet. Erst auf der Grundlage einer entsprechenden Ordnung der Moleküle können die Stoffe entstehen, in deren Funktion und Wechselwirkung das Leben besteht.

In wäßrigen Lösungen von organischen Stoffen mit verhältnismäßig großen Molekülen, zum Beispiel Aminosäureketten, können sich solche Strukturen bilden, indem sich die Lösungen entmischen.

Die gelösten organischen Stoffe konzentrieren sich dann in kleinen Tröpfchen, den Koazervaten. In diesen Koazervattröpfchen sind die Moleküle nicht mehr frei beweglich, sondern geordnet. Sie sind dadurch geeignete Gebilde, in denen sich die weitere Entwicklung der Eiweißkörper, Kernsäuren und anderer organischer Stoffe vollziehen kann.

Die Koazervate stellen keine lebenden Gebilde dar, sie besitzen jedoch einige Eigenschaften des lebenden Zellplasmas, wie beispielsweise die Ordnung der Makromoleküle in ihrem Innern. Manche Koazervate können aus der umgebenden Lösung Stoffe aufnehmen und wachsen, können sich sogar teilen. Diese und andere Eigenschaften bestimmen, wie lange ein solcher Koazervattropfen bestehen kann.

Man kann annehmen, daß durch Auslese und Entwicklung von Koazervaten im Verlaufe von Hunderten von Millionen Jahren schließlich zellähnliche, lebende Gebilde entstanden, aus denen dann die Vielfalt der Lebewesen hervorgegangen ist.

Der amerikanische Wissenschaftler Stanlay Miller erdachte eine Apparatur, in der die Verhältnisse des Urozeans nachgebildet wurden. Eine Lösung einfacher organischer Stoffe wurde erhitzt, und in den entstandenen Dämpfen wurden elektrische Entladungen erzeugt. Dadurch entstanden Verhältnisse, wie sie etwa in Gewittern über dem Urozean geherrscht haben könnten. Nach einiger Zeit stellte er fest, daß dadurch Aminosäuren und andere organische Verbindungen entstanden waren.

Bevor sich die Menschen die Entstehung des Lebens wissenschaftlich erklären konnten, machten sie sich phantastische Vorstellungen davon. So sollten sich Gänse und Enten an Bäumen entwickeln, wenn diese mit Salzwasser in Berührung kämen. Reisende berichteten von „Schafbäumen" in deren Früchten sich Lämmer entwickeln sollten, die den Eingeborenen als Nahrung dienen sollten.

Die Menschen entwickelten sich aus dem Tierreich

Der Mensch ist nach seinem Ursprung und seinen biologischen Merkmalen ein Tier. Sein Körperbau, aber auch die Struktur seiner Eiweiße ähneln dem Körperbau und der Eiweißstruktur der Menschenaffen. Eine besonders weitgehende Übereinstimmung in solchen Merkmalen besteht zwischen dem Menschen und dem Schimpansen.

Der Mensch besitzt jedoch Fähigkeiten, die die Tiere, auch die am höchsten entwickelten, nicht besitzen. Er ist zur Arbeit fähig, durch die er sein menschliches Leben schafft. Die Arbeit ist ein gesellschaftlicher Vorgang, kein biologischer. Ihre Entwicklung unterliegt gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten. Die Entwicklung des Menschen kann deshalb nur durch das Zusammenwirken biologischer und gesellschaftlicher Gesetzmäßigkeiten erklärt werden. Durch das Wirken biologischer Gesetzmäßigkeiten, vor allem durch Mutation und Auslese, bildeten sich in einer Affenpopulation, die vor etwa 25 bis 10 Millionen Jahren in Afrika und Asien lebte, biologische Merkmale aus, wie aufrechter Gang und zur Arbeit geeignete Hand, die über den Gebrauch und die Herstellung von Werkzeugen allmählich den Weg zu gesellschaftlicher Arbeit bahnten. Wesentlich für die Menschwerdung war aber eben der gesellschaftliche Charakter der Tätigkeiten in Affenhorden.

