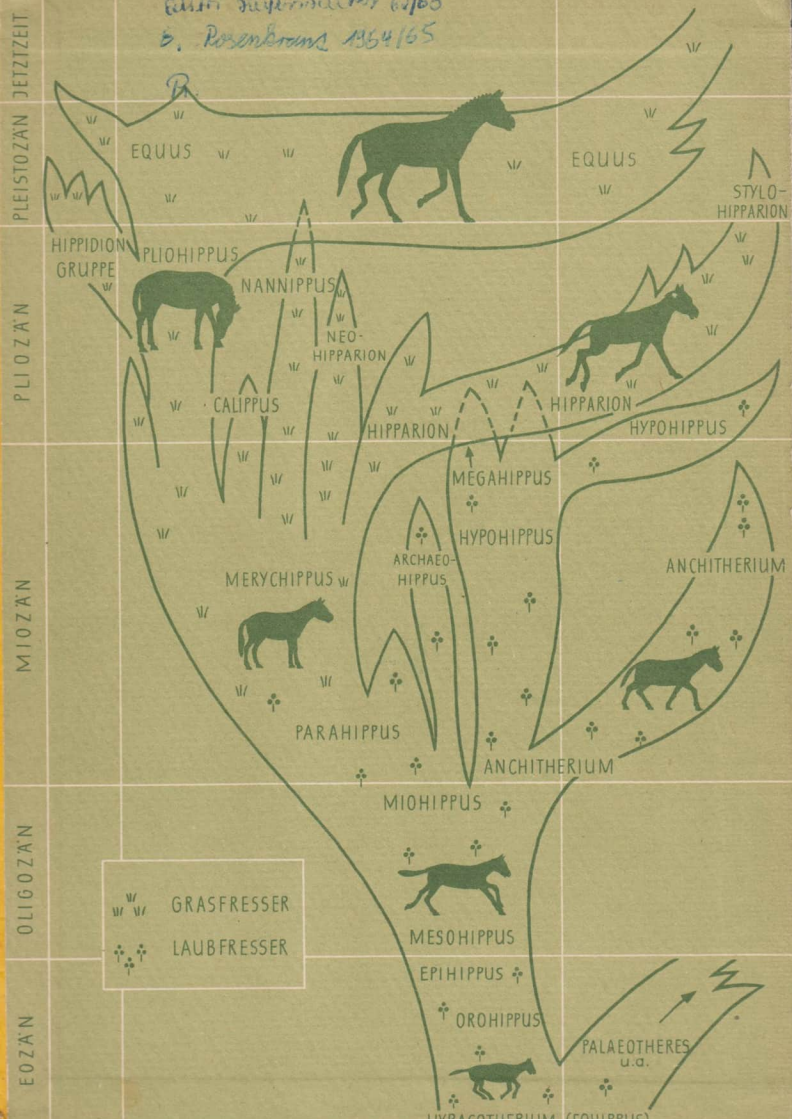


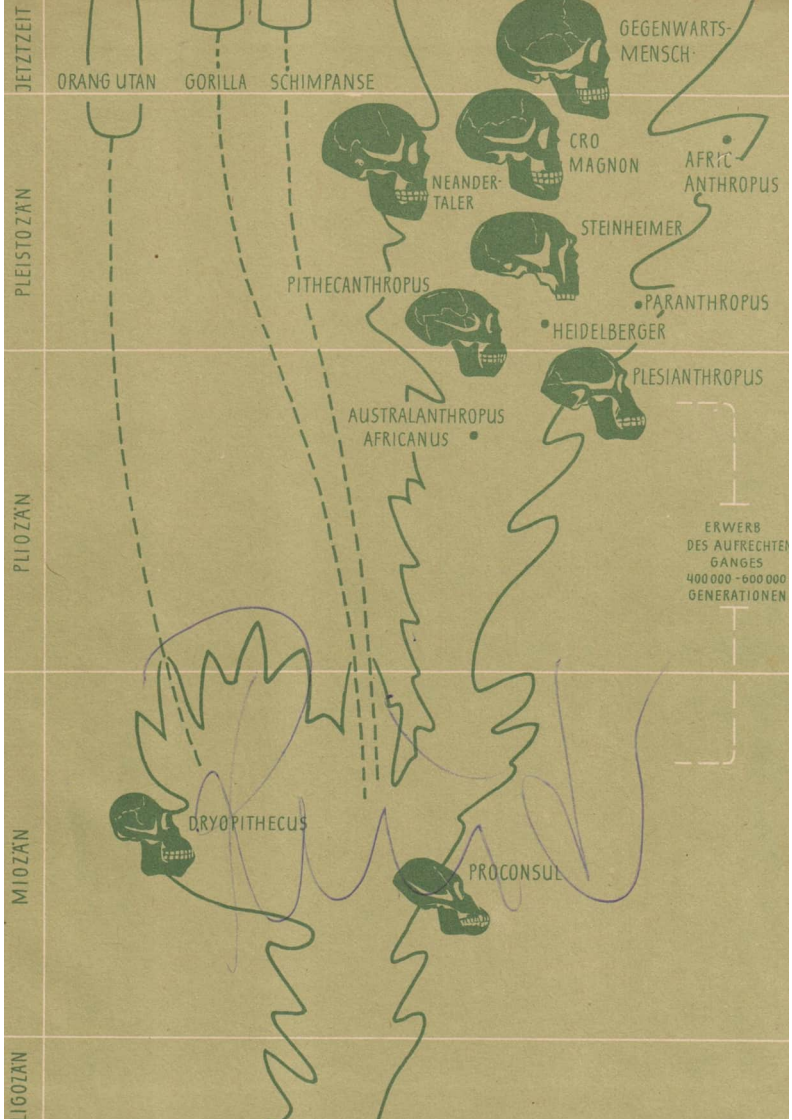


# Entwicklung der Organismen



aus: *Supplement 6/100*  
*B. Rosenbrans 1964/65*





# Entwicklung der Organismen

LEHRBUCH DER BIOLOGIE

Mit 78 Abbildungen im Text,  
4 Farbtafeln und 4 Kunstdrucktafeln



VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1961



Dieses Lehrbuch wurde von Dr. Herwart Ambrosius, Dr. Herbert Arnold, Dieter Bernhardt, Dr. Wolfgang Crome, Gunter Friedrich, Klaus Kloss, Wilhelm Linke, Dr. Helmut Nestler, Dr. Joachim Nitschmann, Dr. Wolfgang Padberg, Dr. Georg Uschmann und Dr. Irmtraut Wessely verfaßt. An der Entwicklung arbeitete neben vielen Wissenschaftlern und Lehrern vor allem ein Kollektiv des Pädagogischen Instituts Mühlhausen unter Leitung von Hans Fischer mit.

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Lehrbuch für die allgemeinbildende polytechnische Oberschule bestätigt.

Ausgabe 1960

Einband: Günter Klaus

Ausstattung: Atelier Volk und Wissen Verlag, Berlin

ES 11 H · Bestell-Nr. Q I 922-2 · 2,00 DM · Lizenz Nr. 203 · 1000/60 (DN)

Kartengenehmigung: Mdl der DDR Nr. 5670/1

Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)

Druck: VEB Messe- und Musikaliendruck, Leipzig (III/18/157)

## Inhaltsverzeichnis

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Einleitung .....                                      | 5  |
| Tatsachen aus der Entwicklungslehre .....             | 7  |
| Tatsachen aus der Paläontologie .....                 | 7  |
| Übergangsformen .....                                 | 13 |
| Tatsachen aus der Vergleichenden Anatomie .....       | 19 |
| Tatsachen aus der Vergleichenden Physiologie .....    | 27 |
| Tatsachen aus der Embryologie .....                   | 28 |
| Tatsachen aus der Tier- und Pflanzengeographie .....  | 32 |
| Faktoren der stammesgeschichtlichen Entwicklung ..... | 34 |
| Die Geschichte der Organismen .....                   | 46 |
| Die Entstehung der lebenden Materie .....             | 46 |
| Die Geschichte der Organismen .....                   | 53 |
| Die Stammesgeschichte des Menschen .....              | 62 |
| Zur Geschichte der Entwicklungslehre .....            | 71 |
| Die Entwicklungslehre Lamarcks .....                  | 75 |
| Charles Darwin und seine Lehre .....                  | 78 |
| Die Verbreitung des Darwinismus .....                 | 85 |
| Anhang .....                                          | 90 |
| Beziehungen zwischen Stammbaum und System .....       | 90 |
| Übersicht über das System der Organismen .....        | 92 |

## Einleitung

Auf unserer Erde leben einige Millionen Organismenarten. Wir konnten nur wenige von ihnen kennenlernen, aber dennoch haben wir eine allgemeine Vorstellung von ihrer Vielgestaltigkeit: Wir sahen winzige Mikroben unter dem Mikroskop und hörten von mehr als 30 Meter langen Walen. Weitaus bedeutender als der Unterschied in Größe und Gestalt ist die Verschiedenartigkeit der Lebensfunktionen bei diesen beiden Formen.

Trotz aller Vielgestaltigkeit zeigen die Organismen in den grundsätzlichen Lebensfunktionen aber eine weitgehende Einheitlichkeit. Sie alle bestehen aus Protoplasma, ähneln sich in den Stoffwechselprozessen und in vielen anderen Dingen.

Wir wissen, daß in der Regel Bau und Funktion der Organismen gut mit dem Leben in einer bestimmten Umwelt übereinstimmen: Die Organismen sind im Bau ihrer Organe und in ihren Lebensäußerungen ihrer Umwelt angepaßt.

Bereits im Altertum haben bedeutende Naturwissenschaftler und Philosophen darüber nachgedacht, wie die Vielgestaltigkeit und die Einheitlichkeit sowie das Angepaßtsein der Organismen zustande kommen.

Als die Menschen die Natur noch sehr unvollkommen beherrschten, ihre Kenntnis der Naturgesetze noch sehr lückenhaft war, beeinflussten mystische Schöpfungsgeschichten das Denken der Menschen. Wir finden sie noch heute im Schöpfungsbericht der Bibel. Aber im Altertum gab es auch Menschen, die den Gedanken äußerten, daß die vielen verschiedenen Lebewesen das Ergebnis einer Entwicklung seien, die auf Grund natürlicher Gesetzmäßigkeiten stattgefunden habe.

Doch erst im 19. Jahrhundert, vornehmlich in Frankreich und in England, den damals am weitesten entwickelten Ländern, entstanden umfassende Theorien von einer Entwicklung der Lebewesen auf Grund natürlicher Gesetze. Diese Entwicklungslehren leiteten eine neue Epoche der Biologie ein. Sie ließen die Vielgestaltigkeit und die Einheitlichkeit sowie das Angepaßtsein der vielen verschiedenen Organismenformen als Ergebnis einer natürlichen Entwicklung (Evolution) erkennen, die ohne jegliches Wirken übernatürlicher Kräfte abläuft.

Heute wissen wir, daß sich vor Jahrmillionen aus anorganischen Verbindungen auf der Urerde gesetzmäßig erste organische Verbindungen herausgebildet haben, daß aus diesen später erste ursprüngliche Lebewesen entstanden, die sich allmählich zu Pflanzen sowie zu Tieren und zum Menschen entwickelten. Dieses Naturgeschehen bringt die moderne Entwicklungslehre (die Evolutionstheorie) zum Ausdruck. Sie zeigt, daß Vielgestaltigkeit und Angepaßtsein das Ergebnis einer jahrmillionenlangen natürlichen Entwicklung sind und läßt die Einheitlichkeit als Folge der ge-

meinsamen Abstammung aller Organismen erkennen; sie zeigt auch die Gründe für die Evolution der Lebewesen.

Von den Forschern, die sich um die Klärung dieses Grundproblems der Biologie verdient gemacht haben, sind vor allem der französische Naturforscher JEAN-BAPTISTE LAMARCK (1744 bis 1829) und der englische Biologe CHARLES ROBERT DARWIN (1809 bis 1882) zu nennen. Ihre bahnbrechenden Erkenntnisse konnten nur unter größten Schwierigkeiten gegen den herrschenden Glauben an eine göttliche Schöpfung der Lebewesen, den die Kirche mit allen Mitteln zu erhalten suchte, durchgesetzt werden. Auch heute noch gibt es Versuche, die wissenschaftlich fest begründete Evolutionstheorie anzugreifen.

Mit der Entstehung der ersten Lebewesen bildeten sich auch alle Gesetzmäßigkeiten der lebenden Materie heraus: der Stoffwechsel, das Wachstum, die Vermehrung, die Vererbung, die Veränderlichkeit und die Auslese. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten für alle Organismen. Selbstverständlich behalten auch die entsprechenden physikalischen und chemischen Gesetze, etwa das Gesetz von der Erhaltung der Masse, ihre Gültigkeit. Mit physikalischen und chemischen Gesetzen kann aber das Leben nicht erklärt werden; es beruht auf einer neuen Qualität der Materie.

Jeder Versuch, die Gesetzmäßigkeiten eines Bereichs auf einen anderen zu übertragen, ist falsch. Ebenso wenig wie das Leben nicht allein in physikalischen und chemischen Gesetzen begründet ist, kann der Mensch als ausschließlich biologisches Wesen verstanden werden. Deshalb sind auch alle Bestrebungen, biologische Gesetze zur Erklärung der Entwicklung unserer menschlichen Gesellschaft heranzuziehen, unwissenschaftlich. Solche Versuche wurden vor allem am Ende des 19. und am Anfang des 20. Jahrhunderts von den sogenannten Sozialdarwinisten unternommen und werden auch heute in kapitalistischen Staaten wiederholt angestellt. Sie entspringen dem Bemühen, die soziale Ungerechtigkeit des Kapitalismus mit unveränderlichen Naturgesetzen zu begründen und so diese historisch überholte Gesellschaftsordnung zu rechtfertigen und vor dem Untergang zu bewahren.

Die Entwicklungslehre läßt alle Erscheinungen der lebenden Materie in ihrem geschichtlichen Werden erkennen. Sie ist die allgemeinste Theorie der Biologie. Deshalb arbeiten an der weiteren Vervollkommnung der Entwicklungslehre auch Forscher aus allen Bereichen der biologischen Wissenschaft. Sie bemühen sich, von den verschiedensten Seiten her die Herausbildung der Organismengruppen, ihre Stammesgeschichte, aufzuklären.

## Tatsachen aus der Entwicklungslehre

### Tatsachen aus der Paläontologie

Seit etwa 2 Milliarden Jahren gibt es auf der Erde Lebewesen. Ein besonderer Zweig der biologischen Wissenschaften, die Paläontologie (Versteinerungskunde), erforscht die Lebewesen vergangener Zeitalter. Bei ihrer Arbeit sind die Paläontologen oft auf Reste der Lebewesen angewiesen, die Jahrmillionen erhalten geblieben sind. Sie rekonstruieren die Lebewesen, bestimmen ihr Alter und gewinnen so einen immer vollständigeren Überblick über die Entwicklung des Lebens in den verschiedenen Erdformationen (s. S. 53).

### Die Fossilien

Tote Tiere und Pflanzen werden durch die Tätigkeit anderer Organismen, vor allem durch Kleinlebewesen, schnell zersetzt. Unter besonderen Bedingungen jedoch können Knochen, Schalen und sogar Weichteile erhalten bleiben.

Im Bergbau, in Steinbrüchen, bei Ausschachtungen oder sonstigen Erdarbeiten werden manchmal Reste von Lebewesen gefunden. Man bezeichnet diese Funde als **Fossilien**. Das Wort kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „das Ausgegrabene“.

Die Fossilien sind mehr oder weniger gut erhalten, vollständige Tiere oder Pflanzen werden sehr selten gefunden.

Im sibirischen Eis fand man Mammutleichen. Sie waren durch die niedrigen Temperaturen konserviert worden. An anderer Stelle entdeckte man ein vollständig erhaltenes Wollhaariges Nashorn. Es war in eine Spalte voll Erdwachs gefallen. Das Konservierungsmittel durchtränkte den ganzen Körper und bewirkte seine Erhaltung. Kleinere Lebewesen, wie Mücken, Blattläuse und Käfer, findet man oft in Bernstein eingeschlossen. Weil in den Einschlüssen auch die kleinsten Körperteile unbeschädigt sind, geben sie uns ein recht genaues Bild.

**Knochenfunde.** Knochen, Zähne und andere Hartteile (z. B. Schalen, Gehäuse) blieben vielfach in ihrer Form erhalten. Sie machten nur geringfügige chemische Veränderungen durch.

Die Rekonstruktion eines „Urpferdchens“ erfolgte beispielsweise aus Knochenfunden, die im Geiseltal bei Halle gemacht wurden.

**Versteinerungen.** Von Pflanzen oder Tieren, die von Erdmassen überdeckt wurden, ist oft die Form erhalten geblieben. Die chemische Zusammensetzung



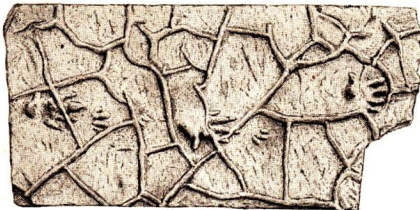


Abb. 1 Abdruck von Kriechspuren eines Sauriers im Sandstein der Trias-Formation

ihres Körpers hat sich jedoch durch verschiedene im Grundwasser gelöste Stoffe verändert. Solche Fossilien bezeichnen wir als Versteinerungen.

Dabei unterscheiden wir je nach dem Material, das sich an Stelle der Skelettsubstanz abschied, Verkalkung, Verkieselung oder Vererzung.

**Abdrücke.** Von Organismen, die keine Hartteile besitzen, sind manchmal Abdrücke erhalten. Ihre Zersetzung erfolgte in Schlamm oder weichem Untergrund. Durch Überlagerungen mit Feinschlamm und dessen nachträgliche Verfestigung blieb die äußere Form der Organismen ziemlich genau erhalten. Auf diese Weise sind von Tieren und Pflanzen Abdrücke entstanden, die man heute in verschiedenen Erdschichten finden kann. Auch Abdrücke von Kriechspuren sind gefunden worden; sie geben uns Aufschluß über die Art und Weise der Fortbewegung einzelner Tiere, die heute ausgestorben sind (Abb. 1).

### Altersbestimmung einer Schicht

**Atomzerfall.** Das Alter der Erdschichten läßt sich recht genau bestimmen. Dabei wird der gleichmäßig verlaufende Atomzerfall benutzt.

Beim Atomzerfall wird ein Grundstoff (z. B. Uran) in einen anderen (z. B. Blei) umgewandelt. In gleichen Zeitabschnitten verwandeln sich gleiche Mengen des Ausgangsmaterials in den neuen Grundstoff. Die Geschwindigkeit, mit der sich Uran in Blei verwandelt, ist genau bekannt. Der Atomzerfall, den die Wissenschaftler in Laboratorien künstlich hervorrufen, findet in der Natur ständig statt. Uran und Blei sind in manchen Gesteinen der Erdkruste enthalten. Aus der Menge des in Blei umgewandelten Urans bestimmen die Wissenschaftler die Zeit, die seit der Entstehung des Gesteins verflossen ist, also das Alter des Gesteins.

**Leitfossilien.** Bei Schichtgesteinen lassen sich keine Zeitbestimmungen mit Hilfe des Atomzerfalls durchführen, da sie die erforderlichen Elemente (z. B. Uran) nicht enthalten. In solchen Fällen können uns Fossilien Aufschluß über das ungefähre Alter der Schichten geben.

Jede Schicht hat sich zu einer bestimmten Zeit abgesetzt. Dabei wurden die Tiere und Pflanzen, die zu der Zeit lebten, mit eingebettet. Die Fossilien der verschiedenen Schichten unterscheiden sich voneinander.

In den einzelnen Erdzeitaltern treten immer wieder neue Formen auf. Die zu den Gliederfüßern gehörenden Dreilapper beispielsweise gibt es nur im Erd-Altertum. Im Erd-Mittelalter erscheinen erstmalig die Säugetiere. Finden wir also den Knochen

eines Säugers in einer Gesteinsschicht, dann wissen wir, daß die Schicht nicht aus einer Zeit vor dem Erd-Mittelalter stammen kann.

