LEHRBUCH DER BIOLOGIE

ACHTES SCHULJAHR

LEHRBUCH DER BIOLOGIE

FÜR DAS 8. SCHULJAHR

Mit 99 Abbildungen im Text

Bearbeitete Ausgabe 1951

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1955

Herausgegeben von Willi Lemke

in Zusammenarbeit mit einem Autorenkollektiv

Entsprechend dem ab 1. 9. 1953 verbindlichen Stoffplan sind folgende Abschnitte der 1. bis 3. Auflage in der vorliegenden Ausgabe nicht enthalten:

Übereinstimmung in der Keimesentwicklung
Besonderheiten in der Verbreitung von Tieren und Pflanzen
Entwicklung des Menschen

Alle Auflagen von der Bestell-Nr. 6026, 1.—380. Tausend bis zur vorliegenden Auflage können gleichzeitig im Unterricht verwandt werden

Bestell-Nr. 01802 (5) 1,30 DM · 856.—1000. Tausend (DN)
Lizenz Nr. 203 · 1000-V-015408-II
Textkarte genehmigt MdI der DDR Nr. 1082/2
Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)
Druck: VEB Landesdruckerei Erfurt (D/V/4/26)

INHALT

A. Reizerscheinungen der Lebewesen 5

I. Bewegungen der Pflanzen 5

a) Gerichtete freie Ortsbewegungen 6
b) Gerichtete Krümmungsbewegungen 6
c) Ungerichtete Krümmungsbewegungen 9

II. Reizaufnahme bei Tier und Mensch (Sinnesorgane) 10

a) Die Sinnesorgane der Haut 11
b) Die Organe der chemischen Sinne in Nase und Mund 13
c) Das Auge, das Lichtsinnesorgan 16
d) Sinnesorgane des Ohres 22

III. Erregungsleitung und -verarbeitung bei Tier und Mensch 27

a) Entwicklung und Bau des Nervensystems 27
b) Funktionen des Nervensystems 32

B. Abstammungslehre 36

I. Grundtatsachen 36

a) Tiere und Pflanzen in der erdgeschichtlichen Entwicklung 36
b) Übereinstimmungen im Körperbau 53
c) Zwischenformen 57

II. Die Entstehung der Arten 59

a) Veränderungsfähigkeit der Arten, Formen der Abänderungen 59
b) Auslese 65
c) Artbildung durch Züchtung 70

III. Die Stammesentwicklung der Tiere und Pflanzen 77

a) Entstehung des Lebens auf der Erde 77
b) Stammbaum 81
c) Das System 84

C. Große Biologen 90

Sach- und Namenregister 102

ABBILDUNGEN

Zeichnungen: Kurt Herschel, Leipzig

Weitere Abbildungen:

Archiv des Ernst-Haeckel-Hauses, Jena (Abb. 43); E. Bachmann, Jena (Abb. 41, 49); Deutsches Institut für Länderkunde, Leipzig (Abb. 51); Gustav Fischer Verlag, Jena (Abb. 36, 86, 95); Geolog.-Paläont. Museum, Berlin (Abb. 67 links); Kurt Herschel, Leipzig (Abb. 6, 8, 52, 73, 76, 77); Naturkunde-Museum, Weimar (Abb. 38); „Neue Welt", Heft 15/1949 (Abb. 96); Dr. Straus, Berlin (Abb. 4); B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig (Abb. 72, 98, 99); Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin (Abb. 53, 57); Zentralbild, Berlin (Abb. 54, 83, 87 bis 94, 97).

A. REIZERSCHEINUNGEN DER LEBEWESEN

Alle Lebewesen sind von ihrer Umwelt abhängig. Die Umwelt, also das Klima, der Boden und die Lebewesen, verändern sich ständig. Die Organismen müssen sich mit diesen Veränderungen auseinandersetzen. Dabei wirken sie wechselseitig aufeinander sowie auf ihre unbelebte Umwelt ein, so daß neue Veränderungen entstehen. Auf diese Weise haben sich im Laufe sehr langer Zeiträume die heutigen Organismenarten aus einfachsten Formen entwickelt. Diese entstanden zu einer bestimmten Zeit der Erdgeschichte aus anorganischer Materie.
Alle Organismen beantworten Einwirkungen aus der Umwelt, sie reagieren darauf. Solche Einwirkungen, sie werden **Reize** genannt, nehmen schon einzellige Lebewesen auf. Eine Amöbe beispielsweise reagiert auf Temperatur- und Berührungsreize, auf Schwerkraft, chemische Reize usw. Sie nimmt diese Reize mit dem Protoplasma ihres Zellkörpers auf, mit dem sie die Reize auch beantwortet.
Bei den höher organisierten Tieren und den Menschen sind diese Vorgänge weitaus komplizierter. In der Auseinandersetzung der Tiere und Menschen mit ihrer Umwelt spielen das Nervensystem und die Sinnesorgane die entscheidende Rolle. Auch die Pflanzen vermögen auf Reize zu reagieren. Sie führen Bewegungen aus, die durch Lichtreize, durch chemische Reize oder durch Berührungsreize u. a. ausgelöst werden. Die Reizbarkeit ist also auch bei vielzelligen Lebewesen nicht vom Vorhandensein besonderer Sinnesorgane und Nervensysteme abhängig. *Die Reizbarkeit ist eine Eigenschaft aller Lebewesen.*

I. Bewegungen der Pflanzen

Aufg. 1. Beobachte Kartoffelkeime im Keller! Stelle fest, nach welcher Richtung die Sprosse wachsen! — 2. Beobachte die Stellung der Bohnenblätter bei Tage und am Abend!

Die blaßgelben Triebe der im Frühjahr auskeimenden Kartoffeln wachsen im Keller immer dem hellen Fenster zu. Auch die Stengel und Blätter unserer Zimmerpflanzen wenden sich dem Lichte zu. Die Bohne senkt ihre Blätter am Abend und breitet sie am Morgen wieder aus. Getreidehalme, die von einem Platzregen niedergelegt worden sind, richten sich nach einigen Tagen wieder auf.
Wir sehen also, daß die Pflanzen auf Einwirkungen ihrer Umwelt in bestimmter Weise reagieren. Oft besteht die Reaktion der Pflanzen in einer **Bewegung**.
Je nachdem, ob die Pflanzen frei beweglich sind (z. B. einzellige Algen) oder fest im Boden wurzeln, führen sie freie Ortsbewegungen oder nur Krümmungsbewegungen aus. Meist sind sie zum Licht hin gerichtet (z. B. Kartoffelkeime). Man spricht in diesem Falle von *positiven* Bewegungen; Bewegungen, die von der Lichtquelle wegführen, nennt man *negativ*. In anderen Fällen sind die Bewegungsarten der Pflanzen von der Richtung des Reizes unabhängig („Schlafbewegungen" der Bohnenblätter).

a) Gerichtete freie Ortsbewegungen

Aufg. Schöpfe aus einer Gartentonne, einem Teich oder einem Tümpel, der infolge seines großen Reichtums an Geißelträgern grün ist, ein Glas Wasser! Gieße es auf einen flachen Teller! Decke diesen zur Hälfte mit einer dunklen Scheibe zu! Stelle ihn in einiger Entfernung vom Fenster auf! Beobachte!

Schon nach kurzer Zeit haben sich viele grüne Algen an der beleuchteten Seite des Tellers angesammelt. Die andere Seite dagegen ist von Algen nahezu frei. Sie sind also mit ihrer peitschenartigen Geißel zum Lichte hingeschwommen. Im Lichte können sie assimilieren.

Untersuchungen ergaben, daß auch die Wanderung der *Chlorophyllkörnchen* in den Blättern grüner Pflanzen auf Lichtempfindlichkeit beruht. Bei schwachem Licht legen sie sich an diejenigen Zellwände an, die quer zum Lichteinfall stehen (Abb. 1, links). Bei grellem Licht dagegen wandern sie an die parallel zum Lichteinfall stehenden Zellwände (Abb. 1, rechts).

Abb. 1. Lage der Chlorophyllkörner in einem Moosblättchen (Querschnitt, 250 fach vergr.); links in schwachem, rechts in grellem Licht

Eine Reaktion auf **chemische Reize** zeigen die *männlichen Keimzellen*, beispielsweise die des *Wurmfarns*, die auf dem *Vorkeim* gebildet werden (Abb. 2). Die weiblichen Keimzellen des Wurmfarns scheiden Äpfelsäure ab, durch die die männlichen Schwärmer angezogen werden. Auf diese Weise wird die Befruchtung der Eizellen gewährleistet.

Abb. 2. Wurmfarn; links Vorkeim (etwa 10 fach vergr.), rechts Befruchtungsvorgang (etwa 100 fach vergr.)

Aus diesen wenigen Beispielen sehen wir, daß niedere Pflanzen oder gewisse frei bewegliche Pflanzenteile durch bestimmte Reize zu gerichteten Ortsbewegungen veranlaßt werden.

b) Gerichtete Krümmungsbewegungen

Aufg. Beobachte die Blattstellung der Sonnenblume am Morgen, Mittag und Abend!

Sonnenblumenblätter wenden sich dem Lichte zu. Die Blattspreiten stehen immer rechtwinklig zu den einfallenden Sonnenstrahlen. Morgens sind sie gegen Osten, abends gegen Westen gerichtet. Auf diese Weise erhalten die Blätter jederzeit die größtmögliche Menge an Sonnenlicht, das sie zur Assimilation benötigen.

Aufg. Säe Haferkörner in einem Blumentopf aus! Stülpe einen mit schwarzem Papier ausgeschlagenen Kasten darüber! Beobachte, wie die Keimlinge wachsen! Schneide dann in eine Kastenseite ein etwa 3 cm^2 großes Loch, so daß Licht einfallen kann! Beobachte, wie die Keimpflanzen nunmehr wachsen!

Im Dunkeln wachsen *Haferkeimlinge* senkrecht in die Höhe. Fällt aber durch ein Loch Licht ein, so krümmen sich die Keimlinge dieser Öffnung zu.
Auch dieser Versuch zeigt, daß die Pflanzen auf Lichtreize in zweckmäßiger Weise reagieren. Diese **Lichtwendigkeit** konnten wir schon bei den Kartoffelkeimen und den Zimmerpflanzen feststellen.
Die Krümmungen werden dadurch hervorgerufen, daß die Zellen, die auf der lichtabgewandten Seite liegen, stärker wachsen als die auf der anderen Seite. Dieses ungleiche Wachstum wird durch besondere *Wuchsstoffe (Auxine)* veranlaßt. Sie entstehen z. B. in den Spitzen der Getreidepflanzen. Durch Licht werden die Auxine unwirksam gemacht. Zellen, die nicht vom Licht getroffen werden, enthalten also mehr Auxine. Die Auxine bewirken eine vermehrte Streckung der Zellen. Dadurch streckt sich die betreffende Seite des Sprosses stärker als die andere.

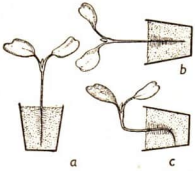


Abb. 3. Einwirkung der Schwerkraft auf Senfkeimlinge; *a* Normalstellung, *b* waagerecht gelegt, *c* darauffolgende, durch ungleichmäßiges Wachstum hervorgerufene Krümmungsbewegung

Aufg. 1. Beobachte, wie die Bäume in der flachen Ebene und am Berghang wachsen! — 2. Bringe Pflanzen, etwa eingetopfte Senfkeimlinge, in waagerechte Lage! Beobachte, wie sie sich im Laufe einiger Tage krümmen, bis sie wieder senkrecht nach oben weiterwachsen (Abb. 3)!

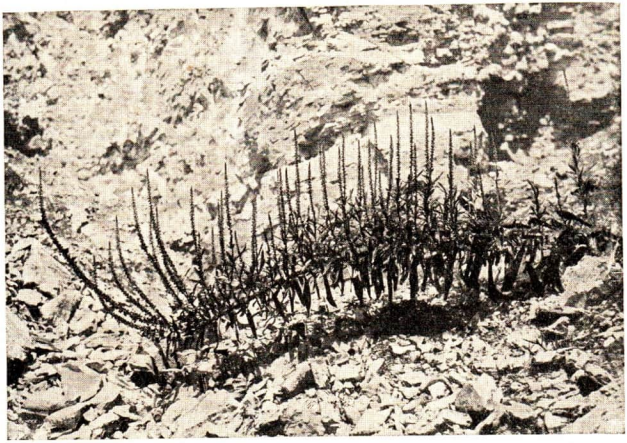


Abb. 4. Umgetretene Gelbe Reseda mit wiederaufgerichteten Ästen in einem Kalksteinbruch

An einem Berghang stehen die Baumstämme nicht senkrecht zum Hang. Die Stämme wachsen immer entgegengesetzt zur Richtung der Schwerkraft, also nach oben, die Wurzeln im allgemeinen in Richtung der Schwerkraft. Man sagt dafür, die Stämme reagieren negativ, die Wurzeln positiv auf die **Schwerkraft.** Bei umgestürzten, aber noch lebensfähigen Bäumen sehen wir, daß sich die Spitze krümmt und wieder nach oben wächst. Bei umgetretenen Stauden mit vielen Blütenästen richten sich alle Äste senkrecht zum liegenden Stengel nach oben (Abb. 4). Die Pflanzen vermögen also bei Lageveränderungen Bewegungen auszuführen, die sie wieder in die ursprüngliche Richtung bringen. Die Richtung dieser Bewegungen wird durch die Schwerkraft bestimmt.

Aufg. Beobachte, wie sich eine Stangenbohne an ihrer Stütze emporwindet!

Die Sprosse der Stangenbohne, der Winde, des Hopfens und anderer Pflanzen führen *kreisende Bewegungen* aus, die dadurch zustande kommen, daß eine Seite des Sprosses schneller wächst als die andere.

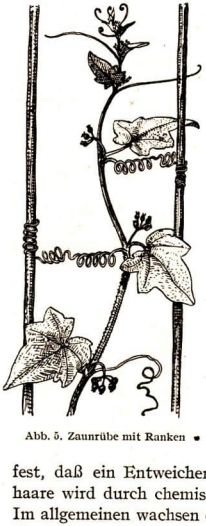


Abb. 5. Zaunrübe mit Ranken

Die Richtung dieser Bewegungen ist bei den einzelnen *Windepflanzen* verschieden. Von oben betrachtet, kreist der Hopfensproß im Uhrzeigersinne (rechts herum), der Sproß der Bohnen dagegen im entgegengesetzten Sinne (links herum). Sobald der Sproß eine Stütze berührt, windet er sich kreisförmig um diese und wächst an ihr nach oben. Die zunächst lockeren spiraligen Windungen straffen sich, der Sproß legt sich fester um die Stütze.

Beim *Klettern der Rankenpflanzen* (Erbse, Zaunrübe, Kürbis) lösen **mechanische Reize** die entsprechenden Bewegungen aus. Die Spitze der Erbsenranke zum Beispiel ist empfindlich gegen Berührungsreize. Wenn sie eine Stütze berührt, wächst sie hakenförmig um die Stütze herum. Der übrige Teil der Ranke rollt sich spiralig zusammen, so daß die Pflanze federnd an die Stütze herangezogen wird (Abb. 5).

Aufg. Beobachte an Sonnentaupflanzen, wie sich die Drüsenhaare der Blätter zum gefangenen Insekt hinneigen!

Der **Sonnentau** (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj.), trägt auf seinen Blättern eine große Zahl von Drüsenhaaren. Bleibt ein Insekt an ihnen haften, so neigen sich die Drüsenhaare zu ihm hin. Sie umschließen es so fest, daß ein Entweichen nicht mehr möglich ist. Die Bewegung der Drüsenhaare wird durch chemische Reize ausgelöst.

Im allgemeinen wachsen die Wurzeln der Pflanzen in Richtung der Schwerkraft. Sie reagieren jedoch auch auf chemische Reize. Nährsalze und Wasser können die ursprüngliche Wuchsrichtung verändern. Die Wurzeln wachsen nach derjenigen Stelle im Boden, die die besten Nährstoffbedingungen bietet. Daher bilden sich in Dränageröhren oft dichte Wurzelbüschel.

c) Ungerichtete Krümmungsbewegungen

Aufg. Beobachte das Öffnen und Schließen der Blüten bei verschiedenen Licht- und Temperaturverhältnissen!

Bei vielen Pflanzenarten (Korbblütlern, Tulpen, Schneeglöckchen) stellen wir fest, daß sich die *Blüten am Morgen öffnen, am Abend* aber wieder *schließen*. Einige Pflanzen dagegen öffnen ihre Blüten während der Nacht (Kletterndes Geißblatt, Weiße Nachtnelke). Es gibt auch Pflanzen, die ihre Blüten bei warmem Wetter öffnen und sie bei kaltem schließen. Diese Beispiele zeigen, daß die Pflanzen auch auf verschiedene Licht- und Temperaturreize reagieren.
Das Öffnen und Schließen der Blüten wird durch verschieden starkes Wachstum der Blattoberseite und der Blattunterseite hervorgerufen. Die Blumenblätter der Tulpe wachsen morgens auf der Oberseite, abends, wenn es kühler wird, auf der Unterseite. Dabei werden sie mit jeder Krümmung größer, bis sie ihren ausgewachsenen Zustand erreicht haben. Dann kann sich die Stellung der Blumenblätter nicht mehr verändern.

Aufg. Stelle fest, welche Stellung die Blätter unserer Gemüsebohne bei Tage und in der Nacht haben!

Sogenannte *Schlafbewegungen* der Blätter finden wir beispielsweise bei der Gemüsebohne, der Robinie und dem Goldregen. Sie werden ebenfalls durch *Licht- und Wärmereize* ausgelöst. Diese Bewegungen entstehen aber nicht durch einseitiges Wachstum. Sie werden durch Veränderungen des Innendrucks der Zellen hervorgerufen. Die Blätter dieser Pflanzen besitzen am Grunde ihrer Stiele sogenannte *Gelenkpolster*. In den Zellen auf der Unterseite dieser Anschwellungen ist der Innendruck abends geringer als in denen der Oberseite. Dadurch senken sich die Blattstiele. Am Morgen gleicht sich der Druck in den Zellen der Ober- und Unterseite wieder aus; die Blätter heben sich.

Aufg. Berühre die Staubblätter einer Berberitzenblüte mit einer Nadel! Beobachte! Führe diesen Versuch auch bei der Kornblume oder einer anderen Flockenblume aus!

Besonders auffällig sind Bewegungen, die durch plötzliche Erschütterungen ausgelöst werden. Derartige Reaktionen können wir vor allem an den Staubgefäßen beobachten. Sobald beispielsweise ein Insekt die Innenseite des Staubfadens der *Berberitze* berührt, klappt das Staubblatt zum Stempel hin. Der ausstäubende Blütenstaub bleibt am Körper des Insekts haften und wird von ihm auf andere Blüten übertragen.
Wenn eine Biene die Staubbeutelröhre der *Kornblume* oder einer anderen *Flockenblume* berührt, verkürzen sich die Staubfäden ruckartig. Die Staubbeutelröhre wird nach unten gezogen, so daß der in ihr abgelagerte Blütenstaub durch den Griffel nach oben hinausgestoßen wird. Er bleibt am Körper der Biene haften und wird durch sie auf andere Blüten übertragen. Am eindrucksvollsten lassen sich Er-

schütterungsbewegungen bei der *Sinnpflanze* (Mimose) beobachten. Sinnpflanzen wachsen bei uns in den Gewächshäusern der botanischen Gärten. Wir können sie jedoch auch selbst aus Samen ziehen. Stößt man an ein Fiederblättchen ihrer gefiederten Blätter, so klappen die Blättchen paarweise der Reihe nach rasch zusammen. Schließlich senkt sich auch der Blattstiel plötzlich nach unten. Ist die Berührung stark genug, so läuft der Reiz in die benachbarten Blätter. Auch hier falten sich die Fiederblättchen rasch nacheinander zusammen. So wird der Reiz auch in die weiter entfernt stehenden Blätter geleitet (Abb. 6). Ein starker Reiz wird bis zu 50 cm weit geleitet, und zwar mit einer Geschwindigkeit bis zu 10 cm je Sekunde, selten schneller.

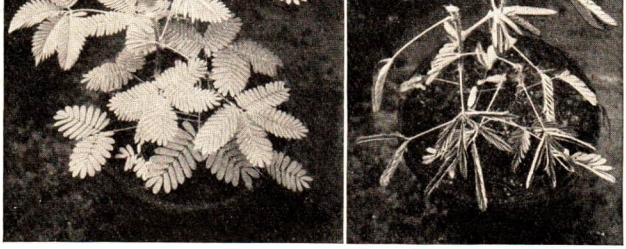


Abb. 6. Reizerscheinung bei der Mimose; links normale Stellung der Blattfiedern, rechts nach Reizung

Bei der Verletzung eines Mimosenblattes werden in den Zellen bestimmte Wundstoffe frei. Unter Umständen kann eine Verletzung schon durch einen leichten Stoß erfolgen. Diese Wundstoffe rufen plötzliche Druckveränderungen in den Zellen der Sinnpflanze hervor und verursachen dadurch die Bewegung der Blätter. Die Reizleitung besteht in der Weiterleitung der Wundstoffe durch das Wasser, das sich in den Leitungsbahnen der Pflanzen befindet. Die Pflanzen besitzen keine Nerven; die Reize werden durch chemische Stoffe weitergeleitet.

II. Reizaufnahme bei Tier und Mensch (Sinnesorgane)

Die Fähigkeit, Reize aufzunehmen und zu verarbeiten, ist eine allgemeine Eigenschaft des Protoplasmas. Bereits einzellige Lebewesen reagieren auf bestimmte Reize (s. S. 6). Die Aufnahme und Verarbeitung von Reizen ist also nicht unbedingt an das Vorhandensein von Sinnesorganen und Nervensystem gebunden.

Im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung haben sich jedoch bei den vielzelligen Tieren besondere Zellen herausgebildet, die Sinnes- und Nervenzellen. Die Sinneszellen haben sich in verschiedener Weise entwickelt. Bestimmte Arten von Sinneszellen reagieren vorwiegend auf bestimmte Arten von Sinnesreizen (z. B. auf Licht, Berührung oder Wärme). Bei den hochentwickelten Tieren sind aus Gruppen gleichartiger Sinneszellen die Sinnesorgane entstanden.
Beim Menschen unterscheiden wir als wichtigste: die Sinnesorgane der Haut, die Organe des chemischen Sinnes in Nase und Mund, das Auge und die Sinnesorgane des Ohres.

a) Die Sinnesorgane der Haut

Aufg. Schließe die Augen! Betaste einen Gegenstand! Sage etwas über seine Form, Oberflächenbeschaffenheit und Temperatur aus!

Die Haut schützt nicht nur den Körper des Menschen, sie dient nicht nur der Wärmeregulierung und der Ausscheidung, in ihr liegen auch verschiedene Sinnesorgane. Betasten wir bei geschlossenen Augen einen Gegenstand, so können wir zunächst sagen, ob er Spitzen oder Kanten hat und ob er eine rauhe oder glatte Oberfläche besitzt. Diese Empfindung vermitteln uns die **Tastkörperchen.** Außerdem spüren wir, ob der Gegenstand kalt oder warm ist; diese Empfindung vermitteln uns die **Temperaturkörperchen.** Beim Betasten eines Gegenstandes arbeiten die verschiedenen Sinneszellen gleichzeitig. Wir haben also gleichzeitig die Empfindung der Form, der Art der Oberfläche und der Temperatur. Ein eben gekochtes Ei empfinden wir zugleich als länglich-runden, glatten und warmen Körper; in uns entsteht eine einheitliche Wahrnehmung vom Ei. Erst nachträglich können wir in unserem Bewußtsein die einzelnen Sinnesempfindungen, die Gestalt, Oberflächenbeschaffenheit und Wärme, trennen. Oft ist es sogar recht schwierig, die an einer Wahrnehmung beteiligten Empfindungen herauszusondern.

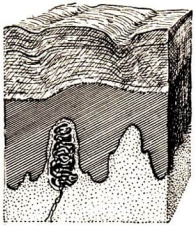


Abb. 7. Schnitt durch die Haut mit Tastkörperchen (etwa 80 fach vergr.)

Tast- oder Drucksinn. Bei den niedersten Vielzellern (z. B. Süßwasserpolyp) sind die *Tastsinneszellen* gleichmäßig über die ganze Körperoberfläche verteilt. Es sind einfache, etwa 0,1 mm große Sinneszellen. Bei höherentwickelten Tieren sind sie an bestimmten Körperstellen besonders häufig. Vielfach sitzen sie an den Wurzeln von Haaren oder Borsten. Die Haare wirken dann hebelartig als Überträger von Berührungsreizen. Ähnliche Tasthaare finden wir bei vielen Gliedertieren und bei Säugetieren (Schnurrhaare der Katze). In der Haut der Wirbeltiere befinden sich besondere *Tastkörperchen* (bis zu 3 mm groß), mit denen Druckreize empfunden werden. Sie liegen unregelmäßig über die Körperfläche verteilt in den Papillen der Lederhaut (Abb. 7).

Aufg. 1. Prüfe mit dem Stechzirkel, in welchem Abstand die beiden vorsichtig und gleichzeitig aufgesetzten Spitzen gerade noch als zwei Berührungsreize empfunden werden! Untersuche so Fingerspitze, Handfläche und Handrücken, Stirn, Oberarm, die Mitte des Rückens usw.! — 2. Setze den Zirkel mit einem Spitzenabstand von 1 mm vorsichtig auf den Oberarm! Streiche dann langsam auf der Haut des Armes nach der Hand zu! Beobachte, an welcher Stelle die Spitzen nicht mehr als *ein* Reiz, sondern als *zwei* getrennte Reize empfunden werden!

An der Zunge werden zwei Zirkelspitzen schon bei 1 mm Abstand als zwei getrennte Reize empfunden, in der Mitte des Rückens erst bei 60 bis 70 mm. Wir empfinden die beiden Zirkelspitzen erst dann als zwei Reize, wenn *zwei* Tastkörperchen gereizt werden. Die Finger- und Zehenspitzen, die Lippen und die Zunge des Menschen sind besonders reich an Tastkörperchen. Auch an der inneren Handfläche sind sie zahlreich vorhanden. Die Tastkörperchen liegen also an den Körperteilen verschieden weit auseinander.
Im ganzen besitzt der Mensch etwa 500000 Tastkörperchen. Der schwächste Druckreiz, der auf dem Handrücken, an der Stirn usw. eben noch empfunden wird, wird durch etwa 0,002 g auf eine Hautfläche von 0,5 mm² erzeugt.

Temperatursinn. Jedes Tier vermag Kälte und Wärme zu empfinden. In der Haut des Menschen sind ebenso wie in der Haut vieler Tiere besondere *Temperaturkörperchen* vorhanden, von denen die einen auf Wärme, die anderen auf Kälte ansprechen. Wird der Haut Wärme entzogen, so werden dadurch die Kältekörperchen gereizt; eine Erwärmung der Haut dagegen reizt die Wärmekörperchen. Die Stellen der Haut, unter denen die Körperchen liegen, bezeichnet man als *Kälte-* oder *Wärmepunkte.*

Aufg. Tauche die linke Hand einige Minuten in heißes, die rechte in kaltes Wasser, darauf beide gleichzeitig in lauwarmes Wasser!

Das lauwarme Wasser erscheint der linken Hand kalt, der rechten warm. Es erscheint uns also das als warm, was unserer Haut im Augenblick der Empfindung Wärme zuführt, und als kalt, was ihr Wärme entzieht.
Im allgemeinen richtet sich die Empfindung kalt oder warm nach der Temperatur unseres Körpers (37° C) oder, genauer, nach der Temperatur unserer Haut (etwa 30° C). Fassen wir einen Gegenstand an, der kälter ist als unsere Haut, so wird der Haut Wärme entzogen. Dadurch reagieren die Kältekörperchen. Fassen wir einen Gegenstand an, der wärmer ist als unsere Haut, so ist es umgekehrt. Temperaturen, die über 70° C oder unter – 10° C liegen, überschreiten die Grenzen unseres Temperatursinnes und erzeugen eine Schmerzempfindung.
Auch die Kälte- und Wärmepunkte liegen an verschiedenen Körperstellen verschieden dicht nebeneinander. Je dichter sie beieinanderstehen, um so größer ist die Temperaturempfindlichkeit des betreffenden Körperteiles. Besonders empfindlich sind Zungenspitze und Augenlider. Der Rücken der Hand ist empfindlicher als ihre Innenseite.
Der Mensch besitzt etwa 250000 Kälte- und 30000 Wärmepunkte. Der Kältesinn ist also stärker entwickelt. Wir sind darum gegen Kälte empfindlicher als gegen

Wärme. In der Kälte ziehen sich die feinen Blutgefäße der Haut zusammen, so daß sie nur noch von wenig Blut durchströmt werden. Die Haut wird blutärmer. Dadurch gibt der Körper weniger Wärme ab. Bei starker Erwärmung des Körpers ist es umgekehrt. Durch die Wärme- und Kältereize, die die Haut treffen, wird also deren Durchblutung und damit die Wärmeabgabe reguliert.

Schmerzsinn. Schmerz entsteht durch eine, wenn auch oft ganz geringe *Zerstörung* von Gewebe oder durch Störungen des Stoffwechsels im Gewebe. Aus dem zerstörten Gewebe werden Stoffe frei, die feine Nervenendigungen in der Haut reizen. Dieser Reiz kommt uns als Schmerz zum Bewußtsein. Schmerzreize werden also im Gegensatz zu anderen Reizen nicht durch Sinneszellen, sondern durch freie Nervenendigungen aufgenommen. Auch die inneren Organe sind größtenteils schmerzempfindlich. Heftige, langdauernde Schmerzen sind meist Auswirkungen ernsterer Organschäden. Es gibt jedoch Krankheiten, bei denen keine *Nervenendigungen* gereizt werden; sie verlaufen ohne Schmerzen (z. B. Tuberkulose).

Aufg. Hebe einen leeren und einen gefüllten Eimer! Achte auf den Unterschied der Empfindung in den Muskeln und Gelenken!

Muskelsinn. Wenn wir eine Last heben, empfinden wir in Muskeln und Gelenken eine *Spannung*, die je nach der Schwere der Last verschieden stark ist. Durch diese Spannungsempfindung können wir die Schwere des Gegenstandes ziemlich genau feststellen. In den Muskeln liegen besondere Sinneskörperchen, die spindelförmig aufgerollte Nervenendigungen darstellen *(Muskelspindeln)*. Sie reagieren auf Zug und Spannung. Ähnlich wirkende Sinneskörper liegen auch in den Sehnen und Gelenkkapseln. Sie vermitteln uns eine Vorstellung von der Lage der Glieder im Raum.

b) Die Organe der chemischen Sinne in Nase und Mund

Bestimmte Eigenschaften gasförmiger Stoffe empfinden wir durch die Riechschleimhaut der Nase als Geruch. Flüssige oder gelöste Stoffe, die auf die im Munde liegenden Geschmacksorgane einwirken, erzeugen Geschmacksempfindungen. Bei beiden Arten von Reizen handelt es sich um Wirkungen chemischer Stoffe, deshalb sprechen wir von *chemischen* Reizen.

Chemische Sinne der Wirbellosen. Bei allen *Wirbellosen, die im Wasser leben* (Polypen, Quallen, Würmern, Krebsen, Muscheln, Schnecken u. a.), lassen sich Geschmacks- und Geruchssinneszellen nicht unterscheiden. Diese Tiere haben nur eine Art von Sinneszellen, mit denen sie chemische Reize empfinden. Die Sinneszellen sind entweder über den Körper verteilt (z. B. beim Blutegel)

oder auf einzelne Körperteile konzentriert (bei Wasserschnecken z. B. auf Wülste in der Mantelhöhle). Oft liegen sie in Gruppen zusammen und tragen kleine Härchen.

Erst bei einigen *wirbellosen Tieren, die an der Luft leben* (z. B. Insekten) ist eine Funktionsteilung der chemischen Sinnesorgane eingetreten. Bei ihnen haben sich besondere Sinnesorgane für die chemischen Reize gasförmiger Stoffe und andere für die chemischen Reize flüssiger Stoffe entwickelt: die Geruchs- und die Geschmacksorgane. Bei den Insekten sind vor allem die *Geruchssinnesorgane* hoch entwickelt. Sie liegen auf den Fühlern, die oft Tausende von Grübchen mit Geruchssinneszellen tragen (Abb. 8). *Geschmackszellen* dagegen finden sich im Innern der Mundhöhle und an den Mundwerkzeugen. Auch an den Fußgliedern sitzen zuweilen Geschmackssinneszellen (z. B. Stubenfliege).

Abb. 8. Links Fühler des Maikäfers, rechts Sinnesgrübchen (stark vergr.)

Chemische Sinne der Wirbeltiere. Die *Fische* besitzen Nasengruben mit Sinneszellen (Abb. 9). Man deutet diese Sinneszellen, weil sie mit den Riechnerven in Verbindung stehen, als Riechzellen. Im Bereich des Mundes befinden sich Geschmackszellen von ähnlichem Bau wie die Riechzellen. Bei den *Landwirbeltieren* ist eine deutliche Trennung von Geruchs- und Geschmacksorganen vorhanden.

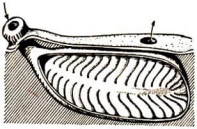


Abb. 9. Geruchsgrübchen von Fischen; links Seenadel im Schnitt, rechts Aal (stark vergr.)

1. Geruchssinn

Im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung verlagerten sich die Geruchssinneszellen immer mehr von der Oberfläche des Kopfes weg ins Innere. Sie liegen in den Atemwegen und behalten so Verbindung mit der Außenluft. Viele Lurche und Kriechtiere können im Wasser und auf dem Lande Geruchsreize wahrnehmen und Spuren verfolgen. Die meisten Vögel besitzen nur ein geringes Geruchsvermögen. Manche Säugetiere sind ausgesprochene „*Nasentiere*" (z. B. Raubtiere, Rotwild). Sie haben eine ausgedehnte Riechschleimhaut (Abb. 10*a*). In ihr liegen die eigentlichen Geruchssinneszellen. Diese tragen feine Härchen, die über die Schleimhaut hinausragen und von den vorüberstreichenden Duftstoffen gereizt

werden. Von jeder Riechzelle geht ein kleiner Nerv aus. Diese Nerven vereinigen sich zu einem Paar großer, dicker Geruchsnerven, die zum Gehirn führen.

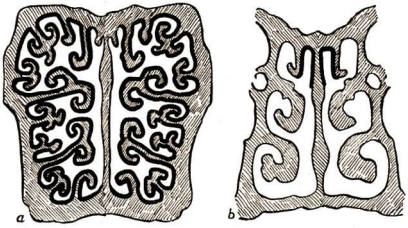


Abb. 10. Schnitt durch die Nasenhöhle; *a* des Hundes, *b* des Menschen; schwarzer Saum: Riechschleimhaut

Der Mensch hat ein verhältnismäßig schlechtes Geruchsvermögen. Seine *Riechschleimhaut* überzieht nur die Gegend des obersten Paares der Nasenmuscheln (Abb. 10*b*) und ist nur etwa so groß wie ein Pfennigstück.

Wir können unsere Geruchsempfindungen nur durch recht unbestimmte Benennungen kennzeichnen. Man unterscheidet verschiedene *Grundgerüche:* würzig (z. B. Pfeffer), blumig (z. B. Jasminöl), fruchtig (z. B. Äpfel), harzig (z. B. Kiefernharz), brenzlig (z. B. Teer), faulig (z. B. faule Eier). Sie gehen vielfach ineinander über. Die Mehrzahl der in der Natur auftretenden Gerüche sind *Mischgerüche.* Sie wirken oft ganz anders als die Grundgerüche, aus denen sie zusammengesetzt sind. Im Alltagsleben bezeichnen wir die Mischgerüche nach den Naturobjekten, von denen sie stammen (Rosenduft, Fischgeruch usw.). Von manchen Stoffen genügen bereits kleinste Mengen (Bruchteile von 0,001 mg in 1 Liter Luft), um eine deutliche Geruchsempfindung auszulösen.

2. Geschmackssinn

Die Geschmackssinneszellen der *an der Luft lebenden Tiere* liegen in Geschmacksknospen zusammen. Sie werden durch Stoffe, die in Wasser oder im Speichel gelöst sind, gereizt. Geschmacksknospen finden sich vor allem auf der Zunge, am weichen Gaumen und am Eingang zur Rachenhöhle.

Aufg. Suche mit der Lupe an der Zunge eines geschlachteten Säugetieres die verschieden geformten Geschmackswärzchen!

Abb. 11. Zunge des Menschen. *a* Umwallte Papille, *b* blattförmige Papille, *c* pilzförmige Papille, *d* Kehldeckel

Die Geschmacksknospen der *Säugetiere* und *Menschen* sind knospenförmig (Schmeckbecher). Auf der Zunge liegen sie in den Wandungen kleiner verschieden geformter Wärzchen (Papillen, Abb. 11). Von ihnen gehen die Fasern der Geschmacksnerven aus. Man unterscheidet pilzförmige, blattförmige und umwallte Wärzchen; letztere sind von einem Schleimhautgraben umgeben. Der harte Gaumen und das Zahnfleisch sind für Geschmacksreize unempfindlich.

Die Feinheit des Geschmacks ist von der Zahl der Geschmacksknospen abhängig. Fleischfresser haben verhältnismäßig wenig, Allesfresser mehr, Pflanzenfresser die meisten Geschmacksknospen.