Immer stärker wurde das Bestreben nach stets besserer Befriedigung der sich ständig entwickelnden Bedürfnisse. Das Bedürfnis nach besserer Nahrung, Kleidung, Wohnung usw. konnte und kann auch heute nur durch weitere Entwicklung der Produktionsinstrumente, und das heißt durch weitere Entwicklung des Menschen, der diese produziert, befriedigt werden. Sobald die gesellschaftlichen Entwicklungsgesetze wirksam werden, ist der erste Schritt aus dem Tierreich heraus getan. Die Arbeit schafft die dem Menschen eigene Welt. Und der Mensch jeder Epoche ist der von seiner eigenen Welt geschaffene Mensch: der in Horden lebende steinzeitliche Jäger und Sammler; der urgesellschaftliche Ackerbauer und Viehzüchter; der leibeigene Bauer, Zunftbürger und Feudalherr der Zeit des Ackerbaues und des Handwerks; Proletarier und Bourgeois in der Zeit der Entwicklung der Industrie und der von Ausbeutung befreite Werktätige der sozialistischen Gesellschaft in der Zeit der wissenschaftlich-technischen Revolution.

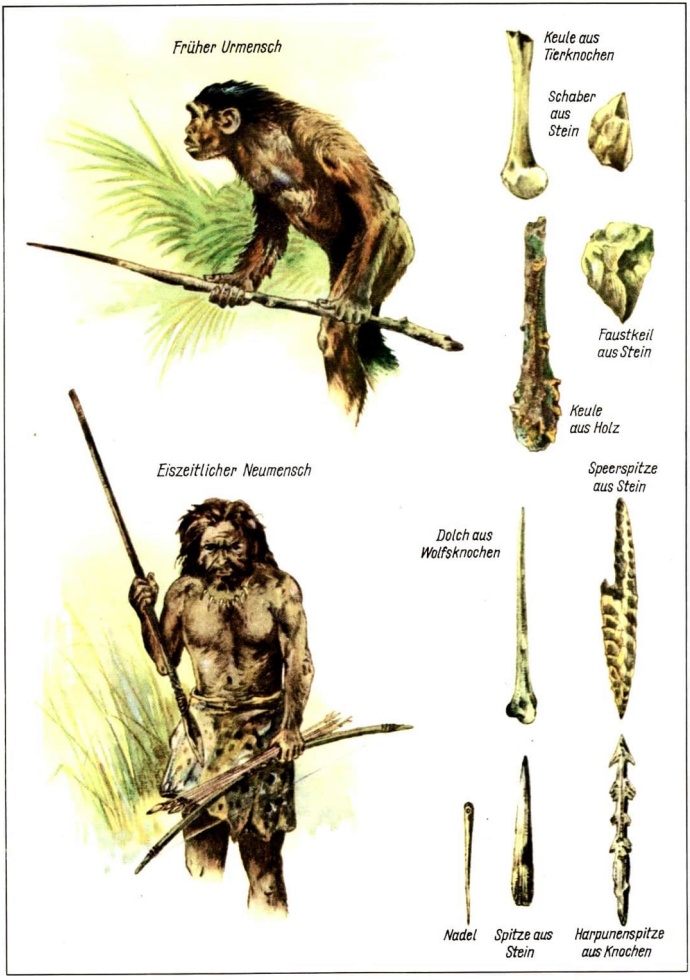
Seit 50 Jahren sind fossile Funde ausgestorbener Menschenaffen bekannt, die für die Entwicklung des Menschen bedeutsam und aufschlußreich sind. Sie werden als Australopithecinen (Südaffen) bezeichnet. Inzwischen sind Fossilien von über hundert Individuen gefunden worden.

Die Funde erlauben es, sich ein Bild von der Gestalt und der Lebensweise dieser Wesen zu machen. Die Australopithecinen bewohnten in einem sehr langen Zeitraum, der von mehr als $2^1/_2$ Millionen Jahren bis in die Zeit vor 600000 Jahren reicht, weite Gebiete Afrikas. Sie gingen aufrecht. Körper- und Gliedmaßenskelett sind dem menschlichen sehr ähnlich. Der Schädel hingegen ist in Größe und Form dem Schädel der Menschenaffen, besonders dem des Schimpansen, vergleichbar. Untersucht man den Schädel der Australopithecinen genauer, so findet man allerdings auch typisch menschliche Merkmale, so besonders das Gebiß.