Die Tiere und Pflanzen, die in einem bestimmten, verhältnismäßig eng begrenzten Zeitabschnitt der Erdgeschichte häufig auftreten, bezeichnet man als Leitfossilien. Davon kennt man bereits Tausende, und immer wieder werden neue ermittelt.



Abb. 2 Heute lebende Tintenschnecke (Kopffüßer), schwimmend

Abb. 3 Seelilie; noch heute lebender Stachelhäuter

### Wo finden wir Fossilien?

Die versteinerten Zeugen des Lebens in früheren Zeiten sind nicht nur den Fachleuten zugänglich. Auch wir können uns eine Sammlung anlegen. Oft erhält jedoch erst in den Händen der Wissenschaftler das Fossil seinen Wert. Da wird es zum Schlüssel für die jahrmillionenlange Geschichte des Lebens. Daran sollte jeder denken, der etwas Besonderes gefunden hat.

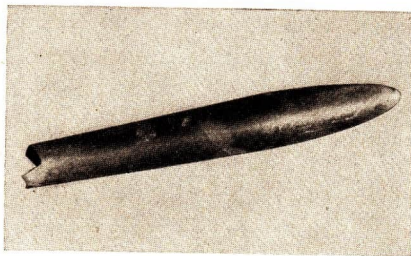


Abb. 4 Donnerkeil; fossiler Rest ausgestorbener Tintenschnecken

In Norddeutschland sind die Ablagerungen aus der Kreidezeit (weiße Schreibkreide) ein dankbares Sammelgebiet. Man findet häufig am Strande versteinerte Seeigel, deren Inneres zumeist mit Feuerstein ausgefüllt ist. Seeigel — sie gehören zu den Stachelhäutern — sind uns auch aus den heutigen Meeren bekannt.

Daneben kommen auch Reste von Verwandten unserer heutigen Tintenschnecken (Tintenfische, Abb. 2) vor. Diese unter dem Namen Donnerkeile bekannten Stücke bestehen zum Teil aus Kieselsäure; sie fallen meist durch ihre gelbe bis graubraune Farbe auf. Es sind etwa fingerstarke, in eine Spitze auslaufende runde Säulchen (Abb. 4).

Mitunter findet man auch Feuersteine von keulenförmiger Gestalt. Es sind meist verkieselte Schwämme. Man kann an ihnen manchmal die kleinen Schwammnadeln erkennen.

In der weißen Schreibkreide finden sich besonders viel Reste von Kleinlebewesen. Bringen wir ein Stück ungereinigter Kreide auf ein feines Sieb und schlämmen es so lange,

bis nur noch ein kleiner, körniger Rückstand übrigbleibt, dann können wir unter dem Mikroskop die verschiedensten Formen erkennen. Vielgestaltige Einzeller liegen neben kleinen Seeigelstacheln. Kleine Sternchen sind Stielglieder von Seelilien (Abb. 3). Winzige Nadeln von Schwämmen und noch vieles mehr können uns überraschen. Diese feinen Gebilde stammen aus dem Kreidemeer vor rund 80 Millionen Jahren.

In den Kalkbergen von Rüdersdorf bei Berlin haben wir Ablagerungen des Muschelkalkmeeres vor uns. Wie am Strand der Ostsee können wir dort regelrechte Muschelpflaster beobachten.

Auch für die Mädchen und Jungen aus Mitteldeutschland gibt es überall Fundstellen. Der Muschelkalk im Thüringer Becken, der aus der Trias stammt, ist reich an Muscheln, Schnecken und anderen Weichtieren sowie Seelilien.

## Die Entwicklung des Pferdes

Eine Tiergruppe, deren Geschichte von den Paläontologen recht genau erforscht wurde, bilden die Pferde. Die heute lebenden Pferde sind ihrer Umwelt ausgezeichnet angepaßt. Das können wir gut an der Lebensweise des Zebras, eines Verwandten des

Hauspferdes, erkennen. Das Hauspferd selbst wollen wir in unsere Betrachtungen nicht einbeziehen, da seine Umwelt vom Menschen geformt und gestaltet wird. In ihrem Körperbau weisen Hauspferde und Zebras keine wesentlichen Unterschiede auf.

Die Zebras besiedeln in großen Herden die Steppen Afrikas. Ihre Nahrung besteht hauptsächlich aus harten Steppengräsern. Diese schwer zu zerkleinernde Nahrung führt sehr schnell zur Abnutzung der Zähne. Da die Zebras über besonders stark ausgebildete, hohe Zahnkronen verfügen, sind die Zähne trotz der Abnutzung ständig funktionsfähig.

Seinen Feinden entzieht sich das Zebra in den weiten Ebenen durch Flucht. Für das schnelle Laufen erweist



Abb. 5 Das „Urpferdchen“ *Eohippus*

es sich als besonders förderlich, daß die Berührungsfläche zwischen Fuß und Erdboden klein ist.

Bei allen schnell laufenden Wirbeltieren (z. B. Reh, Hirsch, Büffel, Pferd) berührt der Fuß nur noch mit den Zehen den Boden. Auch der Mensch, der normalerweise ein Sohlengänger ist, richtet seinen Fuß beim schnellen Lauf auf und läuft nur noch auf dem vorderen Teil des Fußes.

Beim Zebra und Pferd berühren nur noch die Spitze einer Zehe den Boden, dadurch entsteht eine besonders kleine Trittlfläche.

Das heute lebende Pferd hat eine Geschichte von vielen Millionen Jahren. In den Ablagerungen der Tertiärzeit findet man in Nordamerika und Europa Knochen, die von Vorfahren der Pferde stammen. Auch ganze Skelette wurden gefunden, die man mit den Skeletten unserer heute lebenden Pferde verglichen hat. Dabei stellte man fest, daß sich das Pferd im Laufe seiner Entwicklung stark verändert hat.

Kurz nach Beginn der Erdneuzeit (Eozän) gab es in Nordamerika ausgedehnte Sumpfwälder. Überall breitete sich ein Dickicht saftiger grüner Pflanzen aus. In diesen Wäldern lebte ein kleines, 25 cm hohes Tier (Abb. 5), ein Vorfahre unserer Hauspferde. Als

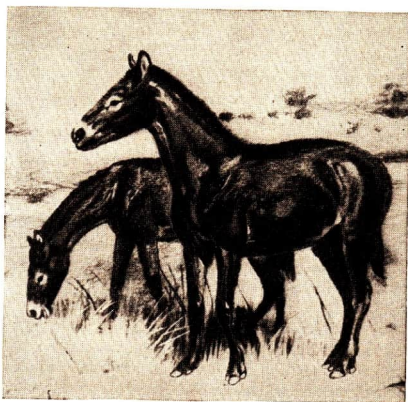


Abb. 6 Ein Nachfolger des „Urpferdchens“, *Meshippus*

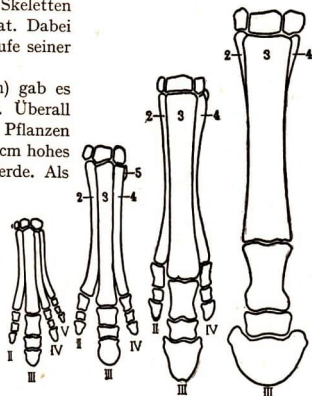


Abb. 7 Entwicklungsreihe des Pferdesfußskeletts; links Fußskelett der ältesten Form („Urpferdchen“), rechts Fußskelett der jüngsten Form (Hauspferd)

Die arabischen Ziffern bezeichnen die Mittelfußknochen, die römischen Ziffern die Zehen. Beim Hauspferd ist nur noch die Mittelzehe (III) ausgebildet; von den Mittelfußknochen 2 und 4 sind nur noch Reste als „Griffelbeine“ erhalten geblieben.



Nahrung diente diesem „Urpferdchen“ das weiche, saftige Laub, es nutzte das Gebiß kaum ab; die Backenzähne besaßen nur eine niedrige Krone. Die Vorderfüße der Tiere berührten noch mit vier Zehen, die kleine Hufe trugen, den Boden. Die fünfte Zehe, die dem Daumen der menschlichen Hand entspricht, war stark verkümmert. Die Hinterfüße besaßen nur noch je drei Zehen, die den Boden berührten.

Die Nachfolger des „Urpferdchens“ kennt man aus vielen Fossilien. Diese Pferde lebten ebenfalls in Nordamerika (Abb. 6). Sie waren bereits wesentlich größer. Die Rückbildung der Zehen war bei ihnen weiter fortgeschritten: Vorder- und Hintergliedmaßen waren dreizehig. Die Hauptlast des Körpers wurde von den Mittelzehen getragen, die entsprechend kräftig ausgebildet waren.

Diese Entwicklung schritt bei den nachfolgenden Pferdeformen weiter voran. Die Tiere wurden größer, die beiden Seitenzehen ihres Fußes bedeutungslos. Sie verkümmerten schließlich vollständig. Übrig blieben nur die kräftigen, behuften Mittelzehen, wie wir sie von unserem Hauspferd kennen (Abb. 7).

In der Entwicklung des Pferdes ist also eine außerordentliche Größenzunahme zu erkennen (Urpferdchen: Schulterhöhe 25 cm; Hauspferd: Schulterhöhe bis 150 cm). Außerdem hat sich das Gliedmaßenskelett stark verändert; die Pferde wurden zu schnellen Spitzengängern. Diese Veränderungen ermöglichten den Pferden ein Leben in der Steppe. Damit wiederum waren weitere Umstellungen verbunden. Die Laubfresser wurden in der Steppe zu Grasfressern. Das Gebiß veränderte sich stark, die Backenzähne bekamen hohe, harte Kronen.

In ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung ist bei den Pferden also eine enge Wechselbeziehung zwischen den Lebensbedingungen und dem Körperbau festzustellen.

### Die Entwicklung des Zapfens der Nadelbäume

Von den nacktsamigen Pflanzen, zu denen auch unsere Nadelbäume gehören, sind erste Formen schon aus Ablagerungen des Erd-Altertums bekannt. Die Vorfahren dieser Pflanzen, die Cordaiten (s. Abb. 46), kennen wir aus Abdrücken in der Steinkohle des Karbons.

Durch viele Funde von Abdrücken und Einschlüssen aus den folgenden Erdperioden können wir die Entwicklung dieser Pflanzengruppe recht gut verfolgen. Besonders eindrucksvoll ist dabei die Entwicklung ihrer Zapfen. Sie entstanden aus den kätzchenartigen Blütenständen der Cordaiten.

Am besten verstehen wir diese Entwicklung, wenn wir die allmählichen Umwandlungen im Bau einer einzelnen Blüte verfolgen (Abb. 8).

Die abgebildeten Beispiele sind nicht Stufen innerhalb einer geschlossenen Entwicklungsreihe. Sie stellen teilweise Ansätze und Stufen von Seitenzweigen der Entwicklung dar. An ihnen läßt sich aber die ständige Vereinfachung der Blüten, die Entwicklung vom lockeren Blütenkätzchen zum geschlossenen Zapfen, gut erkennen.



1. Die Blüte besteht aus mehreren unfruchtbaren Schuppen und einigen Samenanlagen, die oft an gekrümmten Stielchen sitzen. Mehrere Blüten stehen als lockere Kätzchen an der Blütenachse zusammen.



4. Die Samenschuppe verwächst mit der Deckschuppe, es entsteht ein Schuppenkomplex, wie wir ihn von den Zapfen unserer Nadelbäume kennen.



2. Bei der Blüte der ersten echten Nadelbäume haben sich die unfruchtbaren Schuppen zusammengeschlossen; eine von ihnen hat sich zu einer deutlichen Deckschuppe vergrößert, die die Blüte schützt. Der gesamte Blütenstand wird dadurch einem Zapfen ähnlich.



5. Der Anteil der Deckschuppe hat sich rückgebildet und sitzt nur als kleines Spitzchen der Samenschuppe an. Bei den Kiefernzapfen ist die Deckschuppe gänzlich rückgebildet.



3. Die unfruchtbaren Schuppen sind zu einer einzigen verwachsen, die mit der Samenanlage (bei einigen Arten sind es mehrere Samenanlagen) zur Samenschuppe verwächst.

Abb. 8 Zur Entwicklung des Zapfens der Nadelbäume  
Die einzelnen Zeichnungen stellen Ausschnitte aus dem gesamten Blütenstand dar, der sich vom lockeren Kätzchen bis zum geschlossenen Zapfen entwickelt. (Die Samenanlagen sind schwarz, die unfruchtbaren Schuppen sind weiß, die Deckschuppen schraffiert gezeichnet.)

## Übergangsformen

Die ausgestorbenen (fossilen) Lebewesen unterscheiden sich oft beträchtlich von den Organismen, die die Erde heute besiedeln (den rezenten Lebewesen). Einige der fossilen Formen vereinen in sich Merkmale, die wir heute getrennt voneinander bei Organismengruppen finden, die deutlich voneinander abgegrenzt sind. Bestimmte fossile Formen weisen zum Beispiel Merkmale der rezenten Kriechtiere und Merkmale der rezenten Vögel auf. Sie stammen aus erdgeschichtlichen Zeiten, in denen sich die rezenten Gruppen noch nicht in ihrer heutigen Gestalt herausgebildet hatten, sondern erst begannen, sich aus gemeinsamen Vorfahren zu selbständigen Gruppen zu entwickeln. Diese Formen werden als Übergangsformen oder Zwischenformen bezeichnet.

Funde von Übergangsformen sind sehr selten. Sie haben für die Forschung außerordentliche Bedeutung; denn sie beweisen mit größter, sonst kaum erreichbarer Exaktheit einzelne entscheidende Phasen der Stammesgeschichte.

## Die Urvögel

Bei Solnhofen in Süddeutschland werden in einer Anzahl von Steinbrüchen Kalke abgebaut, die ihrer plattigen Ausbildung wegen als Dachplatten, Bodenbelag und Wand-



verkleidung benutzt werden. Diese Plattenkalke enthalten viele Fossilien. Nachdem man bereits 1860 im Kalk eine fossile Vogelfeder gefunden hatte, brachten die Steinbrucharbeiter 1861 den Abdruck eines ganzen Vogelskeletts zutage.

Dieses Exemplar wurde für 450 englische Pfund nach London verkauft. Sechzehn Jahre später (1877) stieß man auf ein ähnliches, besser erhaltenes Vogelskelett. Nach langen Verhandlungen wurde es zu einem Preis von 20000 Mark für die Berliner Universität erworben. Es befindet sich auch heute noch im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität (Tafel gegenüber S. 16). Ein drittes Skelett wurde 1956 bei Langenaltheim, westlich von Solnhofen, gefunden.

Die Urvögel, die in der Wissenschaft den Namen *Archaeopteryx* erhielten, sind wichtige Belegstücke für die Stammesgeschichte der Vögel, ja für die gesamte Abstammungslehre.



Abb. 9 So müssen die Urvögel ausgesehen haben

Sieht man nur flüchtig auf den *Archaeopteryx*, so ist man schnell geneigt, ihn zu den Vögeln zu rechnen (Abb. 9). Die deutlich erkennbaren Abdrücke der Federn lassen das als durchaus berechtigt erscheinen. Beim genauen Betrachten jedoch können wir erkennen, daß eine ganze Reihe von Merkmalen auftreten, die bei den heute lebenden Vögeln fehlen.

So hat der *Archaeopteryx* im Unter- und Oberkiefer kegelförmige **Zähne** (Abbildung 10), während bei den heute lebenden Vögeln niemals Zähne ausgebildet sind.

Ein auffallender Unterschied zeigt sich auch in der Ausbildung der **Flügel**. Untersuchen wir einen heute lebenden Vogel, so erkennen wir, daß alle Knochen der vorderen Gliedmaßen in die Flügel einbezogen sind. Der *Archaeopteryx* dagegen be-

sitzt an den Flügeln drei frei bewegliche Finger. Vermutlich wurden sie als Greiforgane benutzt, wenn der „Urvogel“ im Geäst kletterte (Abb. 9).

Als sehr urtümliches Merkmal besitzt der *Archaeopteryx* einen langen Schwanz. Dieser wird nicht, wie bei heute lebenden Vögeln (z. B. Fasan), durch lange Schwanzfedern nur vorgetäuscht; er wird von 20 bis 21 Wirbeln gebildet. An beiden Seiten der Wirbel setzen Federn an (Abb. 9 u. Tafel gegenüber S. 16).

Beim Flug sind Schultergürtel, Brustkorb sowie Wirbelsäule im Bereich des Rückens einer großen Belastung ausgesetzt. Diese Knochen sind bei unseren heutigen Vögeln kräftig ausgebildet und untereinander ziemlich fest verbunden. Beim *Archaeopteryx* dagegen ist keine feste Verbindung vorhanden. Man muß deshalb annehmen, daß er kein guter Flieger gewesen ist.

Alle genannten Merkmale, die der *Archaeopteryx* im Gegensatz zu den heute lebenden Vögeln aufweist (Bezeichnung, Ausbildung der Finger, des Schwanzes und des Brustabschnittes), zeigen große Ähnlichkeiten mit dem Skelett der Kriechtiere.

Die Vorfahren des *Archaeopteryx* sind echte Kriechtiere gewesen. Sie lebten in felsigen Gebieten. Diese Formen liefen nur noch auf den Hinterbeinen, sie waren klein und zierlich, ihr Körper war noch vollständig mit Schuppen bedeckt. In der weiteren Entwicklung haben sich bei den Vorfahren unserer Vögel die Schuppen in Federn

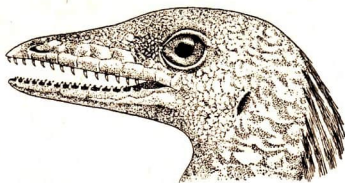


Abb. 10 Rekonstruktion des Kopfes von *Archaeopteryx*

umgewandelt. Die Vogelfeder ist eine besonders entwickelte Schuppe (Abb. 11).

Das Gefieder vergrößerte die Körperoberfläche, besonders im Bereich der Vordergliedmaßen, beträchtlich. Die Urformen unserer Vögel kletterten im Astwerk der Bäume. Beim Sprung auf den Erdboden wirkte das Gefieder wie ein Fallschirm, so daß die Tiere schwebten. Das waren die Anfänge des Vogelfluges.

Der *Archaeopteryx* lebte in der Juraformation. Drei Exemplare dieser „Urvögel“ kennen wir, die über Jahrmillionen hinweg erhalten blieben.

### Die Quastenflosser

Fische sind uns aus vielen Ablagerungen des Erd-Altertums bekannt. Die Skelettmerkmale der ersten Landwirbeltiere, der

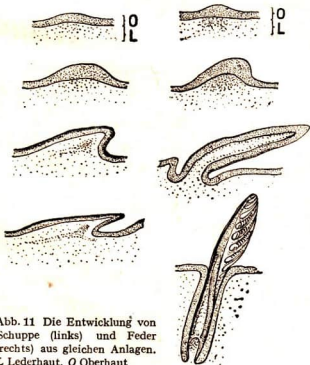


Abb. 11 Die Entwicklung von Schuppe (links) und Feder (rechts) aus gleichen Anlagen. L Lederhaut, O Oberhaut

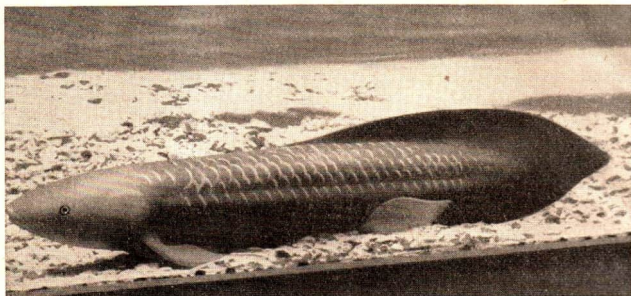


Abb. 12 Lungenfisch

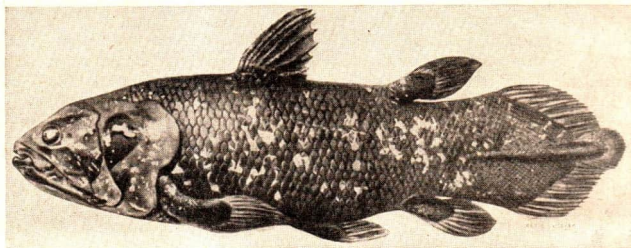


Abb. 13 Heute lebender Quastenflosser

Lurche, deuten einwandfrei darauf hin, daß sie sich aus bestimmten fossilen Fischen entwickelt haben.