Aufg. Tauche einen Pinsel in Zuckerlösung! Betupfe mit ihm nacheinander die Spitze, die Ränder und den Rücken deiner Zunge, auch den harten und den weichen Gaumen! Stelle die Geschmacksempfindlichkeit der verschiedenen Stellen deiner Zunge fest! Führe den gleichen Versuch mit Lösungen von Kochsalz und Essig durch!

Man kann vier *Geschmacksempfindungen* unterscheiden: süß, sauer, bitter und salzig. Diese Geschmacksarten werden mit verschiedenen Geschmackssinnesorganen empfunden. Sie sind auf die verschiedenen Stellen der Zunge ungleich verteilt. Süße Speisen schmeckt der Mensch besonders an der Zungenspitze, salzige und saure an den seitlichen Zungenrändern und bittere am Zungengrund.

Aufg. 1. Schließe die Augen und halte die Nase fest zu! Lege nacheinander ein Stückchen Apfel, Kartoffel und Zwiebel auf die Zunge! Versuche sie zu unterscheiden! — 2. Bei starkem Schnupfen „schmecken" uns viele Speisen nicht. Weshalb nicht?

Vielfach glauben wir, Speisen zu schmecken, während wir sie tatsächlich riechen. Beim Kauen werden nämlich im Munde Riechstoffe frei, die vom Gaumen aus zur Nasenhöhle aufsteigen und hier die Riechzellen reizen.

c) Das Auge, das Lichtsinnesorgan

1. Entwicklung des Auges

Die **Einzeller** besitzen noch kein besonderes Lichtsinnesorgan. Wie Versuche gezeigt haben, können sie jedoch Hell und Dunkel unterscheiden; das ganze Protoplasma ihres Körpers ist lichtempfindlich. Das Rotäugelein hat bereits eine besondere lichtempfindliche Stelle im Protoplasma, den Augenfleck.
Auch **vielzellige Tiere,** die keine Augen haben, reagieren auf Hell und Dunkel. Bei ihnen liegen *Lichtsinneszellen* in der Haut und sind fast über den ganzen Körper verteilt (z. B. Regenwurm). Wenn man bei einem Regenwurm nur ein Körperende beleuchtet, so zieht er es ins Dunkle zurück.
Bis zu dieser Entwicklungsstufe empfinden die Tiere nur einen Unterschied der *Lichtstärke,* sie können also nur Hell und Dunkel unterscheiden. Ein weiterer Fortschritt in der Entwicklung ermöglicht das *Richtung-*

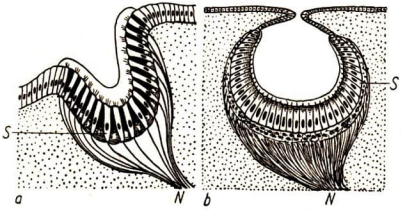


Abb. 12. Verschiedene Formen des Auges;
a Grubenauge der Napfschnecke, *b* Lochkameraauge des Kopffüßers Nautilus. *N* Nerv, *S* Sinneszelle

sehen. So sind z. B. bei der Napfschnecke, einer Meeresschnecke mit napfförmiger Schale, die Lichtsinneszellen zu *Grubenaugen* zusammengelagert (Abb. 12*a*). In ihnen stehen zwischen den Sinneszellen Zellen mit dunklem Farbstoff, die das Licht teilweise abfangen. Nur Lichtstrahlen aus einer bestimmten Richtung können durch die Grubenöffnung auf die Sinneszellen treffen.

Ein weiterer Entwicklungsschritt führt zum *Blasen-* oder *Lochkameraauge*, wie wir es bei einem Weichtier, dem Kopffüßer Nautilus, finden (Abb. 12*b*). Hier hat sich die mit Lichtsinneszellen ausgekleidete Grube zu einer Blase geschlossen, die dem Licht nur durch eine kleine Stelle, das Sehloch, Zutritt läßt. Mit Hilfe des Lochkameraauges vermögen die Tiere bereits Bewegungen und unscharfe Bilder wahrzunehmen.

Aus dem Lochkameraauge entwickelte sich weiterhin das *Linsenauge*. Wir finden Linsenaugen beispielsweise bei einigen Quallen (Abb. 13), Borstenwürmern und Schnecken, bei den Kopffüßern und Wirbeltieren. Hier bildet sich vor den lichtaufnehmenden Sehzellen eine Linse. Sie sammelt die Lichtstrahlen und gibt schärfere, lichtstärkere Bilder. Die Linse besteht aus einer durchsichtigen Masse.

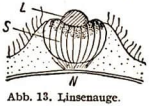


Abb. 13. Linsenauge.
L Linse, *N* Nervenfasern, *S* Lichtsinneszellen

Bei **Krebsen** und **Insekten** hat sich eine besondere Form des Auges entwickelt. Viele Einzelaugen sind dicht aneinandergelagert, wobei jedes eine gestreckte Gestalt angenommen hat. Jedes hat auch eine eigene kleine Linse, die von den Nachbarlinsen abgegrenzt ist. Dadurch hat die Oberfläche des ganzen Auges das Aussehen eines Netzes. Das ganze zusammengesetzte Auge wird deshalb *Netz-* oder *Facettenauge* genannt (Abb. 14). Die Teilbilder der vielen Einzelaugen setzen sich mosaikartig zu einem größeren Bild zusammen. Die einzelnen Teilaugen sind durch lichtundurchlässige Farbstoffe voneinander getrennt, so daß die Einzelbilder nur wenig übereinandergreifen und ein Gesamtbild zustande kommt. Die Sehleistung der Netzaugen ist um so größer, je zahlreicher die Einzelaugen sind. Bei den Schmetterlingen und Libellen ist die Zahl der Einzelaugen besonders groß.

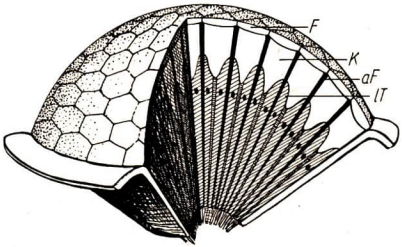


Abb. 14. Facettenauge, ein Teil herausgeschnitten (schematisch).
F Facettenlinse der Hornhaut, *K* Kristallkegel, *aF* abschirmender Farbstoff, *IT* Lichtsinneszellen

Viele Insekten, zum Beispiel Bienen und Schmetterlinge, können auch Farben sehen. Doch ist ihre Farbempfindung eine andere als unsere, beispielsweise können Honigbienen Rot nicht von Schwarz unterscheiden. Dagegen sehen sie ultraviolette Strahlen, die wir nicht wahrnehmen.

2. Bau des menschlichen Auges

Aufg. 1. Betrachtet gegenseitig eure Augen! Beachtet die Farbe der Regenbogenhaut! — 2. Schneidet das Auge eines geschlachteten Rindes oder Schweines unter Wasser auf!

Die Augen aller Wirbeltiere ähneln sich in ihrem Bau. Unser menschliches Auge (Abb. 15) ist ein kugeliges Gebilde von etwa 24 mm Durchmesser. Die äußere *weiße Augenhaut* ist sehr fest (Lederhaut). Sie schützt den Augapfel. Vorn geht sie in die stark gewölbte, *durchsichtige Hornhaut* über. Unter der weißen Augenhaut liegt als zweite Schicht die *Aderhaut*, die von zahlreichen Blutgefäßen durchzogen ist und die Gewebe des Auges ernährt. An der Vorderseite geht sie in die *Regenbogenhaut (Iris)* über. Die Iris enthält Farbstoffe, die die „Augenfarbe" hervorrufen. In der Mitte läßt sie das *Sehloch (Pupille)* frei. Der Raum zwischen Iris beziehungsweise Pupille und Hornhaut heißt *vordere Augenkammer*.

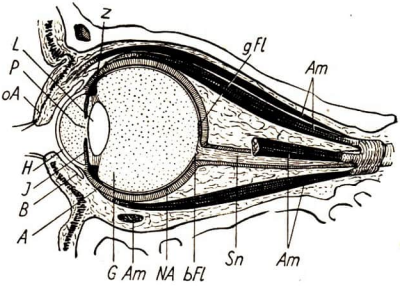


Abb. 15. Schnitt durch das menschliche Auge.
A Weiße Augenhaut, *Am* Augenmuskeln, *oA* oberes Augenlid, *B* Bindehaut, *bFl* blinder Fleck, *gFl* gelber Fleck, *G* Glaskörper, *H* Hornhaut, *J* Iris, *L* Linse, *NA* Netz- und Aderhaut, *P* Pupille, *Sn* Sehnerv, *Z* Ziliarmuskel

Hinter der Pupille liegt die lichtbrechende, zweiseitig gewölbte *Linse*. Sie ist ringsum an dünnen Fäserchen aufgehängt. Der Innenraum des Auges ist von einer klaren, gallertartigen Masse, dem *Glaskörper*, ausgefüllt. Die eigentliche lichtempfindliche Schicht ist die der Aderhaut innen aufliegende *Netzhaut*. Sie besteht aus mehreren Zellschichten. In ihr enden die Fasern der Sehnerven. Die Lichtsinneszellen haben die Form von *Stäbchen* und *Zapfen*, die mit ihren Spitzen der Aderhaut zugekehrt sind (Abb. 16). Mit Hilfe der Stäbchen unterscheidet der Mensch Hell und Dunkel und dadurch die Formen der Gegenstände; mit den Zapfen unterscheidet er die Farben. Die Zapfen sind verhältnismäßig wenig empfindlich, so daß ihre Tätigkeit bei geringer Lichtstärke bereits ganz aussetzt. In der Dämmerung vermag der

Abb. 16. Schnitt durch die Netzhaut (Schema, stark vergr.).
Nz Nervenzellschichten, *Z* Zapfen, *St* Stäbchen, *P* Pigmentzellenschicht, *A* Aderhaut

Mensch deshalb Farben nicht mehr zu unterscheiden. In der Achse des Auges gegenüber der Pupille sind die Zapfen besonders dicht gelagert. Hier befindet sich der *gelbe Fleck*, die Stelle des schärfsten Sehens. An jenem Punkt, wo der Sehnerv ins Auge tritt, befinden sich weder Stäbchen noch Zapfen. Es ist der sogenannte *blinde Fleck*.
In der Aderhaut und am Grunde der Netzhaut ist sehr viel schwarzer Farbstoff eingelagert. Das Licht, das durch die Pupille eindringt, wird von dieser dunklen Wand nicht zurückgeworfen, sondern verschluckt. Daher erscheint uns die Pupille immer schwarz, ähnlich wie ein von außen gesehenes Kellerfenster. Der Arzt kann mit dem *Augenspiegel* Licht in das Augeninnere werfen und dieses dadurch sichtbar machen.

3. Vorgang des Sehens

Umgekehrtes Netzhautbild. Die von einem Gegenstand ausgehenden Lichtstrahlen fallen durch Hornhaut, vordere Augenkammer, Pupille, Linse und Glaskörper auf die Netzhaut. Die Lichtstrahlen werden vor allem in der Hornhaut und in der Linse gebrochen. So entsteht auf der Netzhaut ein verkleinertes umgekehrtes Bild (s. Lehrb. d. Physik f. d. 7. Schulj., S. 31 f.). Die Sinneszellen werden durch das Licht gereizt. Dann wird die Erregung durch den Sehnerv zum Gehirn weitergeleitet. Erst hier entsteht die eigentliche Sinnesempfindung. Die Empfindungen spiegeln Erscheinungen der Außenwelt wider. Wenn der Sehbezirk des Gehirns verletzt wird, erblindet der Mensch, auch wenn das Auge selbst gesund ist.

Anpassung an die Lichtstärke. Das Auge paßt sich ständig dem Wechsel von Lichtstärke und Sehweite an.
Wenn wir aus hellem Sonnenlicht in einen dunklen Raum treten, sehen wir zunächst fast nichts. Erst allmählich können wir Umrisse erkennen; nach und nach wächst die Lichtempfindlichkeit der Lichtsinneszellen. Nach etwa 30 Minuten ist die Lichtempfindlichkeit etwa 5000mal größer als vorher. Treten wir dann wieder ins Freie, so sind wir im ersten Augenblick vollständig geblendet. Nach ungefähr zwei Minuten haben die Lichtsinneszellen ihre normale Tagesempfindlichkeit wieder erreicht. Unser Auge kann also seine Lichtempfindlichkeit weitgehend ändern und der Lichtstärke der Umgebung anpassen.

Aufg. 1. Setzt euch paarweise einander gegenüber, und zwar so, daß der eine von euch ins helle Licht schaut! Verdeckt ihm beide Augen einige Sekunden mit der Hand! Nehmt die Hand wieder weg! Beobachtet die Größenänderung der Pupille! — 2. Beobachte dein eigenes Auge im Spiegel bei wechselnder Lichtstärke! Benutze dabei die Taschenlampe! — 3. Beobachte die Pupillen einer Katze bei Licht und in der Dunkelheit!

Abb. 17. Veränderungen der Iris und der Pupille; *a* in zerstreutem Licht, *b* im Dunkeln, *c* in grellem Licht; schwarz die jeweils wirksamen Muskeln

Wir stellen fest, daß sich die Pupille in der *Dunkelheit vergrößert*, bei *hellem Licht* aber *verengt;* sie reguliert die Stärke des Lichteinfalls wie die Blende eines Photo-

apparates. Die Veränderungen der Pupillenweite werden durch die feinen Muskeln der Iris hervorgerufen. Im Dunkeln zieht sich der äußere Strahlenmuskel zusammen, im grellen Licht dagegen der innere Ringmuskel (Abb. 17).

Anpassung an die Sehweite

Aufg. Sieh auf einen entfernten Gegenstand, z. B. einen Baum! Halte dabei in etwa 0,25 m bis 0,5 m Entfernung einen Finger vor die Augen! Versuche, ob du beide Gegenstände gleichzeitig scharf sehen kannst!

Wir können nicht zugleich ferne und nahe Gegenstände scharf sehen. Die Umstellung dauert kurze Zeit. Dabei verändert sich die Form unserer Augenlinse. Bei der Betrachtung naher Gegenstände wölbt sie sich und bricht dadurch die Strahlen stärker als bei dem Sehen in die Ferne (s. Lehrb. d. Physik f. d. 7. Schulj., S. 34f.). Die Veränderung wird durch den ringförmigen *Ziliarmuskel* (Abb. 15) bewirkt. An ihm ist die Linse durch Fäserchen aufgehängt. Beim Sehen in die Ferne ist die Linse durch die Zugwirkung der Bänder abgeflacht. Beim Betrachten naher Gegenstände zieht sich der Ziliarmuskel zusammen. Die Spannung in den Aufhängebändern der Linse läßt nach. Dadurch wölbt sich die Linse infolge ihrer Elastizität stärker. Auf diese Weise entsteht immer ein scharfes Bild auf der Netzhaut. Die Anpassung des Auges an Lichtstärke und Sehweite vollzieht sich ohne Einfluß des Willens.

Körperliches Sehen

Aufg. Verbinde ein Auge! Versuche mit beiden Händen zwei Bleistiftspitzen miteinander in Berührung zu bringen oder versuche einen Faden in eine Nähnadel einzufädeln! Wiederhole dasselbe, wenn du beide Augen offen hast!

Wir sehen unsere Umgebung nicht flächenhaft wie eine Photographie. Wir sehen ein räumliches Bild, in dem die Dinge je nach ihrer Entfernung hintereinander im Raume stehen. Dieses körperliche Sehen wird dadurch hervorgerufen, daß wir mit *zwei* Augen sehen.

Aufg. Betrachte einen Gegenstand einmal mit dem rechten, einmal mit dem linken Auge!

Beim beidäugigen Sehen entsteht in jedem Auge ein flächenhaftes Bild des gesehenen Gegenstandes. Diese Bilder sind sich nicht vollständig gleich (Abb. 18). Im Gehirn kommen uns die Bilder beider Augen als einheitliches körperliches Bild zum Bewußtsein (s. Lehrb. d. Physik f. d. 7. Schulj., S. 35f.).

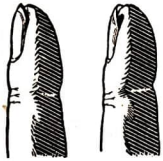


Abb. 18. Linker Zeigefinger; links mit dem linken Auge, rechts mit dem rechten Auge gesehen

4. Die Schutz- und Bewegungseinrichtungen des Auges

Die Augen liegen in den *Augenhöhlen* des Schädels. Die *Augenbrauen* leiten herabperlende Schweißtropfen seitlich ab. In kurzen Abständen wischen die

Augenlider, die die schützenden Wimpern tragen, über die Hornhaut. Sie befeuchten sie mit der salzigen Flüssigkeit aus den *Tränendrüsen*, die an der äußeren oberen Seite der Augenhöhlen liegen. Die Tränenflüssigkeit fließt über den Augapfel zum inneren Augenwinkel und von dort durch den Tränennasengang in die Nase. Bei starkem Tränenfluß läuft die Flüssigkeit über die unteren Augenlider ab. Die Hornhaut und die Innenseite der Augenlider sind von der *Bindehaut* überzogen. Sie verbindet die Lider mit dem Augapfel. Vier gerade- und zwei schrägstehende *Muskeln* bewegen den Augapfel (Abb. 15). Wenn wir müde werden, erschlaffen mit den anderen Muskeln unseres Körpers auch die Hebemuskeln der oberen Augenlider. Die Augenlider fallen zu.

5. Sehstörungen und Augenkrankheiten

Sehstörungen können verschiedene Ursachen haben. Wenn man nahe Gegenstände deutlich, entfernte aber undeutlich sieht, ist man *kurzsichtig* (Abb. 19).

Die Kurzsichtigkeit beruht meist darauf, daß der Augapfel zu lang ist. Das scharfe Bild der Gegenstände entsteht dann nicht auf, sondern vor der Netzhaut. Man gleicht die Kurzsichtigkeit durch Brillen mit Zerstreuungslinsen aus.

Kann man Gegenstände in der Ferne deutlich sehen und solche in der Nähe undeutlich, so ist man *weitsichtig* (Abb. 19). Sind junge Menschen weitsichtig, so ist meist der Augapfel zu kurz. Um das 50. Lebensjahr tritt die Weitsichtigkeit bei allen Menschen mehr oder weniger stark in Erscheinung (Altersweitsichtigkeit, Abb. 19). Die Linse hat dann die Fähigkeit verloren, sich stark genug zu wölben. So werden nahe Gegenstände nicht mehr scharf abgebildet. Das

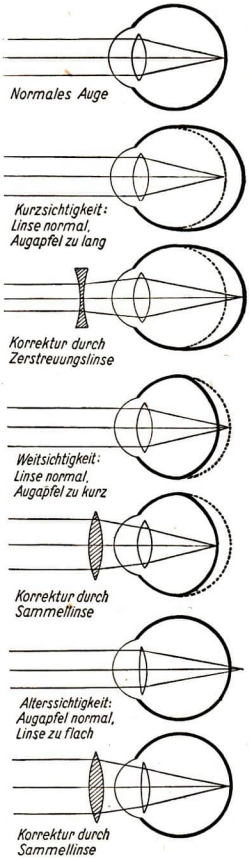


Abb. 19. Der Strahlengang im normalen, kurzsichtigen und weitsichtigen Auge bei der Abbildung eines auf der optischen Achse weit entfernt liegenden Punktes

Bild würde erst hinter der Netzhaut scharf sein. Beide Arten der Weitsichtigkeit werden durch Brillen mit Sammellinsen ausgeglichen.
Eine Trübung der Linse bezeichnet man als *Grauen Star* (von Starre). Man kann ihn heilen, indem man die Linse durch Operation entfernt und sie durch eine starke Brille mit auswechselbaren Gläsern für Nähe und Ferne ersetzt (Starbrille).
Bei einer *Hornhauttrübung* kann man die Hornhaut durch eine Operation, die der sowjetische Gelehrte Prof. *Filatow* nach einer neuen, von ihm entwickelten Methode mit großem Erfolg ausgeführt hat, durch eine gesunde ersetzen.
Wenn die Funktion der farbempfindlichen Zäpfchen gestört ist, tritt *Farbenblindheit* auf. Am häufigsten ist die Rot-Grün-Blindheit. Da das Farbensehen für manche Berufe (z. B. für den Außendienst bei der Eisenbahn) sehr wichtig ist, werden die Anwärter für die betreffenden Berufe hierauf besonders geprüft. Bei Mangel an Vitamin A, das für die Funktion der Stäbchen sehr wichtig ist, entsteht *Nachtblindheit.*

6. Schutz der Augen

Da die Augen sehr empfindliche Sinnesorgane sind, dürfen wir sie nicht durch unvernünftige Beanspruchung schädigen. Bei zu schwachem oder zu grellem Licht soll man nicht lesen oder schreiben. Es ist auch schädlich, beim Lesen Bücher näher als 30 cm vor die Augen zu halten. Direktes Sonnenlicht wirkt durch die ultravioletten Strahlen zerstörend auf die Lichtsinneszellen; deshalb ist es gut, bei grellem Licht im Freien, besonders im Hochgebirge und an der See, eine Sonnenbrille zu tragen. Fremdkörper entfernt man, indem man das obere Lid möglichst weit über das untere zieht und den Augapfel bewegt. Läßt sich der Fremdkörper nicht ohne weiteres entfernen, so muß der Arzt helfen. Durch Zugluft, Fremdkörper oder Bakterien kann eine schmerzhafte Bindehautentzündung entstehen.

d) Sinnesorgane des Ohres

Die ruhende Luft kann durch einen Gegenstand (z. B. durch ein Musikinstrument) in Schwingungen versetzt werden. Die abwechselnden Luftverdichtungen und -verdünnungen, die *Schallwellen,* nehmen wir mit dem Ohr wahr (s. Lehrb. d. Physik f. d. 6. Schulj., S. 93 u. 105). Außerdem vermitteln uns bestimmte Teile des Innenohres Empfindungen von der Lage und von Bewegungen unseres Kopfes; im Ohr befindet sich also auch das Organ des *Lage- und Bewegungssinnes.*

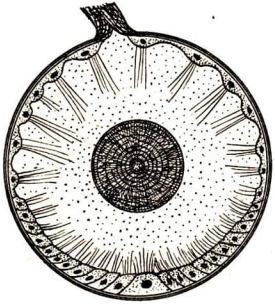


Abb. 20. Lagesinnesorgan einer Schnecke (stark vergr.)

1. Organ des Lage- oder Gleichgewichtssinnes

Im Fuß von *Meeresschnecken* befinden sich kleine Hohlräume mit Sinneszellen, auf deren Härchen feste Körperchen liegen. Es sind *Lagesinnesorgane* (Abb. 20), wie wir sie auch bei anderen Tieren finden. Wenn das Tier seine Lage verändert, drücken diese festen Körperchen (Lagesinneskörperchen) auf Grund ihrer Schwerkraft jeweils auf andere der druckempfindlichen Sinneszellen. Das Tier hat dann die Empfindung einer neuen Lage.

Die Lagesinnesorgane sind entweder offene oder geschlossene Hohlräume. Die Lagesinneskörperchen werden bei den meisten Arten vom Tier selbst gebildet; bei anderen Arten stopft sich das Tier Fremdkörper in den Hohlraum hinein.

Beim *Flußkrebs* beispielsweise werden bei der Häutung auch die Oberhaut der Hohlräume und die Sinneskörperchen abgestoßen. Nach der Häutung steckt der Krebs Sandkörnchen, die als Lagesinneskörper dienen, in die Höhlung. Wenn man einen Flußkrebs in ein Aquarium setzt, das statt Sand Eisenfeilspäne enthält, steckt er sich diese in seine Lagesinnesorgane. Durch einen Magneten läßt sich dann die Lage des Tieres beeinflussen.

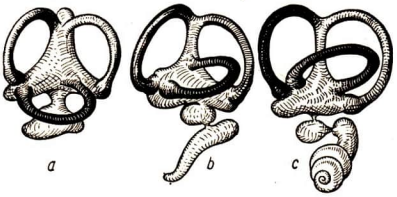


Abb. 21. Labyrinthe verschiedener Wirbeltiere; *a* Knochenfisch, *b* Krokodil, *c* Säugetier

Bei den *Wirbeltieren* liegt das Lagesinnesorgan im Innenohr (Labyrinth). Aus Teilen des Labyrinths haben sich im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung das Bewegungssinnesorgan und das Gehörorgan entwickelt (Abb. 21).

Die Fische und Lurche haben noch ein einfach gebautes Labyrinth. Es enthält drei große Lagesinneskörper aus kohlensaurem Kalk, die auf Sinneshärchen ruhen.

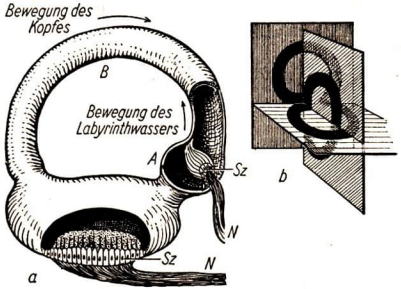


Abb. 22. Lage- und Bewegungssinnesorgane des Menschen;
a Bogengang *B* mit Ampulle *A* (halbschematisch); *N* Nerven, *Sz* Sinneszellen;
b Anordnung der Bogengänge in drei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen

Ähnlich sind auch die Lagesinnesorgane der höheren Wirbeltiere gebaut. Beim Menschen bestehen die Lagesinneskörper aus einer Gallertmasse mit eingelagerten winzigen Kristallen.

2. Organ des Bewegungssinnes

Das Bewegungssinnesorgan der *Wirbeltiere* besteht aus drei Bogengängen (Abb. 21 u. 22). In bläschenartigen Erweiterungen (Ampullen) am Grunde der drei Bogengänge befinden sich Sinneszellen, die lange, verklebte Haare tragen. Bei plötzlichen Bewegungen des Körpers werden die Bogengänge gegenüber der Flüssigkeit, die die Bogengänge ausfüllt, verschoben. Dadurch werden die Haarbüschel abgebogen und die Sinneszellen gereizt. Da die Bogengänge in den drei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen des Raumes angeordnet sind (Abb. 22*b*), können Bewegungen nach allen Richtungen wahrgenommen werden.

Aufg. Schließe die Augen! Drehe dich mehrmals um deine Achse! Halte plötzlich an! Was stellst du fest?

Bei mehrfacher schneller Umdrehung des Körpers wird die Flüssigkeit infolge der Reibung mitgenommen und strömt auch dann noch weiter, wenn der Körper schon wieder stillsteht. Dadurch werden die Sinneszellen in den Ampullen noch weiter gereizt, während die Augen und die Sinnesorgane in den Muskeln schon den Stillstand des Körpers anzeigen. So entsteht der Drehschwindel. Auch das Karussellfahren und das Schwanken eines Schiffes setzen die Flüssigkeit in den Bogengängen in unregelmäßige, sich dauernd ändernde Bewegungen. Dadurch werden Schwindelgefühle verursacht, die sich zu Unwohlsein und Erbrechen steigern können (Seekrankheit).

3. Organ des Gehörsinnes

Alle im Wasser lebenden *Wirbellosen* sind gehörlos. Auch viele der auf dem Lande lebenden Wirbellosen (z. B. Regenwürmer und Schnecken) können nicht hören. Dagegen hören viele Insekten, auch wenn bei ihnen keine besonderen Hörorgane ausgebildet sind. *Heuschrecken* besitzen Hörorgane und können auch selbst Töne erzeugen. Die Gehörorgane der Feldheuschrecken befinden sich am ersten Hinterleibsring, die der Laubheuschrecken an den Schienen der Vorderbeine (Abb. 23). Sie bilden dort kleine Hautfelder, an die Sinnesfasern heranführen.

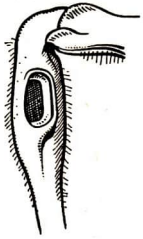


Abb 23. Gehörorgan einer Laubheuschrecke

Von den *Wirbeltieren* besitzen nur die Fische kein entwickeltes Gehörorgan. Trotzdem können sie zum Teil hören.

Man kann Elritzen darauf abrichten, beim Erklingen bestimmter Töne zum Futterplatz zu kommen. Sie nehmen die Schallwellen mit dem unteren Abschnitt des Labyrinthbläschens wahr (Abb. 21*a*).

Bei den Reptilien bildet sich aus dem unteren Abschnitt des zweiteiligen Labyrinthbläschens ein röhrenförmiger Auswuchs (Abb. 21 *b*). Bei den höheren Wirbeltieren wird er länger. Er rollt sich bei den Säugetieren zu einer Schnecke ein, die $2\frac{1}{2}$ Windungen hat (Abb. 21 *c*). In der Schnecke entwickelt sich das eigentliche Gehörorgan. Ihm werden die Schallwellen durch das äußere Ohr und das Mittelohr zugeleitet.

Weg des Schalles. Die *Ohrmuschel* (Abb. 24) fängt den Schall auf. Er gelangt zunächst in den *äußeren Gehörgang*. Dieser enthält kleine Drüsen, die das gelbe, anfangs flüssige, später verhärtende Ohrenschmalz abscheiden. Am Ende des äußeren Gehörganges liegt das *Trommelfell*, ein etwa 0,1 mm dickes, festes Häutchen. Durch Schallwellen wird es zum Schwingen gebracht. An das Trommelfell schließt sich die *Paukenhöhle* an. Sie ist durch die *Ohrtrompete* (Eustachische Röhre) mit der Rachenhöhle verbunden. In der Paukenhöhle befinden sich die *Gehörknöchelchen:* Hammer, Amboß und Steigbügel. Die Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen bildet das *Mittelohr*. Hammer, Amboß und Steigbügel leiten die Schwingungen des Trommelfells zu einem Häutchen in der Knochenwand, die das Mittelohr vom inneren Ohr trennt, dem *ovalen Fenster*. Hinter dem ovalen Fenster beginnt die mit Gehörwasser gefüllte *Schnecke* (Abb. 25). Sie besteht aus einem oberen Gang (Vorhoftreppe), einem unteren Gang (Paukentreppe) und dem zwischen beiden gelegenen Schneckengang. Die Schwingungen

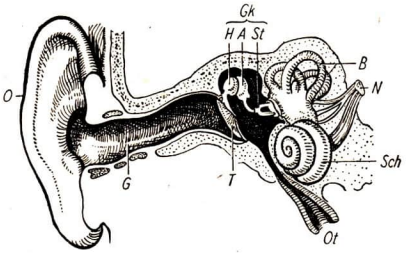


Abb. 24. Schnitt durch das menschliche Ohr (etwa natürliche Größe).
O Ohrmuschel, *G* Gehörgang, *T* Trommelfell, *Gk* Gehörknöchelchen: *H* Hammer, *A* Amboß und *St* Steigbügel, *B* Bogengänge, *N* Gehörnerv, *Sch* Schnecke, *Ot* Ohrtrompete

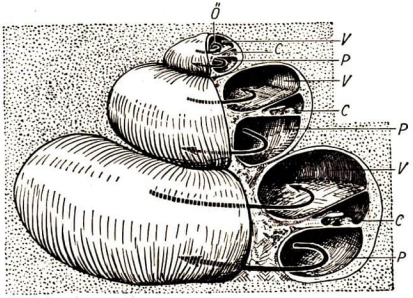


Abb. 25. Die Schnecke des Ohres (5fach vergrößert).
Natürliche Lage, Schnecke zur Hälfte geöffnet, Pfeilrichtungen zeigen den Lauf der Druckwellen in der Schnecke. *Ö* Öffnung zwischen Vorhoftreppe *V* und Paukentreppe *P*, *C* Cortisches Organ

des ovalen Fensters übertragen sich auf das Gehörwasser der Vorhoftreppe. An der Spitze der Schnecke gelangen sie durch eine Öffnung in die Paukentreppe. Die Paukentreppe ist durch eine elastische Haut, das *runde Fenster*, gegen die Paukenhöhle hin abgeschlossen. Das runde Fenster fängt die Schwingungen auf.

Im Schneckengang befindet sich das *eigentliche Gehörorgan*. Es ist nach dem Italiener Corti benannt, der es als erster wissenschaftlich untersucht hat (1852). Das *Cortische Organ* besteht aus dem Grundhäutchen, den Sinneszellen und den Stützzellen.

Das Grundhäutchen durchzieht die Schnecke wie eine Wendeltreppe. Auf ihm liegen etwa 24000 Hörfasern von verschiedener Länge und Dicke. Über den Hörfasern stehen mehrere tausend Sinneszellen mit Sinneshärchen. Die Wellen, die durch den unteren Schneckengang laufen, bringen das Grundhäutchen in schwingende Bewegung. Jede Hörfaser spricht wahrscheinlich nur auf eine bestimmte Schwingungszahl an (Tonhöhe s. Lehrb. d. Physik f. d. 6. Schulj., S. 97f.). Dieser Schwingungsreiz wird von den Sinneszellen auf den Gehörnerv übertragen, der die Erregung zum Gehirn leitet.

Das Ohr ist eines der wichtigsten Sinnesorgane des Menschen. Gehörlose Menschen sind im Verkehr mit ihren Mitmenschen schwer behindert. Vorübergehende Schwerhörigkeit kann bereits dadurch entstehen, daß der Gehörgang durch sich verhärtendes Ohrenschmalz verstopft wird. Deshalb müssen wir unsere Ohren regelmäßig reinigen. Dabei darf das Trommelfell nicht verletzt werden. Verhärtetes Ohrenschmalz muß vom Arzt durch Spülungen mit lauwarmem Wasser entfernt werden. Fortschreitende Schwerhörigkeit beruht meist auf Erkrankung des Mittelohres oder Innenohres. Erkrankungen des Ohres erfordern ärztliche Hilfe.

Die Sinnesorgane teilt man nach der Art der Reize, auf die sie ansprechen, folgendermaßen ein:

Reizart	Sinnesorgan	Ausgelöste Empfindung
Druck oder Berührung	Haut (Tastkörperchen)	Berührungsempfindung
Schwerkraft	Lagesinnesorgane	Lageempfindung
Bewegungen	Bewegungssinnesorgane	Bewegungsempfindung
Schallschwingungen	Gehörorgane	Gehörempfindung
Temperatur	Haut (Temperaturkörperchen)	Wärme- und Kälteempfindung
Gase	Geruchsorgane	Geruchsempfindung
Lösungen	Geschmacksorgane	Geschmacksempfindung
Lichtwellen	Lichtsinnesorgane	Lichtempfindung
Zerstörung von Geweben	Haut (freie Nervenendigungen)	Schmerzempfindung
Muskelanspannung	Muskelspindeln im Muskel	Muskelanspannungsempfindung

III. Erregungsleitung und -verarbeitung bei Tier und Mensch

Wenn man ein Glockentierchen am Wimperkranz mit einer feinen Nadel berührt, zuckt es zusammen. Die durch den äußeren Reiz ausgelöste Erregung wird also durch die Zelle zum Stiel geleitet und bewirkt hier ein plötzliches Zusammenziehen der Bewegungsfaser. Die einzelnen Vorgänge, die Aufnahme des Reizes, die Weiterleitung und Verarbeitung der Erregung, spielen sich im Protoplasma der einen Zelle ab, aus der das Tierchen besteht. Auch alle anderen Einzeller haben die Fähigkeit, Reize aufzunehmen und zu beantworten, ohne daß besondere Organe für die einzelnen Funktionen vorhanden sind.
Stößt beispielsweise ein Pantoffeltierchen beim Schwimmen auf einen Widerstand, so schwimmt es zurück und schlägt einen anderen Weg ein. Hier wird also der Reiz durch das Zellplasma zu den Wimpern geleitet.

a) Entwicklung und Bau des Nervensystems

1. Nervensysteme der Wirbellosen

Die *Hohltiere* besitzen bereits ein Nervensystem. Die Nervenzellen (Abb. 29) bestehen aus dem eigentlichen Zelleib und mehreren faserigen Fortsätzen, durch die sie untereinander verbunden sind. Beim Süßwasserpolypen sind sie über den ganzen Körper verteilt und bilden ein *Nervennetz* (Abb. 26). Das Nervennetz ist die einfachste Form eines Nervensystems.
Bei den niedersten Würmern, den *Plattwürmern*, sind mehrere Nervenzellen zu zwei *Nervenknoten (Ganglien)* zusammengelagert. Sie liegen oft über der Mundöffnung des Tieres (Abb. 27). Von diesen Ganglien ziehen sich meist zwei *Längsstränge* nach hinten, die Nervenzellen enthalten und untereinander verbunden sind. Von ihnen zweigen sich einzelne Nervenfasern ab. Die Nervenknoten sind mit den einfachen Lichtsinnesorganen des vorderen Körperendes verbunden.
Die beiden Längsstränge, die bei den Plattwürmern von den Ganglien nach hinten ziehen, haben sich bei den *Ringelwürmern* (z. B. Regenwurm) zu zwei auf der Bauchseite gelegenen *Ganglienketten*, dem Bauchmark, entwickelt. Durch Nerven, die je zwei Nervenknoten quer verbinden, gleicht das Nervensystem in seinem Bau einer Strickleiter *(Strickleiternervensystem*, Abb. 28*)*. Das Nerven-

Abb. 26. Nervennetz des Süßwasserpolypen (schematisch)

Abb. 27. Nervensystem eines Strudelwurms (schematisch)

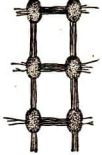


Abb. 28. Strickleiternervensystem (schematisch)

knotenpaar, das über dem Schlund liegt (Oberschlundganglien), ist besonders stark ausgebildet.
Auch alle *Gliederfüßer* haben Strickleiternervensysteme, die bei Krebsen, Spinnen und Insekten jeweils kleine Besonderheiten aufweisen. Die Ganglien des Hinterleibes sind häufig zu wenigen größeren Ganglienknoten verschmolzen. Die beiden Oberschlundganglien sind stark entwickelt.
Bei den *Weichtieren* ist die Zahl der Nervenknoten stark herabgesetzt; im allgemeinen besitzen sie nur drei oder vier Paar größere Ganglien, die untereinander durch Nervenfasern verbunden sind (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 144, Abb. 180).