Bei Rückschlüssen von der Größe und Beschaffenheit des Schädels auf das Gehirn muß berücksichtigt werden, daß die Australopithecinen im Vergleich zu den Menschenaffen Schimpanse und Gorilla kleinwüchsig waren, so daß selbst die Gehirngröße der Australopithecinen auf größere Menschenähnlichkeit hindeutet. Sie lebten in der Gras- und Baumsteppe.

Verglichen mit anderen Tieren der Steppe, waren die Australopithecinen in einer solchen offenen Landschaft ungeschützt gegenüber Raubtieren. Sie besaßen weder Gliedmaßen, die zu rascher Flucht geeignet gewesen wären, noch Organe, mit denen sie sich hätten verteidigen können, wie zum Beispiel ein kräftiges Gebiß oder Krallen. Ihre Überlegenheit muß in der überlegenen Leistungsfähigkeit des Gehirns bestanden haben. Sie benutzten Werkzeuge, und sie stellten auch selbst Werkzeuge her. Vor allem aber lebten sie in Horden, arbeiteten gemeinschaftlich und verständigten sich durch eine Sprache.

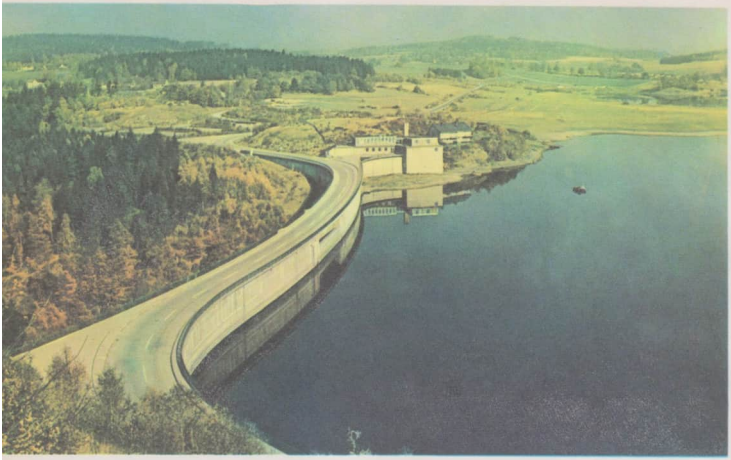
Die Australopithecinen waren Menschenaffen, die deutlich menschliche Züge aufwiesen. Ihre Entwicklungshöhe übersteigt die der heute lebenden Menschenaffen, die eindeutig dem Tierreich angehören.


Früher Urmensch
Keule aus Tierknochen
Schaber aus Stein
Faustkeil aus Stein
Keule aus Holz
Eiszeitlicher Neumensch
Speerspitze aus Stein
Dolch aus Wolfsknochen
Nadel
Spitze aus Stein
Harpunenspitze aus Knochen

Wer bist du?

Du bist ein junger Mensch, der im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts auf der Erde lebt. Du bist Bürger eines sozialistischen Staates, der Deutschen Demokratischen Republik.
Wenn du dich darauf besinnen willst, wer du bist, so mußt du auch einen Augenblick an die Jahrmilliarden währende Entwicklung der Materie unseres Sonnensystems denken, an die Entstehung der Planeten aus der Sonne, an die Entstehung des Lebens auf der Erde, an die Entwicklung des Menschen aus dem Tierreich.
Ausdruck dieses Zusammenhanges ist auch, daß die Welt in allen ihren Teilen aus den gleichen Elementarteilchen besteht, daß du wie alle Lebewesen durch einen ununterbrochenen Strom von Stoffen und Energie mit der nichtlebenden Natur verbunden bist und daß die Vorstellung nicht falsch sein dürfte, daß die Atome, die heute deinen Körper bilden, einstmals Bestandteile der Sonne waren.
Du zweifelst nicht daran, daß es dich nur einmal gibt. Du weißt, daß deine biologischen Besonderheiten durch die Familien bestimmt sind, denen deine Eltern entstammen. Als Persönlichkeit entwickelst du dich auf dieser biologischen Grundlage unter dem Einfluß der Gesellschaft durch dein eigenes Handeln. Das Wissen um die Einmaligkeit jedes Menschen und um sein Eingebettetsein in die Weite und den unendlichen Reichtum des Weltalls, des Lebens, des Kampfes der Menschen um ihr Menschsein soll dir helfen, dein Leben bewußt zu gestalten.