Der Übergang vom Wasser- zum Landleben wurde vor allem durch Änderungen im Bau der Atmungsorgane sowie der Gliedmaßen ermöglicht: An Stelle der Kiemenatmung trat die für das Landleben der Wirbeltiere unerlässliche Lungenatmung; die Brust- und Bauchflossen bildeten sich in Gliedmaßen um, die eine Fortbewegung auf dem Lande ermöglichten.

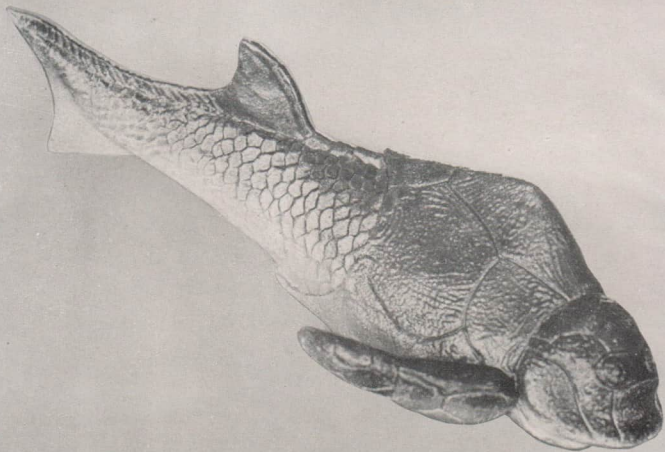
Noch heute leben in Südamerika, Afrika und Australien eigenartige Fische, die außer ihren Kiemen eine Art Lunge besitzen. Sie können so auch außerhalb des Wassers atmen. Diese Tiere werden als *Lungenfische* bezeichnet (Abb. 12). Die wenigen heute noch leben-

---

Tafel 1 Dieser Abdruck des Urvogels *Archaeopteryx* wurde 1877 in den Solnhofener Plattenkalken gefunden









den Arten sind Überreste einer Fischgruppe, die im Erd-Altertum weit verbreitet war. Sie weist gewisse Ähnlichkeiten mit den Lurchen auf. Deshalb nahm man früher an, daß die Lurche sich aus diesen Tieren entwickelt hätten. Die heutigen Forschungsergebnisse zeigen jedoch, daß die Lungenfische nicht Ahnen unserer Lurche sind. Sie waren bereits zu stark an besondere Bedingungen angepaßt. Außerdem konnten ihre Flossen nicht zu Laufgliedmaßen umgebildet werden.

Als Vorfahren der Lurche können wir eine Fischgruppe, die sogenannten Quastenflosser, ansehen. Ihren Namen verdanken diese Fische ihren eigenartigen, quastenförmigen Flossen. Sie waren im Erd-Altertum weit verbreitet. Später ging ihre Verbreitung immer mehr zurück. Man glaubte bis vor kurzem, daß die Quastenflosser ausgestorben seien. In den letzten Jahren wurden aber einige Exemplare in den Gewässern bei Madagaskar gefangen (Abb. 13). Nun können die Erkenntnisse, die an den Versteinerungen gewonnen wurden, an lebenden Formen ergänzt und überprüft werden.

Beim Vergleich des Flossenskeletts der Quastenflosser mit den Gliedmaßen der Landwirbeltiere finden wir Ähnlichkeiten. Ein einzelner, kräftiger Knochen steht mit dem Schultergürtel in Verbindung; ihm entspricht der Oberarmknochen der Landwirbeltiere. Zwei weiteren Knochen entsprechen Elle und Speiche. Auf diese Längsachse folgt eine Reihe von Knochenstrahlen, die im einzelnen zwar nicht den Handknochen der Landwirbeltiere entsprechen, deren gesetzmäßige Anordnung aber bereits die Weiterentwicklung zum strahligen Hand- oder Fußskelett der Landwirbeltiere andeutet (s. Farbtafel gegenüber S. 56). Außerdem zeigt auch die Anordnung der Schädelknochen bei urtümlichen Lurchen deutlich ihre Herkunft von den Quastenflossern.

Zur Zeit gibt es zwei Annahmen über die Entstehung der ältesten Lurche aus den Quastenflossern.

Wenn durch starke Sonneneinstrahlung und Mangel an Niederschlägen die Gewässer, in denen die Quastenflosser lebten, austrockneten, mußten die Tiere ersticken. Ein Teil von ihnen war jedoch in der Lage, mit Hilfe von Ausstülpungen des Vorderdarms vorübergehend atmosphärische Luft zu atmen. Ihre kräftigen paarigen Flossen gaben ihnen die Möglichkeit, auf dem Festland an neue Wasseransammlungen zu gelangen. Die Wanderung über das Land war die Ursache dafür, daß sich die Flossen zu Gehwerkzeugen umbildeten.

Die andere Annahme geht davon aus, daß die ursprünglichen Quastenflosser Räuber waren. Alle Landwirbeltiere, und zum Teil auch Fische, benötigen hin und wieder eine Ruhezeit, die man etwa mit unserem Schlaf vergleichen kann. Diese Ruhezeit ist für Räuber besonders wichtig. Wenn in dem Lebensraum der Quastenflosser noch andere große Räuber lebten, mußten die Quastenflosser für die Zeit ihrer Ruheperiode auf das Land kriechen. Als Aufenthaltsort dienten die feuchten, kühlen Uferdickichte.

---

Tafel 2 Oben: Rekonstruktion eines Panzerfisches

Mitte: Rekonstruktion eines Quastenflossers. Die Gliedmaßen ermöglichen die Fortbewegung auf dem Festland.

Unten: Rekonstruktion des urtümlichen Lurchs

Es ist anzunehmen, daß sich die Quastenflosser sowohl durch Schlängelbewegungen als auch durch die Betätigung der paarigen Flossen vorwärtsbewegen. Ähnlich bewegen sich auch heute noch viele Lurche (z. B. Salamander, Abb. 14).

Beide Hypothesen führen die Entstehung von Gliedmaßen auf den Gebrauch der Flossen als Gehwerkzeuge zurück. Sicher haben mehrere Ursachen zur Fortbewegung auf dem Lande geführt.

### Nacktsprosser und Farnsamer

**Nacktsprosser.** Die Nacktsprosser (Psilophyten, Abb. 15) besiedelten als erste Pflanzen das Festland; sie haben sich im Silur aus

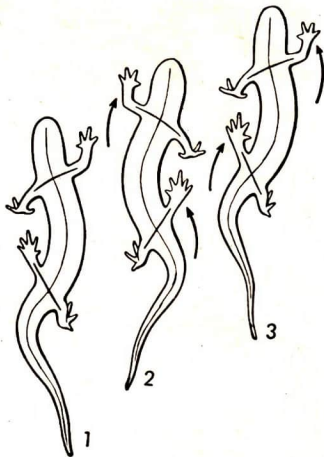


Abb. 14 Kriechbewegungen eines Salamanders



Meerestangen entwickelt. Die Nacktsprosser besaßen keine oder nur sehr kleine Blätter; sie assimilierten mit ihren gabeligen Sprossachsen. Sie hatten auch keine Wurzeln, sondern hielten sich mit wurzelähnlichen Gebilden im Boden fest. Dadurch waren sie äußerlich den Algen noch sehr ähnlich. In Anpassung an die neue Umwelt besaßen sie aber eine feste Oberhaut mit Spaltöffnungen sowie einfache Leitbündel, die die Wasserleitung im Pflanzenkörper erleichterten und zugleich den Pflanzen einen gewissen Halt verliehen. Durch diese Merkmale, vor allem auch durch den Besitz von Sporenkapseln, leiten die Nacktsprosser zu den echten Farnpflanzen über.

**Farnsamer.** Die Farnsamer (Pteridospermen, Abb. 16) traten in der Steinkohlenzeit auf. Sie wurden auf Grund der farnähnlichen Ausbildung ihrer Blätter lange Zeit für echte Farne gehalten. Erst in diesem

Abb. 15 Ein Nacktsprosser der Gattung *Psilophyton*  
1 Sporenkapseln, 2 Sprossachsenstück mit dornförmigen Auswüchsen, 3 Gefäßzellen

Jahrhundert konnten Wissenschaftler nachweisen, daß diese farnähnlichen Pflanzen echte Samen besaßen, deren Samenanlage große Ähnlichkeit mit der der Nacktsamer hat. Die Farnsamer zeichnen sich außerdem durch den Besitz eines Kambiums im Sproß aus, das bei den Farnen noch fehlt. Sie werden heute als die einfachsten Nacktsamer aufgefaßt.



Abb. 16 *Lyginopteris*, eine windende Farnsamerpflanze

Die Kenntnis der **Übergangsformen**, wie sie beispielsweise Urvögel, Quastenflosser und Nacktsprosser darstellen, läßt uns die Verwandtschaft zwischen bestimmten Organismengruppen erkennen. Sie zeigt uns, daß auch so unterschiedliche Tierklassen wie die Reptilien und Vögel stammesgeschichtlich eng zusammenstehen.

#### Aufgabe und Fragen

1. Auf welche Weise konnten Reste von Organismen über lange Zeiträume erhalten bleiben?
2. Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit eine Organismenform als Leitfossil gelten kann?
3. Wodurch unterscheiden sich die ältesten Formen des Pferdes von unserem Hauspferd beziehungsweise den heutigen Wildpferden?
4. Wie haben wir uns die Anfänge des Vogelfluges vorzustellen?
5. Wodurch unterscheiden sich die ersten Landpflanzen von den wasserbewohnenden höheren Algen?
6. Vergleiche die Flossen eines Quastenflossers mit den Gliedmaßen eines Lurches (s. Farbtafel gegenüber S. 56)!

#### Tatsachen aus der vergleichenden Anatomie

Die vergleichende Anatomie befaßt sich mit der Untersuchung von heute lebenden und von fossilen Organismen. Aus gemeinsamen oder unterschiedlichen Merkmalen kann man auf den Verwandtschaftsgrad von Organismengruppen und auf gemeinsame Vorfahren schließen.

## Das Gliedmaßenskelett der Wirbeltiere

Wir wollen zunächst das Skelett der vorderen Gliedmaßen verschiedener Wirbeltiere – Lurch, Vogel, Hund, Mensch – miteinander vergleichen. Ihre Funktionen – Kriechen, Fliegen, Laufen, Arbeiten – sind sehr unterschiedlich. Es ist leicht zu erkennen, daß diese Gliedmaßenskelette aus einander entsprechenden Knochen bestehen: aus einem Oberarmknochen, zwei Unterarmknochen und den Handknochen. Die Gliedmaßenskelette aller rezenten Landwirbeltiere zeigen den gleichen Bau. Man kann daraus schließen, daß diese Tiere und der Mensch von gemeinsamen Vorfahren abstammen, deren Gliedmaßenskelette in ähnlicher Weise ausgebildet waren. Durch paläontologische Funde wird diese Annahme bestätigt. Bereits die ersten Landwirbeltiere (urtümliche Lurche) besaßen ein Gliedmaßenskelett, das die genannten charakteristischen Merkmale aufweist.

Auch bei ihren Vorfahren, den Quastenflossern, zeigen die Gliedmaßenskelette mit Ausnahme der Fingerglieder ähnliche Knochen. Sie sind entsprechend der vorwiegenden Funktion der Flosse als Schwimmorgan noch sehr gedrungen. Beim Übergang zum Landleben verlängerten sich die einzelnen Knochen, und die Finger bildeten sich aus. Diese Anpassung an das Landleben ermöglichte es den Lurchen, später den Reptilien und am vollkommensten den Säugetieren und Vögeln, ihren Rumpf vom Erdboden zu erheben und ihre Fortbewegung zu beschleunigen.

Im Verlaufe der Stammesgeschichte paßten sich die Gliedmaßen verschiedenen Funktionen an. Die Gliedmaßen einer Reihe von Tieren, bei denen das Laufen eine besonders große Rolle spielt, entwickelten sich so, daß den Tieren eine schnellere Fortbewegung ermöglicht wurde.

Wie wir an der Entwicklungsreihe des Pferdes gesehen haben, bleibt bei diesem die Mehrstrahligkeit der Finger beziehungsweise Zehen nicht erhalten. Der Druck des Körpergewichts verlagert sich ausschließlich auf die dritte Zehe, die entsprechend stark ausgebildet wird. Die übrigen Zehen sowie die Mittelfußknochen eins und fünf sind vollständig rückgebildet, von den Mittelfußknochen zwei und vier sind nur noch Reste (Griffelbeine) erhalten (s. S. 11). Eine ähnliche, jedoch nicht so weitgehende Abwandlung finden wir bei den Paarhufern.

Bei verschiedenen Gruppen der Wirbeltiere (Flugsaurier, Vögel, Flattertiere) bildeten sich die vorderen Gliedmaßen zu Flügeln um. Das Skelett der Flügel stimmt bei den drei Tiergruppen im wesentlichen überein. Es entspricht den uns bekannten fünfstrahligen Gliedmaßen, ist aber bei den einzelnen Gruppen unterschiedlich ausgebildet (s. Farbtafel gegenüber S. 56). Bei den Walen sind die Vordergliedmaßen entsprechend ihrer Funktion äußerlich flossenähnlich, ihr Skelett stimmt jedoch mit dem der land- und luftlebenden Wirbeltiere überein.

Organe gleichen Ursprungs werden als **homologe Organe** bezeichnet. Sie haben oft in Anpassung an verschiedene Funktionen eine unterschiedliche Gestalt angenommen.

Die Flügel der Flugsaurier und Vögel einerseits und die Flügel der Insekten andererseits haben die gleiche Funktion: sie dienen als Tragflächen beim Fliegen. Sie haben aber



verschiedenen Ursprung: die Flügel der Insekten werden durch eine Hautausstülpung gebildet; die Flügel der Flugsaurier und Vögel sind Gliedmaßen.

Maulwurf und Maulwurfsgriille graben mit ihren vorderen Gliedmaßen in der Erde. Auf dieser Gemeinsamkeit der Lebensweise beruht die Ähnlichkeit der Gliedmaßenform beider Tiere. Die Tiere sind aber nicht miteinander verwandt, ihre Organe sind nicht gleichen Ursprungs.

Organe, die gleiche Funktionen ausüben, äußerlich oft auch gleichartig gestaltet sind, die aber nicht gleichen Ursprungs sind, werden als **analoge Organe** bezeichnet.

## Atmung und Blutkreislauf

Zu den Organen der Wirbeltiere, die sich beim Übergang vom Wasser- zum Landleben entscheidend veränderten, gehören die Organe der Atmung und des Blutkreislaufs. Vergleichende Untersuchungen zeigen auch hier die Verwandtschaft. Die Organe gehen aus gleichen Anlagen hervor; sie haben sich den unterschiedlichen Lebensbedingungen angepaßt.

Bei der Atmung erfolgt der Gasaustausch zwischen der Luft und dem Blut durch eine zarte Haut, die von zahlreichen Blutkapillaren durchzogen ist. Diese Haut muß ständig feucht sein. Beim Leben im Wasser ist diese Voraussetzung gegeben. Bei den Landtieren liegt das Atemorgan im Innern des Körpers, so daß es vor dem Austrocknen geschützt ist.

Urtümliche **Quastenflosser** besaßen außer den Kiemen paarige Ausstülpungen des Vorderdarms, die dem Gasaustausch dienen konnten. Dadurch war es den Tieren möglich, vorübergehend das Wasser zu verlassen und atmosphärische Luft zu atmen (s. S. 17).

Die **Lurche** sind an eine feuchte Umgebung gebunden. Die innere Oberfläche ihrer Lungen ist verhältnismäßig klein, ein Teil des Sauerstoffs wird durch die Blutkapillaren in der feuchten, ungeschützten Haut aufgenommen (Abb. 17a, b).

Bei den **Kriechtieren** ist die Haut durch Hornschuppen vor dem Austrocknen geschützt. Der Sauerstoff wird vorwiegend durch die Lungen aufgenommen. Durch Leisten, die in das Lungeninnere vorspringen, wird der Lungenraum in Kammern gegliedert: Die Oberfläche ist bedeutend vergrößert, so daß mehr Sauerstoff aufgenommen werden kann (Abb. 17c).

Bei den **Vögeln** und **Säugetern** ist durch die feine Verästelung der Bronchien beziehungsweise durch die Aufteilung in Lungenbläschen eine besonders günstige Ausnutzung des Luftsauerstoffs gegeben (Abb. 17d).

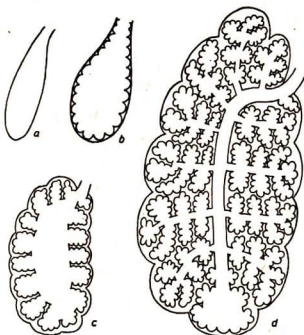


Abb. 17 Zunehmende Vergrößerung der Lungenfläche bei den verschiedenen Wirbeltierklassen  
a und b Lurche, c Kriechtier, d Säuger

Lunge und Vorderdarm bei vierfüßigen Wirbeltieren (Seitenansicht und Querschnitt)

Schwimmbase und Vorderdarm bei Hecht, Karpfen u.a. (Seitenansicht und Querschnitt)

Schwimmbase und Vorderdarm bei Barsch, Stichling u.a. (Seitenansicht und Querschnitt)

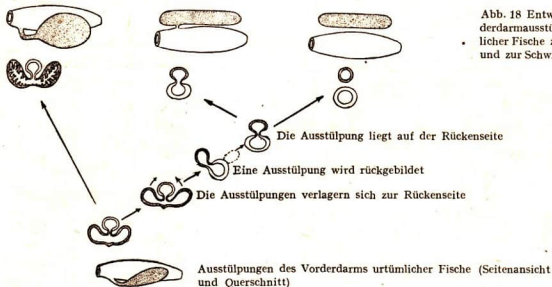


Abb. 18 Entwicklung der Vorderdarmausstülpungen urtümlicher Fische zur Lunge (links) und zur Schwimmblase (rechts)

Aus den Darmausstülpungen bestimmter Urfische bildeten sich im Laufe der Stammesgeschichte die Atemorgane der Quastenflosser, aus denen sich später die Lungen der Vierfüßer entwickelten. Andererseits lassen sich auch die Schwimmblasen der Knochenfische von den beiden Darmausstülpungen der Urfische ableiten. Dabei wurde eine der Ausstülpungen rückgebildet, die andere verlagerte sich. Sie liegt als Schwimmblase über dem Darm. Bei einem großen Teil der Knochenfische (z. B. Hecht, Karpfen) ist die Schwimmblase noch durch einen Gang mit dem Vorderdarm verbunden, bei anderen (z. B. Barsch, Stichling) ist auch dieser Gang rückgebildet (Abb. 18).

Die Lungen der Quastenflosser, die Lungen der vierfüßigen Wirbeltiere und die Schwimmblasen der Fische haben gleichen Ursprung. Sie sind homologe Organe.

In engem Zusammenhang mit der Atmung steht der Blutkreislauf, dessen Hauptfunktionen der Transport der Nährstoffe und Schlackenstoffe sowie der Transport des Sauerstoffs und des Kohlendioxyds sind. Den Umwandlungen der Atemorgane entsprechend veränderten sich auch die Organe des Blutkreislaufs.

Das Herz der Fische besteht aus einer Vorkammer und einer Kammer. Es pumpt das mit Kohlendioxyd angereicherte Blut durch einen Arterienstamm in die Kapillaren der Kiemen. Dort gibt das Blut Kohlendioxyd ab und nimmt Sauerstoff auf; es fließt über das Kapillarsystem des Körperkreislaufs wieder zum Herzen zurück. Bei den Fischen muß also jeder Tropfen Blut, der das Herz verläßt, mindestens zwei Kapillarsysteme (Kiemenkapillaren, Körperkapillaren) passieren, bevor er wieder das Herz erreicht. Jedes Kapillarsystem setzt dem Blutstrom einen Widerstand entgegen, der den Blutdruck und damit die Geschwindigkeit des Blutstroms herabsetzt. Der Blutkreislauf der Fische ist also noch verhältnismäßig träge; die Versorgung der Organe mit Sauerstoff ist entsprechend unvollkommen, und die Stoffwechselprozesse laufen ziemlich langsam ab (Abb. 19a).