2. Nervensystem der Wirbeltiere

Die wichtigsten Teile des Nervensystems der Wirbeltiere sind das *Gehirn* und das *Rückenmark*. Sie bilden das **Zentralnervensystem.** Das Zentralnervensystem steuert sämtliche Lebensäußerungen der Tiere und Menschen. Es besteht wie die Nervensysteme aller anderen Tiere aus Nervenzellen und ihren Fortsätzen sowie aus Stützgewebe.

Nerven. Die Fortsätze der Nervenzellen (Abb. 29) verbinden die Nervenzellen untereinander und mit den Sinnesorganen und Muskeln. Die zu Bündeln vereinigten Fortsätze, die vom Zentralnervensystem zu den Sinnesorganen und Muskeln ziehen, nennt man *Nerven*. Die Fortsätze bestimmter Nervenzellen können über 1 m lang sein. Diejenigen Nerven, die Erregungen von Sinnesorganen zum Zentralnervensystem leiten, nennt man *Empfindungsnerven*, die anderen, die Erregungen vom Zentralnervensystem zu den Muskeln oder Drüsen leiten, *Bewegungsnerven* oder *Sekretionsnerven*.

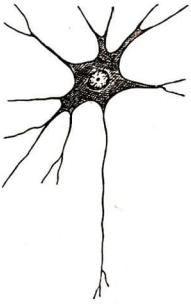


Abb. 29. Nervenzelle

Gehirn. Das Gehirn liegt, gegen Druck und Stoß weitgehend geschützt, in der *Schädelkapsel*. Außerdem ist es von schützenden Hüllen (Hirnhäuten) aus Bindegewebe umgeben. Die Fische besitzen nur eine einzige Hirnhaut. Bei den Lurchen, Reptilien und Vögeln hat sich davon eine zweite Hülle abgespaltet, die sich bei den Säugetieren noch einmal teilt. Die Säugetiere, also auch der Mensch, besitzen drei Hirnhäute. Direkt unter der knöchernen Schädelkapsel liegt die *harte Hirnhaut*. Den Gehirnwindungen liegt die gefäßreiche *weiche Hirnhaut* an. Zwischen beiden Hüllen befindet sich die sogenannte *Spinngewebshaut*, deren lockere Gewebe mit einer Flüssigkeit gefüllt sind. Sie schützt ebenfalls das Gehirn; denn Flüssigkeiten dämpfen Druck und Stoß.

In seiner Entwicklung und seinem Aufbau weicht das Nervensystem der Wirbeltiere von dem aller anderen Tiere ab. Beim *Lanzettfischchen*, das noch keine Wirbelsäule besitzt, besteht es nur aus einem röhrenförmigen Strang von Nervenzellen, der vorn bläschenartig verdickt ist. Bei den *Wirbeltieren* entwickelt sich aus diesem bläschenförmigen Anfangsteil des Nervenrohrs das Gehirn. Es gliedert sich schließlich in fünf hintereinanderliegende Abschnitte. Man bezeichnet sie als Vorderhirn (das bei den höheren Säugetieren auch Großhirn genannt wird), Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn (Kleinhirn) und Nachhirn (verlängertes Mark). Diese Abschnitte des Gehirns entwickeln sich in unterschiedlicher Weise.

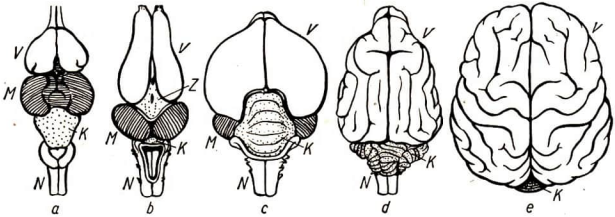


Abb. 30. Entwicklung des Gehirns;
a Fisch, *b* Frosch, *c* Vogel, *d* Hund, *e* Mensch.
V Vorderhirn, *Z* Zwischenhirn, *M* Mittelhirn, *K* Kleinhirn, *N* Nachhirn

Bei den *Fischen* bildet das Vorderhirn nur ein kleines Bläschen (Abb. 30*a*). In ihm enden die Fasern der beiden Riechnerven. Es enthält also lediglich das Riechzentrum, in dem die Erregungen der Geruchsnerven verarbeitet werden. Das Mittelhirn ist stark entwickelt. Hier werden die Erregungen der Empfindungsnerven auf Bewegungsnerven umgeschaltet. Besonders umfangreich ist bei den Fischen das Kleinhirn. Es reguliert das Zusammenspiel der Muskeln. Die starke Ausbildung dieses Gehirnteiles ermöglicht den Fischen, sich schnell und gewandt zu bewegen.
Das Gehirn der *Lurche* (Abb. 30*b*) ist bereits wesentlich höher entwickelt als das der Fische. Das Vorderhirn besteht aus einer dicken Schicht von Nervenzellen, der Hirnrinde. Im Gegensatz zu den Fischen ist bei den Lurchen das Kleinhirn nur wenig entwickelt. Ihre langsamen und trägen Bewegungen können von dem wenig ausgebildeten Kleinhirn gesteuert werden. Auch aus diesem Beispiel können wir erkennen, daß sich die Organe der Tiere in Wechselwirkung mit ihren besonderen Funktionen entwickeln.
Das Gehirn der *Kriechtiere* ist von dem der Lurche nicht wesentlich verschieden. Das Kleinhirn ist etwas größer, entsprechend der größeren Beweglichkeit der Kriechtiere.
Bei den *Vögeln* ist das Vorderhirn im Vergleich zu den niederen Wirbeltieren stärker entwickelt (Abb. 30*c*). Es ist leistungsfähiger als das Vorderhirn der niederen Wirbeltiere. Besonders ausgeprägt ist das Kleinhirn. Die Vögel können beim Fliegen viele rasche und gewandte Bewegungen ausführen.

Bei den *Säugetieren* ist das Großhirn so stark entwickelt, daß es Zwischenhirn und Mittelhirn vollständig überdeckt (Abb. 30*d*). Die Großhirnrinde legt sich bei den hochentwickelten Säugetieren in Falten und Windungen; beim Menschen sind diese am zahlreichsten. Dadurch wird die Oberfläche bedeutend vergrößert. Vom verlängerten Mark aus werden, wie bei allen Wirbeltieren, der Kreislauf, die Atmung, die Stoffwechseltätigkeit und andere Lebensvorgänge reguliert.

Gehirn des Menschen. Unter dem Einfluß der Arbeit hat sich das Gehirn des Menschen zu seiner überragenden Höhe entwickelt. Das Großhirn überdeckt alle anderen Hirnteile (Abb. 30*e*). Es ist durch eine tiefe Spalte in zwei Teile gegliedert. Jede Hälfte wird durch Furchen in mehrere Hirnlappen geteilt. Wir unterscheiden Stirn-, Scheitel-, Schläfen- und Hinterhauptlappen. Jeder dieser Abschnitte ist durch weitere, flachere Spalten, die durch Einfaltung der Großhirnrinde entstehen, in zahlreiche Windungen gegliedert (Abb. 31).

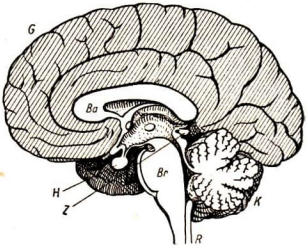


Abb. 31. Längsschnitt durch das menschliche Gehirn.
G Großhirn, *K* Kleinhirn, *Ba* Balken, *Br* Brücke, *R* Übergang in das Rückenmark, *H* Hirnanhangdrüse, *Z* Zirbeldrüse

Alle von den Sinnesorganen kommenden Erregungen werden zu bestimmten Stellen der Hirnrinde, den *Sinneszentren*, weitergeleitet. Von anderen Stellen der Hirnrinde, den *Bewegungszentren*, gehen die Erregungen für die willkürlichen, geordneten Bewegungen der Muskeln aus (Abb. 32). Alle Zentren sind untereinander durch eine große Zahl von Nervenfasern verbunden, die das unter der grauen Hirnrinde liegende weiße Hirnmark bilden.

Zerstörungen einzelner Teile des Großhirns haben den Ausfall bestimmter Leistungen zur Folge. Durch den Ausfall des Sehzentrums im Hinterhauptlappen erblindet der Mensch; Zerstörung des Hörzentrums im Schläfenlappen führt zur Taubheit usw.

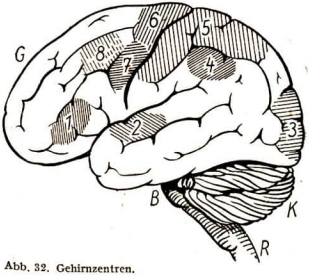


Abb. 32. Gehirnzentren.
G Großhirn, *K* Kleinhirn, *B* Brücke, *R* Rückenmark. *1* Sprechen, *2* Hören, *3* Sehen, *4* Lesen, *5* Körperfühlfeld, *6* Rumpf- und Beinbewegung, *7* Armbewegung, *8* Schreiben

Reizungen der Bewegungszentren im Scheitellappen (z. B. an einem zur Operation freigelegten Gehirn) haben Bewegungen der Arme oder Beine zur Folge. Bei einer Schädigung dieses Rindengebietes oder der zu ihm führenden Bahnen, wie sie z. B. durch eine Gehirnblutung (Schlaganfall) entsteht,

können keine willkürlichen Bewegungen mehr ausgeführt werden. Auch die Fähigkeiten des Sprechens, des Wiedererkennens und das Erinnerungsvermögen sind an bestimmte Hirnrindenteile gebunden.
Auch die höchsten geistigen Leistungen, die sich erst durch das gesellschaftliche Zusammenleben der Menschen entwickelt haben, das bewußte Denken und planvolle Handeln, sind Leistungen des Großhirns. Sie sind ebenfalls an bestimmte Gehirnbezirke, vor allem an den Stirnlappen, gebunden, setzen aber das Zusammenwirken aller Teile des Großhirns voraus.
Von den Gehirnen der Wirbeltiere gehen Hirnnerven ab. Die höherentwickelten Wirbeltiere und der Mensch haben 12 Paar Hirnnerven. Es sind teils Empfindungs-, teils Bewegungs-, teils gemischte Nerven.

Rückenmark. An das verlängerte Mark schließt sich das Rückenmark an (Abb. 33). Es durchzieht den Kanal der Wirbelsäule. Wie das Hirn, so ist auch das Rückenmark von schützenden Häuten umgeben. Im Gegensatz zum Gehirn liegen im Rückenmark die Nervenzellen im Innern und bilden im Querschnitt eine graue, schmetterlingsförmige Figur. Die beiden bauchwärts gelegenen Vorsprünge der *grauen Masse* nennt man Vorderhörner, die rückwärts gelegenen Hinterhörner. Die graue Masse des Rückenmarks ist von der *weißen Masse* umgeben. Diese wird von Nervenfasern gebildet, die vom Gehirn kommen oder zu ihm hinziehen.

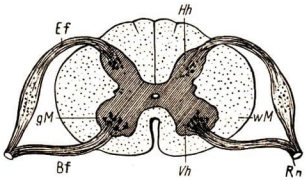


Abb. 33. Rückenmark (Querschnitt, vergr.).
Bf Bewegungsfasern, *Ef* Empfindungsfasern, *Hh* Hinterhorn, *Vh* Vorderhorn, *gM* graue Masse, *wM* weiße Masse, *Rn* Rückenmarksnerv

Die Fortsätze der in den Vorderhörnern liegenden Nervenzellen sind ausschließlich Bewegungsfasern. Sie treten nach vorn aus dem Rückenmark aus. An den Nervenzellen der Hinterhörner enden dagegen ausschließlich Empfindungsfasern. Die aus den Vorderhörnern entspringenden Bewegungsfasern und die zu den Hinterhörnern ziehenden Empfindungsfasern vereinigen sich außerhalb des Rückenmarks zu gemischten Nervensträngen, den Rückenmarksnerven. Sie ziehen zu den Muskeln und den Sinnesorganen. Die Rückenmarksnerven entspringen paarweise in regelmäßigen Abständen; mit den Hirnnerven zusammen bilden sie das **periphere Nervensystem.**

Eingeweidenervensystem. Neben dem Zentralnervensystem und dem peripheren Nervensystem gibt es noch das sogenannte Eingeweidenervensystem. Es reguliert die Lebensvorgänge, die unbewußt, ohne Einfluß des Willens, im Körperinnern ablaufen: den Herzschlag, die Darmbewegung, die Erweiterung und Verengerung der Blutgefäße usw. Außerdem ist das Eingeweidenervensystem ebenso wie das zentrale und das periphere Nervensystem an der Steuerung des Stoffwechsels der Körperzellen beteiligt. Das Eingeweidenervensystem besteht aus zwei Nerven-

gruppen, die die Organe in entgegengesetztem Sinne beeinflussen. Der Hauptteil der einen Gruppe ist der *Grenzstrang*. Er besteht aus zwei Nervensträngen mit Knoten, die zu beiden Seiten der Wirbelsäule liegen. Sie sind untereinander und mit dem Rückenmark verbunden und entsenden Nerven zu allen inneren Organen. Die dem Grenzstrang entgegengesetzt wirkende Nervengruppe besteht aus mehreren Nerven, die vom Gehirn und Rückenmark kommen. Durch das Zusammenwirken dieser beiden Nervengruppen entsteht die geregelte Funktion der inneren Organe. Die folgende Tabelle zeigt, in welcher Weise die beiden Teile des Eingeweidenervensystems auf die Tätigkeiten der Organe einwirken:

Organ	Grenzstrang	Gegennerven
Herz	Beschleunigung des Herzschlages	Verlangsamung des Herzschlages
Gefäße	Verengerung	Erweiterung
Pupillen	Erweiterung	Verengerung
Darm	Hemmung der Darmbewegung	Anregung der Darmbewegung

b) Funktionen des Nervensystems

Aufg. Ein Schüler setzt sich auf einen Stuhl und schlägt ein Bein über das andere. Ein anderer Schüler schlägt mit der Schmalseite der Hand unterhalb der Kniescheibe auf das übergeschlagene Bein seines Mitschülers. Beobachte!

Wenn man unterhalb der Kniescheibe auf die Sehne des großen Kniestreckermuskels (Kniesehne) schlägt, so schnellt der Unterschenkel in die Höhe (Abb. 34). Durch den Schlag wird in den Muskelspindeln eine Erregung hervorgerufen, die über die Empfindungsnerven zum Hinterhorn des Rückenmarks läuft. Hier wird sie auf Zellen im Vorderhorn umgeschaltet. Die von den Vorderhornzellen ausgehenden Bewegungsnerven leiten die Erregung zum Kniestrecker zurück. Dadurch zieht sich dieser zusammen, und das Bein schnellt hoch. Einen solchen Erregungsablauf über

Sinnesorgan – Empfindungsnerven – Schaltstation (Rückenmark) – *Bewegungsnerven – Erfolgsorgan* (Muskel)

Abb. 34.
Auslösung des Kniesehnenreflexes

nennt man einen **Reflex**. Ein Reflex ist die einfachste Art einer Erregungsvermittlung durch das Nervensystem. Die Verengerung der Pupille bei hellem Licht ist beispielsweise eine durch einen Reflex ausgelöste (reflektorische) Bewegung.

Unbedingte Reflexe. Beim Kniesehnenreflex leiten die Empfindungsnerven die Erregung im Rückenmark direkt auf die Bewegungsnerven über. Bei anderen Reflexen sind zwischen beide noch weitere Nervenzellen eingeschaltet.

Durch die Tätigkeit des *Gehirns* kann der Ablauf eines Reflexes wesentlich abgeändert werden. Das kann man ebenfalls am Kniesehnenreflex nachweisen. Wird der große Kniestreckermuskel durch eine vom Gehirn kommende Willenserregung angespannt, so wird dadurch der Kniesehnenreflex gesteigert; das Bein schlägt besonders heftig aus. Spannt man dagegen die Gegenspieler dieses Muskels, die Kniebeugemuskeln, an, so wird der Reflex gehemmt, und der Unterschenkel verbleibt in seiner Lage. Wir sehen also, daß die Schaltstationen in Beziehungen zu übergeordneten Zentren im Gehirn stehen.

Durch den Kniesehnenreflex, den Pupillenreflex und andere Reflexe kann der Arzt die Gesundheit des Nervensystems prüfen. Ist die Reflexstrecke an einer Stelle durch einen Krankheitsprozeß unterbrochen, so wird der Reflex nicht ausgelöst. Ist dagegen die Einwirkung des Gehirns auf die Schaltstation im Rückenmark ausgeschaltet, so tritt der Reflex viel leichter auf.

Bei anderen Reflexen werden nicht Muskeln, sondern *Drüsen* erregt. Füttert man z. B. einen Hund, so nehmen die in der Mundschleimhaut des Tieres liegenden Geschmacks- und Tastsinneszellen den Reiz auf und leiten die Erregung über das Zentralnervensystem zu den Speicheldrüsen, die dann Speichel abscheiden.

Alle bisher besprochenen Reflexe bezeichnet man als *unbedingte* Reflexe. Der große sowjetische Wissenschaftler *I. P. Pawlow* machte die Entdeckung, daß sich unter bestimmten Bedingungen eine andere Art von Reflexen ausbildet. Er nannte sie *bedingte Reflexe.*

Bedingte Reflexe. Pawlow ging bei seinen Versuchen von dem Speichelabsonderungsreflex der Hunde aus. Er ließ bei der Fütterung der Hunde längere Zeit hindurch ein Klingelzeichen ertönen. Auf die Versuchshunde wirkte also neben dem Geschmacksreiz zugleich auch immer ein Gehörreiz, das Klingelzeichen, ein. Nachdem er dies oft wiederholt hatte, genügte bereits das Klingelzeichen allein, um die Speichelabsonderung auszulösen. Der so erzielte bedingte Reflex bestand also darin, daß schon auf einen Gehörreiz hin die Speichelabsonderung erfolgte. Die Erregungen der Hörnerven wurden jetzt im Gehirn auf die Nerven zu den Speicheldrüsen umgeschaltet.
Durch die Ausbildung derartiger zeitweiliger Verbindungen im Zentralnervensystem *lernten* die Versuchshunde, auch auf einen Gehörreiz hin Speichel abzusondern. Die bedingten Reflexe sind also im Gegensatz zu den unbedingten nicht angeboren, sondern werden erst während des Lebens *erworben.* Im Laufe der Stammesentwicklung kann jedoch, wenn in vielen aufeinanderfolgenden Generationen ein bedingter Reflex immer wieder erworben wird, dieser bedingte Reflex zu einem unbedingten werden. Pawlow selbst und seine Schüler haben in ausgedehnten Versuchsreihen eine große Zahl von bedingten Reflexen erforscht und viele Gedächtnisleistungen der Tiere als bedingte Reflexe erkannt.

Durch seine Arbeiten hat Pawlow einen tiefen Einblick in die Funktionen des Nervensystems und ihre Entwicklung vermittelt.

Instinkte. Außer den unbedingten Reflexen gibt es bei den Tieren noch andere, viel kompliziertere Verhaltensweisen. Sie sind ebenfalls angeboren. Man nennt sie **Instinkte.** Ein Beispiel für eine Instinkthandlung können wir an der in sonnigen Heidegegenden lebenden *Grabwespe* beobachten (Abb. 35). Sie gräbt dort eine mehrere Zentimeter lange Höhle senkrecht in den Sand hinein. Diese Höhle verschließt sie oben mit Sandklümpchen. Dann fliegt sie weg und holt sich ein Beutetier, z. B. eine Raupe *(a)*. Diese lähmt sie durch Stiche mit dem Giftstachel, bringt sie vor ihre Höhle und legt sie dort nieder. Daraufhin entfernt sie die Sandklümpchen, die den Eingang der Höhle verschlossen haben *(b)*, schlüpft hinein und untersucht die Höhle. Sobald sie wieder aus der Höhle herauskommt, zieht sie die Raupe hinein *(c* bis *f)* und legt ein Ei an ihr ab *(g)*. Nun verschließt sie den Bau wieder *(h)* und fliegt weg. Das Ei entwickelt sich in der Höhle. Die ausschlüpfende Larve ernährt sich von der Raupe. Derartige Instinkthandlungen sind besonders bei den Insekten ausgeprägt. Man findet sie jedoch auch bei Vögeln und anderen Tieren. Die Instinkte sind *angeborene Fähigkeiten.* So baut beispielsweise eine junge Spinne ihr Fangnetz, ohne daß sie jemals ein solches Gebilde gesehen hat. Der Bau des Fangnetzes ist bei den einzelnen Arten

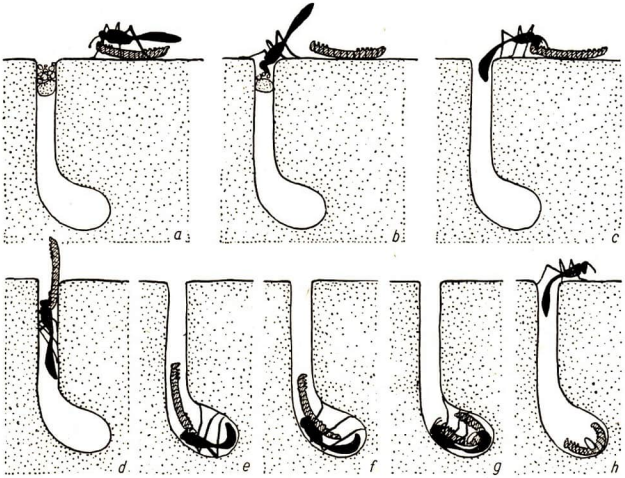


Abb. 35. Instinkthandlung einer Grabwespe (Erklärung im Text; Flügel der Grabwespe nicht eingezeichnet)

der Spinnen verschieden. Die Angehörigen derselben Art bauen ihr Netz jedoch immer in der gleichen Weise.

Die Instinkte sind im Laufe einer langen Entwicklung von jeder Tierart *erworben* worden. Im Gegensatz zu den Reflexen geht bei den Instinkten unmittelbar vom Nervensystem eine Reihe von Erregungen aus. Diese veranlassen bestimmte Muskelgruppen, die den Instinkthandlungen zugrunde liegenden Tätigkeiten auszuführen. Die Auslösung der Erregungsfolgen geschieht jedoch nur auf ganz bestimmte Reize hin. Die Instinkthandlungen der Grabwespe, nämlich das Hineinkriechen in die Höhle, das Hineinziehen der Beute und das Ablegen des Eies, werden durch den Reiz ausgelöst, den die vor der Höhle liegende Beute ausübt.

Auch das Fangen der Beute und das Spielen mit bewegten Gegenständen, wie wir es von der Katze kennen, sind Instinkthandlungen. Dabei ist es die Bewegung der Beute oder des Spielzeuges, die den Anreiz zur Handlung gibt. Erst wenn sich Beute oder Spielzeug bewegt, wird die Fang- oder Spielhandlung ausgelöst.

Unter den Umweltbedingungen, unter denen sie sich entwickelt haben, sind die Instinkthandlungen zweckmäßig und oftmals für die Erhaltung der Art unerläßlich. Der Zweck dieser Handlungen ist den Tieren jedoch *nicht bekannt*. Das kann man leicht feststellen, wenn man die Instinkthandlungen unter Versuchsbedingungen zur Auslösung bringt, die den natürlichen Lebensbedingungen nicht entsprechen.

Man hat mit einer Grabwespe folgenden Versuch angestellt: Als die Wespe ihre Beute vor der Höhle abgelegt hatte und in die Höhle hineingeschlüpft war, wurde die Beute ein Stück zurückgezogen. Die Wespe erschien wieder, entdeckte nach kurzer Zeit ihre Beute und schleppte sie erneut zur Höhle. Dann lief die Instinkthandlung wie beim ersten Mal ab: Die Wespe kroch erneut in die Höhle und untersuchte sie. Aber auch diesmal zog man die Beute weg. Dieser Versuch wurde 40 mal ausgeführt, und immer wiederholte die Wespe das ganz sinnlos gewordene Hineinkriechen in die Höhle.

Wäre der Wespe der Zweck ihrer Handlungen *bekannt* gewesen, so hätte man erwarten müssen, daß sie ihre Beute gleich beim zweiten Versuch in die Höhle hineingezogen hätte, ohne vorher noch einmal in die Höhle zu kriechen. Tatsächlich jedoch lief die Instinkthandlung in der angegebenen Weise ab.

Wenn auch Instinkte oft *unverändert* in der entwicklungsgeschichtlich entstandenen Form ablaufen, gibt es davon auch *Ausnahmen*. So konnte man an anderen Grabwespen feststellen, daß sie nach dem dritten oder vierten Mal ihr sinnloses Hineinkriechen in die Höhle aufgaben. Damit hatten sie den Ablauf der Instinkthandlungen durchbrochen. Auch Instinkte sind also veränderungs- und entwicklungsfähig.

Auch beim Menschen finden wir unbedingte und bedingte Reflexe. Sein Handeln wird aber durch das **Bewußtsein** gelenkt. Das Bewußtsein kommt nur dem Menschen zu und verleiht ihm eine Sonderstellung in der gesamten Natur. Erst durch die Arbeitstätigkeit konnte sich im gesellschaftlichen Zusammenleben der Menschen das Bewußtsein entwickeln.

B. ABSTAMMUNGSLEHRE

I. Grundtatsachen

a) Tiere und Pflanzen in der erdgeschichtlichen Entwicklung

1. Reste früherer Tiere und Pflanzen

Die Körper der Pflanzen und Tiere zerfallen nach dem Tode sehr schnell. Bakterien und Pilze zersetzen alle organischen Bestandteile. Die Knochen der Wirbeltiere, die Kalkgehäuse der Schnecken und Muscheln, die Chitinhüllen der Insekten und die Hartteile anderer Tiere bleiben länger erhalten. Aber auch sie werden durch die Einflüsse der Witterung allmählich aufgelöst.
Wenn die Reste der Lebewesen von der Luft abgeschnitten sind, verläuft die Zersetzung bedeutend langsamer. Daher bleiben Holz und Tierkörper unter Wasser länger erhalten als an der Luft. Am Grunde der Flüsse, Seen und Meere werden die toten Körper oftmals noch von Schlamm und Sand zugedeckt. Bakterien und chemische Stoffe wirken dann nur noch schwach zersetzend auf sie ein. So bleiben die Reste der Lebewesen längere Zeit erhalten.

Knochenfunde. Schon häufig sind aus den Kieslagern der Flüsse und aus Sandgruben Knochen zutage gefördert worden, die von ausgestorbenen Tieren stammen. Knochen von *Auerochsen* beispielsweise wurden in vielen Ländern Europas gefunden. Vereinzelte Wildrinder gab es in Europa noch bis in das 17. Jahrhundert. Vom Auerochsen ist ein Bild erhalten, das seine Ähnlichkeit mit unserem Hausrind zeigt. Aus den Knochenfunden läßt sich auf die Körperform des Auerochsen schließen, wenn man die einzelnen Knochen zu einem Skelett zusammensetzt. Man kann also aus dem Knochenbau die Gestalt des Tieres *rekonstruieren*. Auf die Farbe des Felles und die Stärke der Behaarung kann man allerdings aus Knochenfunden nicht schließen.
Die *Dronte*, ein Taubenvogel, der auf der Insel Mauritius im Indischen Ozean lebte, starb im 17. Jahrhundert aus. Aus einigen Darstellungen und einer Reihe von Knochenresten ließ sich die Gestalt des Tieres rekonstruieren. Die Dronte war 75 cm groß und von plumper Gestalt. Sie besaß

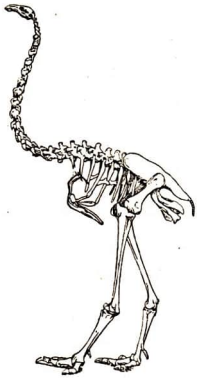


Abb. 36. Moa-Skelett

einen geierartigen, tief gespaltenen Schnabel und kräftige Scharrfüße mit vier Zehen. Flügel und Schwanz waren rückgebildet.

Nur aus Knochenfunden hat man die europäischen *Wildpferde* rekonstruiert. Diese Tiere lebten bis zur Zeit der Völkerwanderung in Mitteleuropa.

Ebenfalls nur aus Knochenresten kennt man die Gestalt des *Moa*, eines 3 bis 4 m hohen straußenartigen Vogels (Abb. 36). Seine Beinknochen sehen wie kräftige Säulen aus. Er lebte in Neuseeland.

Versteinerungen. In Tier- und Pflanzenreste, die sehr lange im Schlamm liegen, können im Laufe der Zeit anorganische Stoffe eindringen. Die organischen Bestandteile zersetzen sich; die Hartteile der Lebewesen bleiben meist erhalten. Sie versteinern.

Es können sich verschiedene anorganische Stoffe einlagern, besonders:

1. **Kalk:** es entstehen Versteinerungen von der Farbe des Kalkes;
2. **Kieselsäure:** die zuerst nahezu gallertartige Kieselsäure erhärtet zu sehr festen, oft dunklen oder gelben quarzähnlichen Stoffen;
3. **Schwefelkies:** bei den Eiweißumsetzungen entstehen messinggelbe Schüppchen von Schwefelkies. Dieser überzieht die Tierreste.

Da fast stets nur die Hartteile von Tieren versteinern, findet man am häufigsten versteinerte Reste von Schnecken, Muscheln, Kopffüßern, Seeigeln, Korallen und Kalkschwämmen.

Abdrücke. Von dem Vorhandensein und dem Körperbau der Tiere ohne Hartteile erfahren wir durch Abdrücke. Sie entstehen, wenn Tiere oder Pflanzenteile auf den Grund eines Gewässers sinken und in kürzester Zeit von ganz feinen Sinkstoffen vollständig zugedeckt werden. Die feinen Schlammteilchen füllen selbst sehr kleine Unebenheiten der Körper aus. Im Verlaufe von Jahrtausenden und Jahrmillionen erhärtet der Schlamm zu Stein. Während die organischen Stoffe verwesen, bleibt der Abdruck erhalten.

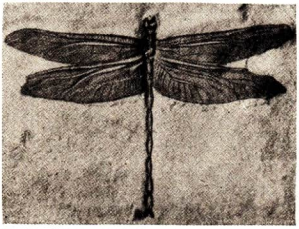


Abb. 37. Abdruck einer Libelle aus dem oberen Jura von Solnhofen

Wir kennen viele Abdrücke beispielsweise von Blättern, von Insekten (Abb. 37) und sogar von Quallen.

Von manchen Tieren sind *Kriechspuren* erhalten geblieben. Zuweilen sind es einfache Linien. Vielfach zeigen sich neben einer Hauptspur viele kleine Eindrücke.

Sie rühren von Borsten oder kleinen Stummelfüßen her (z. B. bei Ringelwürmern). Auch Spuren höherentwickelter Tiere sind erhalten geblieben. Im Sandstein Mitteldeutschlands fand man die Fährten eines ausgestorbenen Tieres (Abb. 38). Schon solche Spuren erlauben dem Fachmann Rückschlüsse auf den Bau des Tieres.

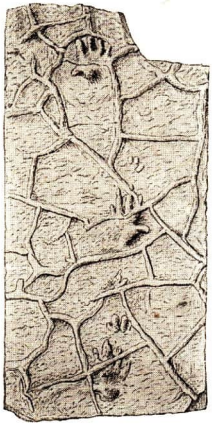


Abb. 38. Chirotherienfährtenplatte ($\frac{1}{16}$ nat. Gr.)

Einschlüsse. Auch als Einschlüsse in Baumharz erhalten sich Tier- und Pflanzenformen. An Kirschbäumen oder Kiefern können wir feststellen, wie Insekten, Spinnen oder andere kleine Tiere sowie Pflanzenteile am Harz dieser Bäume klebenbleiben und in manchen Fällen von ihm eingeschlossen werden.
Die Harze können bei Abschluß von Luft im Laufe von Jahrtausenden steinhart werden. Man nennt sie dann *Bernstein*. Der Bernstein, den wir heute im ganzen Küstengebiet der Ostsee finden, stammt vorwiegend von den ausgestorbenen *Bernsteinkiefern*. Er ist gelblich oder bräunlich gefärbt, kann durchsichtig oder auch undurchsichtig sein. Bernstein enthält oft Einschlüsse von Pflanzen und Tieren, die im Bernsteinkiefernwald gelebt haben (Abb. 39). Dort wuchsen außer den Bernsteinkiefern auch Eichen, Fichten, Farne, Flechten und sogar Palmen und Lorbeergewächse.
Bei den Tiereinschlüssen sind auch die feinsten Körperanhänge erhalten geblieben. Daher ist es möglich, die einzelnen Tierarten zu bestimmen. Meist handelt es sich um ausgestorbene Arten. Am häufigsten sind Einschlüsse von Insekten. Über 230 verschiedene Fliegen- und Mückenarten wurden festgestellt, Käfer von fast 50 Familien, ferner Geradflügler, Wanzen, Termiten, Motten, Blattläuse, Kleinschmetterlinge, Tausendfüßer, Spinnen, Asseln, Fadenwürmer, kleine Schnecken, Haare von Säugern, Federn von Vögeln und sogar eine kleine Eidechse.

Abb. 39. In Bernstein eingeschlossener Blütenzapfen einer Kiefer

2. Das Leben in früheren Erdzeiten

Pflanzen- und Tierversteinerungen, die in derselben Gesteinsschicht liegen, stammen jeweils von Lebewesen ein und desselben Erdzeitalters. Wenn man die Versteinerungen einer Schicht genau untersucht, kann man sich ein gutes Bild von der Tier- und Pflanzenwelt dieses Erdzeitalters machen.

Der Steinkohlenwald. Die Steinkohle ist aus großen, üppigen *Sumpfwäldern* entstanden, die vor etwa 300 Millionen Jahren große Teile der Erde bedeckten. Man nennt diese Zeit Steinkohlen- oder **Karbonzeit.** Stämme, Äste sowie Blätter von Bäumen und strauchartigen Pflanzen versanken im Wasser. Schlammschichten lagerten sich darüber und verhinderten das Verwesen. Das Gewicht der Schlammschichten drückte die Pflanzenschicht zusammen. Die organische Substanz der Pflanzen, vor allem der Holzstoff, wandelte sich im Laufe von Jahrmillionen in Kohle um. So wurde aus der Pflanzenschicht ein Kohlenflöz. Aus der Pflanzenschicht ragten einzelne Stämme in den sich absetzenden Schlamm und versteinerten. Zweige, Blätter und auch Sporenstände drückten sich in den feinen Schlammablagerungen ab (Abb. 40). Wir können uns deshalb ein genaues Bild vom Steinkohlenwald machen (Abb. 41). Viele Bäume des Steinkohlenwaldes erreichten eine Höhe von etwa 30 m. Die Stämme des *Schuppenbaumes* trugen schuppenartige Wülste, die in Spiralen um den Stamm verliefen. Die Schuppen

Abb. 40. Abdruck von Farnwedeln

Abb. 41. Steinkohlenwald.

Von links nach rechts: Baumfarn, Siegelbaum, Schuppenbaum; darunter Insekten und Panzerlurche; ganz rechts Kalamiten

sind Blattnarben, sie zeigen die Ansatzstellen der Blätter. Die Rinde dieser Bäume war sehr dick; ihre Wurzeln wurden bis zu 20 m lang und gaben den großen Bäumen in dem lockeren Schlamm ausreichenden Halt. Die Schuppenbäume sind mit den noch heute lebenden Bärlappgewächsen verwandt (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 34).

Zu den Bärlappgewächsen gehörten auch die *Siegelbäume*. An ihren Stämmen saßen die Blätter in Längsreihen. Sie waren grasähnlich, also schmal und lang. Wenn die Blätter abfielen, hinterließen sie siegelartige Narben.

Auch *Schlingfarne* und *Baumfarne* wuchsen in den Steinkohlenwäldern. Die Baumfarne sahen palmenähnlich aus und wurden etwa 10 m hoch. Ihre Stämme waren von unten bis oben gleich dick.

Abb. 42. Rekonstruktion eines Cordaiten

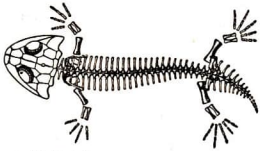


Abb. 43. Skelett von einem Panzerlurch

Bis 30 m hoch wurden die *Kalamiten*. Sie sind die ältesten uns bekannten Schachtelhalme (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 34). Die Kalamiten zeigen eine Gliederung der Stengel in einzelne Abschnitte mit quirlförmiger Verzweigung. Nach dem Absterben der Pflanzen füllte sich der hohle Stengel mit Schlamm oder Sand. Der Schlamm oder Sand versteinerte. In diesen Steinkernen erkennt man die Abdrücke von Längsriffelungen und Knotenbildungen des Stammes. Es sind ganz ähnliche Längsriffelungen und Knotenbildungen wie bei den heutigen Schachtelhalmen. In den Steinkohlenwäldern traten auch die ersten Vorläufer unserer Nadelbäume *(Cordaiten*, Abb. 42*)* auf. Die hohen Bäume trugen auf ihren weitausladenden Zweigen bandförmige oder breite Blätter, die ganzrandig oder gelappt waren. Sie hatten parallel verlaufende Blattadern. Die Steinkohlenwälder beherbergten eine mannigfaltige Tierwelt. Würmer, Lungenschnecken, Skorpione, Spinnen, Tausendfüßer und großflügelige Insekten fanden reiche Nahrung; in den Seen der Sumpfwälder lebten Schalenkrebse.