Als Bürger eines sozialistischen Staates kannst du, gleich was deine Eltern sind, welche Berufe sie ausüben, welche Stellung sie im gesellschaftlichen Leben einnehmen, eine hohe Allgemeinbildung erwerben. Für Erfolge beim Lernen wird dir nicht nur das Lob deiner Eltern und Verwandten zuteil werden, sondern auch die Achtung deiner Freunde und die Anerkennung der Gesellschaft. Als Erwachsener wirst du im gesellschaftlichen Leben eine deinem Können und deinen Interessen entsprechende Aufgabe übernehmen. Ihre Lösung wird deine ganze Kraft verlangen. Du wirst deine Kraft für dein eigenes Glück und das aller arbeitenden Menschen einsetzen. Dabei sollte dir das Wort Richtschnur sein, das der sowjetische Schriftsteller Nikolaj Ostrowski in dem Roman „Wie der Stahl gehärtet wurde" Pawel Kortschagin sagen läßt: „Das Wertvollste, was der Mensch besitzt, ist das Leben. Es wird ihm nur ein einziges Mal geschenkt, und er muß es so verbringen, daß ihn später die zwecklos verlebten Jahre nicht qualvoll gereuen, die Schande einer unwürdigen, nichtssagenden Vergangenheit ihn nicht bedrückt und daß er sterbend sagen kann: ‚Mein ganzes Leben, meine ganze Kraft habe ich dem Herrlichsten auf der Welt – dem Kampf für die Befreiung der Menschheit – geweiht!'"



Der Mensch und die Natur

Der Mensch wird immer auf die Natur als Grundlage seines Lebens angewiesen sein.
Die Natur bietet dem Menschen Luft zum Atmen, Wasser zum Stillen des Durstes, Nahrung, aber auch Kleidung und Wohnung. Diese enge Bindung des Menschen an die Natur beruht darauf, daß der Mensch selbst ein Teil der Natur ist. Im Verlaufe seiner Entwicklung versteht es der Mensch zunehmend besser, die Kräfte der Natur entsprechend seinen Bedürfnissen zur Wirkung zu bringen: Das Wasser der Ströme trieb einst die Wasserräder, es treibt heute mächtige Turbinen, die mit starken Generatoren verbunden sind und Elektroenergie für Industrie und Haushalt liefern.
Die Wirkungsmöglichkeiten des Menschen haben ein Ausmaß erreicht, das es möglich macht, durch rücksichtsloses Handeln die Existenzgrundlage — die Natur — für das weitere Leben unbrauchbar zu machen. Das nicht zuzulassen verlangt gesellschaftliches Handeln, das vom Interesse der Masse der Menschen bestimmt wird, wie es in den Ländern des Sozialismus und Kommunismus bereits Wirklichkeit ist.

Die sozialistischen Länder, in denen die Menschen die Kräfte der Natur und der Gesellschaft immer besser in ihrem Interesse wirksam machen, sorgen durch Gesetze für einen sorgsamen Umgang mit den Schätzen der Natur. Sie sind dabei durch keine vom Profit bestimmten Interessen mächtiger Monopolherren beschränkt, wie wir das in den imperialistischen Staaten finden.