Die erwachsenen **Lurche** atmen durch Lungen; im Blutgefäßsystem ist dementsprechend ein besonderer Lungenkreislauf ausgebildet. Ihr Herz besitzt zwei Vorkammern. In eine gelangt sauerstoffreiches Blut aus der Lunge, in die andere sauerstoffarmes Blut aus dem Körper. Wie das Herz der Fische, hat auch das der Lurche nur eine Kammer. In ihr mischt sich das sauerstoffreiche Blut mit dem sauerstoffarmen. Das Herz drückt also Mischblut in den Kreislauf. Durch die Mischung mit sauerstoffarmem Blut verliert das sauerstoffreiche einen Teil seiner Leistungsmöglichkeiten. Da die erwachsenen Lurche keine Kiemenkapillaren haben, gelangt das Blut ohne Druckverlust vom Herzen in den Körperkreislauf. Die Lurche haben also bereits ein besser ausgebildetes Kreislaufsystem (Abb. 19b).

Bei den **Kriechtieren** wird durch die Ausbildung von Hornschuppen auf der gesamten Körperoberfläche die Hautatmung unmöglich; sie atmen nur durch Lungen. Die Herzkammer der Kriechtiere wird durch eine muskulöse, noch nicht voll abschließende Scheidewand geteilt. Dadurch bleiben sauerstoffreiches und sauerstoffarmes Blut bis zu einem gewissen Grade getrennt (Abb. 19c).

Das Herz der **Vögel** und **Säugetiere** besitzt zwei Vorkammern und zwei vollständig voneinander getrennte Herzkammern. Das sauerstoffarme Blut wird von der einen Kammer zunächst in die Lunge gepumpt. Mit Sauerstoff angereichert wird es von der anderen Kammer in den Körperkreislauf gedrückt. Die Trennung der Herzkammern und damit die Trennung von sauerstoffarmem und sauerstoffreichem Blut sowie die

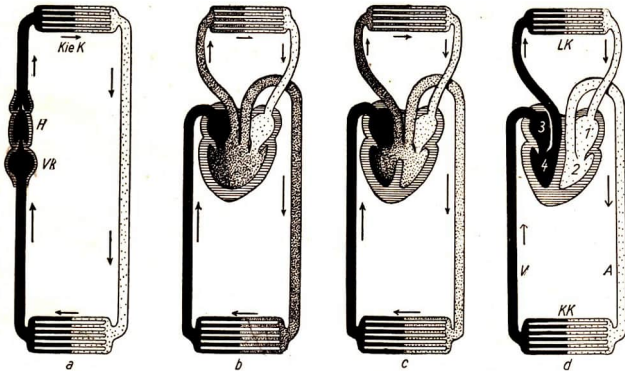


Abb. 19 Schema der Kreisläufe der einzelnen Wirbeltierklassen *a* Fische, *b* Lurche, *c* Kriechtiere, *d* Vögel, Säuger. (Das sauerstoffarme Blut ist schwarz gezeichnet, das sauerstoffreiche Blut weiß, Mischblut punktiert.) *A* Schlagader (Arterie), *H* Herzkammer, *KK* Körperkreislauf, *Kie K* Kiemenkreislauf, *LK* Lungenkreislauf, *V* Vene, *VK* Herzvorkammer, *1* und *3* linke und rechte Vorkammer, *2* und *4* linke und rechte Herzkammer

Umlaufgeschwindigkeit des Blutes sind von entscheidender Bedeutung für den intensiven Stoffwechsel der gleichwarmen Tiere (Abb. 19d).

Die Kreislaufsysteme der Wirbeltiere sind homologe Organsysteme, die sich von den Fischen über die Lurche und Reptilien bis zu den Vögeln und Säugetieren entwickelt haben. Diese Entwicklung steht in enger Wechselwirkung mit der besseren Sauerstoffversorgung und dem gesteigerten Stoffwechsel.

### Das Gehirn

Das Gehirn der Wirbeltiere besteht aus fünf Abschnitten: Nachhirn (verlängertes Mark), Kleinhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn und Vorderhirn. Sie üben unterschiedliche Funktionen aus. In engem Zusammenhang mit der jeweiligen Lebensweise einer Tiergruppe haben sich die einzelnen Gehirnabschnitte verschieden entwickelt (s. Farbtafel gegenüber S. 57). Als einziger Gehirnabschnitt hat das Nachhirn in der ganzen Wirbeltierreihe seinen Aufbau und seine Funktion kaum geändert; denn es reguliert in allen Wirbeltiergruppen grundlegende Funktionen des Körpers wie Atmung und Blutkreislauf.

**Fische** führen beim Schwimmen sehr schnelle Bewegungen aus; außerdem ist durch die Notwendigkeit, größere oder geringere Wassertiefen aufzusuchen, das Zusammenwirken ihrer Bewegungsorgane auf das Leben in drei Dimensionen abgestimmt. Bei den Fischen ist das Kleinhirn, welches das richtige Zusammenspiel der Bewegungsorgane regelt, besonders stark ausgebildet. Auch bei Landwirbeltieren kann das Kleinhirn beträchtlich vergrößert sein. Es wird aber stets vom Vorderhirn übertroffen.

Das Gehirn der **Vögel** zeichnet sich durch die bedeutende Entwicklung von Klein- und Vorderhirn aus. Für die starke Ausbildung des Kleinhirns gilt in gesteigertem Maße das, was bei den Fischen gesagt wurde: die Bewegungen der Vögel sind schnell und kompliziert. Die Größe des Vorderhirns, insbesondere des Vorderhirnbodens, entspricht den lebhaften, hochentwickelten Verhaltensweisen und Reaktionen der Vögel.

Das Gehirn der **Säugetiere** ist durch die starke Entwicklung des Vorderhirns, insbesondere der Hirnrinde, ausgezeichnet. Zwischen den einzelnen Säugetiergruppen bestehen allerdings wesentliche Unterschiede in der Ausdehnung der Hirnrinde: Die Unterschiede der Leistungen zwischen niederen und höheren Säugetieren sind sehr groß. Besonders stark ist die Hirnrinde beim Menschen entwickelt.

### Metamorphose pflanzlicher Organe

Durch vergleichende Untersuchungen läßt sich auch bei Pflanzen die stammesgeschichtliche Zusammengehörigkeit von oft sehr unterschiedlich aussehenden Formen erkennen.

Von Weg- und Straßenrändern, aus Gärten und von Schuttplätzen kennen wir verschiedene Wolfsmilcharten. Es sind alles krautige, grüne Pflanzen. In den Wüsten Afrikas wachsen ebenfalls Wolfsmilcharten. Einige von ihnen besitzen wenige verkümmerte oder zu





Abb. 20 Vergleich verschiedener  
Wolfsmilchgewächse  
Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia  
cyparissias*), Christusdorn (*Euphor-  
bia splendens*), Melonen-Wolfsmilch  
(*Euphorbia obesa*)

Dornen umgewandelte Blätter. Die meisten haben gar keine Blätter, der dickfleischige, säulen- oder kugelförmige Sproß dient zur Assimilation.

Sowohl die afrikanischen als auch die heimischen Wolfsmilcharten enthalten in ihren Blättern und Stengeln weißen Milchsaft, beide Gruppen zeigen auch den gleichen Bau der unscheinbaren, grünlichen Blüten (Abb. 20 u. 21). Ihre Verwandtschaft und ihre Entwicklung aus gemeinsamen Ursprungsformen läßt sich leicht nachweisen. Durch die Anpassung an das trockene, heiße Wüstenklima sind einige Arten der Wolfsmilchgewächse in ihrer äußeren Gestalt den amerikanischen Kakteen auffallend ähnlich geworden.



Abb. 21 Wolfsmilchblüte

Bei vielen Arten aus verschiedenen Gattungen und Familien sind Blätter oder ganze Triebe in Dornen umgewandelt (z. B. die Blätter an den Langtrieben der Berberitze oder ganze Kurztriebe des Weißdorns). Aus welchen Organen sich die Dornen entwickelt haben, kann man meist nur aus ihrer Stellung oder aus der Jugendentwicklung der Pflanze schließen, die oft der stammesgeschichtlichen Entwicklung ähnelt.

## Rudimentäre Organe

Am **Fußskelett des Pferdes** findet sich zu beiden Seiten des stark verlängerten, kräftig ausgebildeten Mittelfußknochens je ein nach unten spitz auslaufender Knochen, der als **Griffelbein** bezeichnet wird. Die Griffelbeine liegen nur lose neben dem die Last tragenden Mittelfußknochen. Sie reichen nicht bis zum Fußgelenk. Daraus läßt sich schließen, daß ihnen keine Funktion zukommt. Fehlten einem Tier die Griffelbeine, so wäre es anderen gegenüber nicht benachteiligt.

Eine Erklärung für diese funktionslosen Knochen erhalten wir, wenn wir die Fußskelette der Vorfahren unserer heute lebenden Pferde untersuchen (s. S. 11). Wir erkennen, daß die Griffelbeine Knochenreste der zweiten und vierten Zehe sind, die bei den dreizehigen Pferden des Tertiärs noch eine Stützfunktion hatten.

Wale besitzen nur ein vorderes, flossenartig ausgebildetes Gliedmaßenpaar. Der **Beckengürtel** und die **hinteren Gliedmaßen der Wale** sind rückgebildet. Zu beiden Seiten der Wirbelsäule befinden sich im Fleisch der Tiere Knochen: die Reste des Beckens. Bei Grönlandwalen sind auch Reste der Hintergliedmaßen vorhanden.

Diese funktionslosen Knochen bestätigen die Abstammung der Wale von vierbeinigen Wirbeltieren und die nachträgliche Anpassung des Körpers dieser Tiere an das Leben im Wasser.

Die **Wirbelsäule des Menschen** weist an ihrem unteren Ende drei oder vier funktionslose, verkümmerte Wirbelknochen auf, die als **Steißbein** bezeichnet werden. Erst die Kenntnis der stammesgeschichtlichen Herkunft des Menschen von tertiären Affen läßt uns das Steißbein als funktionslosen Rest des Schwanzes erkennen, eines Organs, das für die Wirbeltiere typisch ist.

Die **Blüten der Braunwurzgewächse** (z. B. Königskerze, Ehrenpreis, Löwenmaul) sind ursprünglich fünfzählig und strahlig ausgebildet (Königskerze). In dieser Familie besteht jedoch eine Neigung zur Umwandlung der Blüte in eine zweiseitig symmetrische Form (Löwenmaul). Entsprechend schwankt die Anzahl der Staubblätter; sie beträgt fünf (Königskerze), vier (Löwenmaul) oder zwei (Ehrenpreis). Das Gnadenskraut (Abb. 22) hat vier Staubblätter, von denen allerdings nur zwei Staubbeutel tragen. Die beiden Staubblattreste des Gnadenskrautes können ihrer Funktion – Blütenstaub zu erzeugen – nicht mehr gerecht werden, ihr Vorhandensein ist nur aus dem stammesgeschichtlichen Zusammenhang zu erklären.

Funktionslose Organe, wie wir sie in den beschriebenen Beispielen aus dem Tier- und Pflanzenreich kennengelernt



Abb. 22 Gnadenskraut

haben, bezeichnet man als **rudimentäre Organe**. Das Wort rudimentär bedeutet rückgebildet, verkümmert.

Oft lassen sich rudimentäre Organe nur durch die Kenntnis der Stammesgeschichte erklären. Andererseits geben sie häufig Hinweise auf die Stammesgeschichte einer Organismenform.

### Aufgaben

1. Nenne Beispiele für analoge Organe! (Mußt du von verwandten Tieren ausgehen oder von gleichen Lebensbedingungen?)  
Begründe, weshalb von dir genannte Organe Beispiele für analoge Organe sind!
2. Nenne Beispiele für homologe Organe! Begründe, weshalb die gefundenen Beispiele solche für homologe Organe sind!
3. Wähle von den auf der Farbtafel gegenüber Seite 56 abgebildeten Gliedmaßen-skeletten eins aus! Welche Beziehungen bestehen zwischen dem Bau dieser Gliedmaße und ihrer Funktion?

### Tatsachen aus der vergleichenden Physiologie

Die Physiologie untersucht die Lebensvorgänge der Organismen. Im Gegensatz zur Anatomie und Paläontologie muß sie sich auf die Untersuchung heute lebender Organismen beschränken, weil nur an diesen Objekten Lebensvorgänge erforscht werden können. Deshalb kann die Physiologie zur Klärung stammesgeschichtlicher Fragen nur in beschränktem Umfang beitragen.

Eine gewisse Aufklärung verwandtschaftlicher Beziehungen ist bei manchen Tierarten durch physiologische Eiweiß-Untersuchungen zu erlangen. Wir wissen, daß bei Infektionskrankheiten im Blut Abwehrstoffe gegen die Krankheitserreger gebildet werden. Ähnliche Antikörper, die **Präzipitine**, werden gebildet, wenn einem Tier artfremdes Eiweiß eingespritzt wird. Die Präzipitine bewirken eine sofortige Ausfällung des fremden Eiweißes. Dabei ist diese Ausfällung meist um so stärker, je weniger verwandt die beiden Tierarten miteinander sind.

So ergibt etwa die Mischung von Ziegen- und Hundeserum eine sehr starke Ausfällung, die Mischung von Ziegen- und Hausschafserum dagegen eine wesentlich schwächere. Mit dem Hausschaf ist die Ziege näher verwandt als mit dem Hund.

Die Präzipitinreaktion verläuft allerdings nicht immer so eindeutig. Die Mischung von Serum des Menschen mit dem Serum niederer Affen hat nur eine schwache Ausfällung zur Folge. Dadurch wird eine – in Wirklichkeit nicht vorhandene – sehr nahe Verwandtschaft angedeutet. Dagegen tritt bei der Mischung von Menschenserum mit dem Serum des stammesgeschichtlich näher verwandten Orang-Utan eine starke Ausfällung auf.

Die Physiologie macht aber dennoch auf dem Gebiet der Stammesgeschichte wichtige Aussagen. Während uns die Anatomie, die Paläontologie und andere Arbeits-

gebiete der Biologie vor allem die im Laufe der Entwicklung entstandene Formenmannigfaltigkeit vor Augen führen, zeigt uns die vergleichende Physiologie die Einheitlichkeit im Organismenreich.

Die vergleichende Physiologie hat nachgewiesen, daß die Lebensvorgänge bei den verschiedensten Lebewesen weitgehend übereinstimmend ablaufen. Stoffwechsel, Wachstum, Vermehrung, Bewegung und Reizempfindlichkeit beruhen bei allen Organismengruppen auf fast denselben Voraussetzungen. Wir wollen nur ein Beispiel nennen.

Die **Hormone**, die an der Regulation beinahe sämtlicher Lebensvorgänge entscheidend mitwirken, sind im ganzen Tierreich, besonders innerhalb der Wirbeltiere, sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung als auch in ihrer Wirkung verhältnismäßig einheitlich. Nur auf diese Einheitlichkeit ist es zurückzuführen, daß ein Hormon eines beliebigen Wirbeltieres bei einem anderen Wirbeltier die gleiche Wirkung hat.

Die Medizin macht von der Einheitlichkeit der Hormone praktischen Gebrauch. Die Zuckerkrankheit des Menschen beispielsweise, die auf einem Mangel an dem Bauchspeicheldrüsen-Hormon Insulin beruht, wird durch Insulin-Einspritzungen behandelt. Dieses eingespritzte Insulin wird aus den Bauchspeicheldrüsen der Rinder, Schweine oder Seefische (Dorsche) gewonnen.

### Tatsachen aus der Embryologie

Die Embryologie untersucht die Entwicklung eines Lebewesens von der Befruchtung der Eizelle bis zum Verlassen der Eihülle. Aus dem Vergleich bestimmter Entwicklungszustände in der embryonalen Entwicklung der verschiedensten Tiere lassen sich Rückschlüsse auf die Stammesgeschichte ziehen. Auch Jugendstadien (z. B. Larven) können unter diesen Gesichtspunkten untersucht werden.

Wenn wir ein vier Tage bebrütetes Hühnerei öffnen, finden wir darin einen Embryo, der **Kiemenspalten** besitzt. Der Bau der Halsregion des Vogelembryos entspricht weitgehend der Kiemenregion der Fische (Abb. 23). Diese Erscheinung ist in einem bestimmten Stadium der Embryonalentwicklung für alle Reptilien, Vögel und Säugetiere typisch. Die Kiemenspalten erfüllen jedoch bei ihnen keine Funktionen; als



Abb. 23 Vergleich der Halsregion eines vier Tage alten Hühnerembryos mit Kiemenspalten (links und Mitte) und eines Fisches. Auf dem mittleren und dem rechten Bild ist der Verlauf der Kiemengefäße zu erkennen.





Abb. 24 Embryonen verschiedener Wirbeltiere auf vergleichbaren Entwicklungsstufen. Von links nach rechts: Fisch, Schildkröte, Vogel, Mensch.

Teile von Atmungsorganen hätten sie nur für wasserlebende Wirbeltiere Bedeutung. Diese Bildung eines ungenutzten Organs läßt sich dadurch erklären, daß jedes Landwirbeltier in seiner Entwicklung noch Anklänge an bestimmte Formen wasserlebender Vorfahren zeigt. Es durchläuft also gleichsam noch einmal in kurzer Zeit wesentliche Abschnitte der Stammesentwicklung (Abb. 24).

Embryonalstadien wurden bereits am Anfang des vorigen Jahrhunderts zur Beurteilung von Verwandtschaftsverhältnissen herangezogen. ERNST HAECKEL for-

mulierte dann 1866 das **Biogenetische Grundgesetz**, in dem er sagt, daß die Keimesentwicklung die kurze und schnelle Wiederholung der Stammesgeschichte ist:

„Die Ontogenese ist die kurze und schnelle Rekapitulation der Phylogenese, bedingt durch die physiologischen Funktionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung). Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laues seiner individuellen Entwicklung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und des langen Laues ihrer paläontologischen Entwicklung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.“

Viele Besonderheiten im Entwicklungsgang von Tieren lassen sich durch dieses Gesetz erklären. Aus dem Ei eines Frosches schlüpft die Kaulquappe, ein fischähnliches Wesen mit Kiemen und Ruderschwanz, das dem Wasserleben angepaßt ist. Im Laufe seiner weiteren Entwicklung bilden sich Lungen aus, das Tier paßt sich dem Landleben an. Der Frosch durchläuft also in seiner Entwicklung zwei Stadien, die auch in der Stammesgeschichte der Wirbeltiere von entscheidender Bedeutung sind: die Stufe des kiemenatmenden Wassertieres und die Stufe des Landtieres mit Lungenatmung.

Auch die Salamander haben wasserbewohnende Larven, die wie Fische durch Kiemen atmen. Eine Ausnahme bilden die Alpensalamander, deren Larven durch Anpassung an besondere Umweltverhältnisse ihre Entwicklung im mütterlichen Leibe durchlaufen. Trotzdem werden auch bei diesen Embryonen in Anlehnung an die Entwicklung ihrer Vorfahren zeitweilig Kiemen ausgebildet. Das Auftreten von Kiemenbildungen bei landlebenden Wirbeltieren weist demnach auf die Abstammung von fischähnlichen, im Wasser lebenden Vorfahren hin.

Der **menschliche Embryo** hat auf einer bestimmten frühen Entwicklungsstufe ebenfalls Kiemenspalten. Daneben deuten auch verschiedene andere Merkmale auf seine Abstammung und seine Verwandtschaft mit anderen Säugern hin: Er besitzt zu bestimmten

Zeiten einen deutlichen Schwanz, zeigt mehrere Anlagen von Milchdrüsen und eine dichte Behaarung.