Neben den niederen Tierformen gab es in den Steinkohlenwäldern auch schon Landwirbeltiere. Die fleischfressenden *Panzerlurche* (Abb. 43) lebten im Süßwasser und auf dem Lande. Sie hatten salamander-

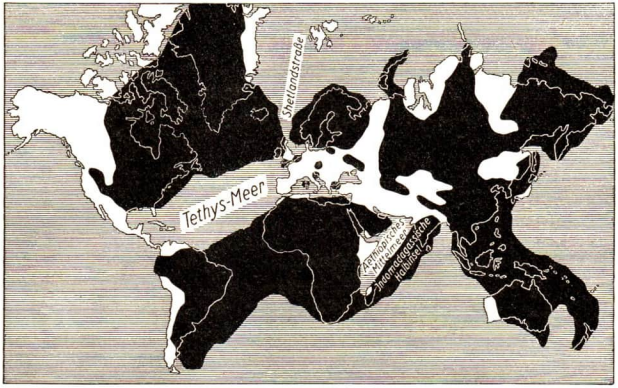


Abb. 44. Ungefähre Verteilung von Land (schwarz) und Wasser (weiß Flachmeer, schraffiert Tiefmeer) zur Jurazeit

ähnliche Gestalt und waren meist mit großen Knochenplatten gepanzert. Die Panzerlurche waren die ersten uns bekannten Landwirbeltiere. Sie sind ausgestorben. Einen ähnlichen Körperbau wiesen die *Ur-Kriechtiere* auf, von denen die heute lebenden Kriechtiere abstammen.

Die Saurier der Jurazeit. In einem späteren Erdzeitalter, vor etwa 175 Millionen Jahren, bedeckte ein großes Meer fast ganz Europa. Die Ablagerungen dieses Meeres haben sich vor allem im Schweizer, im Schwäbischen und im Fränkischen Juragebirge erhalten. Man bezeichnet dieses Meer deshalb als *Jurameer* (Abb. 44) und nennt diesen Abschnitt der Erdgeschichte **Jurazeit**. Aus den kleinen Ur-Kriechtieren der Steinkohlenwälder hatte sich bis zur Jurazeit eine große Zahl verschiedener Kriechtierarten entwickelt.

In sumpfigen Gebieten wohnten damals die größten Landtiere, die jemals lebten, die *Dinosaurier*. Einige

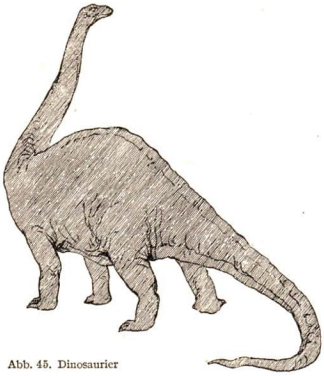


Abb. 45. Dinosaurier

Arten der Dinosaurier waren langhalsige und langschwänzige Tiere mit vier gleichlangen, wuchtigen Beinen (Abb. 45). Sie ernährten sich vorwiegend von Pflanzen. Die größte Art, die wir bis jetzt kennen, erreichte eine Körperlänge von 30 m. Die gewaltige Größe erkennen wir bei einem Vergleich ihrer Knochen mit denen anderer Tiere (Abb. 46). Der Oberschenkelknochen des Vorderbeines eines um 1910 in Afrika gefundenen Dinosaurier-Skelettes hat eine Länge von über 2 m.

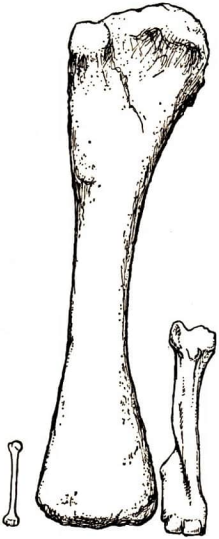


Abb. 46. Oberarm- bzw. Oberschenkelknochen von Mensch, Dinosaurier und Elefant

Bei einer anderen Gruppe der Dinosaurier waren Hinterbeine und Schwanz stark entwickelt, die Vorderbeine dagegen verkümmert. Diese Tiere bewegten sich auf den Hinterbeinen fort; sie waren etwa 18 m lang und 5 m hoch. Sie ernährten sich ausschließlich von Pflanzen. Mit ihren dolchartig ausgebildeten Daumen verteidigten sie sich. Eine ähnliche Gestalt und ähnliche Körperausmaße, doch ein scharfes Raubtiergebiß hatten die mächtigen *Raubsaurier*. Die *Stegosaurier* trugen zwei Reihen mächtiger Knochenplatten auf dem Rücken (Abb. 47). Auch im Wasser lebten einige Arten, die *Meeressaurier* (Abb. 48). Sie schwammen in den Küstengewässern. Mitunter suchten sie die Küstenstreifen auf, wo sie schwerfällig umherkrochen. Ihre Köpfe waren fast 1 m lang und trugen viele seitlich überstehende Zähne.

Einige Saurierarten waren ganz an das Leben im Wasser angepaßt, z. B. die *Fischsaurier* (Abb. 49). Viele Funde von Fischsauriern wurden bei Holzmaden in Württemberg gemacht. Dort bestand am Jurameer wahrscheinlich ein flacher Küstensee. Er war vom offenen Meer durch eine nur wenig überspülte Barre getrennt. Bei hohem Wasserstand kamen viele Fischsaurier und Meeressaurier in das Flachwassergebiet. Hier gingen sie zugrunde. Ihre Reste sanken auf den Grund des Küstensees. So wurde dieses Gebiet zu einer reichen Fundstätte gut erhaltener Tierversteinerungen. Die

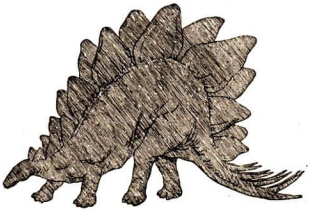


Abb. 47. Stegosaurier

Abb. 48. Meeressaurier

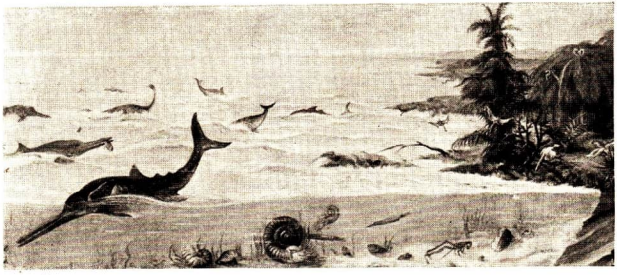


Abb. 49. Jurameer mit Fischsauriern. Im Schwarm der Fischsaurier ein Plesiosaurier; rechts am Ufer Flugsaurier, im Wasser Kopffüßer (Ammoniten, Belemniten), Krebse und Meeresschnecken

Fischsaurier ähnelten in ihrer Körperform den Delphinen. Sie waren durchschnittlich 3 bis 5 m lang, einzelne erreichten eine Länge von 12 m. Ihr Schwanz endete in einer großen zweilappigen Flosse, auch der Rücken trug eine kräftige Fleischflosse. Die Fischsaurier ernährten sich vor allem von Fischen, Kopffüßern und Meeresschnecken.

Meeresbewohner waren auch die *Plesiosaurier* (Abb. 49). Auch sie waren Fleischfresser. Auf ihrem langen Hals saß ein verhältnismäßig kleiner Kopf. Die vier Gliedmaßen hatten Paddelgestalt. Die Plesiosaurier legten ihre Eier im Ufersand ab, wo sie von der Sonnenwärme ausgebrütet wurden. Einige Plesiosaurier wurden bis zu 13 m lang.

Andere Saurierarten entwickelten sich zu *Flugsauriern* (Abb. 50). Ihre Knochen waren hohl, dadurch war das Körpergewicht verhältnismäßig gering. Die Vordergliedmaßen hatten sich zu Flugorganen umgebildet.. Die Flugsaurier ähnelten in ihrer Anpassung an das Flugleben den heute lebenden Fledermäusen. Der äußerste ihrer vier Finger übertraf an Länge den Unterarm. Mit den Krallen der Hinterbeine und den freien Krallen der Vordergliedmaßen konnten sich die Flugsaurier an Baumäste hängen. Die Flughaut war dann zusammengeschlagen. Kopf und Körper hingen nach unten.

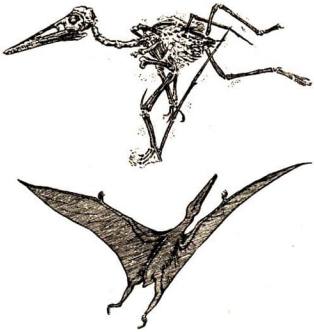


Abb. 50. Flugsaurier; oben Skelett, unten Rekonstruktion

Die Saurier hatten in der Jurazeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht. Dabei hatten sich land-, wasser- und sogar luftbewohnende Arten herausgebildet. Vor etwa 75 Millionen Jahren starben die Saurier aus.

Der Braunkohlenwald. In einer jüngeren Zeit der Erdentwicklung, vor etwa 60 Millionen Jahren, sind wieder große Wälder im Wasser versunken. Sie wandelten sich wie die Steinkohlenwälder in Kohle um. Die Kohlebildung hat jedoch wesentlich kürzere Zeit gedauert. Ebenso fehlte der gewaltige Druck durch die Gebirgsmassen, die über den Steinkohlenschichten im Laufe der Jahrmillionen abgelagert oder durch Vulkane darübergeschleudert wurden. Daher sind diese Kohlen nicht hart und schwarz, sondern weniger hart und braun. Es sind *Braunkohlen*. Nach ihnen bezeichnet man diesen Zeitabschnitt als Braunkohlenzeit oder **Tertiärzeit.** Auch in diesen großen Kohlenlagern fand man viele gut erhaltene Pflanzenreste. Oftmals werden beim Abbau der Braunkohle noch Stümpfe der damaligen Bäume freigelegt (Abb. 51).

Unter den Bäumen der Braunkohlenwälder herrschten *Nadelbäume* vor. Am häufigsten waren *Mammutbäume* und *Sumpfzypressen*, die heute noch in Nordamerika gedeihen. Mammutbäume können über 100 m hoch werden, ihre Stämme werden über 8 m dick (Abb. 52); es sind immergrüne Nadelbäume. Die Sumpfzypressen werden 30 bis 50 m hoch. Sie werfen im Herbst ihre Kurztriebe mit den Nadeln ab. Außer diesen Nadelbäumen wuchsen im Braunkohlenwald Mitteleuropas *Kiefern, Ahorne, Weiden, Erlen, Hainbuchen, Birken, Walnußbäume, Lorbeerbäume, Eichen, Zimt-* und *Kampferbäume*. Über die Kräuter der Braunkohlenwälder wissen wir wenig, da sie kaum erhalten geblieben sind.

Funde aus dem Geiseltal bei Halle geben uns Aufschluß über die Tierwelt der Braunkohlenwälder (Abb. 53). Außer Insekten, Krebsen und Spinnen sind

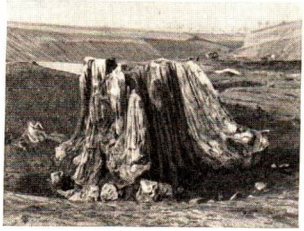


Abb. 51. Freigelegter Baumstumpf aus der Braunkohlenzeit

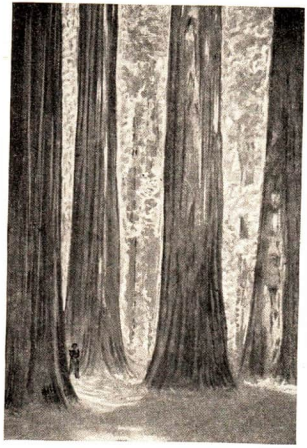


Abb. 52. Mammutbäume

Fische, Molche und Frösche, zahlreiche Eidechsen und Schlangen, Krokodile und Schildkröten, Vögel und viele Arten von Säugetieren überliefert worden. Es sind nicht nur Hartgebilde, sondern sogar Federn, Haare, Muskelfleisch, selbst Zellkerne und Blutfarbstoffe erhalten geblieben. So können wir uns eine anschauliche Vorstellung von der fast tropischen Tierwelt dieser Erdzeit machen.

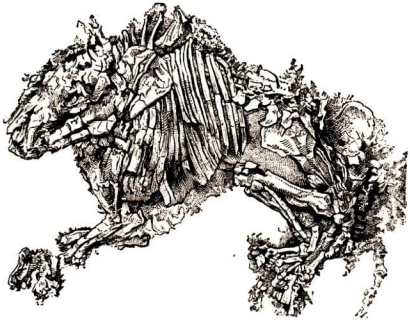


Abb. 53. Skelett des 70 cm großen Urpferdchens aus dem Geiseltal

Tiere der Eiszeit. In der jüngsten Zeit der Erdentwicklung sank in Nordamerika, Europa und Teilen Nordasiens die Durchschnittstemperatur. Mit Einbruch dieser **Eiszeit** oder des **Diluvium** (vor etwa 800000 Jahren) entstanden in den höheren Gebirgen und im Norden gewaltige Schnee- und Eismassen, die weite Gebiete bedeckten. Das kalte, feuchte Klima hielt jedoch nicht gleichmäßig an, sondern wurde von wärmeren **Zwischeneiszeiten** unterbrochen. Tiere und Pflanzen wurden durch diese Veränderungen der Umwelt stark beeinflußt. Während der Eisvorstöße wurde Mitteleuropa von Tieren bevölkert, die dem kalten Klima durch starke Behaarung oder dicke Fettschichten angepaßt waren.

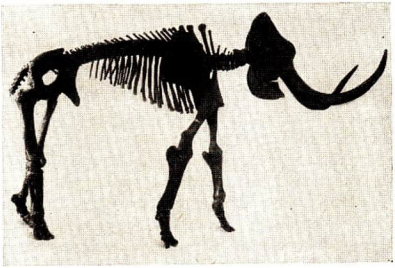


Abb. 54. Mammut-Skelett

Das *Mammut* (Abb. 54) war ein riesiger Elefant mit langem, zottigem, braunem Fell. Es hatte kleine Ohren und große, stark gebogene Stoßzähne; die Schulterhöhe betrug 3 m. Beim Rückgang der Eismassen zogen sich diese Tiere nach Norden zurück. Im nördlichen Teil Sibiriens sind sie erst vor etwa 15000 Jahren ausgestorben. Um die Jahrhundertwende haben russische Forscher im Eise der

Tundren, beispielsweise an der Lenamündung, eingefrorene Mammutleichen gefunden. Sie waren noch so gut erhalten, daß Hunde ihr Fleisch fressen konnten. Das Mammut ist mit dem Ende der Eiszeit ausgestorben. Zu dieser Zeit lebte auch das *Wollhaarige Nashorn* (Abb. 55). Auch von ihm wurden viele Knochen gefunden. Es trug zwei Hörner, das vordere war besonders lang.

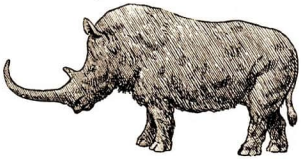


Abb. 55. Wollhaariges Nashorn

Der massige *Höhlenbär*, die *Höhlenhyäne*, der *Auerochs*, der *Wisent* und der *Riesenhirsch* waren ebenfalls eiszeitliche Tiere. Der Riesenhirsch (Abb. 56) war ein mächtiges Tier, viel größer als der heute lebende Rothirsch. Sein bis 3 m ausladendes schweres Geweih endete in breiten Schaufeln.

Abb. 56. Riesenhirsch-Skelett

Als sich vor rund 18000 Jahren das Eis nach seinem letzten Vorstoß zurückzog, wurden weite Strecken Europas zu *Tundren*. Der Boden blieb noch lange Zeit in der Tiefe gefroren. Er bedeckte sich mit Flechten, Moosen und niedrigen harten Gräsern. Hier lebten das *Rentier* oder *Ren* und mehrere Arten von *Wildpferden* (s. S. 37). Zu diesen Großsäugern kamen viele kleinere Bewohner der Tundra und der Steppe.

3. Die geologischen Formationen und die Entwicklung der Lebewesen

Die Funde aus den Steinkohlen- und Braunkohlenwäldern zeigen uns, daß in jedem Erdzeitalter besondere Tier- und Pflanzenarten lebten. Oft haben einzelne Tierarten nur eine begrenzte Zeit gelebt. Ihre Reste *(Fossilien)* findet man dann nur in derjenigen Erdschicht, die sich während dieser Zeit ablagerte. Mit Hilfe der Fossilien kann man also meist eine Bestimmung und Vergleichung der Schichten sowie ihre zeitliche Einordnung vornehmen. Eine versteinerte Tier- oder Pflanzenart, die für eine betreffende Schicht kennzeichnend ist, bezeichnen wir als *Leitfossil* für diese Schicht.

Die Erdperioden und auch die Ablagerungen, die während dieser Perioden

	Formationen	Beginn vor etwa Millionen Jahren
Neuzeit	QUARTÄR	0,8
	TERTIÄR	60
Mittelzeit	KREIDE	140
	JURA	175
	TRIAS	200
Altzeit	PERM	240
	KARBON	310
	DEVON	350
	SILUR	450
	KAMBRIUM	540
Urzeit	ALGONKIUM ARCHAIKUM	2000

Die Tabelle zeigt, in welcher Reihenfolge sich die Schichten in der Erdrinde ablagerten und wieviel Zeit seit dem Beginn der einzelnen Erdzeitalter vergangen ist.

entstanden, bezeichnet man als Formationen. Wir fassen sie zu vier größeren Abschnitten, den Erdzeitaltern, zusammen.
Wir betrachten im folgenden in großen Zügen die Entwicklung der Tier- und Pflanzenwelt von der Urzeit bis zur Gegenwart.

Urzeit. Von den Lebensformen der Urzeit sind uns sehr wenige Reste erhalten geblieben. Es wurden nur vereinzelte Versteinerungen gefunden, z. B. von einzelligen Tieren, die ein inneres Skelett aus Kieselsäure besaßen *(Strahltierchen)*. Andere Funde wurden als Reste von *Bakterien*, *Blaualgen* und einfach gebauten *Schwammtieren* und *Gliederfüßern* gedeutet. Die Tierwelt war schon verhältnismäßig weit spezialisiert; sie hatte also bereits eine lange Entwicklung hinter sich.

Altzeit. In der Schicht des **Kambrium** findet man zahlreiche Arten aus allen Stämmen des Tierreiches mit Ausnahme der Wirbeltiere. Sehr kennzeichnend sind die *Dreilapper* (Abb. 57). Ihr Körper war von einem Chitinpanzer umgeben, der wie bei den heutigen Gliederfüßern geringelt war. Mit vielen gleichartigen Schwimmfüßen bewegten sie sich schwimmend oder kriechend auf dem Meeresgrund. Landtiere gab es im Kambrium noch nicht. Von den Pflanzen sind nur wenige Algen erhalten.

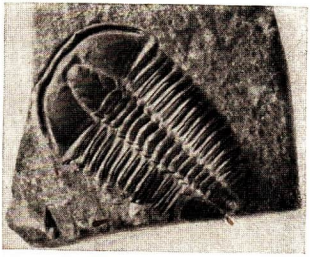


Abb. 57. Abdruck eines Dreilappers

Im **Silur** traten mannigfaltigere und höherentwickelte Tier- und Pflanzenformen auf. Bei den Dreilappern waren Augen ausgebildet. Es gab zahlreiche *Kopffüßer* (Abb. 58). Weiterhin findet man in den Schichten des Silur die ersten Wirbeltiere. Es waren *Panzerfische* (Abb. 60). Ihr Kopf und der Vorderteil des Körpers waren mit großen, schildförmigen Knochenplatten besetzt. Die anderen Wirbeltiergruppen erschienen erst in späteren Zeitaltern (Abb. 61). Die Pflanzenwelt der Meere zeichnete sich durch das Auftreten großer *Grün-* und *Rotalgen* aus.

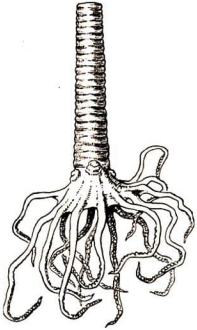


Abb. 58. Kopffüßer aus dem Silur

Abb. 59. Landpflanze aus dem Devon

Zu Anfang des **Devon** traten die ersten Landpflanzen in größerer Zahl auf (Abb. 59). Die Dreilapper wurden seltener. Gegen Ende des Devon erschienen mit den Panzerlurchen die ersten Vierfüßer.

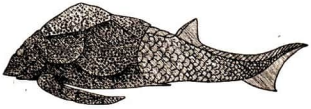


Abb. 60. Panzerfisch

Aus dem **Karbon** sind die Reste sehr vieler Pflanzen erhalten geblieben, die einst riesige Wälder bildeten. Die ersten Insekten der Steinkohlenwälder (s. S. 39 u. 40) ähnelten teilweise den heute lebenden Libellen. Sie wurden zum Teil sehr groß (bis zu

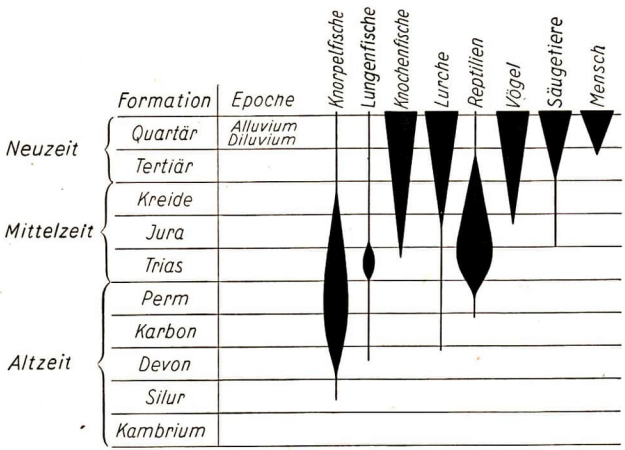


Abb. 61. Das Auftreten einiger Wirbeltiergruppen in den Erdzeitaltern. Die verschiedene Stärke der Striche deutet die verschieden starke Entwicklung (nach Arten- und Individuenzahl) an

75 cm Flügelspannweite, Abb. 62). Die Landwirbeltiere (Panzerlurche, Abb. 43, S. 40) wurden häufiger. In den Meeren der Steinkohlenzeit lebten viele *Kammertierchen, Korallen, Weichtiere, Krebse, Stachelhäuter* und *Knorpelfische.*

Aus dem **Perm** sind uns weniger Reste von Lebewesen bekannt als aus dem Karbon. Die Panzerfische waren ausgestorben. *Panzerlurche* und *Kriechtiere* hatten mannigfaltige Formen ausgebildet. Von den Pflanzen hatten sich besonders die *Nadelholzarten* entwickelt.

Mittelzeit. In der **Trias** brachte die Klasse der Kopffüßer die ersten *Belemniten* hervor. Ihre Körperendstücke versteinerten später zu „Donnerkeilen" (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 57, Abb. 82). Weiterhin findet man gegen Ende dieser Formation die ersten *Säugetiere.* Es waren kleine Tiere, die noch mancherlei Reptilienmerkmale aufwiesen.

Abb. 62. Insekt aus dem Karbon ($\frac{1}{4}$ nat. Gr.)

Im **Jura** hatten die *Saurier* ihre größte Mannigfaltigkeit erreicht (s. S. 41 bis 44). Zu einem nicht geringeren Formenreichtum hatten sich die *Ammoniten* entwickelt (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 57). Auch zwei Versteinerungen vom

Abb. 63. Zahnvogel-Skelett (Rekonstruktion: aufgefundene Teile schraffiert)

Urvogel hat man in der Juraformation gefunden (Abb. 67).

In der **Kreidezeit** traten *Zahnvögel* (Abb. 63) auf. Von Säugetieren lebten ursprüngliche Beutelteiere und Insektenfresser. Unter den Pflanzen hatten sich die zweikeimblättrigen *Laubhölzer* (Pappel, Eiche, Tulpenbaum, Ahorn, Gummibaum u. a.) sowie die einkeimblättrigen *Palmen* und *Gräser* entwickelt.

Neuzeit. In der Tierwelt des **Tertiär** waren die *Säuger* vorherrschend. Insektenfresser, Nagetiere, Paarzeher und Unpaarzeher, Raubtiere, Meeressäuger, Fledermäuse, Halbaffen und Affen fanden sich in verschieden hochentwickelten Formen. Die Pflanzenwelt ähnelte bereits der heutigen (s. Braunkohlenwald, S. 44). Im **Quartär** (Diluvium und Alluvium) entwickelten sich Pflanzen, Tiere und auch der Mensch zu den heute lebenden Formen.

4. Reihen der Entwicklung

Außer den großen Entwicklungslinien der Tier- und Pflanzenwelt lassen sich durch Fossilien auch innerhalb der einzelnen Tiergruppen Entwicklungsreihen nachweisen.

Die *Rüsseltiere* scheinen mit keiner anderen heute lebenden Ordnung verwandt zu sein. Sie besitzen einen Rüssel und Stoßzähne. Aus Fossilien des Tertiär geht jedoch hervor, daß die Stammform unserer *Elefanten* ein kleiner Säuger war (Abb. 64*a*). Er ähnelte den heute leben-

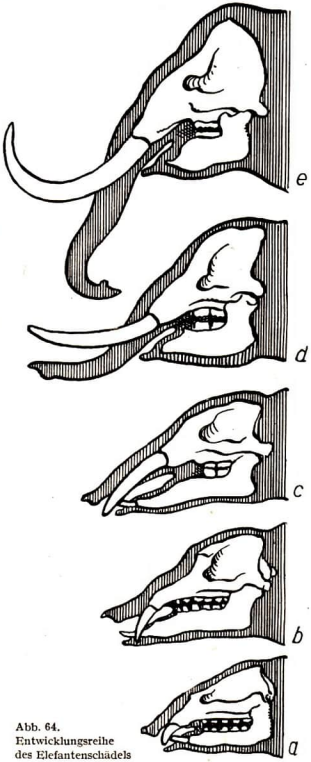


Abb. 64. Entwicklungsreihe des Elefantenschädels

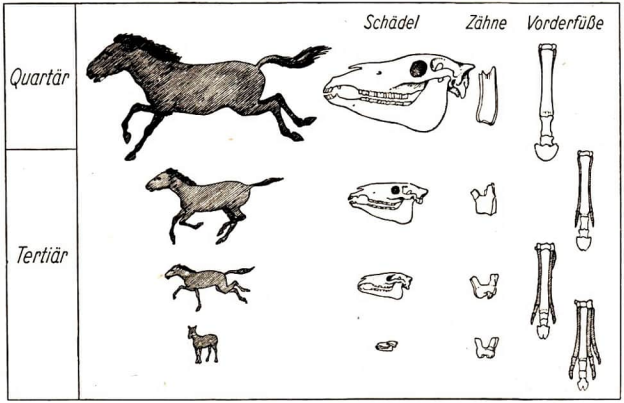


Abb. 65. Entwicklungsreihe des Pferdes

den Tapiren und war ein Unpaarzeher mit schweineähnlicher Schädelform. In einer etwas jüngeren Schicht finden wir Schädel, deren Unterkiefer stark verlängert sind (Abb. 64*b*). Von den Schneidezähnen ist rechts und links nur noch je einer vorhanden. Im mittleren Tertiär sind die Schneidezähne im Unter-, besonders aber im Oberkiefer noch mehr verlängert (Abb. 64*c*). In der Folgezeit gehen die unteren Schneidezähne zurück, die oberen werden länger. Sie bilden sich zu Stoßzähnen um. Zugleich verlängern sich Nase und Oberlippe und entwickeln sich zu einem Rüssel (Abb. 64*d*, *e*).

In den tertiären Schichten Europas und Amerikas hat man Funde gemacht, aus denen sich die Entwicklungsreihe des *Pferdes* (Abb. 65) rekonstruieren läßt. Unsere heute lebenden Einhufer haben sich aus einer fünfzehigen Ausgangsform entwickelt. Sie war nur wenig größer als ein Fuchs. In den unteren Schichten des Tertiär fand man vierzehige Pferdevorfahren. Im jüngeren Tertiär lebten etwa schafgroße Vorfahren der Pferde mit drei Zehen. Die Mittelzehe war bei ihnen besonders kräftig entwickelt. Auf ihr ruhte in zunehmendem Maße die Last des Körpers. Vergleichen wir die Pferdefußknochen des späten Tertiär mit denen aus jüngeren Schichten des Quartär, so erkennen wir die fortschreitende Rückbildung der Seitenzehen. Gleichzeitig erfährt auch das Gebiß eine Umwandlung. Die tertiären Pferde hatten kleinere Backenzähne mit kurzen Wurzeln. Im Laufe der Entwicklung streckten sich die Zähne in die Länge und bildeten sich zu den langen Zähnen der heutigen Pferde aus.

Auch von niederen Tieren hat man vollständige Entwicklungsreihen aufgefunden. Die Ausgangsformen einer *Sumpfdeckelschnecke* hatten kegelförmige Gehäuse mit

Abb. 66. Entwicklungsreihe bei Sumpfdeckelschnecken (natürl. Größe)

glatten, stark gewölbten Windungen (Abb. 66). In der nächstjüngeren Gesteinsschicht liegen Schneckenhäuser, die etwas kleiner sind. Die Windungen treten durch Leistenbildung schärfer hervor. Bei den folgenden Formen prägen sich die Leisten immer schärfer aus; die Tiere werden zugleich größer. Die heutigen Formen haben mit den Ausgangsformen anscheinend nur wenig gemein. Sie sind mit ihnen aber durch die Folge von Zwischenformen verbunden.

Es gibt auch Zwischenformen, die zwei heute scharf voneinander getrennte Tiergruppen miteinander verbinden. Die bekannteste ist der *Urvogel* (Archaeopteryx, Abb. 67). Die von ihm gefundenen Abdrücke beweisen, daß die Vögel von Kriechtieren abstammen. Der Urvogel war etwa so groß wie eine Taube. Er war bereits ein Vogel, denn er hatte Federn. Daneben aber hatte er auch ausgeprägte Kriechtiermerkmale: Zähne im Ober- und Unterkiefer und eine lange Schwanzwirbel-

Abb. 67. Urvogel: links Abdruck aus dem Solnhofer Schiefer, rechts Rekonstruktion ($\frac{1}{4}$ natürl. Größe)

säule mit 22 Wirbeln; aus den Flügeln ragten Eidechsenhände mit drei bekrallten Fingern hervor. Nach seinem Körperbau zu urteilen, war der Urvogel ein schlechter Flieger. Er konnte wahrscheinlich nur kurze Gleitflüge ausführen und mußte nach jeder Landung wieder auf die Bäume klettern.

Die *Paläontologie* (Versteinerungskunde) kann zwar nicht für alle Tiere und Pflanzen lückenlose Entwicklungs- oder Abstammungsreihen erbringen, da viele Lebewesen sehr schlecht oder gar nicht erhalten geblieben sind, sie vermag jedoch zur Klärung stammesgeschichtlicher Fragen wesentlich beizutragen. Weitere Beweise für die Abstammungslehre liefern andere Forschungszweige der Biologie.

b) Übereinstimmungen im Körperbau

Die Lehre vom Körperbau der Lebewesen bezeichnet man als *Anatomie*. Wenn wir den Bau verschiedenartiger Lebewesen miteinander vergleichen, betreiben wir *vergleichende Anatomie*.
Betrachten wir Organe verschiedenartiger Lebewesen, so können wir oftmals feststellen, daß sie einander ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit kann auf zwei verschiedenen Wegen entstanden sein:

1. Die Organe haben gleichen Ursprung; sie haben sich im Laufe der Stammesgeschichte aus ein und demselben Organ entwickelt. In diesem Falle spricht man von **ursprungsgleichen oder homologen Organen.** Homologe Organe gleichen sich vor allem in ihrem *inneren Bau*. Sie können aber verschiedene Funktionen haben und sich durch die Anpassung an diese Funktionen äußerlich stark voneinander unterscheiden.
2. Die Organe haben verschiedenen Ursprung. In Anpassung an ähnliche Umweltverhältnisse sind sie jedoch einander ähnlich geworden. In diesem Falle spricht man von **funktionsgleichen oder analogen Organen.** Analoge Organe ähneln sich vor allem in ihrer *äußeren Gestalt*. Sie haben die gleiche oder eine ähnliche Funktion.

1. Homologe Organe

Ein Beispiel für ursprungsgleiche oder homologe Organe sind die *Gliedmaßen der Wirbeltiere* (Abb. 68). Die Gliedmaßen aller vierfüßigen Wirbeltiere bestehen aus Oberschenkel (Oberarm), Unterschenkel (Unterarm) und Fuß (Hand). Das Skelett des Oberschenkels wird von einem, das des Unterschenkels von zwei starken Röhrenknochen gebildet. Zwischen Unterschenkel und Fuß sitzen kleine Fußwurzelknochen. Von ihnen gehen fünf Mittelfußknochen ab. An jeden Mittelfußknochen schließen sich drei bzw. zwei Zehenknochen an. Das Skelett der Vordergliedmaßen ist entsprechend gebaut. Diese Ähnlichkeit im *inneren* Bau der Wirbeltiergliedmaßen läßt darauf schließen, daß alle diese Tiere sich aus einer gemeinsamen Stammform entwickelt haben.

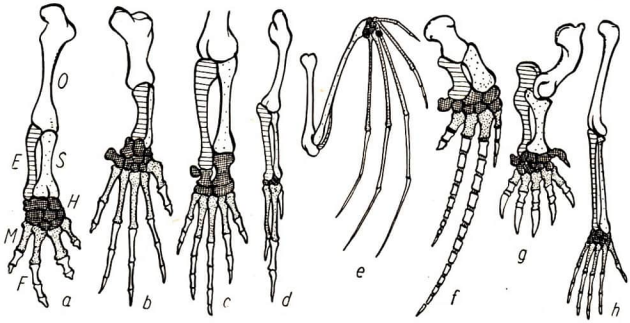


Abb. 68. Skelette der vorderen Gliedmaßen von Wirbeltieren.
Die homologen Skeletteile sind durch gleiche Schraffierung bzw. Punktierung gekennzeichnet;
a Landsalamander, *b* Meeresschildkröte, *c* Krokodil, *d* Vogel, *e* Fledermaus, *f* Wal, *g* Maulwurf, *h* Mensch.
O Oberarm, *E* Elle, *S* Speiche, *H* Handwurzel, *M* Mittelhand, *F* Finger

Durch Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen sind die Wirbeltiergliedmaßen unterschiedlich ausgebildet. Der *Landsalamander* beispielsweise hat nur kurze Zehenknochen. Bei der *Meeresschildkröte* sind sie wesentlich länger. Dagegen sind bei diesem Tier die Schenkelknochen kürzer und die Fußwurzelknochen nebeneinandergelagert. Dadurch bekommen die Gliedmaßen der Meeresschildkröte die Gestalt von Flossen und können als Ruder verwendet werden.
Starke Abänderungen zeigt das Skelett des *Vogelflügels*. Oberarmknochen sowie Elle und Speiche entsprechen noch denen nichtfliegender Tiere. In Anpassung an die Flugfunktion haben sich dagegen nur zwei Handwurzelknochen und ein verlängertes, aus mehreren Teilen verschmolzenes Mittelhandstück sowie Knochen dreier Finger erhalten. Die Skeletteile werden so zu schmalen Ansatzspangen für die Schwungfedern.
Auffallend ist die starke Verlängerung der Fingerknochen bei den *Fledermäusen*. Zwischen ihnen, dem Rumpf und den Hinterbeinen spannt sich die Flughaut. Im Gegensatz hierzu sind die Knochen in den „Flossen" der *Wale* kurz und gedrungen. Bei ihnen ist jedoch die Zahl der Fingerknochen erheblich größer. Dadurch werden die Vordergliedmaßen breit und flossenartig.
Die Vorderbeine des *Maulwurfes* haben sich zu gewinkelten Grabbeinen mit breiten Schaufeln entwickelt.
Die Gliedmaßen des *Menschen* kommen in ihrer Form den Gliedmaßen der ersten Wirbeltiere sehr nahe.
Die vergleichende Betrachtung zeigt, daß sich bei allen landbewohnenden Wirbeltieren eine ähnliche Form der Gliedmaßen findet. Die Ähnlichkeit beruht auf gleichem stammesgeschichtlichem Ursprung; es sind also homologe Organe. Durch Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen sind sie abgewandelt worden.

Die Gliedmaßen der *Insekten* (Abb. 69) haben einen anderen Ursprung als die der Wirbeltiere. Untereinander sind jedoch auch die Gliedmaßen der Insekten homolog. Sie bestehen aus fünf Abschnitten. Die Verbindung mit dem Körper wird durch ein walzenförmiges *Hüftglied* hergestellt; ihm schließt sich ein kurzer *Schenkelring* an. Dann folgen der langgestreckte, kräftige *Schenkel* und die dünnere, ebenfalls langgestreckte *Schiene*. Der letzte Abschnitt, der *Fuß*, besteht in der Regel aus mehreren (meist fünf) hintereinanderliegenden Gliedern, deren letztes meist zwei Krallen trägt.