Das Landeskulturgesetz der DDR und seine Verwirklichung sind ein Beispiel für einen hohen Entwicklungsstand gesellschaftlicher Verantwortung gegenüber der Natur.
Doch auch in unserem Staate verwirklichen sich die Gesetze nur durch verantwortungsbewußtes Handeln der Menschen. In dieser Hinsicht bleibt noch viel zu tun übrig! Die Wissenden um die Zusammenhänge müssen Vorbild sein. Sauberkeit in unseren Siedlungen, Sauberkeit in unserer Flur, damit fängt es an.
Wer sich bereits als junger Mensch für den Schutz und die pflegliche Behandlung der Natur einsetzt, der wird als Erwachsener mit größeren Wirkungsmöglichkeiten ein Verfechter dieser menschlichen, lebenswichtigen Sache bleiben, die sich in die Worte fassen läßt: Die Welt soll blühen!

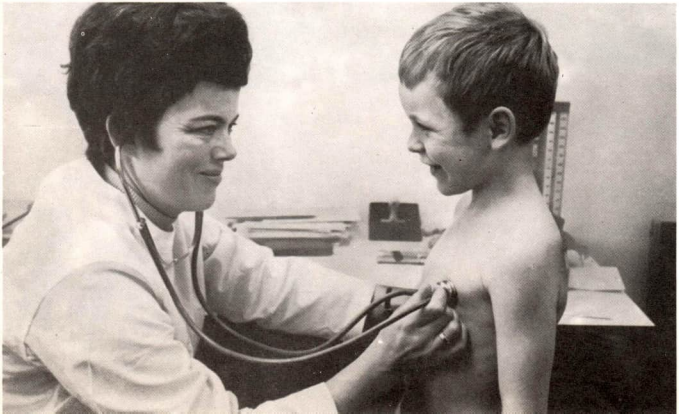
Leben und Gesundheit

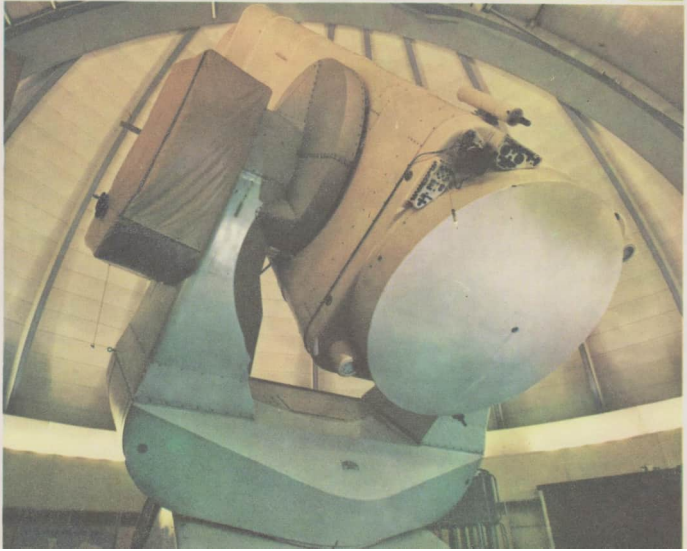
Die Gesundheit ist eine wesentliche Voraussetzung für ein glückliches Leben, deshalb ist es der Wunsch eines jeden Menschen, gesund zu sein.
Nach ihrer Entstehung lassen sich drei Gruppen von Krankheiten des Menschen unterscheiden: Die Erbkrankheiten, die Infektionskrankheiten und die Zivilisationskrankheiten, die durch ungesunde Lebensweise hervorgerufen werden.
Die Erbkrankheiten bringt bereits das neugeborene Kind als Erbe der einen oder anderen elterlichen Sippe oder beider mit. Bei der Heilung solcher Krankheiten steht die Medizin noch am Anfang ihrer Möglichkeiten. Die Wissenschaft muß noch weitere Zusammenhänge des Lebens aufdecken.
Die Infektionskrankheiten werden durch Krankheitserreger — meist Bakterien oder Viren — hervorgerufen. Diese Krankheiten werden heute von der Medizin weitgehend beherrscht. Sie, die einst als „Geißel der Menschheit" bezeichnet wurden, haben dort, wo die Medizin voll wirksam werden kann und wo entsprechende Lebens- und hygienische Bedingungen herrschen, ihre Gefährlichkeit verloren.
Krankheiten schließlich, die durch ungesunde Lebensweise entstehen, können wir vor allem durch richtige Ernährung, ausreichende Bewegung und Abhärtung, wobei dem Sport eine große Bedeutung zukommt, und durch hygienisches Verhalten vermeiden.
Die Erkenntnisse der Wissenschaft und die Voraussetzungen, die der sozialistische Staat für die Gesunderhaltung schafft, können nur dann wirksam werden, wenn sie die Menschen richtig nutzen. Unsere Gesundheit ist nicht nur unsere eigene Sache, sondern zugleich gesellschaftliches Anliegen.