Nicht nur das in mehr oder weniger starker Form ausgeprägte Auftreten von Kiemenspalten verbindet die Embryonen aller Wirbeltiere; sie gleichen sich bis zu einer bestimmten Entwicklungsstufe weitgehend in ihrem gesamten Körperbau. Sie zeigen die gleiche Ausbil-



Abb. 25 Entenmuschel

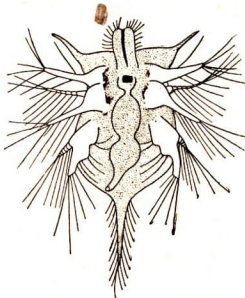
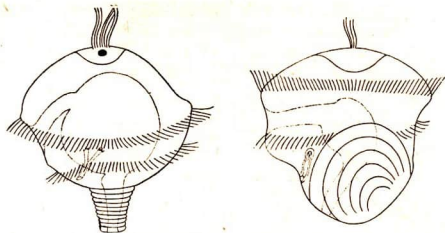


Abb. 26 Larve der Entenmuschel

Abb. 27 Vergleich der Larven von Ringelwürmern und Weichtieren. Der Entwicklungsgang beider Tiergruppen verläuft bis zu dieser Stufe im wesentlichen gleich. Beide Larven besitzen einen doppelten Wimperkranz, eine Scheitelplatte und einfache Ausscheidungsorgane. An der Larve der Weichtiere ist die Anlage der Schale zu erkennen, an der Larve der Ringelwürmer die Anlagen der Körperringe.



derung der Wirbelsäule, des Gehirns, der Gliedmaßenanlagen. Je jünger die Entwicklungsstadien der Embryonen sind, um so größere Ähnlichkeit besitzen sie untereinander.

Je höher das fertig ausgebildete Tier organisiert ist, um so unvollständiger werden die stammesgeschichtlichen Entwicklungsstufen angedeutet und um so eher und ausgeprägter setzt die spezielle Entwicklung zur endgültigen Form hin ein.

Auch bei **Wirbellosen** hat das Biogenetische Grundgesetz manche Deutung von Verwandtschaftsbeziehungen ermöglicht.

Mit seiner Hilfe konnte beispielsweise die verwandtschaftliche Zugehörigkeit von Tiergruppen geklärt werden, die in ihrem Körperbau stark von verwandten Formen abweichen. Ein Beispiel dafür geben die Entenmuscheln und die Seepocken. Das sind festsitzende, im Wasser lebende Tiere, die mit Hilfe rankenartiger Gliedmaßen Nahrungsstoffe in ihren von Schalen umgebenen Körper hineinstrudeln (Abb. 25). Man hielt sie früher für Weichtiere. Erst später entdeckte man, daß sie eine bestimmte Larvenform, den Nauplius, ausbilden (Abb. 26). Diese birnenförmige Larve, die durch ein Stirnauge und drei Paar Gliedmaßen gekennzeichnet ist, ist die typische Larvenform aller niederen Krebse. Man erkannte so die Entenmuscheln und die Seepocken als niedere Krebse, die durch ihre festsitzende Lebensweise einen stark abgewandelten Körperbau zeigen.

Ähnlichkeiten in der Ausbildung der Larvenstadien, die Beziehungen zwischen größeren Tiergruppen erkennen lassen, sind von den verschiedensten Tieren bekannt. So werden die sehr großen Übereinstimmungen im Bau der Larven von Ringelwürmern und Weichtieren als deutliche Hinweise darauf angesehen, daß beide Tiergruppen durch gemeinsame Abstammung miteinander verbunden sind (Abb. 27).

Nicht nur die Embryonalentwicklung der Tiere zeigt die Beziehung zwischen Keimesentwicklung und Stammesentwicklung. Auch die **Jungtiere** verwandter Arten ähneln einander oft sehr stark, während sich die erwachsenen Tiere erheblich unterscheiden.

Im Laufe der Ontogenese werden nie alle Stadien der Stammesentwicklung durchlaufen, zum Beispiel treten bei den Vogelembrionen keine Zähne auf, obwohl Versteinerungen von Vogelarten mit Zähnen erhalten sind. Zu ihnen gehört zum Beispiel der Archaeopteryx (s. S. 14).

Andererseits sind manche Erscheinungen in der Entwicklung nicht historisch zu deuten.

Das Puppenstadium der Schmetterlinge, Käfer und anderer Insekten weist sicher nicht auf Vorfahren hin, die ständig als Puppen lebten. Vielleicht handelt es sich um eine Anpassung, die im Laufe der Stammesgeschichte erworben wurde. Sie ermöglicht den Insekten die tiefgreifenden Umbildungsvorgänge nach der Larvenzeit.

Das Biogenetische Grundgesetz allein reicht also zur Lösung stammesgeschichtlicher Probleme nicht aus. Nur nach umfassender Berücksichtigung verschiedener Merkmale und aller Möglichkeiten der Forschung können zusammenfassende Schlüsse über den Entwicklungsverlauf gezogen werden.

### Aufgabe

Vergleiche an Hand der Abbildung 24 die Embryonen verschiedener Wirbeltiere in verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung miteinander! Stelle dabei Übereinstimmendes und Unterschiedliches fest!

### Tatsachen aus der Tier- und Pflanzengeographie

Die Erde besaß in früheren Epochen ihrer Entwicklung eine völlig andere Oberflächengestalt als heute; Kontinente und Meere waren in den einzelnen Erdzeitaltern gänzlich anders verteilt. Auch das Klima weiter Gebiete war im Ablauf der Jahrmillionen beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt.

Diese Veränderungen wirkten sich auf die Entwicklung der Pflanzen und Tiere aus. Viele Formen starben durch die Änderung der Umweltverhältnisse aus, andere blieben erhalten und entwickelten sich unter den neuen Bedingungen weiter oder besiedelten andere Gebiete.

Eine Fülle von Beispielen hierzu liefern uns unter anderem die Folgeerscheinungen der letzten **Eiszeit**.

Die von Skandinavien beginnende Vereisung Mitteleuropas verdrängte die hier lebenden Tier- und Pflanzenarten. Sie mußten in wärmere, eisfreie Gebiete ausweichen. Dabei starben viele Arten in Europa aus, weil die Alpen ihren Weg nach Süden behinderten.

In Nordamerika und Ostasien lagen die Verhältnisse günstiger. Dort waren die Wege zu wärmeren Gebieten offen. Die Arten konnten also dem Eis besser ausweichen und sich später wieder nordwärts ausbreiten. Deshalb findet man heute in Nordamerika und China noch lebende Arten vor, die in Europa nur fossil bekannt sind.

Andere Arten unserer heimischen Tier- und Pflanzenwelt konnten die Eiszeit an den Rändern der Gletscher auf eisfreien Bergspitzen überstehen. Später folgten sie

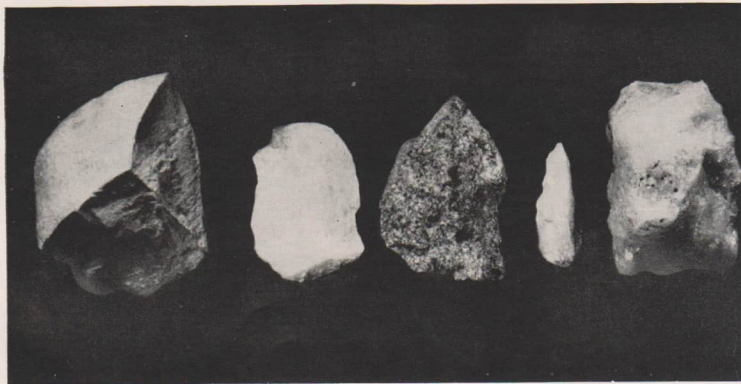
---

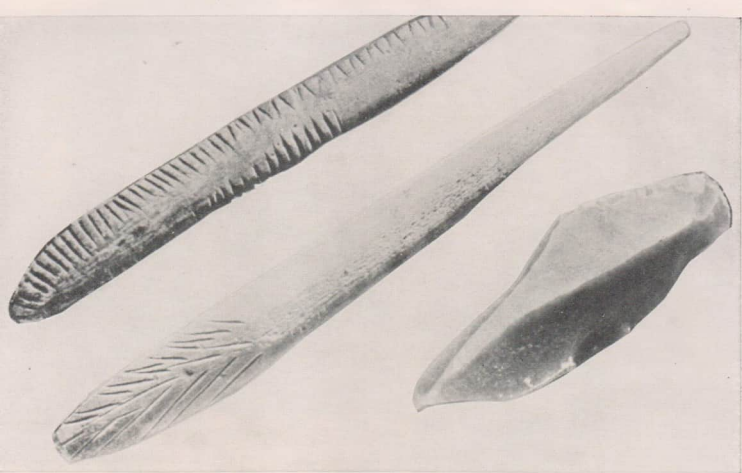
Tafel 3 Oben links: Schädelrekonstruktion vom *Pithecanthropus* (gefunden bei Modjokerto auf Java)

Oben rechts: Schädel eines *Sinanthropus pekinensis*

Unten: Steinwerkzeuge aus der Höhle von Chou-Kou-Tien







teilweise dem zurückweichenden Eis in die Täler oder auf andere, vorher eisbedeckte Gebirgsketten. Dabei wurden einige der Tiere und Pflanzen von dem Verbreitungsgebiet der Art abgetrennt. Sie machten, in Gruppen isoliert, eine getrennte Entwicklung durch.

Ein anschauliches Beispiel dafür liefern die **Gemsen**. Sie zogen sich mit den zurückweichenden Gletschern auf die Hochgebirge Süd- und Mitteleuropas zurück. Durch die beträchtliche Entfernung zwischen den einzelnen Gebirgen war eine Vermischung dieser Gensengruppen nicht mehr möglich. Sie entwickelten sich getrennt voneinander – sich den jeweiligen Bedingungen anpassend – weiter. Heute gibt es in den Alpen, dem Kaukasus, den Pyrenäen und den Karpaten jeweils besondere Gensenrassen.

Viele **Hochgebirgspflanzen**, die während der Vereisung am Rande des Alpen-gletscherschildes wuchsen, folgten bei der Änderung des Klimas dem zurückweichen- den Eis. Dabei rückten beispielsweise viele Enziane, Primeln oder Steinbrecharten auf einzelne Gebirgsspitzen hinauf. Sie entwickelten sich, abgetrennt von den näch- sten Vorkommen, oft zu neuen Arten weiter. Besonders auffällig ist die Trennung bei den Arten, die sich an unterschiedliche Bodenverhältnisse angepaßt haben. Auf Kalk- gestein wächst beispielsweise die gelbblühende Echte Aurikel. Eine ihrer nächsten Verwandten ist die nur auf kalkarmen Urgesteinen gedeihende rotblühende Behaarte Aurikel. Ähnlich verhalten sich Behaarte Alpenrose (Kalk) und Rostrote Alpenrose (Urgestein) sowie andere Arten.

Mit dem Rückgang des Eises gelangten einige der ursprünglich nur in den Alpen vor- kommenden Gebirgspflanzen auch auf die Gipfel der Mittelgebirge. Der Brocken im Harz beherbergt noch heute alpine Arten, wie die Zwerg-Birke. Die Alpen-Kuhschelle oder Alpen-Anemone hat sich hier zu einer anderen Art entwickelt.

Alle aus der Eiszeit erhalten gebliebenen Arten neigen in starkem Maße dazu, in den einzelnen, teilweise sehr kleinen und völlig isolierten, selbständigen Verbreitungs- gebieten durch besondere Merkmale gekennzeichnete Formen auszubilden.

Ähnliches kann man vielfach an Tieren und Pflanzen feststellen, die auf **Inseln** getrennt von verwandten Formen leben. Hier kommt es häufig zur Ausbildung eige- ner, nur für die betreffende Insel charakteristischer Arten.

Es warschon DARWIN bei seinem Besuch der Galápagos-Inseln aufgefallen, daß jede dieser kleinen Inseln eigene Formen von Reptilien und Vögeln aufzuweisen hat. Auf dem benach- barten Festland Südamerikas kommen nahe verwandte Arten vor, die jedoch nicht so vielgestaltig sind. Man muß annehmen, daß die nach der Entstehung der Galápagos-Inseln von Südamerika hierher gelangten Arten sich in dieser Isolierung selbständig entwickelten. Zwischen den einzelnen, oft nur wenige Kilometer voneinander entfernten Inseln gab es keine Verbindung. Dadurch konnten sich bei manchen Tiergattungen die verschiedenen Formen nicht miteinander vermischen. Jede dieser Inseln besitzt nunmehr eigene, nur für sie charakteristische Arten.

---

Tafel 4 Oben: Bearbeitete Knochenspitzen und Stichel des eiszeitlichen Neumenschen  
Unten links: Blattspitze aus Feuerstein; vermutlich Speerspitze aus der letzten Eiszeit  
Unten rechts: Wildpferdkopf; Knochenschnitzerei des eiszeitlichen Neumenschen

Diese Erscheinung trifft auch für die Tierwelt (Fauna) und Pflanzenwelt (Flora) **Australiens** zu. Australien wurde im Jura von den übrigen Erdteilen abgetrennt. So ist es zu erklären, daß sich seine Fauna durch eine hohe Zahl von erhalten gebliebenen, sehr urtümlichen Beuteltier-Arten auszeichnet. Auf den anderen Kontinenten wurden diese primitiven Säuger durch höher entwickelte Tiere, besonders Raubtiere, vernichtet. Die Pflanzengattung *Eucalyptus* ist mit 550 Arten nur in Australien verbreitet; auch die zu den Liliengewächsen gehörenden Grasbäume sind charakteristisch für dieses Gebiet.

Im Meere versunkene Landverbindungen bilden häufig die Ursache dafür, daß manche nahe verwandten Tiere heute in sehr weit voneinander entfernten Gebieten vorkommen. So sind die Kamele heute über Zentralasien und Südamerika verbreitet, einstmals jedoch in Nordamerika entstanden. Von dort aus gelangte ein Teil der Tiergruppe über die Aläuten-Landbrücke nach Asien und entwickelte sich hier zu den heutigen Echten Kamelen und Dromedaren. Ein anderer Teil wanderte auf dem amerikanischen Kontinent nach Süden und entwickelte sich dort zu den noch heute in Südamerika lebenden Lamas. In Nordamerika aber starben die Kamele völlig aus. Weil auch die Landverbindung zwischen Amerika und Asien verloren ging, bestehen zwischen den heutigen Verbreitungsgebieten der Kamele keinerlei Verbindungen mehr.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß die Verbreitung der Tiere und Pflanzen mit ihrer Stammesgeschichte eng verknüpft ist. Durch die Verbreitung bestimmter Arten können oft nähere Einzelheiten ihrer Stammesgeschichte erklärt werden, manchmal aber erklärt umgekehrt erst die Stammesgeschichte Einzelheiten der heutigen Verbreitung.

#### Frage

Wie wirkte sich die Eiszeit im Quartär auf die Zusammensetzung der Tier- und Pflanzenwelt unserer Heimat aus?

#### Faktoren der stammesgeschichtlichen Entwicklung

Die biologische Wissenschaft hat durch ungezählte Beweise aus allen Fachgebieten die Auffassung widerlegt, daß die Lebewesen einmalig geschaffen und bis heute unverändert geblieben seien. Die Organismen verändern und entwickeln sich. „Mit dem ‚Entwicklungsprinzip‘ sind im 20. Jahrhundert (ja auch am Ende des 19. Jahrhunderts) alle einverstanden –“ (LENIN).

Nachdem sich die Abstammungslehre allgemein unter den Wissenschaftlern durchgesetzt hatte, begannen sich die Biologen mit einem neuen Fragenkreis zu beschäftigen. Sie wollten ermitteln, welches im einzelnen die Ursachen der Entwicklung sind. Man mußte untersuchen, wie sich aus der Keimzelle ein erwachsenes Lebewesen bildet, das in vielen Eigenschaften seinen Eltern ähnlich ist. Man mußte



erforschen, wie es kommt, daß bei aller Ähnlichkeit doch kein Lebewesen dem anderen vollständig gleicht. Zwei neue Zweige der biologischen Wissenschaft begannen diese sehr komplizierten Probleme zu bearbeiten: die Entwicklungsphysiologie, die die Ursachen für die individuelle Entwicklung eines Lebewesens untersucht; und die Vererbungswissenschaft (Genetik). Dabei standen zunächst theoretische Überlegungen im Vordergrund.

Es wurde die Auffassung entwickelt, daß jedes Lebewesen in seinen Keimzellen ein besonderes Erbplasma (Idioplasma) besitzt, das die ihm eigentümliche Form und Funktion bedingt. Bleibt dieses Erbplasma unverändert, so gleichen sich auch die Pflanzen oder Tiere, die sich aus den Keimzellen entwickeln. Eine erbliche Veränderung der Organismen ist nur möglich, wenn sich das Erbplasma verändert.

Diese Vorstellungen wurden von einigen Wissenschaftlern zu sehr extremen Theorien ausgebaut. Sie meinten, daß das Erbplasma in den Kernen der Keimzellen unverändert an die Keimzellen der Nachkommen weitergegeben wird, die es wieder an ihre Nachkommen weitergeben; die Keimzellen seien unsterblich. Die Körperzellen dagegen gingen mit dem Tod des Individuums zugrunde. Veränderungen des Körpers und seiner Zellen, die durch Umwelteinwirkungen hervorgerufen sein können, würden danach für die Entwicklung der Organismen ohne Bedeutung sein. Lediglich direkte Veränderungen in den Keimzellen selbst könnten zu neuen Formen führen.

Viele Wissenschaftler wandten sich mit Recht gegen solche einseitigen Auffassungen. Sie wiesen darauf hin, daß die Keimzellen nicht unabhängig von den Körperzellen existieren und daß an den Veränderungen des Erbplasmas auch äußere Einflüsse mitwirken.

Mit theoretischen Überlegungen allein konnten die schwierigen Probleme nicht bewältigt werden. Man mußte Experimente durchführen. Das geschah sowohl auf dem Gebiet der Entwicklungsphysiologie als auch auf dem der Vererbungswissenschaft in reichem Maße.

Die Forschungsergebnisse der Entwicklungsphysiologie zeigten schon bald, daß die Entwicklung des Keimes zum erwachsenen Individuum auf einem komplizierten Zusammenwirken von inneren und äußeren Ursachen beruht. Bestimmte ererbte Entwicklungsmöglichkeiten (Potenzen) werden je nach den gegebenen Entwicklungsbedingungen verwirklicht.

So kann sich zum Beispiel ein Stück eines Amphibienkeimes, das unter normalen Bedingungen zur Bauchhaut wird, bei Verpflanzung auf den Rücken des Keimes zu einem Teil des Rückenmarks entwickeln. Die Keimesentwicklung beweist also das dialektische Wechselspiel von inneren Entwicklungsmöglichkeiten und äußeren Entwicklungsbedingungen.

Auf dem Gebiet der Vererbungswissenschaft suchte man zunächst die Ursachen für Ähnlichkeit und Verschiedenheit zwischen Vorfahren und Nachkommen. Ein erstes Ergebnis der Forschungen war die Wiederentdeckung der MENDELSchen Regeln (s. Lehrheft „Die Züchtung“). Für die ausschlaggebenden Träger der Vererbung hielt man die sogenannten Gene, die in den Chromosomen liegen sollten.

Die Gene wurden zuerst als räumlich begrenzte Teilchen der Chromosomen angesehen, von denen fermentähnliche Wirkungen ausgehen sollten. Man gelangte vorübergehend zu der Ansicht, daß die in den Chromosomen liegenden Gene die einzigen und allein wirksamen Faktoren der Vererbung seien (Chromosomentheorie der Vererbung). Damit hatte man eine sehr einfache und geschlossen wirkende Theorie, die eine Weiterentwicklung der Lehre vom Erbplasma (der Idioplasma-Lehre) darstellte. Diese Theorie konnte aber bei weitem nicht alle Vererbungserscheinungen erfassen.