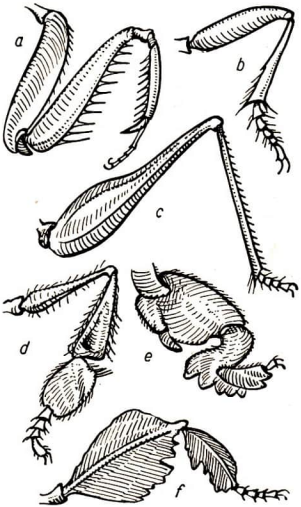


Abb. 69. Gliedmaßen von Insekten;
a Raubbein der Gottesanbeterin, *b* Laufbein eines Laufkäfers, *c* Sprungbein der Heuschrecke, *d* Sammelbein der Honigbiene, *e* Grabbein der Maulwurfsgrille, *f* Bein des Wandelnden Blattes

Diese Form finden wir bei den *Laufkäfern (b)* und als homologe Bildung bei den Sprungbeinen der *Heuschrecken (c)*, den Schwimmbeinen der *Gelbrandkäfer* sowie den Grabbeinen der *Maulwurfsgrillen (e)*. Auch die entsprechend ihrer Funktion abgeänderten, eigenartig umgestalteten Vorderbeine der *Gottesanbeterin (a)*, einer Fangheuschrecke, die Sammelbeine der *Honigbiene (d)*, die Sprungbeine der *Flöhe* und die verbreiterten Beine des *Wandelnden Blattes (f)* bestehen aus den gleichen Teilen. Die Ähnlichkeit der Insektengliedmaßen beruht auf der gemeinsamen Abstammung aller Insekten von ursprünglichen Insekten.

Homologe Organe bei den Säugetieren sind auch die *Hornbildungen* der Haut: Nägel, Krallen, Hufe und ferner die verschiedenen *Haarformen:* Wollhaare, Grannenhaare, Borsten und Stacheln (Igel, Stachelschwein).

Rudimentäre Organe. Der Vergleich homologer Organe zeigt, daß sie bei den verschiedenen Tiergruppen oftmals sehr unterschiedlich ausgebildet sind. In einigen Fällen bilden sie sich sogar ganz zurück. Rückgebildete Organe bezeichnet man als *Rudimente*. Die Rückbildung von Organen beruht auf einer veränderten Lebensweise der Tiere, bei der das betreffende Organ nicht mehr beansprucht wird.

Wir können eine allmähliche Rückbildung beispielsweise an den Gliedmaßen verschiedener Eidechsenarten verfolgen (Abb. 70). Bei den einheimischen *Zaun-* und *Bergeidechsen* sind die vier Beine gut entwickelt. Sie haben fünf Zehen *(a)*. Die

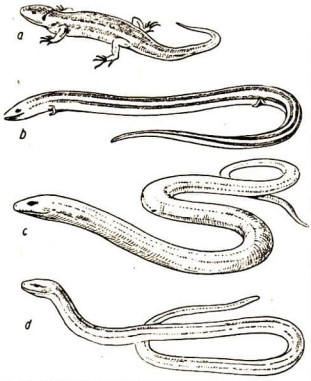


Abb. 70. Rückbildung der Beine bei Eidechsen; *a* Zauneidechse, *b* Erzschleiche, *c* Scheltopusik, *d* Blindschleiche

Erzschleiche hat nur noch sehr kurze Beine, die für das Laufen nicht mehr von Bedeutung sind. Ihre Füße haben nur drei Zehen, sie können in seitliche Vertiefungen des Körpers eingedrückt werden *(b)*. Die Tiere bewegen sich sehr schnell fort. In den Mittelmeerländern lebt der *Scheltopusik*, eine Eidechse, deren Vorderbeine sich vollständig rückgebildet haben und deren Hinterbeine nur noch als ganz kleine Stummel aus dem Körper herausragen *(c)*. Vorder- und Hinterbeine sind bei den *Blindschleichen* ganz rückgebildet *(d)*. Im Innern ihres Körpers befinden sich jedoch noch knöcherne Reste des Schulter- und Beckengürtels.

Rudimentäre Organe sind bei sehr vielen Tierarten zu finden. Durch das Leben in lichtarmer Umgebung werden vielfach die Augen rückgebildet. Beim europäischen *Maulwurf* sind sie sehr klein, aber noch funktionsfähig; bei dem nordamerikanischen Maulwurf sind sie ganz rudimentär geworden.

Der *Olm* lebt in den dunklen Höhlen des Karstes. Seine Augen sind bis auf kleine Rudimente rückgebildet. Zieht man den Olm im Hellen auf, so können die Augen funktionsfähig werden.

Auch im *menschlichen Körper* sind rudimentäre Organe vorhanden. So ist z. B. der weitgehend funktionslose Wurmfortsatz des Blinddarms ein rückgebildeter Darmteil (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 99). Die Ohrmuskeln sind ebenfalls rudimentär.

2. Analoge Organe

Die Vordergliedmaßen von *Maulwurf* und *Maulwurfsgrille* zeigen eine weitgehende Ähnlichkeit. Das Säugetier wie auch das Insekt benutzen sie zum *Graben*. Daher sind bei beiden diese Gliedmaßen breit, schaufelförmig und haben scharfe Spitzen aus Horn oder Chitin. Diese äußere Ähnlichkeit ist durch die ähnliche Funktion, nicht durch eine gleiche Abstammung bedingt. Im inneren Bau sind die Gliedmaßen von Maulwurf und Maulwurfsgrille grundlegend verschieden. Es sind analoge Organe (vgl. Abb. 68*g* mit 69*e*).

Aber nicht nur der Bau einzelner Körperteile, auch die äußere Gestalt verschiedenartiger Tiere zeigt unter ähnlichen Lebensbedingungen oftmals große Ähnlichkeit. Tiere, die in der Erde oder zwischen Steinen und niedrigem Pflanzenwuchs leben, haben häufig eine langgezogene *Wurmgestalt*. Wurmförmige Tiere (Abb. 71) können

sich durch Erdspalten, zwischen Steinen oder Gestrüpp leicht hindurchzwängen. Der *Regenwurm (a)* beispielsweise frißt sich durch die Erde hindurch. Auch die Gestalt des *Mehlwurmes (b)* ist langgestreckt. Mehlwürmer sind die Larven der Mehlkäfer, also Insektenlarven. Sie leben im Mehl, im Grieß oder in anderen Mehlprodukten. Infolge ihrer wurmartigen Gestalt können sie sich darin leicht fortbewegen. Unter den Fischen ist beispielsweise der *Aal* wurmähnlich *(c)*. Er lebt meist in Gewässern mit schlammigem Grund. Es gibt auch Lurche mit wurmähnlicher Gestalt, darunter die in wärmeren Gegenden heimischen *Blindwühlen (d)*. Sie haben weder Schwanz noch Gliedmaßen. Wie die Regenwürmer leben sie in der Erde. Einige Eidechsenarten, die *Doppelschleichen (e)*, haben sich dem Leben in der Erde angepaßt. Diese Kriechtiere, die besonders in Südamerika vorkommen, sehen wie dicke, große Regenwürmer aus. Ihre Beine sind rückgebildet.

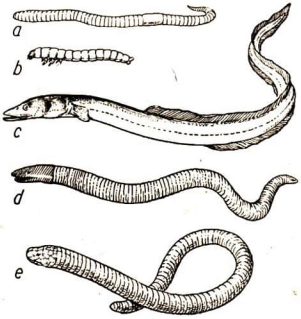


Abb. 71. Wurmförmige Tiere;
a Regenwurm, *b* Mehlwurm, *c* Aal, *d* Blindwühle, *e* Doppelschleiche

Aufg. Nenne andere Tiere, die wurmähnliche Gestalt haben! Gib ihre Lebensweise an!

Aus diesen Beispielen läßt sich erkennen, daß eine ähnliche Umwelt häufig zur Ausbildung ähnlicher Körperformen oder Organe führt, ohne daß die betreffenden Tierarten gleicher Abstammung sind.

c) Zwischenformen

Es ist manchmal recht schwer, eine Tier- oder Pflanzenart in die richtige Gattung oder Familie einzuordnen. Es gibt Arten, die als Zwischenformen zwischen Gattungen, Familien, Klassen oder Stämmen stehen. Sogar die Einordnung in das Pflanzen- oder Tierreich ist in einigen Fällen schwer.

Unter den *Geißelträgern* gibt es viele Arten, die sich nur wie Pflanzen, andere, die sich nur wie Tiere ernähren. Einige Geißelträger jedoch (z. B. die Rotäugelein) bilden im Lichte Blattgrün und assimilieren wie Pflanzen. Wachsen sie dagegen in lichtarmem oder gar in vollständig dunklem Wasser auf, so bilden sie kein Chlorophyll und nehmen wie die Tiere organische Nahrung auf. Wir können sie daher weder in das Tierreich noch in das Pflanzenreich eingliedern. Sie stellen eine Zwischenform dar. Man nimmt an, daß ähnliche Lebewesen die Stammformen für die Entwicklung des Tier- und Pflanzenreiches waren. Diese Stammformen lebten in der vorkambrischen Zeit.

Wie das Beispiel der *Volvoxkugel* (s. Lehrbuch der Biologie f. d 7. Schulj., S. 35) zeigt, gibt es auch zwischen einzelligen und mehrzelligen Lebewesen Zwischenformen.

Die *Lungenfische* bilden ebenfalls eine Gruppe von Zwischenformen. Aus ihrem Körperbau und der Lebensweise läßt sich erkennen, wie bei den Wirbeltieren der Übergang vom Wasser- zum Landleben erfolgt sein könnte. Die Gliedmaßen der Lungenfische sind noch flossenartig; sie dienen aber auch zum Anstemmen gegen den Boden, so daß die Lungenfische vorwärts schreiten können. Die Lungenfische können sowohl durch Kiemen als auch durch ihre dann als Lunge arbeitende Schwimmblase atmen. Ihre zweiteilige Schwimmblase, die wie die der Knorpelfische gebaut ist, kann die Funktion einer Lunge übernehmen. Von diesem zweigeteilten Luftsack, der in seinem Bau einer Froschlunge ähnelt, führt ein kurzer Gang in den Schlund. Die Ähnlichkeit mit dem Körperbau der Lurche wird dadurch erhöht, daß bei den Lungenfischen Herz und Gefäßverlauf anders als bei den übrigen Fischen angelegt sind. Es bildet sich ein Lungenkreislauf aus. Die Larven einiger Lungenfische haben Kiemen, die den Kiemen der Jugendformen von Lurchen ähneln. Auch dieses Merkmal kennzeichnet die Zwischenstellung der Lungenfische.

Eine biologisch besonders aufschlußreiche Zwischenform ist der im Juraschiefer aufgefundene *Urvogel* (s. S. 52). Er vereinigt in sich Merkmale von Kriechtieren und von Vögeln. Mit der Auffindung des Urvogels war der Beweis erbracht, daß die Vögel von den Kriechtieren abstammen.

Die urtümlichsten Säugetiere, die *Kloakentiere*, haben ebenfalls noch Kriechtiermerkmale. Zu den Kloakentieren gehören das *Schnabeltier* und der *Ameisenigel* Australiens. Sie legen weichhäutige Eier, die denen der Kriechtiere ähneln. Ein weiteres wichtiges Kriechtiermerkmal ist die Ausbildung einer *Kloake*. So bezeichnet man die gemeinsame Öffnung des Darmrohres und des Harnleiters. Ferner besteht der Schultergürtel außer aus den Schlüsselbeinen und den Schulterblättern noch aus einem dritten Knochenpaar, den Rabenschnabelbeinen. Bei den anderen Säugetieren sind die Rabenschnabelbeine rudimentär geworden. Das Fehlen der Zähne im Schnabel kann nicht als urtümliches Merkmal angesehen werden, weil bei den Jungen noch Zähne angelegt werden. Sie fallen später aus. In der Behaarung und in der Ausbildung von Talg-, Schweiß- und Milchdrüsen stimmen jedoch die Kloakentiere mit den Säugetieren überein. Die Jungen sind nach dem Ausschlüpfen noch sehr hilflos. Sie werden von dem Muttertier gesäugt. Die Kloakentiere sind also Zwischenformen, die Kriechtier- und Säugetiermerkmale in sich vereinigen. Diese Tatsache beweist, daß sich auch die Säugetiere aus den Kriechtieren entwickelt haben.

II. Die Entstehung der Arten

a) Veränderungsfähigkeit der Arten, Formen der Abänderungen

Im Jahre 1859 erschien das Werk des englischen Naturforschers *Charles Darwin* (Abb. 72) „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl". In diesem Buch beweist Darwin, daß die heute lebenden Organismen von einfacher gebauten Lebewesen abstammen. Er zeigt ferner, daß sich die Arten auch heute noch weiterentwickeln, und gibt Ursachen für die Entwicklung an. Wir wollen seinen Gedankengängen nachgehen.

Aufg. 1. Sammelt Blätter von Löwenzahnpflanzen, die an trockenen Wegrändern oder am Bahndamm, auf feuchten Wiesen und im Sumpf wachsen! Vergleicht! Stellt die Unterschiede in Größe und Form fest! — 2. Sammelt Blattrosetten des Hirtentäschelkrautes! Vergleicht! Stellt die Unterschiede in Größe und Form fest! — 3. Achtet bei euren Frühjahrsexkursionen auf Wuchsformen von Kiefern, Fichten und anderen Bäumen, die im dichten Walde, am Waldrand, am Berghang und in offener, ebener Landschaft wachsen!

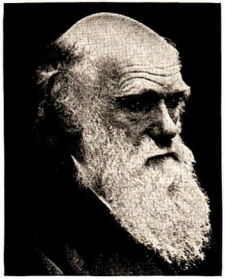


Abb. 72. Ch. Darwin (1809 bis 1882)

Kein Lebewesen ist einem anderen in allen Einzelheiten gleich. Alle Pflanzen des Gemeinen Löwenzahnes oder des Hirtentäschelkrautes sind jedoch einander sehr ähnlich. Sie haben ähnliche Wurzelbildung, ähnliche Blattrosetten, ähnliche Blütenstände und ähnliche Früchte. Auf Grund dieser *Ähnlichkeit* faßt man derartige Individuen zu einer *Art* zusammen, z. B. zu der Art Gemeiner Löwenzahn oder zu der Art Hirtentäschelkraut. Aber selbst die Individuen einer Art sind trotz ihrer großen Ähnlichkeit stets etwas voneinander verschieden. Das erkennen wir beispielsweise an den Blättern, die wir gesammelt haben. Sehr verschieden ist auch der Wuchs der Bäume. Er richtet sich nach ihrem Standort. Besonders die Kiefern zeigen starke Unterschiede. Auf freiem Standort ist der Stamm bis weit nach unten mit großen, starken Ästen besetzt. Im dichten Wald dagegen trägt er nur oben einen Wipfel kurzer Äste. Am Waldrand ist die Waldseite der Stämme ebenfalls bis weit nach oben astfrei. Die freie Außenseite dagegen trägt von der Spitze bis wenige Meter über dem Erdboden weit ausladende Äste.
Bedeutende Unterschiede zeigen sich in der Färbung von Blüten. Unter den blau

blühenden Glockenblumen, den gelben Königskerzen und vielen rot blühenden Lippenblütlern (z. B. der Roten Taubnessel) treten hin und wieder weiß blühende Individuen auf. Auch Tiere der gleichen Art weichen häufig in ihrer Färbung voneinander ab. Bei den *Gehäusen der Garten- und Hainschnirkelschnecken* kann man von bänderlosen über fünfbänderige bis zu schwarzen Individuen alle Zwischenformen finden (Abb. 73). Die schwarzen Gehäuse sind durch Verschmelzung der Bänder entstanden.

Es läßt sich leicht nachweisen, daß auch die Nachkommen ein und derselben Pflanze oder ein und desselben Tierpaares in ihren Merkmalen und Eigenschaften verschieden sind.

Aufg. 1. Sammelt unter einer Eiche oder einem anderen Laubbaum Blätter! Achtet auf Unterschiede in der Form! — Sammelt im Frühling die Früchte eines Blütenkorbes vom Löwenzahn! Sät sie in trockenen Sand oder Kies, auf feucht gehaltenen Sand, in beschattete fruchtbare Gartenerde und in ein gut eingerichtetes Mistbeet, so daß sie verschiedenartige Lebensbedingungen vorfinden! Beobachtet während des Sommers die Entwicklung der Pflanzen!

Alle Blätter eines Baumes stammen wie der ganze Baum aus einem einzigen Samen. Trotzdem sind sie nicht gleich. Bei der Aufzucht von *Löwenzahnfrüchten* zeigt sich, daß die Nachkommen ein und derselben Pflanze sich voneinander unterscheiden. Je nach der Bodenfeuchtigkeit und der Stärke der Sonnenbestrahlung sind die Blätter *stark eingeschnitten* bis fast *ganzrandig*.

Das Klima und die Bodenverhältnisse in hohen Gebirgslagen verändern das Aussehen von Pflanzen, die sonst in der Ebene wachsen, ganz bedeutend. Die Pflanzen entwickeln im Hochgebirge meist niedrige, dichtstehende Stengel, kleinere Blätter

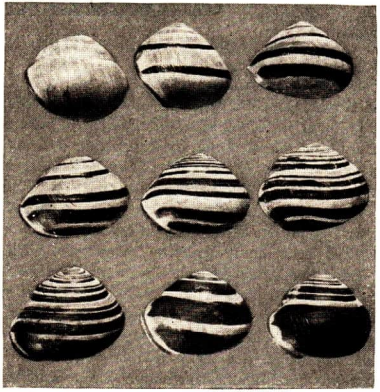


Abb. 73. Verschieden gebänderte Gehäuse von Hainschnirkelschnecken

Abb. 74. Taubenkropf.
Links Hochgebirgsform, rechts normale Form der Ebene

und kleinere Blüten. So wird beispielsweise der *Scharfe Hahnenfuß* auf unseren Wiesen 0,5 bis 1 m hoch, seine Blüten haben einen Durchmesser von 0,5 bis über 2 cm. In den Alpen dagegen erreicht er nur eine Höhe von etwa 10 cm, entwickelt kleine Blätter und Blüten von nur 8 bis 12 mm Durchmesser. Der auf trockenen Wiesen und an Feldrainen wachsende *Taubenkropf* wird meist bis 0,5 m hoch. Im Felsschutt der Alpen dagegen wird er nicht höher als 10 bis 15 cm, hat einen dichten polsterartigen Wuchs und kleinere Blüten (Abb. 74).

Große Bedeutung hat die Wärme für die Entstehung von Veränderungen. Die als Topfpflanzen gezogenen hellroten *Chinesischen Primeln* bekommen eine weiße Blütenfarbe, sobald man sie etwa acht Tage vor dem Aufblühen in feuchten, warmen Treibhäusern bei einer Temperatur von über 30° C hält.

Schmetterlinge, die während der Puppenruhe ungewohnten Temperaturen ausgesetzt werden, zeigen starke Veränderungen in der Färbung. Es entstehen dadurch Formen, wie sie in wärmeren oder kälteren Gegenden auftreten. So erhält man bei Schwanzfaltern (z. B. Schwalbenschwanz) aus Mitteleuropa, deren Puppen

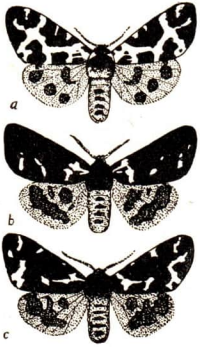


Abb. 75. Brauner Bärenspinner; *a* Normale Färbung, *b* Schmetterling, dessen Puppe sich unter Kälte entwickelte, *c* Nachkomme von *b*, dessen Puppe bei normaler Temperatur gezogen wurde

einer Temperatur von 37° C bis 38° C ausgesetzt werden, Nachkommen, die in Form und Zeichnung der Flügel den in Südeuropa bzw. Vorderasien vorkommenden Abarten der betreffenden Schwanzfalter gleichen. Beim *Braunen Bärenspinner* erzielt man durch Kälte eine Zunahme der dunklen Flecke auf den Hinterflügeln und eine Abnahme der weißen Stellen der Vorderflügel (Abb. 75 *a* u. *b*). Setzt man Puppen des *Trauermantels* der Einwirkung von großer Kälte aus, so verbreitern sich die hellen Ränder (Abb. 76). Beim *Großen Fuchs* vergrößern sich die schwarzen Flecke auf den Vorderflügeln und fließen ineinander (Abb. 77). Solche durch Temperatureinwirkungen entstandenen Formen kommen auch in der Natur unter bestimmten klimatischen Bedingungen vor.

Unsere *Nutzpflanzen* und *Haustiere* sind unter bestimmten, von Menschen geschaffenen Bedingungen gezüchtet worden. Sie behalten die erworbenen Eigenschaften nur dann, wenn sie auch weiterhin unter denselben Bedingungen gehalten werden. Sie verlieren sie, wenn sie unter veränderten Bedingungen auf-

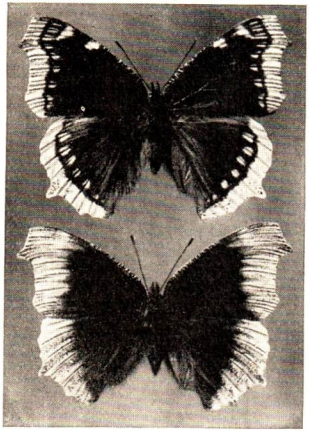


Abb. 76. Trauermantel.
Oben normale Färbung, darunter Kältefärbung

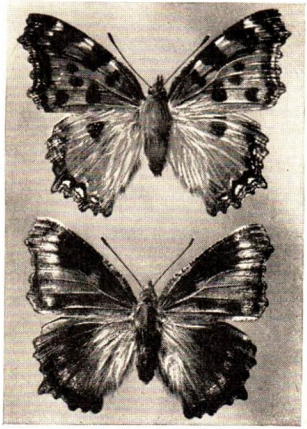


Abb. 77. Großer Fuchs.
Oben normale Färbung, darunter Kältefärbung

gezogen werden. Darwin berichtet von *Maissamen*, der aus verschiedenen Teilen Amerikas bezogen und in Deutschland ausgesät wurde. Schon in der fünften Generation glich dieser Mais den örtlichen europäischen Formen. Schafrassen aus nördlichen Gegenden verlieren in tropischen Ländern nach einigen Generationen die Dichtigkeit ihrer Wolle. Die durch dichten weißen Haarfilz an Blättern und dem Stengel gekennzeichnete *Sand-Strohblume* (auch Immortelle oder Katzenpfötchen genannt) verliert ihren dichten Haarfilz, wenn sie an schattigen Standorten steht. Aus allen Beispielen geht hervor, daß die Umweltbedingungen bestimmenden Einfluß auf die Ausbildung von Abänderungen haben.

Vererbung. Bei den in Kälte aufgezogenen Bärenspinnern kehrte die Schwarzfärbung der Hinterflügel bei einigen Tieren der zweiten Generation auch dann noch wieder, wenn man sie bei normaler Temperatur die Puppenruhe durchmachen ließ.

Aufg. Säe die im Vorjahr gesammelten Samen der weiß blühenden Abart einer Pflanze, die normal blau oder rot blüht (z. B. Glockenblume, Rote Taubnessel oder Natterkopf), aus! Stelle die Blütenfarbe der aus dem Samen aufgehenden Pflanzen fest!

Die weiße Abart einer Pflanze bringt zum Teil Nachkommen mit weißen Blüten hervor. Aus Samen der Gartenmohrrübe entstehen auf Gartenland immer wieder Pflanzen mit dickfleischigen Rübenwurzeln.
Diese Beispiele zeigen, daß die durch Umwelteinflüsse hervorgerufenen Eigenschaften auch in der folgenden Generation wieder auftreten können: sie werden *vererbt*. Unter *Vererbung* versteht man also die Tatsache, daß Eigenschaften der Eltern bei den Nachkommen wieder auftreten.
Bei den weißen Hauskaninchen sind die meisten Nachkommen wieder weiß. Bei ihnen hat sich die weiße Farbe des Fells *vererbt*. Aber es treten auch graugefleckte oder ganz graue Tiere unter den Jungen auf. Auf diese hat sich die weiße Farbe der Eltern *nicht vererbt*. Während sich beispielsweise bei allen Kaninchen die Eigenschaften, zwei lange Ohren und Nagezähne zu besitzen, ziemlich regelmäßig vererben, ist das also bei der Haarfarbe viel weniger der Fall. Ein bestimmt geformter Farbfleck, der an Stirn, Schnauze oder an den Füßen eines Kaninchens auftritt, wird sich nur in seltenen Fällen auf die Jungen vererben. Wir sprechen von *erblichen* und *nichterblichen Abänderungen*, doch sind diese nicht scharf voneinander zu trennen. Das zeigt das Beispiel von der Haarfarbe, die in einigen Fällen erblich, in anderen nicht erblich sein kann. Ebenso sind die Pflanzen, die aus Samen einer abgeänderten weißen Blüte hervorgehen, nur bei einem Teil weißblühend, der andere Teil hat wieder die für die Art typische Blütenfarbe.

Vererbung und Umwelt. Zieht man die Nachkommen der durch Kälte behandelten Bärenspinner, die größere schwarze Flecke auf den Flügeln aufweisen, bei normaler Temperatur auf, so zeigt nur noch ein Teil der Tiere die dunklen Kältefarben. Doch auch bei diesen haben die weißen Teile der Vorderflügel wieder zugenommen (Abb. 75*c*). Zieht man weitere Generationen unter normalen

Bedingungen auf, so gehen die durch die Kälte bewirkten Abänderungen allmählich ganz zurück. Werden dagegen die Puppen der folgenden Generationen weiterhin der Kälteeinwirkung ausgesetzt, so bleibt die Schwarzfleckigkeit nicht nur erhalten, sondern die Flecke vergrößern sich noch. Wenn mehrere Generationen unter nahezu gleichen Umweltbedingungen aufgezogen werden, so tritt eine *Steigerung* der durch diese Umweltbedingungen hervorgerufenen Abänderungen ein.
Die gleiche Erscheinung können wir auch bei unseren Nutzpflanzen beobachten. Unter den nahezu gleichen Lebensbedingungen der Gärten aufgezogen, behalten die Mohrrüben ihre fleischigen Wurzeln. Dasselbe gilt von den durch Züchtung erworbenen Eigenschaften der Kohlsorten. Darwin führt hierzu ein interessantes Beispiel aus der Praxis der Blumenzucht an. Wenn ein Gärtner eine Zierpflanze weiterzüchtet, deren Blüte ein oder zwei zusätzliche Blumenblätter aufweist, so kann er Blüten mit vielen zusätzlichen Blumenblättern (halbgefüllte oder gefüllte Blüten) heranziehen. Bei weiterer Zucht der ausgelesenen Pflanzen unter nahezu gleichen Bedingungen festigt sich die Eigenschaft dieser Pflanze, gefüllte Blüten hervorzubringen. Der Gärtner erhält so eine neue Pflanze, die im Gegensatz zur Stammpflanze nur noch gefüllte Blüten hat. Die gleichbleibenden Umwelteinflüsse haben die Wirkung der Vererbung verstärkt.
Eine Änderung der Lebensbedingungen setzt den Einfluß der Vererbung herab. Von amerikanischen Maissorten wissen wir, daß sich in Mitteleuropa ihre Eigenschaften änderten. Ihre in Amerika erworbenen erblichen Eigenschaften wurden also verändert. Gemüsepflanzen, wie Kohlsorten, Mohrrüben usw., verlieren, wenn sie auf einer Wiese oder einem Schuttplatz aufwachsen, ihre für den Menschen wertvollen Eigenschaften. In warme Länder gebrachte und dort ausgesäte Samen unserer Kohlsorten werden unter den neuen Umweltverhältnissen zu Pflanzen, die dem Wildkohl ähneln.
Aus den Samen von *Löwenzahnpflanzen* trockener Standorte gehen an denselben Standorten immer wieder ähnliche Pflanzen hervor. Weiterverstreute Samen dieser Pflanzen, die sich unter anderen Lebensbedingungen entwickeln (z. B. statt auf Trockenland auf einer feuchten Wiese), verlieren ihre dem trockenen Standort angepaßte Blattform. Sie nehmen die Blattform der Löwenzahnpflanzen feuchter Wiesen an. So ist die Wirksamkeit und Stärke der Vererbung von der Umwelt abhängig. *Gleichbleibende Umweltbedingungen festigen die Vererbung und erhalten die unter diesen Lebensbedingungen erworbenen Eigenschaften.* Im Laufe von langen Zeiträumen kann diese Festigung der Eigenschaften so weit gehen, daß sie, wie beispielsweise der Besitz von Nagezähnen bei den Kaninchen, nur noch wenig von der Umwelt beeinflußt werden. *Sich ändernde Umweltbedingungen setzen dagegen den Einfluß der Vererbung herab.*
In der freien Natur sind die Lebensbedingungen sehr verschiedenartig. Die Lebensgemeinschaften Wald, Wiese, Felsgeröll der Gebirge, Dünen der Meeresküsten sind dafür nur einige Beispiele. Die Nachkommen einer Pflanze können in verschiedenen Lebensgemeinschaften aufwachsen. Sie keimen und entwickeln sich dann unter sehr unterschiedlichen Lebensbedingungen. Die Folge ist, daß ihre Entwicklung in verschiedener Weise vor sich geht. Dabei zeigen sich die mannig-

faltigsten Abänderungen. Sie können klein und unscheinbar, aber auch bedeutend und auffällig sein. Aus den Samen ein und derselben Pflanze haben sich Pflanzen mit neuen Merkmalen und Anpassungen herausgebildet. Bleiben sie weiterhin unter den gleichen Lebensbedingungen, die zu ihrer Entwicklung führten, so festigen sich die neuen Eigenschaften, sie werden in immer stärkerem Maße vererbbar. Aus der ursprünglichen Pflanze haben sich andere, neue Pflanzen *entwickelt.*

Es erhebt sich die Frage, ob sich alle Abänderungen erhalten und festigen und ob sie die Entstehung neuer Arten bewirken können. Dann müßte die Zahl der Tier- und Pflanzenarten ganz unbeschreiblich groß sein. Auch diese Frage ist von Darwin beantwortet worden.

b) Auslese

Künstliche und natürliche Auslese. Darwin lebte von 1809 bis 1882 in England, einem Lande, in dem damals die Tierzucht auf sehr hoher Stufe stand. Er beobachtete und untersuchte die Wege, die die Züchter einschlugen, um neue Tierformen zu erhalten. Am eingehendsten studierte er die vielen Taubenrassen, die in England gezüchtet wurden. Die Taubenrassen (Abb. 78) unterscheiden sich äußerlich stark voneinander. Die Pfauentauben haben 30 bis 40 radartig gestellte

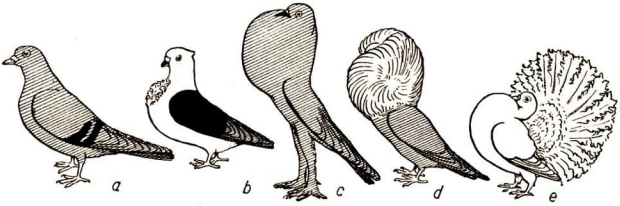


Abb. 78. Taubenrassen;
a Felsentaube, *b* Möwentaube, *c* Kropftaube, *d* Perückentaube, *e* Pfauentaube

Schwanzfedern (die meisten anderen Taubenrassen nur 12), andere Taubenrassen tragen Federn an den Beinen oder weisen am Kopfe eigenartige Hautbildungen auf. Lachtauben und Trommeltauben geben eigentümliche Laute von sich, die ganz verschieden von dem Gurren anderer Tauben sind. Einige sind gute Flieger und haben einen hochentwickelten Ortssinn (Brieftauben), andere fliegen wenig und schlecht (Purzeltauben). Auch im inneren Bau, sogar im Skelettbau, in der Zahl der Wirbel und Rippen, der Größe und Form des Brustbeins, des Gabelbeins, der Länge der Beine, der Form der Schädelknochen unterscheiden sich die Taubenrassen sehr stark voneinander. Darwin wies nach, daß alle diese verschiedenen Taubenrassen von einer einzigen Form, der blaugrau gefärbten *Felsentaube*, abstammen, die an den atlantischen und Mittelmeer-

küsten Europas zu Hause ist. Vor etwa 4000 Jahren wurde die Felsentaube zuerst in den Mittelmeerländern in Zucht genommen. Bis zu Darwins Zeit waren aus dieser Stammform rund 150 Taubenrassen gezüchtet worden; diese Zahl vermehrt sich noch ständig.

Der Mensch züchtete neue Rassen, indem er die Abänderungsfähigkeit und die Vererbung ausnutzte. Bemerkte der Züchter unter seinen Jungtieren einige, die sich durch ihm günstig erscheinende Eigenschaften auszeichneten, so nahm er diese Tiere für die Nachzucht. Die anderen Tiere wurden von der Vermehrung und der Vermischung mit den neuen Formen ausgeschlossen. Unter der neuen Generation wählte er wieder diejenigen zur Vermehrung aus, die die gewünschten Eigenschaften in erhöhtem Maße besaßen: er trieb eine *künstliche Auslese* oder *künstliche Zuchtwahl.* Wie bei den Tauben wurde bei allen Haustieren und Nutzpflanzen verfahren.

Darwin erkannte, daß auch in der freien Natur eine Auslese stattfindet. So konnte er viele Beobachtungen erklären, die er auf seiner fünfjährigen Weltreise machte. Darwin besuchte auf dieser Weltreise auch die Insel Madeira, auf der oft starke Winde herrschen. Er machte die Entdeckung, daß hier viele Insekten unvollkommene Flügel haben und nicht fliegen können. Auch auf den Kerguelen-Inseln haben viele Insekten zum Fliegen untaugliche Flügelstummel (Abb. 79). Diese Tatsache beruht auf einer Auslese, die durch den Wind, also durch einen Faktor der Umwelt, bewirkt wird. Fliegende Insekten mit einer Flügelgröße, wie sie die auf dem Festland lebenden Insekten haben, werden durch die starken Winde ins Meer geweht und kommen um. Insekten mit verkümmerten Flügeln dagegen, die sich meist am Boden aufhalten, bleiben am Leben und können sich fortpflanzen. Derartige Abänderungen traten unter den geflügelten Tieren auf. Sie vererbten ihre Eigenschaft, verkümmerte Flügel zu besitzen, auf die Nachkommen.

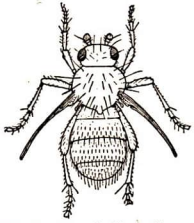


Abb. 79. Kerguelenfliege mit verkümmerten Flügeln (vergr.)

Unter den gleichbleibenden Lebensbedingungen verstärkten sich die Eigenschaften immer mehr, so daß allmählich die jetzt lebenden stummelflügeligen oder ungeflügelten Insekten entstanden. Dagegen gingen Formen mit größeren Flügeln immer wieder zugrunde. So übte die Umwelt eine Auslese unter den Insekten dieser Inseln aus.

Die Auslese bewirkte also eine Rückbildung der Flügel. Diese Auslese geschah ohne Zutun des Menschen, allein durch die *natürlichen* Lebensbedingungen. Darwin nannte sie deshalb *natürliche Auslese* oder *natürliche Zuchtwahl.*

Durch natürliche Auslese erklärt Darwin auch die Tatsache, daß es auf den Kerguelen-Inseln verhältnismäßig wenig und nur windblütige, niedrige Blütenpflanzen gibt. Die starken Stürme lassen keinen Baumwuchs aufkommen. Die höchste Pflanze, ein Korbblütler, wird bis 1 m hoch. Alle übrigen haben kriechenden Wuchs. Auf den Inseln gibt es keine fliegenden Insekten, die die Blüten bestäuben

könnten. Die Stürme dieser Inseln bewirkten nicht allein, daß sich nur niedrige Pflanzen am Leben erhalten und Samen ausbilden konnten, sondern sie machten auch das Leben von bestäubenden Insekten unmöglich. Die Korbblütler werden bei uns im allgemeinen durch Insekten bestäubt. Auf den Inseln aber konnten sie sich nur fortpflanzen, wenn sie bei der Bestäubung nicht auf Insekten angewiesen waren. Sie mußten Eigenschaften erwerben, die eine Windbestäubung ermöglichten. Diejenigen Korbblütler, die sich dieser Bestäubungsart am besten anpaßten, gelangten am sichersten zur Bestäubung und zur Samenbildung. Die anderen starben aus. Alle anderen Pflanzen der Kerguelen sind ebenfalls windblütig. So weisen diese Inseln heute eigentümliche Pflanzenarten auf, die es sonst nirgends gibt.

Aus diesen Beispielen geht hervor, daß nur diejenigen Abänderungen erhalten bleiben, die den Umweltbedingungen entsprechen, das heißt ihnen *angepaßt* sind. Nur sie können von Generation zu Generation weitergegeben werden. Dabei verstärken sich diese Anpassungen und führen zur Entstehung neuer Arten. Die natürliche Auslese bewirkt, daß alle Tier- und Pflanzenarten ihrer Umwelt angepaßt sind.

Kampf ums Dasein und gegenseitige Hilfe. Bei der natürlichen Auslese bleiben die ihrer Umwelt am besten angepaßten Lebewesen erhalten und erzeugen Nachkommen. Die schlechter angepaßten gehen meist zugrunde. Diese Tatsache bezeichnete Darwin mit dem Ausdruck „*Kampf ums Dasein*". Er selbst wies darauf hin, daß er diesen Ausdruck in einem weiten und übertragenen, bildlichen Sinne gebraucht. Man kann beispielsweise sagen, daß eine Pflanze am Rande der Wüste gegen die Trockenheit kämpft. Angemessener wäre es, zu sagen, daß ihre Entwicklung von ihrer Anpassungsfähigkeit an die zur Verfügung stehende Wassermenge abhängt.