Seit alters ist bekannt, daß manche Krankheiten von kranken Menschen auf gesunde übertragen werden können. Durch Beobachtung fand man Mittel, sich vor Infektionskrankheiten zu schützen. Bereits im Jahre 1796 impfte der englische Arzt Jenner gesunde Menschen mit der Blutflüssigkeit an Pocken erkrankter Rinder und bewahrte sie dadurch vor der Ansteckung durch Pocken. Nach einer schweren Pockenepidemie in den Jahren 1870 bis 1872 wurde in Deutschland der Impfzwang gegen Pocken durch ein Gesetz eingeführt.

Im Jahre 1876 gelang es dem deutschen Arzt Robert Koch nachzuweisen, daß die ansteckende Milzbrandkrankheit durch eine bestimmte Bakterienart hervorgerufen wird. Von diesem Zeitpunkt an konnte die systematische Suche nach den Erregern von Infektionskrankheiten und nach Mitteln zu ihrer Bekämpfung beginnen. Der nunmehr 100 Jahre währende Kampf war so erfolgreich, daß die Ausrottung der Infektionskrankheiten auf der ganzen Welt ein erreichbares Ziel ist.

In der DDR wird jeder Bürger von der Geburt an nach einem Impfkalender durch Impfungen vor den wichtigsten Infektionskrankheiten geschützt. Die Impfungen sind kostenlos. Was bei uns zum Wohle des Menschen erreicht ist, das ist noch nicht weltweit erreicht. Dort, wo es noch Armut und Unterdrückung des Menschen gibt, sind auch Infektionskrankheiten noch immer weit verbreitet.
Um so widerwärtiger ist es, daß in imperialistischen Staaten, gestützt auf dieselben wissenschaftlichen Erkenntnisse, die die Menschen von Krankheiten befreien, Bakterien für die Kriegführung gezüchtet werden, die Krankheiten hervorrufen, gegen die die bekannten Abwehrmittel nicht wirken.





Leben nur auf der Erde?

Auch im Zeitalter der Weltraumfahrt haben wir noch keine direkten Zeugnisse dafür, daß es Leben auf anderen Himmelskörpern gibt. Die Kenntnis vom Weltall besagt, daß die Erde im unendlichen Weltraum, in dem es viel Unerforschtes, aber keine unergründlichen Geheimnisse gibt, keine Ausnahmestellung einnimmt. Sie ist ein kleiner Himmelskörper, ein Planet, der seine Bahn zusammen mit anderen um ein Zentralgestirn — unsere Sonne — zieht. Sonnen gibt es unendlich viele. Davon können wir uns durch einen Blick auf die funkelnden Sterne an einem klaren Nachthimmel überzeugen. Ob auch andere Sonnen von Planeten umkreist werden, wie uns das von unserer Sonne bekannt ist, das konnte bislang nicht sicher ermittelt werden. Die Meßgenauigkeit reicht noch nicht aus, Himmelskörper, die nicht selbst leuchten und eine verhältnismäßig geringe Masse haben, in so großen Entfernungen festzustellen. Aus regelmäßigen Lichtschwankungen näher gelegener Sonnen schließt man jedoch auf das Vorhandensein von Planeten. Man nimmt an, daß diese Lichtschwankungen durch die am Zentralgestirn vorbeiziehenden Planeten hervorgerufen werden.
Auf der Erde hat sich im Verlaufe ihrer Entwicklung als Himmelskörper das Leben als eine Daseinsweise der Materie entwickelt. Die Voraussetzungen und Bedingungen für die Entwicklung von Leben bestehen sicherlich nicht nur auf der Erde. Es kann folglich mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß es außer der Erde noch andere Himmelskörper gibt, auf denen Leben existiert.
Automatische Sonden, die auf Venus und Mars gelandet sind, konnten dort keine Spuren von Leben feststellen.