Neben den Forschungsarbeiten, die zur Aufstellung der Chromosomentheorie der Vererbung führten, erfolgte ein umfassenderes Studium der Veränderlichkeit der Organismen. Man unterschied Modifikationen und Mutationen. Die Modifikationen stellen eine unmittelbare Reaktion der Organismen auf vom Normalen abweichende Umweltbedingungen dar. Man sah sie als nicht vererbbar und damit für die stammesgeschichtliche Entwicklung als bedeutungslos an. Die Mutationen dagegen als erbliche Veränderungen der Organismen sollten die Grundlage für die Artbildung darstellen (Mutationstheorie). Die Chromosomentheorie der Vererbung und die Mutationstheorie führten zum Auffinden vieler Tatsachen, die für das Verständnis der Entwicklung der Organismen von Bedeutung sind. Sie sind aber nicht in der Lage, ein umfassendes und vollständiges Bild von Vererbung, Veränderung und Entwicklung zu geben. Ihr Grundmangel besteht darin, daß in ihnen Vererbung und Veränderung nicht als Eigenschaft aller lebenden Materie aufgefaßt wird. Man suchte vielmehr nach einem besonderen Stoff, der den Organismen die Fähigkeit verleiht, konstant und veränderlich zugleich zu sein. In diesen Theorien werden Vererbung und Veränderung irrtümlich als Eigenschaft einer Substanz aufgefaßt, und nicht als Ausdruck eines Systems. Vererbung und Veränderung bildeten sich bereits mit der Entstehung der Koazervate, der ersten biologischen Systeme, heraus (s. S. 50 f.).

Von dem prinzipiell richtigen Standpunkt, daß Vererbung und Veränderung Grundeigenschaften der lebenden Materie als System sind, geht die MITSCHURINSche Genetik aus. Sie versucht, die Einseitigkeiten der bisherigen Vererbungstheorien zu überwinden, um die Entwicklung der Organismen nicht nur besser verstehen zu können, sondern sie auch zum Nutzen des Menschen zu lenken. Dazu gehört eine genaue Kenntnis der inneren Entwicklungsmöglichkeiten und der äußeren Entwicklungsbedingungen.

Die MITSCHURINSche Vererbungslehre nahm ihren Ausgang von den wissenschaftlichen Arbeiten I. W. MITSCHURINS, die gleichzeitig von höchster praktischer Bedeutung sind. Die Erfahrungen, die er bei seinen umfangreichen Züchtungsarbeiten sammelte, verallgemeinerte er zu einer neuen Theorie von der Vererbung. Er hat besonders die Wechselbeziehungen von Entwicklungsbedingungen und ererbten Entwicklungsmöglichkeiten studiert und nachgewiesen, daß unter bestimmten Bedingungen Umwelteinflüsse die Erbllichkeit eines jungen Organismus entscheidend beeinflussen können. Seine Auffassungen und Gedanken werden heute vor allem von sowjetischen Wissenschaftlern erfolgreich weiterentwickelt.

Die MITSCHURINSche Genetik ist gegenwärtig noch in voller Entwicklung und verfügt zur Zeit noch nicht über ein abgerundetes Theoriensystem. Jedoch läßt sich schon jetzt sagen, daß die umfassende Lösung der Probleme von Vererbung, Veränderung und Entwicklung nur von ihr aus zu finden sein wird.

Die Frage nach Bedeutung und Wirkung der Einzelursachen der Entwicklung (der Evolutionsfaktoren) ist noch nicht vollständig gelöst. Wir wissen jedoch, daß es eine Vielzahl von Ursachen gibt, die in enger Wechselwirkung miteinander stehen. Einige von ihnen, vor allem solche, die bei der praktischen Züchtung Anwendung finden, sind bereits recht gut untersucht. Wir wollen Näheres darüber erfahren.

## Die Kombination

### Aufgaben

1. Lies im Lehrheft „Die Züchtung“ Seite 31 bis 33!
2. Nenne Beispiele für die Neukombination von Merkmalen durch Kreuzung!

Nach Kreuzungen können bei den Nachkommen Merkmale der Eltern neu kombiniert auftreten. So ist das Angorakaninchen aus der Kreuzung eines angorahaarigen wildfarbenen Kaninchens mit einem normalhaarigen weißen Tier hervorgegangen.

Es ist nun zu prüfen, ob die Kombination von Erbanlagen, die für die Züchtung sehr wichtig ist, auch für die stammesgeschichtliche Entwicklung entscheidende Bedeutung hat. Ursprünglich war man davon überzeugt. Heute erkennt man sie aber nur als Teilfaktor an.

Kreuzungen sind nur zwischen Formen durchführbar, die einander verwandtschaftlich nahestehen. In der Regel sind nur Kombinationen innerhalb einer Art möglich, sie führen nicht zur Entstehung neuer Arten.

In einem Fall jedoch ist dieser Vorgang von Bedeutung: bei Kreuzungen von Pflanzen, die zu Formen mit polyploidem Chromosomensatz, zu polyploiden Bastarden, führen.

### Aufgabe und Fragen

1. Wie verläuft die Reduktionsteilung?
2. Mit welchen Maßnahmen erzeugt man Polypleide?
3. Nenne polypleide Kulturpflanzen!

Eine diploide Zelle des Kohls hat 18, eine diploide Zelle von Rüben 20 Chromosomen. Durch Kreuzung dieser beiden Arten erhält man bei Unterdrückung der Reduktionsteilung eine Pflanze mit 38 Chromosomen. Dieser polyploide Bastard wurde erstmalig im Jahre 1930 gewonnen. Er entspricht einer längst bekannten anderen Art, dem Raps. Man hat seitdem auch andere in der Natur vorkommende Arten durch Erzeugung polyploider Bastarde im Experiment neu erzeugt. Die Forscher haben damit die Entstehung einiger Arten nachgeahmt.

Die Bedeutung polyploider Bastarde für die Stammesgeschichte der Pflanzen wird durch die Beziehungen der Chromosomenzahlen in bestimmten Gattungen oder Familien deutlich:  
 Rose 14; 21; 28; 35; 42 oder 56 Chromosomen  
 Greiskraut 10; 20; 40; 50; 60 oder 100 Chromosomen  
 Wucherblume 18; 36; 54; 72 oder 90 Chromosomen  
 Tulpe 24; 36; 48 oder 56 Chromosomen

Wir dürfen die polyploiden Bastarde in ihrer Bedeutung aber nicht überschätzen. Käme ihnen ein entscheidender Einfluß auf die Entwicklung der Lebewesen zu, so müßten die höchstentwickelten Organismen auch sehr viele Chromosomen besitzen. Es gibt jedoch Einzeller mit Hunderten von Chromosomen und hochentwickelte Pflanzen (z. B. einige Korbblütengewächse) mit ganz wenigen (z. B. drei) Kernschleifen.

## Die Mutation

### Aufgaben

1. Nenne Beispiele für Mutationen!
2. Erläutere an einem Beispiel die Mutationszüchtung!

Mutationen treten wahrscheinlich an allen lebenden Bestandteilen der Zelle auf. Weitaus am besten sind Mutationen untersucht, die die Chromosomen betreffen.

Die Bedeutung der Veränderung der **Chromosomenzahl** haben wir am Beispiel der polyploiden Bastarde gesehen.

Eine Veränderung von **Chromosomenteilen** kann zur Ausbildung neuer Merkmale führen. Durch derartige Mutationen können neue Rassen oder Unterarten entstehen. Diese Formen sind unter Umständen nicht mehr miteinander kreuzbar. So kann sich eine ursprünglich einheitliche Art in Unterarten oder Rassen aufspalten.

Die größte Bedeutung für die Entwicklung wird Abweichungen im **Feinbau der Chromosomen** zugesprochen. Man glaubt, daß hierbei Veränderungen der Erbanlagen

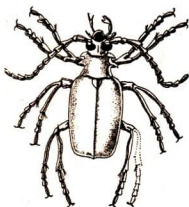


Abb. 28 Bockkäfer mit verdoppelten Beinen

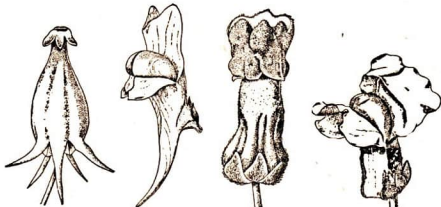


Abb. 29 Symmetrieänderungen bei Blüten. Strahlig ausgebildete Blüten von Leinkraut und Löwenmaul; daneben normal ausgebildete zweiseitige Blüten.



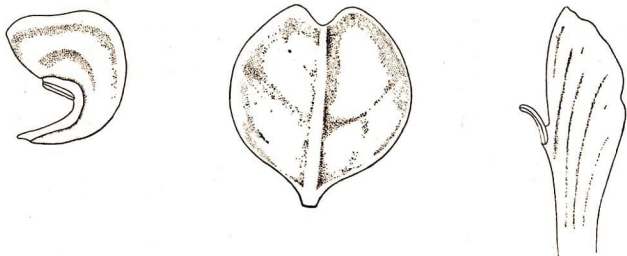


Abb. 30 Umwandlung von Staubblättern in Blumenblätter bei Rose (links und Mitte) und Blumenrohr (rechts). Die verkümmerten Staubbeutel sind noch zu erkennen.

oder Gene erfolgen. Mutative Veränderungen treten auch an Erbanlagen im Zellplasma oder in den Blattgrünkörpern auf.

Mutationen können in verschiedener Form in Erscheinung treten:

**Verlustmutationen** bedingen die Verringerung oder den Ausfall von Merkmalen beziehungsweise Eigenschaften (z. B. bei Blattgrünkörpern Verlust der Fähigkeit, Blattgrün zu bilden).

**Überzählige Organbildungen** treten recht häufig auf. Am bekanntesten ist die Zunahme der Blütenblätter bei Pflanzen. Bei Insekten findet man manchmal überzählige Beine (Abb. 28).

**Symmetrieänderungen** sind vor allem von Pflanzen bekannt (Abb. 29). Es sind immer Rückschläge zu Verhältnissen, wie sie bei den Vorfahren einmal vorhanden waren.

**Verschiebungen** kommen bei Organen vor, die in größerer Zahl auftreten. Am bekanntesten sind die Umwandlungen von Staubblättern in Blumenblätter bei gefüllten Blüten (Abb. 30) und Umwandlungen von Brustwirbeln in Lenden- oder Halswirbel.

**Proportionsänderungen** beruhen auf unterschiedlichem Wachstum der Einzelteile. Zu ihnen gehört beispielsweise die Dackelbeinigkeit.

**Neubildungen** durch Mutationen sind außerordentlich selten. Die meisten von ihnen stellen Mißbildungen dar. Interessant ist zum Beispiel ein Löwenmaul mit gespornten Blüten (Abb. 31).

Die allermeisten Mutationen bedeuten eine Verringerung, einen völligen Ausfall, eine Vereinfachung von Merkmalen oder Eigenschaften oder die Wiederholung eines Zustandes der stammesgeschichtlichen Vorfahren. Nur ganz selten treten neue Merkmale auf. Einige von ihnen können vielleicht den Ansatz für eine Weiterentwicklung



Abb. 31 Löwenmaul mit gespornten Blüten

darstellen, doch sind bei weitem nicht alle Neubildungen funktionsfähig. Bei dem erwähnten Löwenmaul enthält der Sporn keinen Nektar; die Mutation ist daher bedeutungslos, wenn nicht gar ungünstig. Nur wenn die Mutation einen Vorteil für den Organismus bringt, steigt dessen Aussicht, am Leben zu bleiben und sich forzupflanzen. Erst dann würde die Mutante ausgelesen und bliebe erhalten.

Man könnte annehmen, daß viele kleine Mutationen letztlich wesentliche Veränderungen verursacht haben. Die Mutationsschritte müßten aber alle zueinander passen. Die Möglichkeit, daß die dabei notwendige gleichbleibende Richtung eingehalten wird, wird jedoch von vielen Vererbungswissenschaftlern für unwahrscheinlich gehalten.

Eine andere Möglichkeit für die Entwicklung könnte das gleichzeitige Zusammentreffen mehrerer Mutationen sein, etwa wenn fünf Mutationen, die je eine Anlage betreffen, so gut zueinander passen, daß der Organismus lebensfähig bleibt. Zu diesen Überlegungen wurden Berechnungen angestellt. Sie lassen erkennen, daß dieser Möglichkeit keine stammesgeschichtliche Bedeutung zukommt.

Die Wahrscheinlichkeit für das zeitliche Zusammentreffen von fünf Mutationen in einem Individuum ist etwa nur  $10^{-22}$ . Das bedeutet, daß bei einer Tierart von 100 Millionen Individuen und einer Generationsdauer von nur einem Tag ein solches Zusammentreffen im Zeitraum von 274 Milliarden Jahren einmal zu erwarten wäre. Dieser Zeitraum übertrifft das Alter der Erde etwa einhundertmal. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß der durch gehäuftes Auftreten von Mutationen entstandene Organismus nicht nur lebensfähig, sondern auch an die Umwelt angepaßt sein muß. Und das wäre sicherlich nur bei einem Bruchteil der Organismen, an denen Mutationen in dieser Häufung auftreten, der Fall.

Mutationen haben sicherlich große Bedeutung für die Aufspaltung der Arten. Die Mutationstheorie reicht aber zur Klärung der Stammesgeschichte allein nicht aus.

## Anpassungsveränderungen und ihre Vererbung

### Aufgabe

Stelle mit Hilfe des Lehrheftes „Die Züchtung“ die Merkmale der Modifikation, der Dauermodifikation, der Vererbung erworbener Eigenschaften und der Mutation zusammen! Nenne jeweils Beispiele!

Die bisher dargestellten Entwicklungsfaktoren werden in ihrer Bedeutung für die Stammesgeschichte zwar unterschiedlich bewertet, sind aber doch allgemein anerkannt. Dagegen wird die Vererbung von im individuellen Leben erworbenen Eigenschaften noch immer von vielen Forschern angezweifelt. Das liegt vor allem an den großen Schwierigkeiten, mit denen die Untersuchung dieser Fragen verbunden ist.

Eine Anpassungsveränderung konnte vor allem bei Mikroorganismen nachgewiesen werden. Die Anordnung der Versuche und der Kontrollen schloß dabei eine entscheidende Mitwirkung von Mutationen aus.

Hierzu gehören Versuche mit Knöllchenbakterien, die nur zum Zusammenleben mit bestimmten Schmetterlingsblütengewächsen befähigt sind. Einige leben in den Wurzelknöllchen von Klee, andere an Wicken, Erbsen usw. In einem Versuch wurden Knöllchenbakterien, die nicht in Kleeurzeln zu leben vermochten, mehrere Monate in einem Filtrat aus Knöllchenbakterien des Klees kultiviert. Nach etwa sechs Monaten hatten die verschiedenen Bakterien die Fähigkeit erworben, an Kleeurzeln Knöllchen zu bilden.

In einem anderen Experiment wurden zwei Bakterienformen, die nicht zur Knöllchenbildung fähig sind, in Filtraten von Knöllchenbakterien kultiviert. Nach mehreren Monaten waren sie in der Lage, Knöllchen zu bilden. In Auswertung dieser Versuche traten bemerkenswerte Ergebnisse auf. Kultivierte man diese Bakterien auf einem normalen Nährboden weiter, so verloren ihre Nachkommen nach etwa fünf Monaten die neuerworbene Eigenschaft der Knöllchenbildung. Hatten die Bakterien aber einmal in einer knöllchenbildenden Pflanze gelebt, so blieb die neue Eigenschaft auch später vollständig erhalten, sie wurde also erblich. Quantitative Veränderungen hatten zum Umschlag in eine neue Qualität geführt.

Gegen die Versuche mit Bakterien, also mit niederen Organismen ohne typischen Zellkern, wird der Einwand vorgebracht, daß bei ihnen grundsätzlich andere Vererbungsverhältnisse vorliegen können als bei kernhaltigen Lebewesen. Für die Vererbung erworbener Eigenschaften sind jedoch auch aus verschiedenen Gruppen kernhaltiger Organismen Beweise vorhanden. Zu Experimenten, in denen geprüft wurde, daß die erreichte Veränderung nicht durch Mutationen hervorgerufen sein konnte, gehören Zuchtversuche mit Hefepilzen.

Bestimmte Hefen können nur bestimmte Zucker vergären. Bei der Zucht auf Nährböden, die Beimengungen anderer Zucker (z. B. Rohrzucker) enthielten, konnten etwa 10 Prozent der Hefezellen danach auch diesen Zucker abbauen. Die künstlich veränderten Formen entsprachen in ihrer Leistungsfähigkeit durchaus der wild vorkommenden Hefeart, die zur Vergärung von Rohrzucker befähigt ist.

Eine Vererbung von Anpassungsveränderungen konnte auch bei höheren Pflanzen und Tieren festgestellt werden.

Als Beispiel für Blütenpflanzen soll ein Akklimatisationsversuch mit Pfirsichen erwähnt werden. Die meisten Laubbäume der gemäßigten Zone werfen im Herbst ihre Blätter ab. Sie geben ihren periodischen Laubwechsel auf, wenn man sie in die feuchten Tropen versetzt. Aus den sommergrünen werden immergrüne Formen.

Pfirsiche aus Europa wurden auf Réunion, einer Insel östlich von Madagaskar, ausgesät. In den ersten Jahren fiel das Laub regelmäßig ab. Die Pflanzen blieben aber nur eineinhalb Monate, später noch kürzere Zeit, kahl. Nach etwa zehn Jahren war der Laubfall nur noch sehr unvollständig, und nach zwanzig Jahren erfolgte der Blattersatz bereits so gleichmäßig, daß man die Pfirsichbäume als immergrün bezeichnen konnte. Als die Samen dieser Pfirsiche auf Réunion ausgesät wurden, waren die jungen Pflanzen von Anfang an immergrün. Diese Eigenschaft behielten sie selbst dann, wenn die Aussaat im Gebirge, in ungefähr 1000 m Höhe, erfolgte. In dieser Höhe warfen die aus Europa importierten Pfirsiche dagegen ihre Blätter im Winter ab.

Die Einwirkung des feuchten tropischen Klimas erwies sich als so tiefgreifend, daß die dadurch verursachten Veränderungen auf die Nachkommen übertragen wurden.

Abschließend sollen noch Experimente am Kohlweißling beschrieben werden; sie sind mit sehr umfangreichem Versuchsmaterial durchgeführt worden.

Die Farbe der Kohlweißlingspuppe wird von der Wellenlänge des Lichtes beeinflusst, dem die Raupe kurz vor der Verpuppung ausgesetzt ist. Durch orangefarbenes Licht kann eine große Anzahl grünlicher Puppen erzielt werden. Bei Versuchen entstanden unter Normalbedingungen 3,7 Prozent grüne Puppen, unter Einfluß von orangefarbenem Licht dagegen 62,9 Prozent.

Die Nachkommen der aus den grünen Puppen geschlüpften Falter wurden erneut unter verschiedenen Bedingungen gehalten. Diejenigen, die aufs neue der Einwirkung orangefarbenen Lichtes ausgesetzt wurden, ergaben 98,2 Prozent grüne Puppen. Eine auffällig große Zahl grüner Puppen erhielt man aber auch bei der Aufzucht unter Normalbedingungen (48,5 Prozent).

Aus dem Ergebnis dieser Versuche ist folgendes abzuleiten: Die Beeinflussung der Puppenfärbung wird durch eine Veränderung der physiologischen Vorgänge zur Zeit der Puppenbildung erreicht. Sie kann durch orangefarbenes Licht hervorgerufen werden. Diese Veränderung beeinflusst offenbar die Keimzellen, da bei den Nachkommen ein erhöhter Anteil grüner Puppen selbst dann auftritt, wenn sie sich unter Normalbedingungen entwickeln.

Die Grünfärbung der Puppen erfolgte nur dann in der oben geschilderten Weise, wenn die Raupen funktionsfähige Augen hatten. Nach Blendung der Tiere war keine Reaktion festzustellen. Damit ist erwiesen, daß der Lichteinfluß die Keimzellen nicht unmittelbar veränderte, sondern daß die erbliche Veränderung auf dem Wege über den Stoffwechsel des Körpers erfolgt sein muß.

Die Vererbung von Anpassungsveränderungen kann als ein Faktor in der Stammesgeschichte angesehen werden; sie wirkt mit anderen Faktoren zusammen. Im Gegensatz zu der Mehrzahl der Mutationen treten bei diesen Veränderungen kaum Mißbildungen auf.