Zwischen den Lebewesen bestehen Beziehungen, die einem Kampf ähnlich sind. Es gibt keine Tierart, die nicht von anderen Organismen lebt oder ihnen als Nahrung dient. So sind z. B. Mäuse die Nahrung von Eulen und anderen Fleischfressern. Man kann die Jagd der Eulen auf Mäuse einen Kampf nennen; es ist jedoch nur der für diese Tiere natürliche Nahrungserwerb.

Auch der Daseinskampf der Mäuse um ihr Futter (Getreidekörner usw.) ist kein Kampf im menschlichen Sinne, sondern Nahrungserwerb. Der Kampf ums Dasein besteht also ganz allgemein in der Auseinandersetzung der Lebewesen mit ihrer Umwelt. In ihm stehen die Tiere *einer Art* einander nicht als Feinde gegenüber. Ein Löwe überfällt nicht einen anderen Löwen, noch weniger ein Hase einen anderen. Man könnte das Verhältnis der Tiere zueinander besser mit einem Wettbewerb vergleichen, der um die Ausbildung von Anpassungen geht. Der Kampf ums Dasein ist eine Triebkraft für die Höherentwicklung der Pflanzen und Tiere.

Ein Kampf ums Dasein findet in der Natur auch zwischen Arten statt, die *ähnliche Bedürfnisse* haben. Darwin führt als Beispiel dafür das Verhältnis pflanzenfressender Säugetiere zu Heuschrecken an. Wenn in einem Jahr die Heuschrecken

in Massen auftreten und allen Pflanzenwuchs vernichten, müssen die Nagetiere und Wiederkäuer der Steppe hungern. Sie können sich nicht ausreichend ernähren, zum Teil gehen sie ein, zum anderen Teil wird ihre natürliche Vermehrungsfähigkeit herabgesetzt. Die Heuschrecken dagegen werden sich stark vermehren. Die Säugetiere der Steppe sind in diesem Kampf ums Dasein die Unterliegenden, obwohl kein einziger wirklicher Kampf zwischen einer Heuschrecke und einem Pflanzenfresser (z. B. einem Büffel) stattgefunden hat. Wenn die Heuschrecken alles kahlgefressen haben und nun selbst an Nahrungsmangel leiden, werden sie weniger widerstandsfähig gegen Krankheiten. Es können unter ihnen Seuchen auftreten, die zu einem Massensterben führen. Der Pflanzenwuchs kann sich wieder erholen, die Säugetiere finden wieder Nahrung und können sich in normaler Weise vermehren. Jetzt sind es die Heuschrecken, die im Kampf ums Dasein unterlegen sind. Diejenigen unter ihnen, die den wechselnden Lebensbedingungen am besten angepaßt sind, bleiben erhalten und pflanzen die Art fort.

Von einem *Kampf um das Licht* kann man bei den Bäumen des Waldes sprechen. Er führt zu einer Zurückdrängung der lichtbedürftigen Arten durch die Schattenbäume. In einem Mischwald von Buchen und Eichen können die lichtbedürftigen Eichenkeimlinge nur an lichteren Stellen gedeihen, die Buchenkeimlinge aber überall. Je dichter ein solcher Wald wird, desto schlechter werden die Lebensbedingungen für junge Eichen und desto besser für junge Buchen. Die Buchen wachsen in immer größerer Zahl heran. Im Laufe von einigen Jahrhunderten wird der Mischwald zu einem fast reinen Buchenwald. So führt der Kampf ums Dasein zu einer Auslese derjenigen Tier- und Pflanzenformen, die den bestehenden Lebensbedingungen am besten angepaßt sind.

Die Wechselbeziehungen zwischen tierfressenden Tieren und ihren Nahrungstieren macht sich der Mensch bei der Schädlingsbekämpfung zunutze. In unseren Pflanzenkulturen richten Blattläuse oft großen Schaden an. Außer durch chemische Mittel bekämpft man die Blattläuse dadurch, daß man ihre natürlichen Feinde (z. B. Marienkäfer und Florfliegen) schützt und vermehrt. Dieses Verfahren nennt man *biologische Schädlingsbekämpfung*. Ein Beispiel für die biologische Schädlingsbekämpfung sind die Maßnahmen gegen die Verbreitung der Blutlaus. Die Blutlaus wurde wahrscheinlich gegen Ende des 18. Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Hier befiel sie die Obstkulturen. Um die Blutlaus erfolgreich zu bekämpfen, hat man 1920 einen ihrer natürlichen Feinde, die Blutlauszehrwespe, aus Nordamerika eingeführt. Die Blutlauszehrwespe wird in besonderen Brutanstalten vermehrt und in den befallenen Obstplantagen ausgesetzt.

In der Sowjetunion hat man begonnen, die Malaria durch biologische Mittel zu bekämpfen. Diese Krankheit wird durch Urtiere (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 31) hervorgerufen. Die Krankheitserreger werden durch den Stich der Fiebermücken verbreitet. Die Larven der Fiebermücken entwickeln sich in Gräben, Teichen und Sümpfen mit offenen Wasserflächen. In diese setzt man kleine Raubfische aus, die sich von den Mückenlarven nähren. In Gebieten mit

gemäßigtem Klima benutzt man dazu Stichlingsarten, in heißen Gebieten (Transkaukasien, Mittelasien usw.) eine tropische Fischart. Dadurch werden die Mückenlarven in großen Mengen vernichtet.

Der Kampf ums Dasein umfaßt nur einen Teil jener Beziehungen, die sich zwischen den Lebewesen herausgebildet haben. Untrennbar mit dem Kampf ums Dasein verbunden ist die **gegenseitige Hilfe** zwischen den Angehörigen verschiedener Arten. Man darf jedoch auch bei dem Begriff „gegenseitige Hilfe" nicht an eine Hilfe im menschlichen Sinne denken. Kein Tier und keine Pflanze will einem anderen Lebewesen im menschlichen Sinne Hilfe leisten. Wirkliche Hilfeleistung kennt nur der denkende Mensch.

Ein Beispiel für gegenseitige Hilfe zwischen zwei Arten haben wir in der *Symbiose* (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 43 und 87). Wenn beispielsweise Ameisen und Blattläuse in Symbiose zusammen leben, so ist es für beide Teile nützlich: die Ameisen nähren sich von den zuckerhaltigen Ausscheidungen der Blattläuse und übernehmen andererseits bei bestimmten Arten die Brutpflege der Blattläuse.

Die Handlungen der Tiere dienen der Erhaltung ihrer Art. Bei der *Brutpflege* von Tieren finden wir eine Unterstützung zwischen verschiedenen Generationen. Die ältere Generation schafft günstige Bedingungen für das Aufwachsen der jüngeren. Ist diese herangewachsen, so hilft sie ihrerseits der folgenden Generation.

Manche Pflanzenfresser, wie Hirsche oder Zebras, Strauße und Antilopen oder Schafe, leben in *Herden* zusammen. Ihr gemeinsames massenhaftes Auftreten schützt sie vor den Raubtieren.

Auch das verhältnismäßig dicht gesäte Getreide schädigt sich nicht, verdrängt aber das Unkraut. Im lichten Getreidebestand wird das Getreide leicht vom Unkraut überwuchert, weil dieses durch seine größere Widerstandsfähigkeit und Vermehrungsmöglichkeit dem Getreide im Kampf ums Dasein überlegen ist.

Bei den Pflanzungen von Schutzwaldstreifen im Süden der Sowjetunion kann man ein Beispiel für die Beziehungen zwischen Angehörigen einer Art beobachten. Die dort in *Nestern* ausgesäten Eicheln gedeihen, einzeln gesäte dagegen gehen meist ein. Der Grund ist folgender: das trockene Klima der Steppe erschwert das Aufwachsen von Bäumen, fördert dagegen das Gedeihen der an das trockene Klima angepaßten Steppengräser. Wenn die Eicheln einzeln ausgesät werden und als einzelnstehende Keimpflanzen aufgehen, können sie in der Trockenheit nur dürftig gedeihen. Sie werden von den Steppenpflanzen schnell überwuchert und gehen ein. Nach der von *T. D. Lyssenko* entwickelten Methode werden deshalb die Eicheln in „Nestern" ausgesät. Ein Nest besteht aus fünf Gruppen zu je 6 bis 7 Eicheln. Die erste Gruppe wird in einer ausgehobenen flachen Vertiefung ausgelegt. Rund um sie herum sät man in etwa 30 cm Abstand die vier weiteren Gruppen in ebensolchen Vertiefungen. Das Ganze bildet ein „Nest". Das nächste Nest ist ungefähr 4 m entfernt. Geht diese Eichelsaat auf, so stehen die einzelnen Pflänzchen so dicht, daß die Steppengräser zwischen ihnen nicht ungehindert zu

wuchern vermögen. Wenn die Eichensämlinge wachsen und breitere Blätter ausbilden, entwickeln sich an dieser Stelle Lebensbedingungen, wie sie ähnlich am Boden eines lichten Waldes herrschen. Das „Kleinklima" in einem solchen Nest ist feuchter und ausgeglichener als in der Umgebung. Die Steppenpflanzen finden in ihm nicht die Lebensbedingungen, die sie brauchen. Sie verkümmern; das weitere Wachstum der jungen Eichen ist gesichert. Die jungen Pflanzen schützen sich gegenseitig vor den Steppenpflanzen. So wird die Art erhalten.

Im Nestbau werden auch die Kok-saghys-Pflanzen in der UdSSR angebaut. Auch hierbei entwickelt sich in jedem Nest dichtstehender Pflanzen ein Kleinklima, das den Pflanzen besonders zuträglich ist. Sie entwickeln im dichten Stande ein weitverzweigtes, tiefgehendes Wurzelwerk, in das die Wurzeln von Unkräutern nur schwer eindringen können. Durch diese Anbaumethode erhöhen sich die Kautschukerträge. Auch hier ist die gegenseitige Unterstützung zugleich ein Kampf ums Dasein gegen die wuchernden Unkräuter. Gegenseitige Hilfe und Kampf ums Dasein sind also Teilerscheinungen der natürlichen Auslese. Man kann sie nicht unabhängig voneinander betrachten.

c) Artbildung durch Züchtung

Auslese und Kreuzung. Die Entwicklung der Lebewesen und die Entstehung neuer Arten beruhen auf zwei gegensätzlich wirkenden Eigenschaften der Lebewesen: auf ihrer *Veränderungsfähigkeit* und auf der *Vererbung*. Nachdem der Mensch Ackerbauer und Viehzüchter geworden war, hat er diese beiden Eigenschaften zur Züchtung neuer Arten ausgenutzt. Durch *Umweltänderung* und *Auslese* schuf er aus Wildformen Nutzpflanzen und Haustiere. Neue Umweltbedingungen rufen Veränderungen und Anpassungen hervor. Wirken diese neuen Umweltbedingungen mehrere Generationen hindurch auf die Organismen ein, so festigen sich die durch sie hervorgerufenen Veränderungen und werden zum Teil erblich. Deshalb muß der Züchter, wenn er neue Arten züchten will, geeignete Entwicklungsbedingungen für diese Arten schaffen. Bei Pflanzen muß der Boden gut bearbeitet und gedüngt werden; in Treibhäusern müssen entsprechende Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse herrschen. Haustiere benötigen eine zweckentsprechende Pflege und Fütterung. Unter gleichbleibenden Lebensbedingungen verstärken sich die angestrebten Eigenschaften und werden zum Teil erblich. Wenn sich die Lebensbedingungen aber ändern, geht die Erblichkeit der herangezüchteten Eigenschaften oft verloren. Das erkennen wir zum Beispiel an den verwilderten Kohl- und Mohrrübenpflanzen. Nur selten zeigt sich eine Eigenschaft unter allen Bedingungen erbfest, beispielsweise der Mangel an Bitterstoffen in Blättern und Samen der Süßlupine.

Ein anderer Weg, um neue Tier- und Pflanzenformen zu züchten, ist der der *Kreuzung*. Die Nachkommen aus einer Kreuzung, die Bastarde oder Hybriden, vereinigen in sich ererbte Eigenschaften von beiden Elternarten. So vereinigt der schwedische Panzerweizen in sich die Widerstandsfähigkeit des schwedischen Landweizens mit dem Ertragsreichtum des englischen Dickkopfweizens.

Die Bastarde von Pferd und Esel, die Maultiere, vereinigen in sich die Anspruchslosigkeit und Widerstandsfähigkeit des Esels mit der Größe und Ausdauer des Pferdes. Die Maultiere sind aber meist unfruchtbar, wie es Bastarde oft sind. Sie können also keine Nachkommen zeugen. Maultiere kann man nur durch neue Kreuzungen von Pferdestuten und Eselhengsten erhalten.

Es gibt aber auch Bastarde, die fruchtbar sind. So kreuzen sich sämtliche Taubenrassen fruchtbar miteinander. Die Gartenstiefmütterchen sind durch mehrfache Kreuzungen aus verschiedenen wilden Stiefmütterchenarten entstanden. Sie entwickeln aber stets Früchte und Samen, die die Eigenschaften der Stammpflanze vererben. Kreuzungen können also zu neuen Arten führen. Unsere Pfefferminze ist beispielsweise eine solche durch Kreuzung zweier Minzen entstandene Art (Abb. 80). Sie trat ohne Zutun des Menschen gegen Ende des 17. Jahrhunderts in England auf.

Abb. 80. Pfefferminze *(c)* und ihre Stammformen: Wasserminze *(a)* und Grüne Minze *(b)*

Alle durch Auslese entstandenen neuen Tier- und Pflanzenformen sind dadurch gezüchtet worden, daß man Arten mit geeigneten Eigenschaften auswählte und diese Eigenschaften in der Weiterzucht verstärkte. Bei der Kreuzung vereinigte man Eigenschaften verschiedener Organismen in einem. In beiden Fällen war der Züchter also darauf angewiesen, bereits *vorhandene erbliche Eigenschaften* für die Züchtung auszunutzen. Dagegen haben die sowjetischen Forscher Mitschurin und Lyssenko und ihre Schüler Züchtungsverfahren ausgearbeitet, durch die es möglich ist, bei Pflanzen und Tieren *neue Eigenschaften zu erzielen*, die die Stammform nicht besitzt.

Ungeschlechtliche Bastardierung. Unsere Obstsorten sind meist nicht *samenecht*, d. h., die aus ihren Samen aufgezogenen Bäume tragen gewöhnlich weniger wertvolle Früchte als der Mutterbaum. Deshalb vermehrt man die Obstarten durch *Veredeln*. Hierbei werden Edelreiser von einem *alten* Baum auf *junge* Bäum-

chen einer aus Samen gezogenen Sorte oder einer wilden Art (Unterlage) aufgepfropft (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 5. Schulj., S. 51). Alle Triebe der Unterlage werden weggeschnitten. Aus den Edelreisern entwickelt sich dann die Krone des Baumes. Sie trägt Früchte von der Art der aufgepfropften Sorte. Ein Einfluß der Unterlage ist, abgesehen von der Wuchshöhe, nur selten wahrzunehmen.

Anders verhält es sich, wenn man beispielsweise in die Krone eines *ausgewachsenen* Wildapfelbaumes ein *junges* Edelreis einer guten Tafelsorte pfropft. Dann werden auf dem Pfropfreis sehr veränderte Früchte entstehen. Sie haben in Form und Geschmack nur noch wenig von der Tafelsorte an sich, ähneln aber sehr dem Wildapfel. Sie vereinigen Eigenschaften beider Stammpflanzen miteinander, wie es allgemein bei Kreuzungen durch Bestäubung der Fall ist. Ähnlich ist es mit den anderen Eigenschaften des Edelreises. In Wuchs, Blattform, Blattgröße, Behaarung, Knospenbildung usw. macht sich der starke Einfluß des älteren Wildapfelbaumes auf das junge Edelreis bemerkbar. Das Pfropfreis ist also gleichsam ein Bastard zwischen der Tafelsorte und dem Wildapfel. Schneidet man alle Äste der Unterlage ab, so wächst das Pfropfreis zu einer vollen Krone aus; es bildet einen Bastardbaum. Man nennt solche Bastarde, die nicht aus geschlechtlichen Kreuzungen hervorgegangen sind, *ungeschlechtliche Bastarde*.

Mitschurin hat untersucht, weshalb nicht bei jeder Veredlung solche ungeschlechtlichen Bastarde entstehen. Er kam zu folgendem Ergebnis.

Pfropfreis und Unterlage beeinflussen sich gegenseitig. Gewöhnlich benutzt man als Unterlage ein *junges* Bäumchen vor dem ersten Blühen und Tragen. In ihm sind die ererbten Eigenschaften noch nicht so gefestigt und entwickelt, daß sie auf das Edelreis einen Einfluß ausüben können. Das Edelreis aber stammt von einem *alten* Baum, der schon geblüht und getragen hat. Meist gehört er einer durch lange Zeit gezüchteten Sorte an. Entsprechend seinem höheren Alter sind in ihm die Eigenschaften schon so gefestigt, daß sie durch die Unterlage kaum beeinflußt werden können. Dadurch bleibt der Einfluß der Unterlage schwach; die Eigenschaften des Edelreises bleiben im wesentlichen erhalten.

Das Gegenteil ist der Fall, wenn man einen Zweig eines jungen Bäumchens, dessen Eigenschaften sich noch nicht entwickelt haben, auf eine alte Unterlage mit schon verhältnismäßig festen Eigenschaften pfropft. Die Eigenschaften der älteren Unterlage beeinflussen die Richtung, in der sich das junge Pfropfreis entwickelt, ohne selbst durch das Pfropfreis wesentlich verändert zu werden.

Außer mit Obstarten haben in den letzten Jahren sowjetische Forscher auch mit *krautartigen Pflanzen*, besonders mit Tomatensorten und anderen Nachtschattenarten, durch Pfropfung ungeschlechtliche Bastarde erzeugt. Dabei fanden sie die von Mitschurin entdeckten Gesetzmäßigkeiten über den bestimmenden Einfluß älterer Pflanzen bestätigt. Bastarde, die aus ungefähr gleichaltrigen Pflanzen gezüchtet wurden, nahmen etwa eine Mittelstellung zwischen den Stammpflanzen ein. So zeigen beispielsweise die Früchte eines ungeschlechtlichen Bastardes zwischen einer Tomatensorte und dem als Gartenunkraut bekannten Schwarzen Nacht-

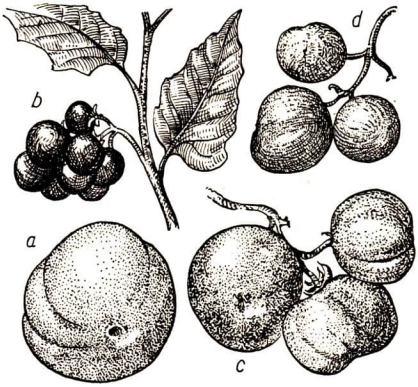


Abb. 81.
Früchte eines ungeschlechtlichen Tomaten-Nachtschatten-Bastardes *(c, d)* und seiner Stammformen: Tomate *(a)* und Schwarzer Nachtschatten *(b)*

schatten Früchte, die in Form und Größe zwischen den Früchten beider Pflanzen liegen (Abb. 81). Die Nachzucht aus Samen solcher Früchte zeigt, daß sie ihre neuen Eigenschaften auf die Nachkommen vererben. Während die geschlechtlichen Bastarde häufig unfruchtbar sind, erweisen sich die ungeschlechtlichen Bastarde in viel größerem Maße als fruchtbar. Sie sind dadurch geeigneter zur Schaffung neuer ertragreicher Sorten und Arten.

Auch zwischen Gartenmohrrübe und Wilder Möhre, zwischen verschiedenen Bohnensorten, zwischen Kohl und Senf, zwischen Kartoffel und Tomate, zwischen Tollkirsche und anderen Nachtschattengewächsen haben sowjetische Forscher ungeschlechtliche Bastarde hergestellt. Sie ließen sich weiter vermehren und stellen oft ganz neue Pflanzenformen dar.

Mitschurin zeigte, daß es Mittel gibt, ererbte Eigenschaften zu *verändern*. Diese Änderung geschieht, worauf schon Darwin hingewiesen hatte, durch *Umwelteinflüsse*. Als Mitschurin seine Winterbutterbirne züchtete, zeigten die auf gutem Boden gezogenen Bäumchen zunächst nicht die gewünschte Unempfindlichkeit gegen die starken Winterfröste Mittelrußlands. Die Frostempfindlichkeit war in den jungen Pflanzen noch zu stark. Erst als er die Sämlinge auf dürrem, wenig fruchtbarem Boden aufzog, änderte sich diese Eigenschaft. Die Frostbeständigkeit der einen Elternpflanze, der Ussurischen Wildbirne, kam zum Durchbruch. So entstand die „*Mitschurinsche Winterbutterbirne*". Sie kommt an Größe und Wohlgeschmack der Kaiserbirne gleich, kann jedoch noch im Norden der Sowjetunion angebaut werden, ohne zu erfrieren.

Das wichtigste Mittel zur Änderung erblicher Eigenschaften ist die *Kreuzung verschiedener Arten*. Bei einer Kreuzung beeinflussen die Zellen einer Art die

einer anderen Art. Dadurch ändert sich die Zusammensetzung des Protoplasmas und sein Stoffwechsel. Es entstehen *neuartige Zellen*. Wie die Erfahrung gezeigt hat, ist es leicht, die aus solchen neuartigen Zellen entstehenden jungen Bastarde in ihrer Entwicklung zu beeinflussen. Am stärksten lassen sich die Eigenschaften solcher Bastarde verändern, die aus einer Kreuzung von Pflanzen hervorgegangen sind, die sich stark voneinander unterscheiden.

Das ist oft der Fall bei Formen und Arten, die sich in weit voneinander entfernten Gegenden entwickelt haben. Darum kreuzte Mitschurin bei seinen Züchtungen meist eine ostasiatische Wildart mit europäischen Kulturarten. Solche Kreuzungen ergaben Jungpflanzen, die leichter zu beeinflussen waren als Jungpflanzen einer ungekreuzten Art. Aus ihnen ließen sich leicht ungeschlechtliche Bastarde erzielen. Dadurch ist uns ein Mittel gegeben, die Pflanzen nach unseren züchterischen Ansprüchen zu verändern. Wir brauchen nicht mehr darauf zu warten, bis in der Natur zufällig eine wertvolle Form von selbst entsteht.

Bei den Obstbäumen erzielte Mitschurin die ungeschlechtlichen Bastarde durch ein besonderes Verfahren, die *Mentor-*, das heißt die Erzieher-*Methode*. Er pfropfte jungen, aus Kreuzung gewonnenen Bastarden Zweige einer Edelart auf, deren Eigenschaften er in dem Bastard heranziehen wollte. Die Pfropfzweige übertrugen dann ihre Eigenschaften auch auf die Unterlage. Das beste Beispiel für die Anwendung dieser Mentormethode ist die Züchtung der Apfelsorte „*Bellefleur-Kitaika*".

In anderen Fällen wird bei der Mentormethode ein junges Edelreis auf einen alten Mentor aufgepfropft. So verfuhr Mitschurin mit der größten von ihm gezüchteten Apfelsorte, dem „*600-g-Antonowka-Apfel*". Er säte Samen dieser Apfelsorte aus, nahm von einjährigen Sämlingen Augen und okulierte sie auf einen starken dreijährigen Baum der wilden Holzbirne. Die Augen entwickelten sich gut. Es entstand auf dem Birnenwildling, dessen Äste nach und nach entfernt wurden, eine runde Apfelbaumkrone. Ihre Zweige ernährten sich von den Säften des Birnbaumes. Der Einfluß dieser Säfte zeigte sich daran, daß die Blätter in ihrer Form Birnbaumblättern ähnelten, obwohl sie auf einem Apfelbaum wuchsen. Als nach fünf Jahren der Baum zum ersten Male blühte und Früchte trug, zeigte sich weiterhin, daß die Früchte mehr einer Birne als einem Apfel glichen (Abb. 82). Sie hatten wohl einen kurzen Stiel wie Äpfel, aber der Stiel saß nicht wie bei Äpfeln in einer tiefen Höhlung der Frucht, sondern auf einer grünen Erhebung. Die Frucht zeichnete sich durch würzigen, süßlichsäuerlichen Geschmack aus, war sehr widerstandsfähig und lange lagerfähig. Eigenschaften der Birne und des Apfels waren in der neuen Züchtung vereinigt. Mitschurin gab ihr den Namen „*Bergamotte-Renette*". Durch Anwendung der

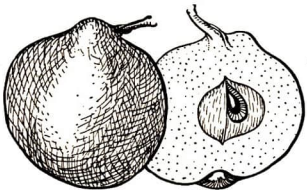


Abb. 82. Mitschurins „Bergamotte-Renette"

Mentormethode war es ihm gelungen, einen ungeschlechtlichen Bastard zwischen Apfel und Birne zu erzeugen. Durch Bestäubung war die Erzeugung eines solchen Bastardes nicht möglich.
Mitschurin züchtete auch neue Kirschen-, Pflaumen-, Pfirsichsorten, neues Beerenobst und eine Weintraubensorte, die im Ural und in Sibirien winterfest ist. Von den rund 300 neuen Obstsorten, die Mitschurin durch diese und andere Methoden züchtete, können viele im Norden der Sowjetunion gedeihen, wo vorher kein Anbau von Tafelobst möglich war.

Entwicklungsstadien und Jarowisation. Bei der ungeschlechtlichen Bastardierung und der Mentormethode hat sich gezeigt, daß sich Obstbaumsämlinge, also junge Pflanzen, in einem *Stadium* befinden, in dem sie durch ältere Pflanzen leicht beeinflußt werden können. In späteren Stadien sind sie schwer oder gar nicht mehr zu beeinflussen. In diesen späteren Stadien können sie dagegen Pflanzen, die sich im ersten Stadium befinden, beeinflussen. Die Eigenschaften der Pflanzen verändern sich also im Laufe ihres Lebens. Ihr Leben ist nicht nur ein einfaches Größerwerden, ein *Wachstum*, sondern eine *Entwicklung*, bei der sich neue Eigenschaften herausbilden und festigen. Bei dieser Entwicklung durchlaufen sie verschiedene Stadien, von denen wir bei den Obstbäumen das der Beeinflußbarkeit und das der Nichtbeeinflußbarkeit kennengelernt haben. Die *Stadienlehre*, die Lyssenko ursprünglich bei der Entwicklung des Getreides aufgestellt hat, gibt die wissenschaftliche Erklärung für die Vorgänge beim Mentorverfahren. Es sind immer Pflanzen in ausgereiftem Stadium mit gefestigten Eigenschaften, die als Mentor Pflanzen im Jugendstadium mit unentwickelten Eigenschaften beeinflussen. Nie ist es umgekehrt.

Aufg. Versuche in einer trockenen, sandigen Ecke des Mitschurin-Schulgartens eine auf einer saftigen Wiese ausgegrabene Löwenzahnstaude weiterzuziehen!

Wenn wir eine alte Löwenzahnstaude mit großen, wenig eingeschnittenen Blättern von einer feuchten Wiese auf trockenen Sandboden verpflanzen, so wird sie dort nur kümmerlich wachsen oder eingehen. Sie wird sich nicht in die schmalblättrige Sandform umwandeln. Dagegen wird die Entwicklung der Keimlinge jener Wiesenpflanze, die in diesem trockenen Boden zum Keimen kommen, durch die Umwelt beeinflußt werden. Sie bringen dann Pflanzen mit kleineren, schmaleren und tiefer eingeschnittenen Blättern hervor.
Etwas Ähnliches können wir auch an *Tieren* beobachten. Ein ganz junges Tier (z. B. ein aus dem Nest genommener Jungvogel oder ein Raubtiersäugling) läßt sich dazu erziehen, mit dem Menschen zusammen zu leben oder als Zirkustier Dressurkunststücke auszuführen. Es paßt sich leicht den neuen Umweltbedingungen an. Bei einem Tier im Stadium des Erwachsenseins ist das meist nicht mehr der Fall.
Die einzelnen Stadien sind bei den verschiedenen Arten von sehr unterschiedlicher Dauer. Einjährige Kräuter erreichen schon mehrere Wochen nach dem Keimen

das Stadium, in dem sie nicht mehr beeinflußbar sind. Stauden und Bäume erreichen dieses Stadium meist erst zur Zeit ihrer ersten Blüte. Das kann bei Obstbäumen zehn Jahre und länger nach dem Keimen sein.
Das erste Lebensstadium einer Pflanze beginnt aber nicht erst, wenn die Keimpflanze den Boden durchbricht, sondern bereits, wenn der Same zu quellen und zu keimen beginnt. In diesem Stadium ist er am besten durch die Umwelt beeinflußbar. Diese Erkenntnis liegt Lyssenkos Verfahren der *Jarowisation* zugrunde.

Aufg. Bereite im Mitschurin-Schulgarten drei Beete für den Jarowisationsversuch vor! Säe zur ortsüblichen Saatzeit auf einem Beet im Herbst Wintergerste aus! Im Frühjahr besäe das zweite Beet mit Wintergerste und das dritte mit jarowisierter Wintergerste! In allen Fällen muß das Saatgut zu derselben Sorte gehören und aus derselben Saatzuchtanstalt stammen.

Der Jarowisationsversuch mit Gerste zeigt dieselben Ergebnisse wie beim Winterweizen. Auch die Wintergerste braucht zu ihrer Entwicklung im ersten Stadium Kälte. Wird sie im Frühjahr gesät, so entwickelt sie sich nicht zu ährentragenden Pflanzen, weil die nötige Winterkälte gefehlt hat. Lyssenko hat gezeigt, wie man durch mehrwöchige Behandlung in Kühlräumen bei einer Temperatur von 2 bis 5° C auf die sich entwickelnden Keimlinge so einwirken kann, daß sie der Winterkälte nicht mehr bedürfen. Die Kälte im Kühlraum beeinflußt und verändert die Keimlinge. Wenn die Gerste nun im Frühjahr wie Sommergerste gesät wird, entwickelt sie sich wie Wintergerste. Die für die Jarowisation nötige Temperatur, die zur Ankeimung nötige Wassermenge und die Zeitdauer der Kälteeinwirkung sind bei jeder Getreidesorte verschieden. Unsere Saatzuchtanstalten arbeiten gegenwärtig daran, diese Werte für unsere einheimischen Sorten zu ermitteln.

Die Anwendung der Methode der Jarowisation ist von größter *wirtschaftlicher Bedeutung*. In der Sowjetunion, wo im Norden der Winter so kalt ist, daß der Winterweizen ausfriert und die Sommersorten wegen des kurzen Sommers keine Erträge bringen, wird jetzt jarowisiertes Getreide angebaut. Es gedeiht gut und liefert dieselben Erträge wie gewöhnliches Wintergetreide bei milderem Klima. Dadurch ist die Grenze des Getreideanbaus weit nach Norden vorgeschoben worden.

Auch bei milderem Klima, z. B. in Mitteleuropa, friert durch Spätfröste oft ein Teil der Wintersaat aus. Manchmal tritt auch der Winter so früh ein, daß der Bauer auf den Feldern zwischen der Rübenernte und den Winterfrösten keine Zeit zur Bearbeitung des Bodens und zur Aussaat des Winterweizens hat. In beiden Fällen gehen die Weizenerträge ganzer Landstrecken verloren. Durch Aussaat von Sommerweizen an Stelle von Winterweizen kann die entstandene Lücke zu einem Teil ausgefüllt werden. Sommerweizen bringt jedoch um 30% geringere Erträge als Winterweizen. Durch jarowisierten Winterweizen dagegen können die durch ungünstige Witterung entstandenen Ausfälle voll ersetzt werden.

Lyssenko jarowisierte auch *Sommergetreide.* Dabei brauchen die Samen nur einige Tage lang den Kühlhaustemperaturen ausgesetzt zu werden. Er erhielt dadurch Sorten, die sich schneller entwickeln und früher reifen als nichtjarowisierte. Das ist in Gegenden mit kurzen Sommern (z. B. im Norden der UdSSR) oder mit sehr heißen und trockenen Spätsommern (z. B. im Südosten der UdSSR) von großer Bedeutung. Außerdem bringt das jarowisierte Sommergetreide meist höhere Erträge als nichtjarowisiertes.
Durch die Jarowisation ist es also möglich, in den Pflanzen *neue* Eigenschaften zu entwickeln, die die Elternpflanzen nicht besaßen, die aber für die Landwirtschaft von größter Wichtigkeit sind. So haben Mitschurin, Lyssenko und ihre Schüler durch ihre Forschungen bewiesen, daß die Eigenschaften der Pflanzen nicht unabänderlich feststehen. Sie bilden sich erst im Laufe der Entwicklung einer Pflanze aus. Die Entwicklung der Pflanzen ist von den besonderen Umweltbedingungen abhängig, unter denen sie leben. Ändert man diese Umweltbedingungen, so ändert man auch den Entwicklungsgang des Keimlings und damit schließlich die Eigenschaften der ausgewachsenen Pflanzen. Ebenso verhält es sich bei den Tieren. Die Eigenschaften ändern sich also nicht zufällig. Ihre Änderung ist vielmehr durch die Art und die Stärke der *Umwelteinflüsse* bedingt und von dem jeweiligen *Entwicklungsstadium* abhängig. Diese Erkenntnis gibt uns die Möglichkeit, Tier und Pflanze nach unserem Willen zu beeinflussen. Der Mensch ist heute nicht nur imstande, Tiere und Pflanzen überhaupt zu ändern, sondern er kann ihre Entwicklung in eine bestimmte Richtung lenken. Dadurch wird er zum *Schöpfer neuer Arten*, die seinen wirtschaftlichen Bedürfnissen entsprechen; er wird zum Umgestalter von Tier und Pflanze.

III. Die Stammesentwicklung der Tiere und Pflanzen

a) Entstehung des Lebens auf der Erde

Solange die Erde noch glühend war, konnte sich auf ihr kein Leben entwickeln. Es mußten sich erst die Vorbedingungen ausbilden, die das Bestehen des Lebens ermöglichen. Dazu gehören Wasser, Sauerstoff, geeignete Temperatur, Licht und Nährstoffe (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 7. Schulj., S. 5).
Die Menschen früherer Zeiten konnten sich die Entstehung des Lebens nicht erklären. Sie nahmen an, daß die Lebewesen auf übernatürliche Weise oder durch einen Zufall zustande gekommen seien. Manche Forscher glaubten, daß das Leben von anderen belebten Planeten auf die Erde gekommen sei. Keime von Lebewesen seien aus dem Weltenraum auf die Erde gelangt und hätten sich, nachdem diese genügend abgekühlt war, hier weiterentwickelt. Diese Theorie erklärt nicht, wie Lebenskeime auf anderen Planeten entstanden sein könnten. Außerdem weiß man heute, daß Lebenskeime unmöglich von einem Planeten auf einen anderen gelangen können. Der Weltenraum ist von kurzwelligen Strahlen durchdrungen, die jedes

Lebewesen vernichten würden. Bis auf die Erdoberfläche gelangen diese Strahlen nicht, sie werden in etwa 30 km Höhe bis auf geringe unschädliche Reste von der Lufthülle der Erde aufgefangen.

Alle Annahmen, daß das Leben durch eine übernatürliche Kraft erschaffen oder durch einen Zufall entstanden sei, sind Phantasien. In den letzten Jahrzehnten haben die Biologen, Physiker und Chemiker den Bau der lebenden Materie und die Lebensvorgänge so weit erforscht, daß wir uns ein Bild davon machen können, wie das Leben auf der Erde entstanden ist.

Der sowjetische Forscher *Alexander Iwanowitsch Oparin* (Abb. 83) hat die sehr komplizierten Vorgänge bei dieser Entwicklung durch viele Untersuchungen und Überlegungen verständlich gemacht.

Die lebende Materie in allen Pflanzen- und Tierzellen ist das *Protoplasma*. Auch die einzelligen Algen, Urtiere und Bakterien bestehen aus Protoplasma. Sein wesentlichster Bestandteil sind die *Eiweißstoffe*. An diese ist das Leben gebunden. Ohne Eiweißstoffe gibt es kein Leben. Sie sind sehr kompliziert zusammengesetzte chemische Verbindungen. Bis heute konnte die Chemie erst die genaue Zusammensetzung der einfacheren Eiweißstoffe erforschen. Ein Eiweißmolekül besteht aus Tausenden von *Atomen*. Es baut sich aus Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoffatomen auf. Manche Eiweißstoffe enthalten auch Schwefel, Phosphor und andere Elemente. Von diesen Stoffen ist der *Kohlenstoff* der wichtigste, weil die Kohlenstoffatome lange Ketten oder Ringe bilden können, um die herum sich alle anderen Atome anordnen. Kohlenstoff ist der Ausgangsstoff, aus dem sich die lebende Materie entwickelt hat.