Je wahrscheinlicher die Annahme wird, daß es auch auf Planeten anderer Sonnensysteme Leben geben könnte, um so brennender wird die Frage nach der Beschaffenheit außerirdischen Lebens. Alle näheren Antworten auf diese Frage können gegenwärtig nur Vermutungen sein. Dennoch dazu einige Gedanken und Fragen.

Das Leben auf der Erde beruht auf Kohlenstoffverbindungen. Der Kohlenstoff zeichnet sich vor anderen Elementen dadurch aus, daß sich seine Atome zu Ketten oder Ringen verbinden können. Hinreichend große und komplizierte Moleküle, wie sie die lebende Materie erfordert, werden wahrscheinlich solche auf Kohlenstoffbasis sein. Das würde bereits eine prinzipielle Verwandtschaft des Lebens überhaupt bedeuten. Dennoch müssen wir in Rechnung stellen, daß solche Faktoren wie die Masse des Planeten, die Beschaffenheit seiner Atmosphäre, seine Entfernung vom Zentralgestirn und zahlreiche weitere, die sehr wahrscheinlich mitbestimmend für die Gestalt des Lebens auf dem jeweiligen Planeten sind, nicht mit den für unsere Erde zutreffenden Faktoren übereinstimmen müssen. Wir müssen folglich mit anders gestalteten Lebewesen rechnen, als sie uns von der Erde her bekannt sind.

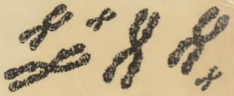
Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß der Mensch, wie er sich auf der Erde entwickelt hat, durchaus einmalig sein kann. Was aber sollte zu der Annahme berechtigen, daß es nur auf unserem Planeten zum Denken fähige Lebewesen gibt? Mit riesigen Radioteleskopen suchen wir nach Signalen, die von denkenden Wesen ferner Welten an uns gerichtet sein könnten. Werden wir eines Tages solche Signale empfangen?

Abbildungsnachweis

Illustrationen:
Archiv Karger-Decker (2),
Gneckow (1),
Naujocks (1)

Fotos:
ADN (13),
Altendorf / Repro (1),
Archenhold-Sternwarte (1),
Berliner Verlag / NBI (2),
DEWAG-Werbung (1),
Ettelt (5),
Fiedler (1),
Frommhold (1),
Helms (2),
Humboldt-Universität Berlin / Stobbe (2), Rosenthal (1),
Marko / Baier (1), Wenzel (1),
Urania-Verlag Leipzig (4),
Universitätskinderklinik Rostock / Pelz (1),
VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1),
Vogel (6)

Einband: Breitmeier/Wohlgemuth
Gestaltung: Armin Wohlgemuth
© Der Kinderbuchverlag Berlin – DDR 1977
Lizenz-Nr. 304-270/456/78-(25)
Lichtsatz: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig – III/18/97
Repro, Druck und Verarbeitung: Offizin Andersen Nexö Leipzig
1. Auflage
LSV 7850
Für Leser von 12 Jahren an
Bestell-Nr. 629 301 3
DDR 13,80 M



DDR 13.80 M ab 12 J.

Auf der gesamten Oberfläche unseres Planeten finden wir Lebewesen, im Wasser, auf dem Festland, in den erdnahen Luftschichten. Myriaden von Individuen bevölkern unsere Erde. Zusammen mit dem Menschen leben Millionen Arten: Mikroben, Tiere, Pflanzen.

Das Leben eines Bakteriums verläuft ganz anders als das eines Menschen. Beide jedoch sind Lebewesen, und beiden ist das Leben gemeinsam.

Leben gibt es auf der Erde seit mindestens zwei Milliarden Jahren. Worin besteht das Leben? Wie trägt die Wissenschaft dazu bei, das Leben der Menschen zu erleichtern, zu verschönern und zu verlängern?

Auf viele Grundfragen der Wissenschaft Biologie gibt dieses Buch Antwort.

Der Kinderbuchverlag Berlin