## Die Auslese

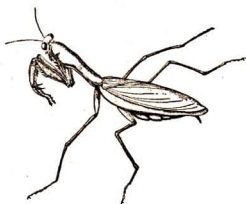


Abb. 32 Europäische Gottesanbeterin, eine Fangheuschrecke

Der Mensch liest jene Pflanzen und Tiere zur weiteren Vermehrung aus, die seinen Zielen am meisten entsprechen („künstliche Zuchtwahl“). DARWIN hat die im Prinzip ähnliche „natürliche Zuchtwahl“ als Erscheinung in der Natur untersucht und beschrieben.

Die Auslese merzt lediglich unpassende Formen aus und ermöglicht anderen, die für das Leben in einer bestimmten Umwelt am besten geeignet sind, das Weiterbestehen. Dadurch wird die Entwicklung in eine bestimmte Richtung gelenkt.





Abb. 33 Das „Wandelnde Blatt“ ist eine blattähnlich geformte Laubheuschrecke



Abb. 34 Zwei verschiedene blattähnliche Schmetterlinge an einem Zweig sitzend (unten rechts und unten links)

Wir können überall Ausleseprozesse beobachten. Eine ungepflegte nasse Wiese beispielsweise zeigt einen typischen Pflanzenwuchs. Er ist vor allem durch den Zustand des Bodens (Feuchtigkeit, Temperatur, Säuregrad, Nährstoffgehalt u. a.) bestimmt. Wird die Wiese ordnungsgemäß genutzt und in Pflege genommen, so ändert sich durch die veränderten Lebensbedingungen der Pflanzenbestand. Schon nach kurzer Zeit treten an die Stelle der wirtschaftlich wertlosen Gräser und Seggen in verstärktem Maße wertvolle Gräser.

Einer der ältesten Versuche zum Problem der Auslese wurde mit Gottesanbeterinnen (Abb. 32) durchgeführt. Grüne und braune Tiere befestigte man mit Fäden auf einer Unterlage, die zum Teil grün und zum Teil braun gefärbt war. Nach einigen Tagen waren alle Tiere, deren Farbe nicht mit der ihrer Unterlage übereinstimmte, von Vögeln aufgefressen worden. Die Tiere, deren Farbe mit ihrer Unterlage übereinstimmte, waren dagegen fast vollständig vorhanden; sie waren ausgelesen worden.

Bei den heute lebenden Organismen gibt es eine Reihe von Merkmalen, die sich nur durch die Wirkung der Auslese erklären lassen. Denken wir an die Schutztrachten der verschiedenen Tiere. In Sonderfällen umfaßt die Schutztracht den ganzen Körper (Abb. 33 u. 34).

Neben der Verschiedenheit der Individuen ist eine große Anzahl von Nachkommen für die Wirkung der Auslese nötig. Alle Organismen erzeugen tatsächlich in der Regel

weit mehr Nachkommen, als später zur Fortpflanzung gelangen. Diese Vielzahl an Nachkommen steht als Auslesematerial zur Verfügung.

### Isolationsvorgänge

Veränderungen, die sich bei der Auslese als vorteilhaft erwiesen haben, können sich oft nur bei einem Teil der Nachkommen durchsetzen.

Wird beispielsweise das Verbreitungsgebiet einer Pflanze von einem Gebirge durchzogen, das von den bestäubenden Insekten nicht überflogen werden kann, so bleibt ein neu entstehendes Merkmal auf den Teil des Verbreitungsgebietes beschränkt, in dem es entstanden ist. Das Gebirge isoliert also eine Gruppe von Individuen. Diese kann sich zu einer neuen Unterart oder zu einer neuen Art entwickeln (s. S. 33).

Die räumliche Isolation durch Gebirge, große Wälder, große Wasserflächen oder ähnliches ist nur eine Möglichkeit der Artbildung. Auch eine Änderung der Blühzeit kann eine Vermischung mit der unveränderten Form ausschließen, obwohl beide nebeneinander wachsen.

Ebenso trennt die Verschiebung der Brunstzeit bei Tieren eine Gruppe von Lebewesen ab; sie kann Anlaß zu einer besonderen Entwicklung dieser Gruppe sein.

Die Isolationsvorgänge, die sehr vielgestaltig und kompliziert sind, besitzen große Bedeutung für die Aufspaltung der Arten.

### Stammesentwicklung und Züchtung

Die Züchtung der Kulturpflanzen und Nutztiere ist wohl das großartigste Experiment, das die Menschheit je durchgeführt hat. Es erstreckt sich über mehrere tausend Jahre und umfaßt Pflanzen und Tiere aus unterschiedlichen systematischen Gruppen. Außerdem ist es nachweislich an mehreren Stellen der Erde unabhängig voneinander erfolgt.

Seit den grundlegenden Ausführungen DARWINS haben die durch den Menschen bei der Züchtung erzielten Veränderungen an Pflanzen und Tieren immer wieder zum Vergleich mit der stammesgeschichtlichen Entwicklung in der Natur herausgefordert.

#### Aufgabe

Nenne Faktoren, die in der Züchtung und bei der stammesgeschichtlichen Entwicklung eine Rolle spielen!

Trotz wesentlicher Übereinstimmungen gibt es auch deutliche Unterschiede zwischen Züchtung und Stammesentwicklung. In der Natur vermehren sich diejenigen Formen am stärksten, die ihrer natürlichen Umwelt am besten angepaßt sind. Der Mensch dagegen läßt die Lebewesen zur Vermehrung kommen, die seinen Zielen am meisten entsprechen. Die vom Menschen herausgezüchteten Eigenschaften sind meist nicht von biologischem Vorteil für Pflanzen oder Tiere. Eine Kuh, die 15 l Milch

täglich erzeugt, wäre als Wildtier nicht lebensfähig. Der Mais, eine unserer ältesten und bedeutendsten Kulturpflanzen, ist durch den Bau seiner Fruchtstände nur als Kulturpflanze lebensfähig. Es gibt keinen rezenten Wildmais.

Es gibt aber auch andere Unterschiede zwischen Züchtung und Evolution. Der Mensch vermag zum Beispiel Angehörige geographisch weit auseinanderliegender Arten oder Rassen zu kreuzen. MITSCHURIN hat dazu ausgezeichnete Beispiele geliefert. Derartige Kreuzungen kommen in der Natur nicht vor. Der Mensch kann in der Züchtung Wege gehen, die in der natürlichen Entwicklung unmöglich sind.

Durch die Beeinflussung der Organismen bei den verschiedenen Züchtungsverfahren kommt es zu einer stark variierenden Nachkommenschaft. Der Mensch unterzieht sie nach seinen Gesichtspunkten einer scharfen Auslese. Damit können Veränderungen, die sich in der Natur erst in größten Zeiträumen durchsetzen würden, in wenigen Jahrzehnten erreicht werden.

Heute wird bei der Züchtung neben der Kombination, der Mutation und der künstlichen Auslese, den bisher stark bevorzugten Faktoren, in zunehmendem Maße auch die gerichtete Veränderung (Vererbung erworbener Eigenschaften) untersucht. Das hat sich besonders die MITSCHURINSche Richtung in der Züchtung zur Aufgabe gemacht.

In der Evolution und bei der Züchtung sind weitgehend die gleichen Faktoren wirksam. Die Bedeutung der einzelnen Faktoren ist aber in beiden Prozessen verschieden groß. Die Veränderung der Lebewesen unter dem Einfluß des Menschen erfolgt außerdem mit tausendfacher Beschleunigung.

### Das Zusammenwirken der bekannten Evolutionsfaktoren

Die Evolutionsfaktoren, von denen wir die wichtigsten kennengelernt haben, wirken nicht isoliert, sondern stehen in engster Wechselbeziehung miteinander und mit der Umwelt. Das Zusammenspiel von Vererbung, Veränderung und Überleben der unter den jeweiligen Umweltbedingungen geeignetsten Organismen bedingt den ständig fortschreitenden Prozeß der biologischen Höherentwicklung.

Innerhalb der Faktoren können wir zwei Gruppen abgrenzen:

Zu der einen Gruppe gehören die Bedingungen, die gewissermaßen das Ausgangsmaterial für die Entwicklung schaffen. Dazu gehören Kombination, Mutation und Anpassungsveränderung. Sie führen zu neuen Eigenschaften und Merkmalen.

Die Faktoren der zweiten Gruppe entscheiden in starkem Maße über die Verbreitung der neuen Merkmale und Eigenschaften sowie über die Entwicklungsrichtung. Zu ihnen rechnen wir die Auslese und die Isolation.

Durch die experimentelle Erforschung der Evolutionsfaktoren sind in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte erzielt worden. Weitaus größere sind zu erwarten. Schon heute ist völlig eindeutig, daß die Entwicklung der Organismen ein natürlicher, gesetzmäßig ablaufender Prozeß ist. Jede Annahme übernatürlicher Kräfte bei diesen Vorgängen ist unwissenschaftlich.

# Die Geschichte der Organismen

## Die Entstehung der lebenden Materie

Die Frage nach der Entstehung des Lebens ist sehr alt; seit den frühesten Zeiten haben sich die Menschen mit ihr beschäftigt. Dabei traten stets zwei grundsätzlich verschiedene Meinungen auf. Die Vertreter des Idealismus glaubten, daß das Leben auf der Erde mit Hilfe übernatürlicher Kräfte, etwa durch eine göttliche Schöpfung, entstanden sei. Die Materialisten dagegen führten die Entstehung des Lebens auf das Wirken natürlicher Gesetzmäßigkeiten zurück.

### Überholte Vorstellungen von der Entstehung des Lebens

**Spontane Urzeugung.** Auf den verschiedenen Kulturstufen der Menschheit ist die Frage nach der Entstehung des Lebens, entsprechend dem jeweiligen Entwicklungsstand der Wissenschaft, verschieden beantwortet worden. Die älteste Theorie besagt, daß Lebewesen jederzeit aus unbelebten Stoffen entstehen können. Diese Theorie der spontanen Urzeugung ist Ausdruck einer sehr unzureichenden Kenntnis der Natur.

Würmer, Fliegenmaden und anderes Ungeziefer findet man häufig in Mist und Unrat, auf faulendem Fleisch und anderen verwesenden Stoffen. Wir wissen heute, daß das Ungeziefer an diesen Stellen Eier ablegt, aus denen sich Nachkommen entwickeln. Früher aber glaubte man, daß die Lebewesen von selbst, also spontan, aus diesen Stoffen entstünden. Man nahm an, daß Lebewesen ständig auf zwei verschiedene Arten entstehen könnten: durch Fortpflanzung und aus unbelebten Stoffen.

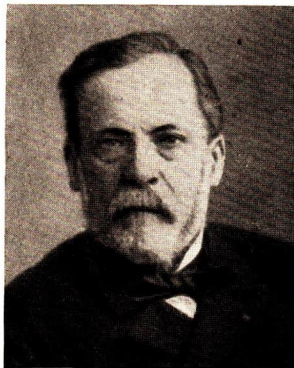


Abb. 35 Louis Pasteur

Die Vorstellung von der spontanen Urzeugung erhielt sich über viele Jahrhunderte, ja bis in die Neuzeit hinein. Dabei nahmen die Idealisten für die plötzliche Entstehung der Lebewesen das Wirken übernatürlicher Kräfte an, während die Materialisten diese Erscheinung auf natürliche, materiell bedingte Prozesse zurückführten.

Im Jahre 1862 gelang es dem berühmten französischen Naturforscher LOUIS PASTEUR (Abb. 35), durch Versuche die Theorie der spontanen Urzeugung endgültig zu



widerlegen. Er zeigte, daß in den verschiedenen Nährflüssigkeiten, beispielsweise in Fleischwasser, nur dann Mikroorganismen auftreten, wenn ihre Keime aus der Luft dorthin gelangen. Sterilisiert man die Lösungen durch gründliches Kochen und verhindert man, etwa durch Zuschmelzen des Gefäßes, daß Keime hineingelangen, so entwickeln sich in ihnen keine Mikroben.

**Ewigkeit des Lebens.** Nach den Arbeiten PASTEURS nahm eine andere Theorie starken Aufschwung, die Theorie von der Ewigkeit des Lebens. Eine Reihe von Forschern vertrat die Ansicht, daß das Leben niemals entstanden sei, sondern schon seit jeher existiere.

Nach dieser Theorie müßte die Erde von außen her, von anderen Himmelskörpern aus, besiedelt worden sein; denn wir wissen, daß unser Planet selbst einmal entstanden ist und nicht seit ewigen Zeiten besteht.

Die Verfechter dieser Theorie waren der Ansicht, daß einmal Lebenskeime, etwa Bakteriensporen, von einem bereits belebten Planeten kommend, den Weltraum durchquert haben. Diese Meinung wurde vor allem von dem schwedischen Gelehrten SVANTE ARRHENIUS vertreten.

Die Vorstellung von der Ewigkeit des Lebens ist heute eindeutig widerlegt. Im kosmischen Raum außerhalb der irdischen Atmosphäre herrscht eine starke ultraviolette Strahlung, die ungeschützte Lebewesen in kurzer Zeit abtötet. Das Leben muß also auf unserer Erde selbst entstanden sein.

**Entstehung des Lebens als Ergebnis des Zufalls.** Manche Forscher nahmen an, daß durch eine zufällige Vereinigung von Stoffen auf der noch unbelebten Erde die ersten lebenden Eiweißmoleküle entstanden seien. Diese auch heute noch mitunter vertretene Ansicht ist grundfalsch.

Die Eiweiße und Nucleinsäuren, die die Grundlage des Lebens bilden, sind sehr kompliziert und streng gesetzmäßig aufgebaute Körper, die im Organismus ganz bestimmte Funktionen ausüben. So komplizierte Körper konnten niemals durch einen Zufall entstehen.

## Heute anerkannte Theorien von der Entstehung des Lebens

Nach DARWINS Arbeiten über die Entwicklung der Tiere und Pflanzen wurden eine Fülle biologischer Probleme nach diesen Gesichtspunkten untersucht. Man bezog das Entwicklungsprinzip zunächst aber nur auf die Entwicklung der bereits vorhandenen Lebewesen. Daß auch das Leben selbst durch die Entwicklung der Materie entstanden ist, hielten viele Forscher noch bis in die erste Hälfte unseres Jahrhunderts hinein für unmöglich.

Bei der Frage nach der Entstehung des Lebens müssen wir davon ausgehen, daß sich die Materie gesetzmäßig entwickelt hat. Darauf wiesen schon K. A. TIMIRJASEW und FRIEDRICH ENGELS hin. In der neuesten Zeit wurde die Entwicklung von der unbelebten zur belebten Materie vor allem von dem sowjetischen Forscher ALEXANDER IWANOWITSCH OPARIN (Abb. 36) untersucht.

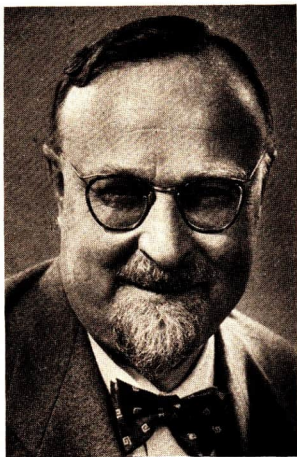


Abb. 36 Alexander Iwanowitsch Oparin

OPARIN entwickelte auf Grund der Arbeiten vieler Wissenschaftler und eigener Untersuchungen eine dem neuesten Stand der Wissenschaft entsprechende Theorie über die Entstehung des Lebens, die heute grundsätzlich allgemein anerkannt ist. In seiner Theorie vertritt er konsequent einen dialektisch-materialistischen Standpunkt, der dem Wesen der Natur gerecht wird.

Die Entstehung der belebten Materie aus unbelebter ist in mehreren großen Etappen vor sich gegangen. Dabei sind jeweils höhere Entwicklungsstufen entstanden, bis es schließlich zur Bildung von Lebewesen kam.

**Entstehung und Entwicklung organischer Stoffe.** Die erste Etappe war die Entstehung organischer Stoffe und ihre Entwicklung auf Grund chemischer Gesetzmäßigkeiten. Organische Verbindungen, die ohne Beteiligung von Lebewesen aus anorganischen Stoffen entstanden sind, gibt es auch auf anderen Gestirnen. Auf

dem unbelebten Planeten Jupiter beispielsweise gibt es große Mengen von Methan, das zusammen mit dem Ammoniak eine mächtige Atmosphäre bildet. Auch auf der Urerde entstanden in einem bestimmten Entwicklungsabschnitt solche Verbindungen.

Die Erde ist nach neueren Ansichten zusammen mit der Sonne und den anderen Planeten aus einer gewaltigen kalten kosmischen Gas- und Staubwolke entstanden. Der größte Teil der Wolke verdichtete sich zu einem Zentralkörper. Es entstand schließlich ein heißer, leuchtender Stern, unsere Sonne. Aus dem Rest der ursprünglichen Wolke bildeten sich die Planeten, darunter auch unsere Erde. Dabei trat durch die Zusammenziehung der Stoffe in der sich bildenden Erde eine Temperaturerhöhung auf etwa 2000 °C ein. Sie kühlte sich aber durch Wärmeausstrahlung bald wieder ab, so daß die Urerde auf ihrer Oberfläche Temperaturen aufwies, die den heutigen nahekommen.

Schon seit den frühesten Zeiten ihres Bestehens besaß die Erde eine feste Oberfläche, einen Ozean und eine Atmosphäre. In der Atmosphäre kam aber im Gegensatz zu heute kein freier Sauerstoff vor.

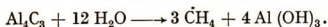
Die feste Oberfläche der Urerde enthielt Kohlenstoff, der sich heute als Hauptbestandteil in allen Organismen findet. Damals existierte er vor allem in Form von Carbiden, also in Verbindungen mit Metallen. Die Carbide traten mit Wasser in

Reaktion. Dabei entstanden die ersten **Kohlenwasserstoffe**, die in die Atmosphäre eingingen.

Äthin (Acetylen) bildet sich zum Beispiel aus Calciumcarbid und Wasser:



Aluminiumcarbid bildete unter den gleichen Bedingungen Methan:



Aus anderen Carbiden konnte auch Äthen (Äthylen) entstehen.

Aus Metallnitriden, die im Prozeß der Erdentstehung durch Vereinigung von Stickstoff mit Metallen entstanden waren, bildete sich **Ammoniak**, zum Beispiel nach folgender Gleichung:



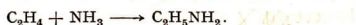
Auf ähnliche Weise wurde aus Metallsulfiden **Schwefelwasserstoff** frei. Ammoniak und Schwefelwasserstoff sammelten sich ebenfalls in der Uratmosphäre an. Auch Wasserdampf war in ihr enthalten.

Die ersten organischen Verbindungen auf der Urerde, die **Kohlenwasserstoffe**, machten in der Folgezeit eine lange chemische Entwicklung durch. Dabei entstand durch verschiedenartige Reaktionen eine große Zahl von komplizierter gebauten Stoffen.

So waren folgende Prozesse möglich: Hydratisierung (Anlagerung von Wasser), Reduktion und Oxydation, Kondensation, Polymerisation, Aminierung (Anlagerung von  $\text{NH}_3$  unter Bildung einer  $\text{NH}_2$ -Gruppe), Ringbildung u. a. Als Ergebnis entstanden auf der Urerde die verschiedensten sauerstoff- und stickstoffhaltigen **Derivate der Kohlenwasserstoffe**, wie beispielsweise Alkanole (Alkohole), Alkanale (Aldehyde), organische Säuren, Amine, Amide, aromatische Verbindungen. Auch schwefelhaltige Kohlenwasserstoffabkömmlinge konnten so entstehen. Als Beispiel seien hier zwei Reaktionen angeführt, die Bildung von Äthanal (Acetaldehyd) aus Äthin (Acetylen) und Wasser (Hydratisierung):



und die Bildung von Äthylamin aus Äthen (Äthylen) und Ammoniak (Aminierung):



Ein Teil dieser Reaktionen war exotherm. Andere Reaktionen waren endotherm und brauchten Energiezufuhr von außen. Als Energiequellen dienten dabei die Sonnenstrahlen (vor allem die ultraviolette Strahlen des Sonnenlichts), die elektrischen Entladungen der Atmosphäre und radioaktive Strahlen. Aus Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Wasserdämpfen konnten sich bei der Einwirkung elektrischer Entladungen auch **Aminosäuren** bilden. Das hat der Wissenschaftler S. MILLER, der in den USA lebt, experimentell gezeigt. Die Aminosäuren sind die Grundbausteine der lebenswichtigen Eiweiße.