Vor etwa 3 Milliarden Jahren war die Erde ein *glühender Gasball*. Er bestand unter anderem aus Kohlenstoffatomen, die sich in den Dämpfen ständig mit großer Geschwindigkeit bewegten. Im Laufe von Jahrmillionen gab der glühende Gasball Wärme an den kalten Weltenraum ab. Dadurch wurde der Gasnebel kälter. Die Atome verlangsamten ihre Bewegung. Sie begannen sich untereinander zu Molekülen zu verbinden. So verbanden sich Kohlenstoffatome zunächst mit Eisenatomen zu Eisenkohlenstoffverbindungen, die Sauerstoffatome mit den Wasserstoffatomen zu Wasser. Die schwereren Atome und Moleküle wurden zum Mittelpunkt der Erde hin angezogen. Sie bildeten den *Kern* der Erde. Bei Eruptionen gelangten die Eisenkohlenstoffverbindungen an die Erdoberfläche. Hier verbanden sie sich mit den heißen Wasserdämpfen, die die Erde umgaben, zu Kohlenwasserstoffen. Allmählich ging die Erde aus dem gasförmigen in den *zähflüssigen* Zustand über. Ihre Oberfläche erstarrte bei weiterer Abkühlung. Nachdem die Temperatur der wassergesättigten Lufthülle gesunken war, bildete sich aus den Wasserdämpfen ein die ganze Erde umfassender *Urozean*.

Im Urozean waren viele Stoffe gelöst, darunter auch Verbindungen des Stickstoffs und die Kohlenwasserstoffe. Einige von ihnen kennen wir aus dem Chemieunterricht; sie bilden das Grubengas und sind Bestandteile des Erdöls, Petroleums und Benzins. Es waren die ersten organischen Verbindungen. Aus Kohlenwasserstoffen können sich alle anderen Kohlenstoffverbindungen bilden. In

unseren chemischen Laboratorien hat man aus ihnen Zucker, Fette, Gummi, Farben und Duftstoffe hergestellt. Wenn man Stickstoffverbindungen (Ammoniak) hinzunimmt, kann man aus ihnen auch eiweißartige Stoffe aufbauen.

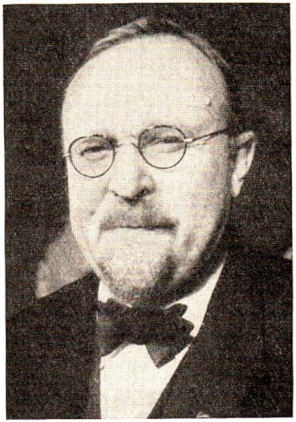


Abb. 83. A. I. Oparin

In dem Urozean, dessen Temperatur immer mehr abnahm, verbanden sich die Kohlenwasserstoffe auf die verschiedenste Weise miteinander und mit anderen Stoffen. Dabei entstanden in jahrmillionenlangen chemischen Umwandlungen immer kompliziertere Verbindungen. Schließlich bildeten sich die *Eiweißstoffe*. Um diesen allmählichen Aufbau zu verstehen, muß man viele chemische, physikalische und biologische Kenntnisse haben. Wir können hier nur feststellen, daß sich im Laufe langer Zeiträume aus einfachen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen Eiweißstoffe *entwickelt* haben.

Zusammen mit Kohlenhydraten, fettartigen Stoffen und anderen chemischen Verbindungen fanden sich auch Eiweißstoffe im Wasser des Urozeans gelöst vor. Noch aber war es unbelebtes Eiweiß. Bis es sich zu lebendem Eiweiß entwickelte, vergingen wiederum viele Millionen Jahre.

Die Eiweißstoffe, Fette und Kohlenhydrate sammelten sich an einzelnen Stellen des Urozeans an und schieden sich in winzigen, halbflüssigen Tröpfchen aus dem Wasser aus, gegen das sie sich deutlich abgrenzten. Anfänglich waren diese Tröpfchen nur gewöhnliche, gleichförmige Tröpfchen wie etwa Öltröpfchen im Wasser. Auf Grund bestimmter chemischer und physikalischer Kräfte lagerten sich in diesen Tröpfchen die Moleküle und Atome in bestimmter Anordnung aneinander. Im Laufe von weiteren Millionen Jahren entwickelte sich ein bestimmter innerer Bau dieser Tröpfchen aus Eiweiß, Fetten und Kohlenhydraten. Ihre Beschaffenheit befähigte die *Urtröpfchen*, Stoffe und Verbindungen sowie kleinere Urtröpfchen in sich aufzunehmen und sie ihrem Bau einzufügen. Dadurch hatten die Urtröpfchen die Fähigkeit des *Wachstums* erworben. Dabei trat eine *Auslese* unter den Tröpfchen ein. Diejenigen Urtröpfchen, die nicht die Fähigkeit besaßen, andere Urtröpfchen aufzunehmen und zu wachsen, zerfielen oder wurden von den besser entwickelten Tröpfchen aufgenommen und verarbeitet. Es blieben nur diejenigen Urtröpfchen erhalten, die möglichst viele andere aufnehmen konnten, selbst aber dem Aufgenommenwerden widerstanden. Von diesen wiederum konnten sich nur solche weiterentwickeln, die die Fähigkeit erwarben, sich den wechselnden

Umweltbedingungen anzupassen. Sie mußten der Hitze, der Kälte und den chemischen Einwirkungen der im Urozean gelösten Stoffe widerstehen. Konnten sie das nicht, so zerfielen sie wieder. In jedem Tröpfchen liefen außer den Aufbauvorgängen auch Abbauvorgänge ab. Die Urtröpfchen, in denen die Abbauvorgänge stärker waren als die Aufbauvorgänge, gingen zugrunde. So blieben nur diejenigen Urtröpfchen übrig, die in ihrem inneren Bau am besten den Bedingungen der Umwelt angepaßt waren. Aus Aufbau und Abbau der Urtröpfchen hatte sich der *Stoffwechsel* entwickelt, eine allgemeine Eigenschaft aller Lebewesen.

Die Urtröpfchen wuchsen aber nicht beliebig weiter. Hatten sie eine bestimmte Größe erreicht (die noch immer mikroskopisch klein war), so zerfielen sie in *Tochtertröpfchen*. Glichen die Tochtertröpfchen in ihrem Bau den Muttertröpfchen, so wuchsen sie wieder und teilten sich bei einer bestimmten Größe. Damit hatten sich die zweite und dritte Grundeigenschaft des Lebens, die *Vermehrung* und die *Vererbung*, entwickelt.

Durch eine ähnliche Auslese entwickelte sich in den Tröpfchen auch die Fähigkeit, auf chemische Reize, Licht, Temperatur usw. zweckmäßig zu reagieren. Unter den vielen, im Urozean gelösten anorganischen Salzen gab es auch solche, die für die Urtröpfchen schädlich waren, beispielsweise Salze, die ihr Eiweiß zerstörten. Nur diejenigen Urtröpfchen, die die Fremdstoffe schnell wieder ausschieden oder sie gar nicht erst aufnahmen, widerstanden diesen äußeren Einwirkungen. So entwickelten sie die Fähigkeit, auf Reize zu reagieren. Die *Reizempfindlichkeit* ist eine weitere Grundeigenschaft aller Lebewesen.

Diese vier Grundeigenschaften des Lebens: Stoffwechsel, Vermehrung, Vererbung und Reizempfindlichkeit, entwickelten sich aber nicht nacheinander, wie sie hier beschrieben worden sind. Ihre Entwicklung ging wahrscheinlich gleichzeitig und in enger Verbindung miteinander vor sich. Mit der Erwerbung dieser vier Eigenschaften im Laufe von vielen Millionen von Jahren waren die Urtröpfchen zu den ersten einfachsten *Lebewesen* geworden, die vor etwa zwei Milliarden Jahren die Erde bewohnten. Ihr Protoplasma war noch nicht in Kern und Plasma gesondert. Es waren *Kernlose* wie die heute lebenden Bakterien und Blaualgen.

Die Urlebewesen ernährten sich von organischen Stoffen wie heute viele Bakterien oder Urtiere. Dadurch nahmen die organischen Stoffe im Urozean immer mehr ab. Einige Urlebewesen entwickelten jedoch *Farbstoffe*, mit denen sie aus anorganischen Stoffen organische Stoffe aufbauen konnten. Hierbei nutzten sie das Sonnenlicht aus. Aus ihnen entwickelten sich die *Geißelträger*, deren Protoplasma in Plasma und Kern gesondert war. Sie konnten zum Teil sowohl pflanzlich (anorganische Stoffe assimilierend) als auch tierisch (von

organischer Nahrung) leben, wie wir es noch heute beim Rotäugelein (Euglena) kennen. Aus diesen Urgeißelträgern haben sich Urkugelalgen und die mannigfaltigen Lager- und Sproßpflanzen einerseits und Urtierchen sowie die Fülle der Tierarten andererseits entwickelt.

b) Stammbaum

Die Abstammungslehre hat uns gezeigt, daß alle Tiere und Pflanzen sich aus niederen Formen entwickelt haben. Eine bildliche Darstellung dieser Entwicklung bezeichnet man als einen Stammbaum. Er gibt uns einen Überblick über die Abstammung und Verwandtschaft von Tier- und Pflanzengruppen. Die Verzweigungen veranschaulichen die Aufspaltung ursprünglich einheitlicher Tier- und Pflanzengruppen.

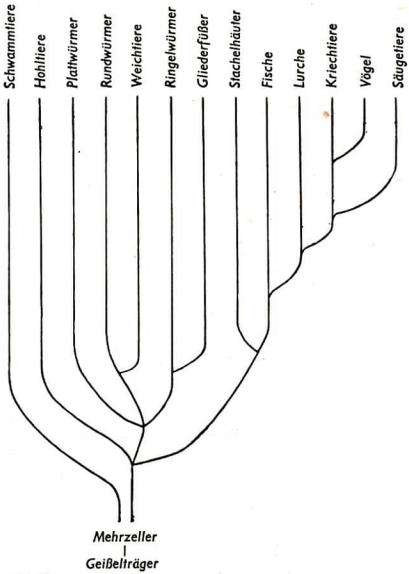


Abb. 84. Wahrscheinlicher Stammbaum der Tiere

Ernst Haeckel veröffentlichte als erster im Jahre 1866 Stammbäume, um die verwandtschaftlichen Zusammenhänge deutlich zu machen. Durch neue Erkenntnisse sind die von Haeckel entworfenen Stammbäume vielfach abgeändert worden.

Die ersten Lebewesen waren *kernlos*. Aus ihnen haben sich die Lebewesen mit *Zellkern*, die Pflanzen und Tiere, entwickelt. Die ersten Lebewesen mit Zellkern waren Einzeller. Sie zeigten noch keines der Merkmale, durch die wir die heutigen Tiere von den Pflanzen trennen können. Diese *Urgeißelträger* sind der gemeinsame Ursprung des Tier- und Pflanzenreiches. Von ihnen verlief die Entwicklung in zwei getrennten Bahnen, die wir durch den Stammbaum der Tiere (Abb. 84) und den der Pflanzen darstellen.

Stammbaum der Tiere. Aus den Einzellern entwickelten sich die Mehrzeller. Die Urmehrzeller können wir uns als kugelige Zellhaufen vorstellen; diesem Stadium der Stammesentwicklung entspricht in der Keimesentwicklung das Maulbeerstadium. Wie sich aus dem Maulbeerkeim ein Blasenkeim entwickelt, so führte die weitere stammesgeschichtliche Entwicklung zu Lebewesen, die nur aus einer Zellschicht bestehen. Im weiteren Verlauf der Stammesgeschichte entwickelten sich Tiere, die einem Becherkeim glichen. Ihr Körper besteht aus zwei Zellschichten. Diese Entwicklungsstufe weisen noch heute die *Schwammtiere* und *Hohltiere* auf. Letztere entwickelten sich zu einem formenreichen Tierstamm.

Von den hohltierartigen Lebewesen zweigten zwei getrennte Entwicklungslinien ab. Die eine führte zu den *Würmern*, *Weichtieren* und *Gliederfüßern*, die andere zu den *Stachelhäutern* und *Wirbeltieren*. Den Tieren beider Entwicklungslinien ist gemeinsam, daß sie im Gegensatz zu den Hohltieren nicht nur einen Darm, sondern auch innere Leibesorgane, wie Blutgefäßsystem und Zentralnervensystem, entwickelten. Die Vorfahren der Würmer, Gliederfüßer und Weichtiere waren wahrscheinlich ähnlich organisiert wie die heutigen frei lebenden Plattwürmer. Aus ihnen gingen die Fadenwürmer und die Ringelwürmer hervor. Aus urtümlichen Würmern entwickelte sich wahrscheinlich auch der Stamm der Weichtiere. Von den Ringelwürmern stammen die *Gliederfüßer* ab. Die urtümlichen Formen der Gliederfüßer hatten, ähnlich wie die noch heute lebenden Tausendfüßer, wurmähnliche Gestalt. Die Gliederung des Körpers in hintereinanderliegende Ringe sowie das Strickleiternervensystem (Bauchmark) bei Ringelwürmern und Gliederfüßern zeigen die nahe Verwandtschaft der Gliederfüßer mit den Ringelwürmern.

Die zweite Entwicklungslinie führt von den hohltierartigen Lebewesen zu den Stachelhäutern und den Wirbeltieren. Die *Stachelhäuter* haben sich zu strahligsymmetrischen Formen entwickelt; die *Wirbeltiere* dagegen blieben zweiseitigsymmetrisch.

Die niedersten *Wirbeltiere* sind die *Fische*. Sie atmen durch Kiemen und haben einen einfachen Blutkreislauf. Von ihnen stammen die *Lurche* ab. Wie der Übergang von den Fischen zu den Lurchen vor sich gegangen sein kann, zeigen die noch heute lebenden Lungenfische (s. S. 58). Die Lurche haben im Gegensatz zu den

Fischen einen Körper- und einen Lungenblutkreislauf. Die Herzkammer ist noch nicht geteilt (s. Lehrbuch der Biologie f. d. 6. Schulj., S. 73). Dadurch mischen sich arterielles und venöses Blut. Der Körper besitzt noch keine gleichbleibende Eigentemperatur.

Den Übergang von den Lurchen zu den *Kriechtieren* bilden die ausgestorbenen Panzerlurche. Bei den Kriechtieren hat die Teilung der Herzkammer begonnen, bleibt aber noch unvollständig. Die Kriechtiere sind noch wechselwarm. Durch weitgehende Verhornungen der Oberhaut haben sie sich aber dem Leben auf dem Lande in höherem Maße angepaßt als die Lurche.

Aus den Kriechtieren haben sich die *Vögel* entwickelt. Eine Übergangsform stellte der Urvogel (s. S. 52) dar. Im Gegensatz zu den Kriechtieren sind Vögel und Säugetiere eigenwarme, sogenannte warmblütige Tiere. Sie besitzen einen Wärmeschutz in der Luftschicht zwischen Federn oder Haaren. Bei ihnen ist die Scheidewand der Herzkammer voll ausgebildet, so daß sich im Blutkreislauf dieser Tiere venöses und arterielles Blut nicht mehr mischen.

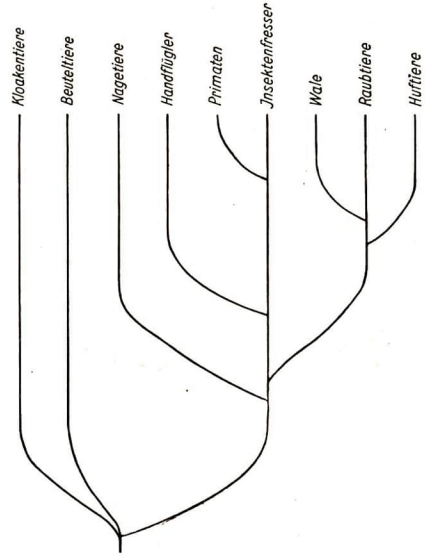
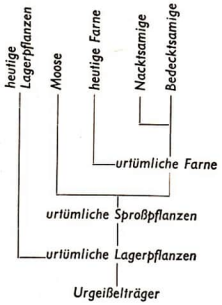


Abb. 85. Wahrscheinlicher Stammbaum der Säugetiere

Außer den Vögeln stammen von den Kriechtieren die *Säugetiere* ab. Ihre niedrigste Entwicklungsstufe, die Entwicklungsstufe der Kloakentiere, weist noch Kriechtiermerkmale auf (s. S. 58).
Verhältnismäßig früh haben sich die Beuteltiere vom gemeinsamen Stammbaum der Säugetiere (Abb. 85) abgezweigt. Die übrigen Ordnungen der Säugetiere haben sich erst später entwickelt.

Stammbaum der Pflanzen. In der Erforschung des *Stammbaumes des Pflanzenreiches* ist die Wissenschaft noch nicht zu so sicheren Ergebnissen gelangt wie beim Stammbaum der Tiere. Doch ist uns die Entwicklung des Pflanzenreiches in ganz großen Zügen bekannt. Der Stammbaum der Pflanzen nimmt seinen Ursprung ebenfalls bei den *Urgeißelträgern*. Aus ihnen entwickelte sich das große Unterreich der *Lagerpflanzen*. Die ältesten Lagerpflanzen waren *algenartige Pflanzen*, die sich in verschiedenen Bahnen als Euglenaartige, Rotalgen, Braunalgen und Grünalgen entwickelten. Von den algenartigen Pflanzen stammen die *Pilze* und die *Sproßpflanzen* ab. Die Sproßpflanzen weisen eine Gliederung ihres Körpers in Stamm, Blätter und Wurzel auf. Von den urtümlichen Sproßpflanzen führte ein Entwicklungszweig zu den *Moosen*, ein anderer zu den *Farnpflanzen*. Aus den urtümlichen Farnpflanzen entwickelten sich die *Samenpflanzen*, und zwar zuerst die *Nacktsamigen*, später die *Bedecktsamigen*.



c) Das System

Seit man sich wissenschaftlich mit Pflanzen und Tieren beschäftigt, hat man versucht, die Fülle der Lebewesen nach einem einheitlichen Gesichtspunkt zu ordnen. Das Ergebnis war die Aufstellung von *Systemen*. Der schwedische Naturforscher *Carl von Linné* (1707–1778) ordnete die Tiere und Pflanzen nach einzelnen äußeren Gesichtspunkten in ein System. Die Blütenpflanzen ordnete er beispielsweise nach der Zahl der Staubgefäße. Da Linné sein Einteilungsprinzip willkürlich wählte und als Anhänger der Schöpfungslehre die natürliche Verwandtschaft außer acht ließ, ist sein System ein *künstliches System*. Die heute üblichen Systeme dagegen sind weitgehend das Spiegelbild der gesamten Entwicklungsgeschichte der Organismen. Da sie auf der Verwandtschaft der Lebewesen aufgebaut sind, bezeichnet man sie als *natürliche Systeme*. Im natürlichen System ordnet man die Lebewesen nach dem Grade ihrer Verwandtschaft in weitere und engere Gruppen, die wir als Reiche, Stämme, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten bezeichnen:

Organismenreiche	z. B. Tiere,	Pflanzen
Stämme (im Tierreich auch Kreise, im Pflanzenreich auch Abteilungen genannt)	z. B. Chordatiere,	Samenpflanzen
Unterstämme	z. B. Wirbeltiere,	Bedecktsamer
Klassen	z. B. Säugetiere,	Zweikeimblättrige
Ordnungen	z. B. Paarzeher,	Hülsenfruchtartige
Familien	z. B. Wiederkäuer,	Schmetterlingsblütler
Gattungen	z. B. Rinder,	Lupinen
Arten	z. B. Hausrind,	Gelbe Lupine

Vereinfachtes natürliches System der Organismen

Reich der Kernlosen

1. Stamm: Spaltwesen
   1. Klasse: Bakterien
   2. Klasse: Blaualgen

Pflanzenreich

1. Unterreich: Lagerpflanzen

1. Stamm: Rotalgen
2. Stamm: Braunalgen
   1. Klasse: Kieselalgen
   2. Klasse: Brauntange
3. Stamm: Pilze
4. Stamm: Euglenen
5. Stamm: Grünalgen
   1. Klasse: Grünalgen
   2. Klasse: Jochalgen
   3. Klasse: Armleuchteralgen

2. Unterreich: Sproßpflanzen

1. Stamm: Moose
   1. Klasse: Laubmoose
   2. Klasse: Lebermoose

2. Stamm: Farnpflanzen
   1. Klasse: Bärlappe
   2. Klasse: Schachtelhalme
   3. Klasse: Farne

3. Stamm: Samenpflanzen
   a) *Nacktsamige*
   1. Klasse: Nadelhölzer
   b) *Bedecktsamige*
   2. Klasse: Einkeimblättrige
   3. Klasse: Zweikeimblättrige

Tierreich

1. Unterreich: Urtiere

1. Stamm: Einzeller
   1. Klasse: Geißeltierchen
   2. Klasse: Wurzelfüßer
   3. Klasse: Sporentierchen
   4. Klasse: Wimpertierchen

2. Unterreich: Vielzellige Tiere

2. Stamm: Schwammtiere
3. Stamm: Hohltiere
4. Stamm: Würmer
   1. Unterstamm: Plattwürmer
   2. Unterstamm: Rundwürmer
   3. Unterstamm: Ringelwürmer
5. Stamm: Gliederfüßer
   1. Klasse: Spinnentiere
   2. Klasse: Krebstiere
   3. Klasse: Tausendfüßer
   4. Klasse: Insekten
6. Stamm: Weichtiere
   1. Klasse: Schnecken
   2. Klasse: Muscheln
   3. Klasse: Kopffüßer
7. Stamm: Stachelhäuter
8. Stamm: Chordatiere
   Unterstamm: Wirbeltiere
   1. Klasse: Fische
   2. Klasse: Lurche
   3. Klasse: Kriechtiere
   4. Klasse: Vögel
   5. Klasse: Säugetiere

Die systematische Stellung der für den Menschen wichtigen Pflanzen. Im Pflanzenreich gibt es etwa 300 000 Arten. Von den Lagerpflanzen werden vor allem die Pilze als Gärungserreger (Hefe) zur Herstellung von Medikamenten (Schimmelpilze) oder als Nahrungsmittel (viele Hutpilze) genutzt.

Von den Sproßpflanzen kommt vor allem den Samenpflanzen wirtschaftliche Bedeutung zu. Von den **Nacktsamigen** sind die Nadelhölzer sehr wichtig. Sie liefern Holz für viele Verwendungszwecke.

Unentbehrlich sind für das Leben des Menschen die **Bedecktsamigen.** Die menschliche Ernährung und unsere Wirtschaft sind ohne sie undenkbar. In der Klasse der *Einkeimblättrigen* sind es die *Familie der Liliengewächse* mit Zwiebel, Laucharten und Spargel, die als Gemüse dienen. Aus der *Familie der Gräser* sind die zahlreichen Getreidearten und das Zuckerrohr von außerordentlicher Bedeutung für unsere Ernährung. Viele Grasarten geben wertvolles Viehfutter.

In der Klasse der *Zweikeimblättrigen* sind aus der *Familie der Steinbrechgewächse* Stachel- und Johannisbeeren als Obstgewächse zu nennen. Besonders wichtig ist die *Familie der Rosengewächse.* Aus ihr stammen unsere meisten Obstarten. Zur Unterfamilie der Rosen gehören als Beerenobst: Erdbeere, Himbeere und Brombeere, zur Unterfamilie der Kernobstgewächse: Apfel, Birne, Quitte, Mispel und Eberesche. Der Unterfamilie der Steinobstgewächse gehören Süß- und Sauerkirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich und Mandel an.

Aus der *Familie der Schmetterlingsblütler* werden viele Arten als Kulturpflanzen angebaut. Hierzu gehören wichtige Futterpflanzen, wie Kleearten, Luzerne und die Lupinen. Die eiweiß- und stärkereichen Samen vieler Arten (Erbse, Bohne, Linse, Süßlupine, Sojabohne) sind wichtige Nahrungs- bzw. Futtermittel.

Von den *Kreuzblütlern* sind Raps, Rübsen und Senf Ölpflanzen. Auch viele Gemüse- und Salatpflanzen, wie die Kohlarten, Weiße Rüben, Kohlrüben, Rettich, Radieschen und Kresse, gehören zu den Kreuzblütlern.

Die zahlreichen Arten der Baumwolle gehören zu den *Malvengewächsen.* Verwandt mit ihnen sind der Kakaobaum Südamerikas und weiterhin die Leingewächse mit dem Lein oder Flachs, einer Faser- und Ölpflanze.

Die *Doldengewächse* Kümmel, Dill, Fenchel, Anis, Petersilie und Koriander haben als Gewürzpflanzen Bedeutung; Möhre und Sellerie sind Wurzelgemüse.

Von den *Hanfgewächsen* sind der Hanf und von den *Nesselgewächsen* die Ramie (Nessel) als wichtige Faserpflanzen zu nennen. Aus dem Milchsaft der *Wolfsmilch- und Maulbeergewächse* wird Kautschuk gewonnen.

Auch die *Gänsefußgewächse* weisen wichtige Kulturpflanzen auf, so den Spinat und die Rübe, die heute als Gemüse (Mangold, Rote Beete), als Futterrübe und als Zuckerrübe gezogen werden.

Unter den *Lippenblütlern* finden sich viele Gewürzpflanzen (z. B. Lavendel, Salbei, Melisse, Rosmarin, Thymian, Majoran, Bohnenkraut und Pfefferminze).

Zu den *Nachtschattengewächsen* gehören einige unserer wichtigsten Gemüsepflanzen. Die Kartoffel spielt in Mitteleuropa als Nahrungsmittel und Futtermittel eine wichtige Rolle. Die Tomate und die Paprikapflanze sind mit der Kartoffel verwandt. Auch der Tabak ist ein Nachtschattengewächs.

Von den *Kürbisgewächsen* sind Kürbisse, Gurken und Melonen als Beerenfrüchte bekannt.

Zu den *Korbblütlern*, der höchstorganisierten und sehr artenreichen Familie der Zweikeimblättrigen, gehören: Ölpflanzen (z. B. Sonnenblume), Gemüsepflanzen (Schwarzwurzel und Topinambur) und schließlich auch Salatpflanzen (Kopfsalat und Endivie).

Von großer industrieller Bedeutung sind in der Sowjetunion zwei Korbblütler wegen des aus ihrem Milchsaft zu gewinnenden Kautschuks, eine Löwenzahnart, der Kok-saghys, und eine Schwarzwurzelart, der Tau-saghys.

Die systematische Stellung der für den Menschen wichtigen Tiere. Schon im Erdaltertum zeigten die Tiere eine wesentlich größere Mannigfaltigkeit als die Pflanzen. Auch später wiesen sie eine wesentlich reichere Artbildung auf. Heute kennt man über 1 000 000 Tierarten.

Unter den *Einzellern* und den *Würmern* gibt es viele Parasiten. Einige Arten der Geißeltierchen, Wurzelfüßer und Sporentierchen sowie Platt- und Rundwürmer sind Krankheitserreger (z. B. Ruhramöbe, Malariaerreger, Band- und Spulwürmer).
Auch unter den *Gliederfüßern* befinden sich viele Schmarotzer (Wanzen, Läuse, Flöhe, Milben). Einige von ihnen befallen auch den Menschen. Von den Insekten sind zwei Arten wichtige Haustiere, die Seidenraupe und die Biene. Einige *Weichtierarten* werden von Menschen gegessen (Auster, Miesmuschel u. a.). Die hochentwickelten *Wirbeltiere* sind von größerem Nutzen für die Menschen als die niederen Stämme. Die Klasse der *Fische* und unter ihnen besonders die Ordnung der Knochenfische spielt für die menschliche Ernährung eine große Rolle. Weniger wichtig sind die Klassen der Lurche und Kriechtiere.

Die Klasse der *Vögel* mit ihren zahlreichen Ordnungen ist für unsere Ernährung von Bedeutung. Die Hühnervögel, wie Haushuhn, Perlhuhn, Truthuhn und andere, liefern Fleisch und Eier. Der Fleischgewinnung dienen die Entenvögel (Entenarten und die Hausgans) sowie die Tauben. Viele Rassen wurden erst durch den Menschen gezüchtet.
Zu der Ordnung der *Huftiere* gehören unsere wichtigsten Haustiere. Aus der Unterordnung der Paarhufer dienen viele Wiederkäuer, darunter Rinder, Büffel, Schafe und Ziegen, nicht nur der Gewinnung von Fleisch, Fett, Milch und Käse; auch Leder, Wolle, Knochen und Därme haben eine große wirtschaftliche Bedeutung. Das Ren ist das wichtigste Haustier in nördlichen Gebieten. Die Kamele und die Lamas sind ebenfalls Wiederkäuer. Das Schwein ist ein Nichtwiederkäuer. Es hat große Bedeutung für die menschliche Ernährung.
Zur Unterordnung der *Unpaarhufer* gehört das Pferd, das als Reittier und Zugtier lange Zeit unentbehrlich war, bis es in neuester Zeit durch Traktoren und andere Kraftfahrzeuge weitgehend ersetzt wurde. Der Esel und das Maultier werden in Gebirgsgegenden als Last- und Reittiere verwendet.
Aus dem Öl der *Wale* wird Margarine und aus ihrem Fleisch Tierfutter hergestellt.
Von den *Raubtieren* gehören zwei zu unseren Haustieren: die mäusevertilgende

Katze und das älteste Haustier des Menschen, der Hund. Aus der Mannigfaltigkeit der Hunderassen kann man erkennen, wie sich menschliche Züchtung und künstliche Auslese auswirken.

Von größter wirtschaftlicher Bedeutung sind jedoch die Züchtungserfolge bei dem Fleisch- und Milchvieh. In der Sowjetunion ist es gelungen, durch richtige Stallhaltung und sinngemäße Veränderung der Umweltbedingungen Rassen mit außerordentlich hoher Fleisch- und Milchproduktion zu züchten, z. B. die Kostroma-Rasse. In der Tierzucht zeigt der Mensch ebenso wie in der Pflanzenzucht (s. S. 70) und in der Gestaltung der Landschaft, daß er die Natur nach seinem Willen verändern und zu seinem Nutzen formen kann.

C. GROSSE BIOLOGEN

Zu Beginn des 16. Jahrhunderts brachten Seeleute und Kaufleute von ihren Fahrten nicht nur Waren, sondern auch fremdländische Tiere und Pflanzen mit nach Europa. Viele Lebewesen, die man bis zu dieser Zeit nur aus den übertreibenden Schilderungen einzelner Weltreisender kannte, wurden nun von den Gelehrten untersucht und in dickleibigen Büchern beschrieben. Aber auch an der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt gewann man durch Vergleiche mit den eingeführten Tieren und Pflanzen neues Interesse. Da zu dieser Zeit in der Medizin die Heilkräuter eine große Rolle spielten, erforschten Botaniker und Ärzte die Pflanzen und ihre Heilwirkungen. In den „Kräuterbüchern" wurden die wichtigsten Pflanzen abgebildet und beschrieben (Abb. 86).

Systematik. Bald machte sich das Bedürfnis bemerkbar, die Fülle der bekannten Lebewesen zu ordnen. Man stellte ähnliche Tier- und Pflanzenformen zu größeren Gruppen zusammen. Diese Gruppen untergliederte man nach den jeweiligen Besonderheiten der in ihnen zusammengefaßten Lebewesen. Auf den

Abb. 86. Darstellung des Maiglöckchens aus dem im Jahre 1530 erschienenen ersten deutschen Kräuterbuch

unzulänglichen Versuchen seiner Vorgänger fußend, stellte der schwedische Naturforscher **Carl von Linné** (Abb. 87) im Jahre 1735 ein vollständiges System der zu seiner Zeit bekannten Tiere und Pflanzen auf.

Linné wurde 1707 geboren. Schon während seines Studiums in Lund und Upsala erhielt er die Erlaubnis, Vorlesungen über Botanik zu halten. Nach mehreren weiten Reisen erwarb er an einer kleinen holländischen Universität den Doktorgrad. 1735 veröffentlichte er sein Hauptwerk „System der Natur". 1741 wurde er Professor der Botanik in Upsala. Eine langdauernde Krankheit hinderte ihn an seiner wissenschaftlichen Arbeit. Er zog sich 1764 in das kleine Städtchen Hammarby zurück, wo er 1778 starb.

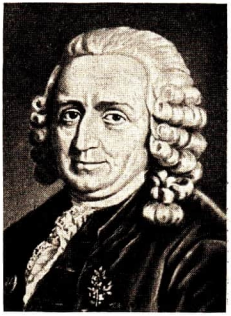


Abb. 87. C. v. Linné (1707 bis 1778)

Linné teilte die Lebewesen nach einzelnen äußeren Merkmalen in *Klassen, Ordnungen, Gattungen* und *Arten* ein. Die Blütenpflanzen beispielsweise ordnete er nach der Zahl ihrer Staubgefäße, die Säugetiere hauptsächlich nach dem Bau des Gebisses, die Vögel vor allem nach der Form des Schnabels. Er glaubte, daß die heute lebenden Arten vor langer Zeit einmal erschaffen worden seien und sich seither nicht verändert hätten. Durch diese Behauptung, die von anderen Biologen kritiklos übernommen wurde, hat Linné die Weiterentwicklung der Biologie stark gehemmt. Während man vor Linné nur den Gattungen Namen gegeben hatte und die einzelnen Arten durch kurze Beschreibungen voneinander unterschied, bezeichnete Linné auch die Arten durch ein neben den *Gattungsnamen* gestelltes Kennwort. So kennzeichnet man z. B. alle Kleearten durch den Gattungsnamen Klee (Trifólium). Die einzelnen Arten werden durch ein hinzugefügtes Beiwort, den Artnamen, unterschieden, z. B.:

Wiesenklee (Trifólium praténse),
Weißer oder Kriechender Klee (Trifólium répens),
Feldklee (Trifólium campéstre),
Bergklee (Trifólium montánum) usw.

Linné hatte seine Einteilung der Lebewesen nur nach einzelnen äußerlichen Merkmalen vorgenommen. Er wußte selbst, daß diese Ordnung einseitig und ungenügend war, daß er ein *künstliches System* geschaffen hatte. Zu Linnés Zeiten war es noch nicht möglich, ein natürliches System aufzustellen, das die Lebewesen nach dem Grade ihrer Stammesverwandtschaft ordnet. Dazu mußte man erst erkennen, daß die heute lebenden Formen von einfacheren abstammen, und daß die mehr oder weniger große Ähnlichkeit der Lebewesen auf einer Stammesverwandtschaft beruht. Noch zu Lebzeiten Linnés hat man diese Gedanken energisch bekämpft. Sie standen im Widerspruch zu den von der Kirche gelehrten und vertretenen Anschauungen sowie zu den Interessen der herrschenden Klasse. Die Menschen sollten nach dem Willen der Herrschenden glauben, daß im Reich der

Lebewesen und in den Staaten der Menschen die bestehenden Zustände gottgewollt und unveränderlich seien. Zur Zeit der französischen bürgerlichen Revolution (1789 bis 1794) aber änderten sich diese Dinge. Jetzt begann man an dem zu zweifeln, was man bisher als wahr hatte hinnehmen müssen. Die Massen des Volkes erkannten, daß ihre Unterdrückung und Bevormundung durch Adel, Geistlichkeit und Königtum kein unabänderlicher und gottgewollter Zustand war. Man fand den Mut, überholte Einrichtungen und Anschauungen aus eigener Kraft zu beseitigen. Um diese Zeit verbreitete sich auch in der Biologie der Neuzeit der Gedanke von einer Entwicklung der Lebewesen.

Mikroskopie. Die großen Entdeckungsfahrten des 15. und 16. Jahrhunderts leiteten auch in der Geschichte der Biologie ein Zeitalter der Entdeckungen ein. Die Bedürfnisse der Schiffahrt erforderten damals leistungsfähigere optische Instrumente. Man entwickelte bessere Glassorten und lernte, stärkere und leistungsfähigere Linsen aus ihnen zu schleifen. Gegen Ende des 16. Jahrhunderts erfanden zwei holländische Linsenschleifer, die Gebrüder *Jansen*, das Mikroskop. Aber erst im 17. Jahrhundert wurde das Mikroskop durch den Holländer **Anton van Leeuwenhoek** (Abb. 88) in den Dienst der biologischen Forschung gestellt.

Abb. 88. A. v. Leeuwenhoek (1632 bis 1723)

Leeuwenhoek wurde 1632 in Delft geboren. Er war zunächst Buchhalter in einer Amsterdamer Tuchfirma. 1654 zog er sich in seine Heimatstadt zurück und widmete sich naturwissenschaftlichen Studien. Mit selbstverfertigten Mikroskopen machte er eine Reihe bedeutender Entdeckungen, die er in seinem Werk „Durch das Mikroskop entdeckte Geheimnisse der Natur" (1722) niederlegte. Er starb 1723 in Delft.

Leeuwenhoek war der erste, der in einem Tropfen alten Regenwassers – später auch im Zahnbelag und an faulendem Fleisch – das Gewimmel der *Bakterien* sah. Er beschrieb sie als „lebendige Tierchen, die sich sehr lustig bewegen".

Bakteriologie. Im Jahre 1876 gelang **Robert Koch** (Abb. 89) der Nachweis, daß der Milzbrand, eine auf den Menschen übertragbare Tierkrankheit, durch Bakterien hervorgerufen wird.

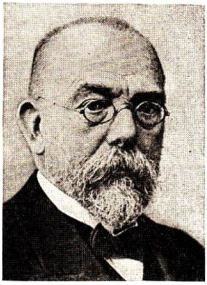


Abb. 89. R. Koch (1843 bis 1910)

Koch wurde 1843 in Klausthal geboren, studierte in Göttingen Medizin und ließ sich 1872 als Kreisarzt nieder. Auf Grund seiner aufsehenerregenden Forschungsergebnisse berief man ihn 1880 nach Berlin. Er entdeckte 1882 den Erreger der Tuberkulose, 1883 den der Cholera. 1885 wurde er Direktor des neuerrichteten Hygienischen Insti-

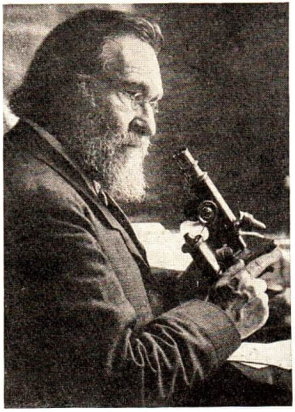


Abb. 90. I. I. Metschnikow (1845 bis 1916)

tutes in Berlin und erhielt eine Professur. Er starb 1910.

Koch war der Begründer der *Bakteriologie*. Er bewies, daß bestimmte *ansteckende Krankheiten* durch Bakterien hervorgerufen werden. Es gibt verschiedene Arten von Bakterien, die Krankheiten hervorrufen. Auf Grund seiner Arbeiten wurden die Erreger fast aller übertragbaren Krankheiten entdeckt. Damit war zugleich die Grundlage für eine erfolgreiche Bekämpfung dieser Krankheiten geschaffen. Milzbrand und Cholera sind heute in Deutschland praktisch ausgerottet; gegen die Mehrzahl der ansteckenden Krankheiten wurden *wirksame Heilmittel* (Sulfonamide, Penicillin, Streptomycin) gefunden.

Auch der Organismus selbst vermag gegen eingedrungene Krankheitserreger Abwehrmaßnahmen zu treffen. Die wichtige Rolle, die hierbei die weißen Blutkörperchen und andere Zellen des erkrankten Körpers spielen, wurde zuerst von dem russischen Biologen **Ilja Iljitsch Metschnikow** (Abb. 90) erkannt.

Metschnikow wurde 1845 in der Nähe von Charkow geboren. Er studierte an der Charkower Universität Zoologie. Zur Vervollständigung seiner Ausbildung arbeitete er nacheinander an den Zoologischen Instituten von Gießen, Neapel und Odessa. In Odessa erhielt er 1877 eine Professur; seit 1888 arbeitete er im Pasteur-Institut in Paris, dessen zweiter Direktor er 1904 wurde. Er starb 1916.

Metschnikow stellte fest, daß die *weißen Blutkörperchen* in den Körper eingedrungene Bakterien aufnehmen und unschädlich machen können. Die Vernichtung der Bakterien durch die weißen Blutkörperchen schützt den Körper bis zu einem gewissen Grade vor Krankheiten, die durch Bakterien hervorgerufen werden. Wie Metschnikow zeigte, kann die Wirkung der weißen Blutkörperchen durch bestimmte ärztliche Maßnahmen verstärkt werden.

Abb. 91. M. J. Schleiden (1804 bis 1881)

Zellenlehre (Zytologie). Schon im Jahre 1667 hatte der Engländer **Robert Hooke** durch mikroskopische Untersuchungen festgestellt, daß sich beispielsweise der Kork aus kleinen Kämmerchen

zusammensetzt. Wegen ihrer Ähnlichkeit mit Bienenzellen nannte Hooke diese Kämmerchen „Zellen". Die Bedeutung der Zellen wurde aber erst von **Matthias Jakob Schleiden** (Abb. 91) erkannt.

Schleiden wurde 1804 in Hamburg geboren. Er studierte zunächst Rechtswissenschaften, später Naturwissenschaften. Von 1840 bis 1863 wirkte er an der Universität Jena. Er war Direktor des Botanischen Gartens. Im Jahre 1881 starb er in Frankfurt am Main.

In einer 1838 erschienenen wissenschaftlichen Arbeit legte Schleiden dar, wie sich Zellen entwickeln und wie sich die Organe einer Pflanze aus Zellen bilden. Schleiden wies als erster nach, daß die mehrzellige Pflanze eine *Zellgemeinschaft* ist.

Schon im folgenden Jahre wurde die Zellenlehre durch **Theodor Schwann** (Abb. 92) auch auf die Tiere ausgedehnt.

Schwann wurde 1810 in Neuß am Rhein geboren. Nach philosophischen und medizinischen Studien erhielt er 1839 eine Professur für Anatomie an der Universität Löwen. 1848 folgte er einer Berufung nach Lüttich, wo er bis kurz vor seinem Tode (1882) im Amt war.

Abb. 92. Th. Schwann (1810 bis 1882)

Durch ausgedehnte Studien war Schwann zu der Überzeugung gelangt, daß die Tiere ebenso wie die Pflanzen aus Zellen bestehen. In dem 1839 erschienenen Werk „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen" legte er seine Erkenntnisse nieder. Damit beseitigte er die von anderen Naturforschern künstlich aufgerichtete Scheidewand zwischen Tier- und Pflanzenkunde.

Seit man die Bedeutung der Zellen erkannt hatte, versuchten viele Forscher die Frage zu klären, wie die Zellen entstehen. Der Mediziner *Rudolf Virchow* vertrat in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Ansicht, daß eine Zelle immer nur aus einer anderen Zelle entstehen könne. Die richtige Antwort auf diese Frage vermochte jedoch erst die sowjetische Biologin **Olga Borissowna Lepeschinskaja** (Abb. 93) auf Grund ihrer Forschungen zu geben.

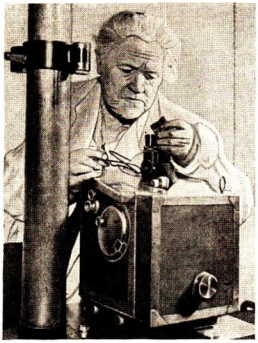


Abb. 93. O. B. Lepeschinskaja (geb. 1871)

O. B. Lepeschinskaja wurde im Jahre 1871 in Perm, dem heutigen Molotow, geboren. Sie studierte in Petersburg, dem heutigen

Leningrad, Medizin. In den revolutionären Kreisen Petersburgs lernte sie ihren späteren Mann, den russischen Revolutionär P. Lepeschinski kennen, dem sie zweimal in die Verbannung folgte. Nach dem Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution wandte sie sich mit aller Energie dem Aufbau des Bildungs- und Gesundheitswesens im Sowjetstaat zu. Seit 1921 arbeitete sie über Probleme der Zellenlehre. Heute leitet O. B. Lepeschinskaja das Zytologische Laboratorium der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der UdSSR.

O. B. Lepeschinskaja konnte nachweisen, daß sich unter bestimmten Bedingungen Zellen aus lebender Materie entwickeln, die selbst nicht die Form von Zellen hat. Sie zeigte, daß bei der Entwicklung befruchteter Eier aus lebender, aber ungeformter Materie Zellen entstehen. Sie führte ihre Versuche an Fischeiern und an Vogeleiern durch. Die kernlosen Dotterteilchen dieser Eier machen eine Reihe von gesetzmäßigen Veränderungen durch; dabei wandeln sie sich zunächst in kernlose, später in kernhaltige Zellen um. Durch diese Versuche und Beobachtungen hat O. B. Lepeschinskaja die falschen Virchowschen Anschauungen widerlegt und gezeigt, daß Zellen nicht immer aus Zellen entstehen müssen.

Physiologie und Psychologie. Von größter Bedeutung für die Physiologie, Medizin und Psychologie sind die Arbeiten des sowjetischen Gelehrten **Iwan Petrowitsch Pawlow** (Abb. 94).

Pawlow wurde 1849 in Rjasan geboren. 1890 wurde er Professor an der militärärztlichen Akademie in Petersburg, dem heutigen Leningrad. Er erforschte die Nervenversorgung des Herzens, die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen und die Gehirnfunktionen. 1926 richtete ihm die sowjetische Regierung in der Ortschaft Koltusche bei Leningrad ein großes Institut mit vielen Laboratorien, Wohnräumen, Stallungen und einer Bibliothek ein, in dem er frei von materiellen Sorgen leben und arbeiten konnte. Der Ort Koltusche heißt heute ihm zu Ehren Pawlowsk. 1936 starb Pawlow.

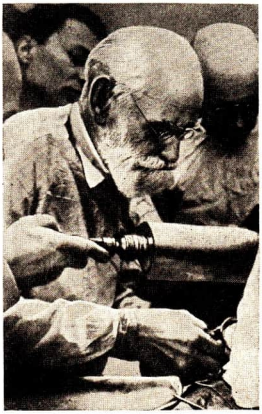


Abb. 94. I. P. Pawlow (1849 bis 1936)

Pawlow entdeckte die *bedingten Reflexe* (s. S. 33). Dadurch schuf er die Möglichkeit, die höchste Nerventätigkeit der Tiere im Experiment objektiv zu untersuchen. Auf Grund ausgedehnter Versuchsreihen entwickelte er eine umfassende Theorie von den Funktionen des Nervensystems. Durch den Ablauf und die gegenseitige Beeinflussung von Erregungsvorgängen im Nervensystem konnte er das gesamte Verhalten seiner Versuchstiere erklären. Er erweiterte seine Theorie auch auf die Funktion des menschlichen Nervensystems und wurde so zum Begründer einer *materialistischen Psychologie.*

Abstammungslehre. Durch zufällige Funde hatte man seit dem Altertum Versteinerungen vieler ausgestorbener Tiere und Pflanzen kennengelernt. Man war im 18. Jahrhundert weiterhin darauf aufmerksam geworden, daß in der Reihe von den niederen zu den höheren Tieren die einzelnen Organe eine Abwandlung und Höherentwicklung erfahren. Aus diesen Tatsachen schloß der französische Forscher **Jean Baptiste de Lamarck** (Abb. 95), daß die heutigen Tiere und Pflanzen von einfacher gebauten Lebewesen früherer Zeiten abstammen.

Lamarck wurde 1744 in Nordfrankreich geboren. In seiner Jugend diente er als Offizier, wandte sich dann aber ausgedehnten naturwissenschaftlichen Studien zu. Er war ein ausgezeichneter Botaniker. In seiner „Flora von Frankreich" (1778) führte er die Methode der Pflanzenbestimmung durch Gegenüberstellen von Merkmalen ein. Er bejahte die französische Revolution. Im Jahre 1793 erhielt er eine Zoologieprofessur für die niederen Tiere, die er als erster „wirbellose Tiere" nannte und den Wirbeltieren gegenüberstellte. Schon von 1800 ab vertrat er in Vorlesungen die Abstammungslehre. Im Jahre 1809 erschien sein bekanntestes Werk, die „Zoologische Philosophie". Lamarck starb erblindet und in ärmlichen Verhältnissen 1829.

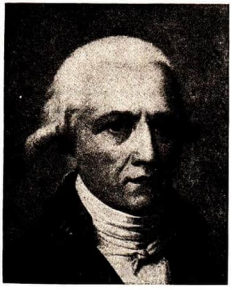


Abb. 95. J. B. de Lamarck (1744 bis 1829)

Lamarck ist der *Begründer der Abstammungslehre.* Er erkannte, daß die Tier- und Pflanzenarten sich zu immer neuen, höheren Formen entwickeln. Die heute lebenden Tiere und Pflanzen sind im Laufe der Stammesentwicklung aus niederen Formen hervorgegangen. Als die treibenden Kräfte dieser Entwicklung erkannte Lamarck den Einfluß der Umweltbedingungen und die *Vererbung erworbener Eigenschaften.* Durch den Einfluß der *Umweltbedingungen* und den *Gebrauch oder Nichtgebrauch der Organe* entstehen Veränderungen im Körperbau der Lebewesen. Diese Veränderungen können sich unter bestimmten Bedingungen auf die Nachkommen der Lebewesen vererben. Die Fehler Lamarcks bestanden darin, daß er dem eigenen Willen der Lebewesen eine Bedeutung für ihre Entwicklung beimaß und daß er sich von der Schöpfungsidee nicht ganz befreien konnte.

Da man diese Lehre jedoch zu Lamarcks Lebzeiten noch nicht ausreichend beweisen konnte, blieb sie zunächst ohne größere Bedeutung für die weitere Entwicklung der Biologie und wurde von den meisten zeitgenössischen Gelehrten abgelehnt. Hinzu kam, daß die feudale Reaktion in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nochmals anwuchs. Alle Ansichten, die ihr nicht genehm waren, wurden mit Gewalt unterdrückt. Das Bleibende und Wertvolle seiner Gedanken erkannte zuerst Haeckel bzw. erkennt man erst heute.

Der englische Naturforscher **Charles Darwin** (Abb. 72, S. 59) verhalf durch sein Werk „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl" (1859) der Abstammungslehre zur allgemeinen Anerkennung.

Darwin wurde 1809 als Sohn eines Arztes in Shrewsbury (Westengland) geboren. Er studierte zunächst in Edinburgh Medizin, dann in Cambridge Theologie. Die meiste Zeit seines Studiums verbrachte er jedoch mit dem Sammeln von Pflanzen und Insekten, mit Jagd und geologischen Studien. Von 1831 bis 1836 nahm er als Naturforscher an der Weltreise des Segelschiffes „Beagle" teil. Während dieser Reise wurden Vermessungen an der südamerikanischen Küste und im Stillen Ozean durchgeführt. Bei seinen Beobachtungen reiften in Darwin jene Gedanken, die er später in seinem Hauptwerk „Über die Entstehung der Arten" niederlegte. Seine Anschauung über die Herkunft des Menschen stellte Darwin in dem Werk „Die Abstammung des Menschen" (1871) dar. Bis zu seinem Tode im Jahre 1882 arbeitete er unermüdlich am weiteren Ausbau der Abstammungslehre.

Darwin vermochte als erster eine wissenschaftliche, von Lamarcks Irrtümern freie Erklärung dafür zu geben, wie neue Arten entstehen. Er ging von der Tatsache aus, daß sich die Angehörigen einer Art meist in einigen Merkmalen unterscheiden. Für die *Entstehung neuer Arten* spielen natürlich nur solche Eigenschaften eine Rolle, die auf die Nachkommen übertragen werden, also *erblich* sind. Infolge der Unterschiede zwischen den Einzelwesen sind einige den bestehenden Lebensbedingungen besser angepaßt als die anderen. In der freien Natur setzen sich jeweils die bestangepaßten Lebewesen durch und kommen zur Fortpflanzung, die anderen gehen zugrunde. So vollzieht sich eine *natürliche Auslese*. Bei der Züchtung von Haustieren und Nutzpflanzen wählt der Züchter jeweils die geeignetsten Individuen aus. Er nimmt eine *künstliche Auslese* vor. Diese Beobachtung aus der landwirtschaftlichen Praxis bildete eine der Grundlagen für die Ausarbeitung von Darwins Entwicklungslehre. Durch die natürliche bzw. künstliche Auslese bilden sich neue Arten heraus. – Auch Darwins Anschauungen waren nicht frei von Fehlern. Wie er später selbst erkannte, hat er den Einfluß der Umweltbedingungen auf die Lebewesen in seiner Lehre nicht genügend berücksichtigt. Vor allem aber vertrat er die irrige Ansicht, daß die Auslese eine Folge der Übervölkerung und des Konkurrenzkampfes innerhalb der einzelnen Arten sei. Diese Irrtümer wurden bereits von *Marx* und *Engels* erkannt und kritisiert.

Die Lehre Darwins von der Entwicklung der Arten wurde von rückschrittlichen Wissenschaftlern zunächst noch hartnäckig bekämpft. Reaktionäre Politiker versuchten ihre Verbreitung zu verhindern. Jene Kreise, die aus den alten Anschauungen Gewinn gezogen hatten, wollten nicht zugeben, daß es im Reich der Lebewesen eine Entwicklung gibt. Viele Wissenschaftler aber erkannten sofort die Richtigkeit der Abstammungslehre. Sie brachten neue Beweise für den Darwinismus und verteidigten ihn gegen die ungerechtfertigten Angriffe.

In Deutschland war **Ernst Haeckel** (Abb. 96) der bedeutendste Vorkämpfer für den Darwinismus.

Haeckel wurde 1834 in Potsdam geboren. Nach eingehendem Studium der Medizin und der Naturwissenschaften in Würzburg und Berlin unternahm er mehrere Studienreisen. 1859 wandte er sich endgültig der Zoologie zu. 1862 wurde er Professor in Jena. 1909 zog er sich von der Lehrtätigkeit an der Universität zurück, war aber noch bis zu seinem Tode im Jahre 1919 wissenschaftlich tätig.

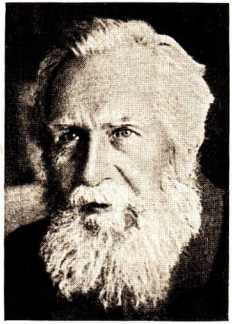


Abb. 96. E. Haeckel (1834 bis 1919)

Haeckel wandte die Erkenntnisse von der Entwicklung der Lebewesen, die Darwin zunächst nur grundsätzlich ausgesprochen hatte, auf die einzelnen Stämme, Ordnungen usw. an. In einem zweibändigen Werk („Die generelle Morphologie", 1866) entwickelte er die *Stammbäume der Tiere und der Pflanzen*. Dabei vertrat er die Auffassung, daß die ersten Lebewesen aus anorganischer Materie entstanden seien. Auf den Arbeiten verschiedener Vorgänger fußend, stellte er die *biogenetische Grundregel* auf. Er begründete mit seinen Arbeiten neue Wissenschaftszweige: die *Phylogenie* (Wissenschaft von der Stammesentwicklung) und die *Ontogenie* (Wissenschaft von der Entwicklung des Einzelwesens). Noch vor dem Erscheinen von Darwins Werk über die Abstammung des Menschen wandte Haeckel die Abstammungslehre auch auf die Entwicklung des Menschen an. Die allgemeinen Erkenntnisse, die Haeckel während seiner Forschertätigkeit gefunden hatte, legte er vor allem in den Büchern „Natürliche Schöpfungsgeschichte" (1868), „Die Welträtsel" (1899) und „Die Lebenswunder" (1904) nieder. In ihnen tritt er für eine vorurteilslose, *materialistische* Betrachtung der Natur und der Entstehung des Lebens ein. Haeckel verkannte jedoch die Besonderheit und Eigentümlichkeit der Lebensvorgänge gegenüber den Vorgängen in der unbelebten Natur. Er versuchte, die Lebensvorgänge auf mechanische und chemische Vorgänge zurückzuführen, ohne die Entwicklung der organischen Materie und deren Besonderheiten genügend zu berücksichtigen.

Der russische Gelehrte **Kliment Arkadjewitsch Timirjasew** (Abb. 97) schrieb bereits als Student eine Reihe von Aufsätzen zur Verbreitung und Verteidigung der Lehre Darwins.

Timirjasew wurde im Jahre 1843 in Petersburg, dem heutigen Leningrad, geboren. Mit 18 Jahren begann er an der Petersburger Universität das Studium der Naturwissenschaften. Bald trat er mit eigenen Forschungen hervor. Da er jedoch seine fortschrittlichen materialistischen Anschauungen in Wort und Schrift verbreitete, wurde er von der zaristischen Regierung verfolgt. Im Jahre 1892 wurde er aus der Petrow-Akademie ausgeschlossen, im Jahre 1898 aus der Liste der Professoren der Moskauer Universität gestrichen. Timirjasew begrüßte die Große Sozialistische Oktoberrevolution aus vollem Herzen. Die Moskauer Arbeiter wählten ihn in den Moskauer Sowjet, die Sozialistische Akademie der Wissenschaften ernannte ihn zu ihrem Mitglied. Er starb, hochgeehrt, im Jahre 1920.

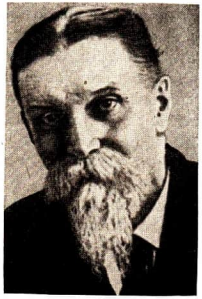


Abb. 97. K. A. Timirjasew (1843 bis 1920)

Timirjasew hat nicht nur zur Verbreitung und Verteidigung, sondern auch zur *Weiterentwicklung des*

Darwinismus beigetragen. Er hob hervor, daß man die zutreffenden Anschauungen Lamarcks mit den Erkenntnissen Darwins vereinigen müsse. Im Gegensatz zu vielen anderen Biologen wies er unermüdlich darauf hin, daß die erblichen Veränderungen der Organismen durch die Einwirkung von *Umwelteinflüssen* hervorgerufen werden. Man hat ihn deshalb mit Recht einen Vorläufer der Mitschurinschen Biologie genannt. Außer der Abstammungslehre verdankt ihm auch die Pflanzenphysiologie, die Lehre von den Lebensvorgängen der Pflanzen, wertvolle Erkenntnisse. Er war maßgeblich an der Erforschung des Blattgrüns und der Assimilation der Pflanzen beteiligt.

Züchtung und Vererbungslehre. Darwin, Haeckel, Timirjasew und viele andere Forscher hatten durch die von ihnen angeführten Tatsachen überzeugend bewiesen, daß die heute lebenden Arten von anderen abstammen, daß also die Arten veränderlich sind. Dieses Wissen war für die Biologie und darüber hinaus für die gesamte Wissenschaft von großer Bedeutung. Damit eine Erkenntnis aber auch für das Leben der Menschen fruchtbar wird, muß man sie praktisch anwenden. Das Wissen, daß die Arten veränderlich sind, genügte allein noch nicht. Man mußte vielmehr Wege suchen, wie die Menschen selbst die Arten planmäßig verändern können. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts war man bei der Züchtung auf den Zufall angewiesen. Tiere und Pflanzen, bei denen man zufällig neue, wertvolle Eigenschaften fand, las man aus und züchtete sie gesondert weiter. Man hatte also neue Abarten ausgelesen, nicht aber neue Arten selbst geschaffen. Erst der große sowjetische Züchter und Vererbungswissenschaftler **Iwan Wladimirowitsch Mitschurin** (Abb. 98) entwickelte Methoden, mit denen man neue Merkmale bei Pflanzen bewußt schaffen kann. Sein Leitsatz war: „Wir dürfen von der Natur keine Gnadengeschenke erwarten; unsere Aufgabe ist es, sie ihr zu entreißen."

Abb. 98. I. W. Mitschurin (1855 bis 1935)

Mitschurin wurde im Jahre 1855 im Kreise Pronsk, dem Obstbaugebiet Mittelrußlands, geboren. Nach seiner Schulzeit arbeitete er zunächst als Angestellter der Koslower Eisenbahn. Seine freie Zeit widmete er der Pflanzenzucht. 1888 begann er in seiner Baumschule bei Koslow mit eigenen Züchtungsforschungen. Nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution übergab er die Baumschule dem Volk als Geschenk und setzte sich für den sozialistischen Aufbau ein. Im Jahre 1932, drei Jahre vor seinem Tode, wurde die Stadt Koslow, in der er lange Zeit gelebt und gearbeitet hatte, in Mitschurinsk umbenannt.

Mitschurin hat die Bedeutung der *Umwelteinflüsse* für die Entstehung neuer Pflanzenarten durch unzählige Versuche bewiesen. Durch Änderung der *Bodenverhältnisse*, durch *Kreuzung* entfernt verwandter Arten und durch den Einfluß von *Mentoren* auf junge Bäumchen (s. S. 74) züchtete er mehr als 300 Obstsorten. Ihm ist es zu verdanken, daß die Anbaugrenze für Obstbäume weiter nach Norden vorgeschoben werden konnte. Die Mitschurinsche Biologie ist

eine selbständige, schöpferische Weiterentwicklung der fortschrittlichen Anschauungen Lamarcks und Darwins; sie wendet die Gesetze von der Entwicklung der Arten bei der Tier- und Pflanzenzüchtung praktisch an.

Die marxistisch-leninistische Wissenschaft befähigte **Trofim Denissowitsch Lyssenko** (Abb. 99), die Lehren seines Vorbildes Mitschurin auszubauen und durch neue Erkenntnisse zu bereichern.

Abb. 99. T. D. Lyssenko (geb. 1898)

Lyssenko wurde im Jahre 1898 als Sohn eines Bauern in dem ukrainischen Dorfe Karlowka geboren. Seine landwirtschaftliche Ausbildung erhielt er im Landwirtschaftsinstitut in Kiew. Nach vier Jahren praktischer Arbeit auf der wissenschaftlichen Versuchsstation von Gandsha (heute Kirowabad) in Aserbaidshan wurde er Direktor des Unionsinstituts für Selektion und Genetik in Odessa. Hier begann er mit eigenen Züchtungsforschungen. 1939 wurde er Direktor des Institutes für Vererbungslehre in Moskau und Präsident der Lenin-Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Sowjetunion.

Lyssenko ist der Schöpfer des *Jarowisationsverfahrens* (s. S. 75). Durch eine besondere Behandlung von Getreidesamen verwandelte er Wintergetreide in Sommergetreide. Die neuentstandenen Sorten besitzen eine besonders kurze Reifedauer. Deshalb können sie auch in den nördlichen Gebieten der Sowjetunion angebaut werden, in denen der Getreideanbau bisher aus klimatischen Gründen nicht möglich war. Auf Grund der Gesetzmäßigkeiten, die Lyssenko beim Studium der Entwicklung der Pflanzen entdeckte, schuf er die Theorie von den *Entwicklungsstadien*. Weiterhin hat Lyssenko eine neue, den Tatsachen entsprechende Auffassung von der natürlichen Auslese entwickelt. Durch den *Nestanbau* des Kok-saghys (s. S. 70) hat er bewiesen, daß die Auslese nicht ein Ergebnis der Überbevölkerung und des Konkurrenzkampfes zwischen Angehörigen ein und derselben Art ist.

Die von Mitschurin und Lyssenko entwickelten Methoden haben gezeigt, daß man neue, bessere Sorten von Nutzpflanzen durch *planmäßige Züchtung* schaffen kann. Der Züchter ist nicht mehr wie bisher gezwungen, die Natur so hinzunehmen, wie er sie vorfindet; er kann vielmehr planmäßig in biologische Vorgänge eingreifen und sie nach seinem Willen lenken. Die Methoden der beiden sowjetischen Forscher ermöglichen eine ständige Verbesserung der landwirtschaftlichen Erträge.

Durch die Arbeit der großen Biologen und Ärzte haben wir tiefe Einblicke in das Naturgeschehen gewonnen. Viele Vorgänge, die man in früheren Zeiten für unerklärliche Wunder hielt, sind uns heute in allen ihren Einzelheiten bekannt. Fragen, die den Menschen noch vor hundert Jahren unlösbar erschienen, wurden inzwischen durch die unermüdliche Arbeit der Wissenschaftler gelöst. Aber nicht nur unser Wissen, auch unser Können hat sich erweitert. Man lernte es, Krankheiten zu heilen und die Ausbreitung von Seuchen zu verhindern.

Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts sah man eine große Gefahr darin, daß sich die Bevölkerung der Erde ständig vermehrt. Reaktionäre Wissenschaftler behaupteten und behaupten heute noch, daß die vielen Menschen nicht genügend Nahrung finden könnten. Mit dieser Behauptung versuchen sie, die Gesellschaftsform des Kapitalismus und die räuberischen Eroberungskriege der kapitalistischen Machthaber zu rechtfertigen. Sie versuchen damit eine Gesellschaftsordnung zu rechtfertigen, die durch Wirtschaftskrisen und Kriege zu Arbeitslosigkeit, Hunger, Not und Elend führt. Wie falsch die Behauptungen der reaktionären Wissenschaftler sind, geht schon daraus hervor, daß durch die Technisierung der Landwirtschaft und durch die künstliche Düngung die Ernteerträge bedeutend gesteigert werden können. Durch die Züchtung ertragreicherer Pflanzenformen und leistungsfähigerer Tierrassen wird die Menge der zur Verfügung stehenden Nahrungsmittel weiterhin vergrößert.

Der Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution hat in der Sowjetunion die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen beseitigt und damit die Grundlage für eine allseitige Entwicklung der fortschrittlichen Wissenschaft gegeben. Die Arbeiten der sowjetischen Biologen haben einen neuen Abschnitt in der Entwicklung der biologischen Wissenschaft eingeleitet. In der Sowjetunion wurde die Mitschurinsche Biologie zu einer wahren Volkswissenschaft, in der sich die schöpferische Einstellung des gesamten sowjetischen Volkes zur belebten Natur widerspiegelt. Auf dieser Entwicklungsstufe ist die Biologie von der Erklärung der Natur zu ihrer Umgestaltung übergegangen. In der sozialistischen Sowjetunion tritt der Mensch erstmalig nicht als räuberischer Zerstörer und Verschwender der Naturreichtümer auf, sondern als ihr kluger und umsichtiger Hüter und Nutznießer. Die fortschrittlichen Wissenschaftler aller Länder studieren die Methoden der sowjetischen Wissenschaft und lernen von ihren Erfolgen. In den Ländern der Volksdemokratien und in der Deutschen Demokratischen Republik werden die Erkenntnisse der Mitschurinschen Biologie in der landwirtschaftlichen Praxis angewandt. Mit ihrer Hilfe können die landwirtschaftlichen Erträge bedeutend gesteigert und die großen Aufgaben, die wir uns in unseren Volkswirtschaftsplänen stellen, erfüllt werden.

SACH- UND NAMENREGISTER

Abdrücke 37
Abstammungslehre 36, 96
Algonkium 47
Altzeit 48
Ammoniten 49
Anatomie 53
Anpassung 67
Antonowka-Apfel 74
Archaeopteryx 52
Archaikum 47
Auerochse 36, 46
Auge 16, 18—22
Augenbewegungen 20
Augenkrankheiten 21
Auslese 65, 67, 70, 79, 97
Auxine 7

Bakterien 80, 92
Bärenspinner 62
Bärlappgewächse 40
Bastard 71, 74
Baumfarn 40
Bedecktsamer 84, 87
Belemniten 49
Bellefleur-Kitaika-Apfel 74
Benzin 78
Berberitze 9
Bergamotte-Renette 74
Bernstein 38
Beuteltiere 84
Bewegungen der Pflanzen 5
Bewegungsnerven 28, 31
Bewegungssinn 22
Bewußtsein 35
biologische Schädlingsbekämpfung 68
Blattlaus 68
Blaualge 47
Blindschleiche 56
Blutkörperchen, weiße 93
Blutlaus 68
Braunkohlenwald 44
Brieftaube 65
Brutpflege 69

Chemische Reize 6
chemische Sinne 13
Chlorophyll 6
Cholera 93
Cortisches Organ 26

Darwin 59, 65, 96, 100
Devon 48
Dinosaurier 41
Donnerkeil 49
Dreilapper 48
Dronte 36

Eingeweidenerven 31
Einschlüsse in Bernstein 38
Eiszeit 45
Eiweiß 79
Eiweißstoffe 78
Elefant, Entwicklung 50
Empfindungsnerven 28, 32
Entstehung neuer Arten 97
Entwicklungslehre 47, 92
Entwicklungsreihen 50
Entwicklungsstadien 75, 100
Erdformationen (Tabelle) 47
Erdöl 78
Euglena 81
Eustachische Röhre 25

Facettenauge 17
Farbenblindheit 22
Farne 84
Felsentaube 65
Fette 79
Filatow 22
Fischsaurier 42
Flockenblume 9
Flugsaurier 43
Flußkrebs 23
Fossilien 46

Ganglienknoten 27
gefüllt blühende Blumen 64
gegenseitige Hilfe 69
Gehirn 28, 30
Gehörsinn 22—26
Geißelträger 57, 80, 81
Gelenkpolster 9
geologische Formationen 47
gesellschaftliches Zusammenleben 31
Geruchssinn 14
Gleichgewichtssinn 23
Gliederfüßer 82

Glockentierchen 27
Grabwespe 34
Grauer Star 22
Großer Fuchs 62
Großhirn 30

Haeckel, E. 82, 97
Hahnenfuß 61
Hainschnirkelschnecken 60
Heuschrecken 67
Hirtentäschelkraut 59
Höhlenbär 46
Hohltiere 82
Hooke, R. 93
Hopfen 8
Hornhaut 18
Hybrid 71

Insekten 14, 48
Insektenauge 17
Instinkthandlungen 34
Iris 18

Jarowisation 75, 100
Jurazeit 41, 49

Kaiserbirne 73
Kalamiten 40
Kältepunkte 12
Kambrium 48
Kammertierchen 49
Kampferbaum 44
Kampf ums Dasein 67
Kaninchen 63
Karbonzeit 39, 48
Kartoffel 73
Kartoffelkeime 5
Keimesentwicklung 58
Kerguelen-Inseln 66
Kleinhirn 30
Kleinklima 70
Kloakentiere 58
Knochenfunde 36
Koch, R. 92
Kohlenhydrate 79
Kohlenstoff 78
Kohlsorten 64
Kok-saghys 70, 100
Kopffüßer 17, 48, 86
Koralle 49
Kornblume 9
Kostroma-Rind 89
Kräuterbücher 90
Krebsauge 17
Krebse 47
Kreidezeit 50
Kreuzung 70, 73, 99
Kriechspuren 37
Kriechtiere 83
künstliche Zuchtwahl 66
künstliches System 84, 91
Kurzsichtigkeit 21

Labyrinth 23
Lagerpflanzen 84
Lagesinnesorgan 22
Lamarck, J. B. de 96, 100
Laubhölzer 50
Lebensbedingungen 65
Leeuwenhoek, A. van 92
Leitfossilien 46
Lepeschinskaja, O. B. 94
Lichtreize 9
Lichtsinnesorgan 16
Lichtwendigkeit 7
Linné, C. von 84, 91
Lochkameraauge 17
Löwenzahn 59, 75
Lungenfisch 58
Lurche 82
Lyssenko, T. D. 69, 75, 77, 100

Madeira 66
Malaria 68
Mammut 45
Mammutbaum 44
Maultier 71
Meeressaurier 42
Mentormethode 74
Metschnikow, I. I. 93
Mikroskopie 92, 94
Milzbrand 92
Mimose 10
Mittelohr 25
Mittelzeit 49
Mitschurin, I. W. 72, 73, 74, 75, 99
Mitschurinsche Winterbutterbirne 73
Moa 37
Möhre 73
Moleküle 79
Moos 84
Muskelsinn 13

Nachtblindheit 22
Nachtschatten 73
Nacktsamer 84, 87
Nadelhölzer 40, 44, 49
Nasentiere 14
natürliches System 84
natürliche Zuchtwahl 66
Nerven 28
Nervensystem 27, 31
Nervenzellen 11
Nesterpflanzung 75, 100
Netzauge 17
Netzhaut 19
Neuseeland 37
Neuzeit 50

Ohr 22, 25, 26
Oparin, A. I. 79
Organe, analoge und homologe 53
Organe, rudimentäre 55

Paarzeher 50
Panzerfisch 48
Panzerlurche 40, 48, 49

Pawlow, I. P. 33, 95
Penicillin 93
peripheres Nervensystem 31
Perimzeit 49
Petroleum 78
Pferd, Entwicklung 51
Physiologie 95
Plesiosaurier 43
Primel 61
Protoplasma 5, 10, 78
Psychologie 95
Pupille 18

Quartärzeit 50

Rankenpflanzen 8
Raubsaurier 42
Reflexe 32, 33, 95
Reize 5
Reizempfindlichkeit 80
Ren 46
Riechstoffe 15
Riesenhirsch 46
Rotäugelein 81
Rückenmark 31
Rüsseltiere 50

Sand-Strohblume 63
Saurier 41
Schachtelhalm 40
Schildkröte 45
Schlafbewegungen der Pflanzen 5, 9
Schleiden, M. J. 94
Schlingfarn 40
Schmerzsinn 13
Schnabeltier 58
Schuppenbaum 40
Schutzeinrichtungen des Auges 20
Schutzwaldstreifen 69
Schwalbenschwanz 61
Schwann, Th. 94
Schwerhörigkeit 26
Schwerkraft 8
Seekrankheit 24
Sehstörungen 21
Siegelbaum 40
Silur 48
Sinnesorgane, Übersicht 26
Sinneszelle 11
Sinnpflanze 10
Sommergerste 76
Sommerweizen 76
Sonnenblume 6
Sonnentau 8
Stachelhäuter 49
Stammbaum 81, 84, 98
Stangenbohne 8
Star, Grauer 22
Steinkohlenwald 39
Stoffwechsel 80
Streptomycin 93
Strickleiternervensystem 27, 82
Sulfonamide 93
Sumpfdeckelschnecke 51
Sumpfzypresse 44
Symbiose 69
System der Pflanzen und Tiere 84, 90

Tang 48
Tapir 51
Tastsinn 11
Taubenkropf 61
Taubenrassen 65
Temperatursinn 11, 12
Tertiärzeit 44, 50
Timirjasew, K. A. 98
Tomate 73
Tränendrüse 21
Trauermantel 62
Trias 49
Trommelfell 25
Tuberkulose 92
Tundra 46
Ultraviolette Strahlen 17, 77
Umgestaltung von Tier und Pflanze 75
Umweltbedingungen 64, 70 75, 77, 96
Umwelteinflüsse 5, 73, 99
ungeschlechtliche Bastarde 72
Unpaarzeher 50, 88
Urkriechtiere 41
Urozean 78
Urtröpfchen 79
Urvogel 50, 52, 83
Urzeit 47
Ussurische Wildbirne 73

Veredeln 72
Vererbung 63, 70, 96, 99
Vermehrung 80
Versteinerung 37
Vögel 83
Volvoxkugel 58

Walnuß 44
Wärmepunkte 12
Wärmereize 9
Weitsichtigkeit 21
Wildpferd 37, 46
Windepflanzen 8
Winterbutterbirne 73
Wintergerste 76
Winterweizen 76
Wirbeltiere 82
Wisent 46
Wollhaariges Nashorn 46
Wuchsstoffe 7
Wurmfarn 6

Zahnvögel 50
Zellenlehre 93
Zentralnervensystem 28, 33
Ziliarmuskel 20
Züchtung 70, 99, 100
Zuchtwahl 59, 66
Zwischenformen 57