Alle diese Reaktionen verliefen zuerst in der Uratmosphäre der Erde. Die Reaktionsprodukte wurden durch den Regen in den Ozean gespült, wo die gelösten Stoffe miteinander in Wechselwirkung traten. Dabei konnten bereits Katalysatoren

wirksam werden, beispielsweise im Wasser gelöste Eisensalze. Es entstanden immer neue, kompliziertere Verbindungen, darunter auch verschiedene Kohlenhydrate. Schließlich bildeten sich auch hochmolekulare Stoffe, wie **Polypeptide**, die lange Ketten von Aminosäuren darstellen und zu den Eiweißen überleiten, sowie eiweiß-ähnliche Substanzen. Damit waren im Urozean viele komplizierte, zum Teil hochmolekulare organische Verbindungen vorhanden.

**Entstehung polymolekularer organischer Systeme.** Über die erste Etappe, die Entstehung und Entwicklung organischer Verbindungen, haben die Wissenschaftler bereits recht genaue Vorstellungen. Viele Prozesse konnten experimentell bewiesen werden. Über die weitere Entwicklung der im Urozean gelösten Stoffe zu den ersten Lebewesen ist aber noch vieles ungeklärt. Auf Grund der Forschungsergebnisse der letzten Jahre können wir uns diese Entwicklung etwa folgendermaßen vorstellen:

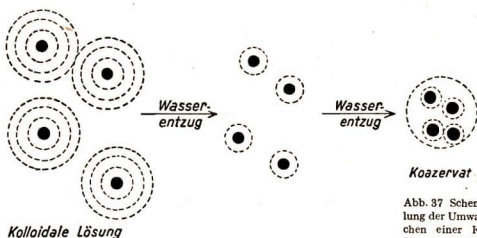


Abb. 37 Schematische Darstellung der Umwandlung von Teilchen einer Kolloidlösung in Koazervateilchen

Die im Urozean entstandenen hochmolekularen Verbindungen waren weder echte Lösungen noch Aufschwemmungen. Sie bildeten Lösungen, wie sie von Tischlerleim oder Gelatine bekannt sind. Wir sprechen in solchen Fällen von kolloidalen Lösungen; die gelösten Stoffe heißen **Kolloide**. Ihre Teilchen sind größer als die von echten Lösungen und kleiner als die von Aufschwemmungen. In kolloidalen Lösungen ist ein Teil des Wassers, das Hydratationswasser, auf Grund elektrostatischer Kräfte an die Kolloidteilchen gebunden; die Wassermoleküle sind streng auf die Kolloidteilchen ausgerichtet.

Unter bestimmten Voraussetzungen wird ein Teil des Hydratationswassers abgegeben. Dadurch werden elektrostatische Kräfte frei, die mehrere Moleküle zu größeren Einheiten vereinigen. Die so entstandenen Gebilde nennen wir **Koazervate**. Sie sind noch flüssig und schwimmen als scharf abgegrenzte Tröpfchen in der Lösung, ähnlich wie ein Tropfen Hühner-eiweiß in einem Glas Wasser schwimmt und sich mit Wasser nicht vermischt (Abb. 37).



Abb. 88 Koazervatröpfchen aus Gelatine und Gummiarabikum (nach T. Jewreinowa)



Koazervate kann man auch künstlich herstellen, beispielsweise aus einer wäßrigen Lösung von Gelatine und Gummiarabikum (Abb. 38).

Nachdem sich im Urozean aus den dort gelösten hochmolekularen Stoffen Koazervatröpfchen gebildet hatten, begann als weitere Etappe die Entwicklung dieser **organischen Systeme**.

In den Koazervaten wurden die auf der Urerde entstandenen organischen Stoffe angereichert. Das begünstigte den Ablauf chemischer Reaktionen zwischen diesen Stoffen. Die Koazervate existierten nicht losgelöst von der Umwelt. Sie nahmen aus dem sie umgebenden Urozean Stoffe auf und gaben andere, umgebaute Stoffe ab. Sie standen also mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung, in ständigem Stoffaustausch.

Die in den Koazervaten verlaufenden Reaktionen waren mannigfaltigen Umweltinflüssen ausgesetzt, zum Beispiel konnten sie durch die Aufnahme neuer Stoffe aus der Umwelt verändert werden. Unter günstigen Bedingungen führten diese Änderungen zur Entwicklung der Koazervate, zu ihrer Vervollkommnung. Unter ungünstigen Bedingungen wurde die Beständigkeit des Koazervatröpfchens gestört; es zerfiel. Die der Umwelt am besten angepaßten Koazervatröpfchen blieben bestehen und entwickelten sich weiter.

Einige Koazervate nahmen mehr Stoffe auf als sie abgaben; sie wuchsen. Beim Erreichen einer bestimmten Größe kam es auf Grund physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu einer Teilung in mehrere Tochtertröpfchen. Oft konnten auch die Tochtertröpfchen auf Grund der in ihnen ablaufenden Vorgänge gleich dem Muttertröpfchen wachsen und sich weiter teilen.

Die Reaktionen in den Koazervatröpfchen verliefen zunächst langsam. Aus der Umwelt konnten Katalysatoren aufgenommen werden, die zur Reaktionsbeschleunigung führten.

Die mit solchen Katalysatoren ausgestatteten Tröpfchen waren den anderen gegenüber im Vorteil und konnten sich schneller entwickeln. Die zuerst einfachen Katalysatoren komplizierten sich später durch Anbau neuer Gruppen, so daß schließlich Fermentkomplexe entstanden.

**Entstehung der Uroorganismen.** Die weitere, sich über einen sehr langen Zeitraum erstreckende Entwicklung der Koazervate führte schließlich zu neuen, komplizierteren Systemen. Es entstanden auf einer bestimmten Stufe in ihnen auch Stoffe, die den heutigen Eiweißen und Nucleinsäuren ähneln. Eiweiße und Nucleinsäuren sind die stoffliche Grundlage des Lebens.

Damit entstanden auf der Erde neue Systeme mit einer hohen physikalisch-chemischen Organisation, die Uroorganismen, die ersten Lebewesen. Sie verfügten bereits über alle Gesetzmäßigkeiten und Qualitäten des Lebens: den Stoffwechsel, das Wachstum (die irreversible Zunahme an Körpersubstanz), die Vermehrung (das Teilen in Tochtertröpfchen), die Vererbung (das Wiederauftreten von Eigenschaften der Elterntröpfchen), die Veränderung und die natürliche Auslese (die Erhaltung der geeigneten Tröpfchen und der Abbau der ungeeigneten).

Die Grundlage aller dieser Prozesse ist der Stoffwechsel. Er besteht in einem ständigen Auf-, Ab- und Umbau der Substanzen eines Organismus. Der Stoffwechsel setzt

sich aus vielen tausend miteinander verbundenen Einzelreaktionen zusammen, die unter der Wirkung von Fermenten verlaufen. Er stellt ein ganzes Netz von Reaktionen dar, die in ihrer Gesamtheit das dynamische Gleichgewicht des Systems gewährleisten. Durch den Stoffwechsel bleibt der Organismus trotz dauernder Veränderung in seiner Zusammensetzung relativ konstant.

So entwickelte sich auf der Erde aus den Koazervaten eine neue, höhere Entwicklungsstufe der Materie, in der neue Gesetzmäßigkeiten wirken: **das Leben**.

**Entwicklung der Uroorganismen.** Die ersten Uroorganismen waren heterotroph. Sie ernährten sich von organischen Substanzen, die ohne Beteiligung von Lebewesen auf der Uerde gebildet worden waren.

Es gab damals auf der Erde noch keinen freien Sauerstoff. Die ersten Lebewesen gewannen ihre Energie durch Gärungsprozesse, die nicht an die Anwesenheit von freiem Sauerstoff gebunden waren.

Im Laufe der weiteren Entwicklung entstanden Formen, die die Fähigkeit hatten, aus anorganischen Stoffen durch Photosynthese organische Substanzen aufzubauen. Aus diesen ersten autotrophen Formen gingen die heutigen Pflanzen hervor.

Durch die Photosynthese wurde auf der Erde zum ersten Mal freier Sauerstoff gebildet. Dadurch konnten Organismen entstehen, die ihre Energie mit Hilfe der Atmung gewannen, wie es die meisten Lebewesen auch heute tun. Gleichzeitig wurde durch die Photosynthese in großer Menge organische Substanz neu gebildet. Das förderte die weitere Entwicklung der ursprünglichen heterotrophen Organismen, aus denen schließlich die Tiere entstanden.

Unter den heute auf der Erde herrschenden Bedingungen ist eine Neuentstehung von Lebewesen nicht zu erwarten. Sollten sich irgendwo auf der Erde organische Stoffe neu bilden, so würden sie von Mikroorganismen schnell aufgebraucht werden und könnten sich nicht weiterentwickeln. Das heute auf der Erde vorhandene Leben ist also ein Hindernis für die Neuentstehung von Lebewesen aus anorganischer Materie.

Die materialistische Theorie OPARINS gibt uns Aufschluß über die Entstehung des Lebens, diesen wichtigen Abschnitt in der gesamten Entwicklung der Materie. Zur endgültigen Lösung dieses Problems ist die Synthese lebender Materie im Laboratorium außerordentlich wichtig. Dazu ist die genaue Kenntnis des Stoffwechsels und des Feinbaus der Lebewesen in allen Einzelheiten Voraussetzung. OPARIN schreibt dazu: „Wenn wir die hohe Organisationsform der Materie, die den lebenden Körpern eigen ist, genau kennen, werden wir auf viel vollkommenerem Wege als auf dem, den die Natur ging, und mit bedeutend größerer Geschwindigkeit Leben aufbauen können. Wir können überzeugt sein, daß das in nicht allzu ferner Zukunft der Fall sein wird.“

### Aufgaben und Fragen

1. Beschreibe die Entstehung organischer Stoffe aus anorganischen an einem Beispiel!
2. Beschreibe die Herausbildung von Stoffwechsel, Wachstum und Vermehrung auf der Stufe der Koazervate!

3. Welche Vorstellung hast du von der Entstehung des Lebens auf der Erde? Steht deine Vorstellung von der Entstehung des Lebens auf der Erde zu den gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen in Widerspruch?

## Geschichte der Organismen

## Formationstabelle

**Erdfrühzeit.** Lebewesen gibt es seit ungefähr 2 Milliarden Jahren auf unserer Erde. Aus der Erdfrühzeit (Proterozoikum) sind nur vereinzelte Spuren niederer Organismen nachgewiesen worden. Es ist anzunehmen, daß der Übergang von kernlosen zu kernführenden sowie von einzelligen zu mehrzelligen Lebewesen in der Erdfrühzeit stattgefunden hat, da am Beginn des Erdaltertums (Paläozoikum) bereits kernlose und kernführende sowie einzellige und mehrzellige Organismen lebten.

Von diesen für die Entwicklung des Lebens auf der Erde äußerst wichtigen und tiefgreifenden Prozessen ist sehr wenig bekannt. Es fehlen Fossilien aus dieser Zeit. Das liegt zum Teil an dem zarten Bau der Organismen. Außerdem gibt es aus jener Erdpoche kaum Ablagerungen, die nicht durch den außerordentlichen Druck der viele hunderte von Metern mächtigen Gesteins-

massen und durch die in der Tiefe herrschenden Temperaturen starke Veränderungen erfahren haben.

Durch das Studium heute lebender einfachster Lebewesen und durch vergleichende Betrachtung können wir die Entwicklung der niedersten Organismen mittelbar erschließen. Wir müssen aber dabei beachten, daß auch die einfachsten heutigen Organismen das

| Zeitalter                                       | Formation                                                 | Beginn vor Mill. Jahren |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Erdneuzeit (Neo- oder Känozoikum)               | Quartär                                                   | 0,6                     |
|                                                 | Tertiär                                                   | 60                      |
| Erdmittelalter (Mesozoikum)                     | Kreide                                                    | 140                     |
|                                                 | Jura                                                      | 175                     |
|                                                 | Trias                                                     | 200                     |
| Erdaltertum (Paläozoikum)                       | Perm                                                      | 240                     |
|                                                 | Karbon (Steinkohlenzeit)                                  | 310                     |
|                                                 | Devon                                                     | 350                     |
|                                                 | Silur<br>Gotlandium<br>Ordovizium                         | 450                     |
|                                                 | Kambrium                                                  | 540                     |
| Erdurzeit (Azoikum) Erdfrühzeit (Proterozoikum) | Präkambrium<br>Jungalgonkium<br>Altalgonkium<br>Archaikum | mehr als 2000           |

Ergebnis einer langen Entwicklung sind. Sie können mit den ursprünglichen Formen nicht einfach gleichgesetzt werden.

Die urchtümlichste Organisation der zu diesen Untersuchungen herangezogenen Objekte zeigen die **Viren**. Es ist noch umstritten, ob sie lebende Organismen oder nichtlebende Eiweißkolloide sind. Doch alle bisher bekannten Viren enthalten Nukleoproteide, Kohlenhydrate und Lipide, also äußerst wichtige Substanzen aller lebenden Zellen.

Die urchtümlichsten Lebewesen unserer Zeit sind die Bakterien und Blaualgen, die das Reich der **Kernlosen** bilden.

Sie besitzen keinen räumlich abgegrenzten Zellkern. Ihre Kernsubstanz ist in der Zelle verteilt. Die Kernlosen sind Reste sehr alter Stämme von Lebewesen, die in der Erdfrühzeit viel reicher entwickelt waren als heute. Von den einfach gebauten Kernlosen führt die Entwicklung zu verschiedenen Formen kernführender einzelliger und schließlich mehrzelliger Organismen.

Im Reich der **Protisten**, zu dem die Rotäugelein, Algenstämme, Pilze und Protozoen gehören, ist bereits ein räumlich abgegrenzter Zellkern mit Chromosomen ausgebildet. Die Assimilationsfarbstoffe sind in Farbstoffträgern (z. B. Blattgrünkörper) eingelagert.

An der Entwicklung einiger Grünalgen ist gut zu erkennen, wie sich mehrzellige Formen bilden können. Die aus den Sporen bestimmter Algen entstehenden vier Zellen trennen sich nicht, sondern bleiben zusammen. Durch weitere Teilungen entsteht ein flächiges Gebilde. Bei anderen Arten führt dieser Prozeß zur Bildung räumlicher Körper, etwa wie bei der Volvoxkugel, in welchen bereits eine gewisse Arbeitsteilung der Zellen besteht.

**Erdaltertum.** Mit Beginn des Erdaltertums treten verschiedene Algen auf. Aus dem Tierreich sind Vertreter sämtlicher uns heute bekannter Stämme der Wirbellosen vorhanden (u. a. Schwämme, Gliederfüßer, Stachelhäuter). Es gab bereits Tierformen, bei denen als Schutz und Stütze Hartteile ausgebildet waren. Diese vor allem konnten als Fossilien erhalten bleiben. Es ist uns möglich, die Geschichte der Organismen von Beginn des Erdaltertums an an Hand von Fossilien zu untersuchen.

Im **Kambrium** gab es Lebewesen nur in den Meeren. Vielfältige Formen von Blaualgen und Algen gaben der Wasserflora das Gepräge. Das tierische Leben in den Meeren zeigte eine große Formenmannigfaltigkeit. Besonders traten die Trilobiten, altertümliche Gliederfüßer (Abb. 39), hervor.

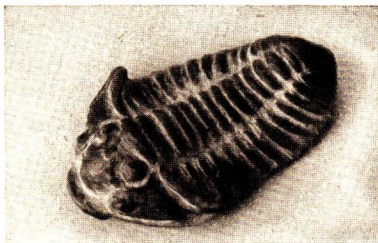


Abb. 39 Trilobit

Die Trilobiten oder Dreilapptiere sind eine Tierklasse aus dem Stamm der Gliederfüßer. Sie lebten während des Erdaltertums vorwiegend als Bodenbewohner der Meere. Einige von ihnen waren in der Lage, zu schwimmen. Der Körper der Trilobiten wurde von einem Skelett aus Chitin umgeben. Er zeigt eine deutliche Gliederung in Kopfschild, Rumpfabschnitt und Schwanzschild.



Abb. 40 Graptolithen

In den Meeren des Ordoviziums und Gotlandiums lebten die Graptolithen, eine Tiergruppe, die noch während des Erdalters vollständig ausstarb. Es waren Formen, die stets in Kolonien auftraten und entweder auf dem Meeresboden festgeheftet waren oder im Meer schwebten. Die Einzeltiere saßen meist an einer Längsachse und schieden ein becher- oder röhrenförmiges Chitinskelett aus. Uns sind nur die widerstandsfähigen Skeletteile erhalten geblieben, sehr oft ist das Skelett in ein silbrigglänzendes Mineral umgewandelt. Meist finden wir die Reste in schwarzen Schiefen; es sieht dann aus, als wären fremde Schriftzeichen auf die Schiefer geschrieben worden. Daher stammt der Name Graptolith (auf dem Stein geschrieben). Zuweilen findet man die Skelette auch in Kalken. Löst man den Kalk vorsichtig in Säure, so bleiben die hauchdünnen Chitinskelette zurück, die uns die Abbildung zeigt. Auf den beiden Ansichten einer Graptolithenkolonie erkennt man deutlich die einzelnen, übereinander angeordneten Röhren, in denen jeweils ein Tier gelebt hat. Die Graptolithen sieht man heute als Verwandte der noch lebenden Eichelwürmer, einer hochentwickelten Gruppe der wirbellosen Tiere, an.

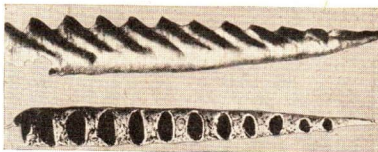


Abb. 41 Ammonit

Im Erdaltertum beginnt sich in den Meeren die Tiergruppe der Ammoniten zu entfalten. Sie gehört zu den Kopffüßern. Die Ammoniten scheiden ein kalkiges Außenskelett ab, das einer spiralförmig aufgerollten Röhre ähnelt. Es wird durch Scheidewände in eine Reihe hintereinanderliegender Kammern gegliedert. Nur die Kammer am freien Ende der Spirale wird von dem Weichkörper des Tieres ausgefüllt. Wird dem Ammonit diese Wohnkammer zu eng, so baut er seiner Röhre eine neue, größere Kammer an, die er nunmehr bewohnt. Seine alte Kammer verschließt er durch eine Kammerscheidewand. Die Kammerscheidewände sind wellblechartig verformt. Im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung wird diese Verformung immer

stärker, so daß man auf Grund der Verformung sagen kann, aus welcher Formation der Erdgeschichte ein Ammonit stammt (Leitfossilien!). Die ältesten Ammoniten haben meist nur einen Durchmesser von ein bis zwei Zentimetern. Im Erdmittelalter erlebten die Ammoniten ihre Blütezeit. Auch der Durchmesser der Gehäuse zeigt eine merkliche Vergrößerung. Durchmesser von zehn bis zwanzig Zentimetern sind keine Seltenheit. Die größten Formen stammen aus der Kreidezeit und erreichen einen Durchmesser bis zu zweieinhalb Metern. Am Ende des Erdmittelalters starben die Ammoniten aus.

Von vielen Wirbellosen der Kambriumzeit sind keine Reste mehr vorhanden. Viele Formen sind inzwischen ausgestorben.

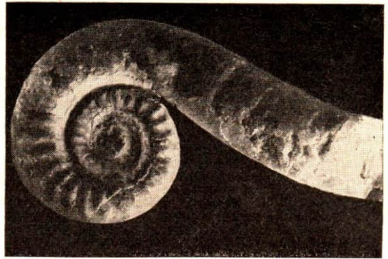
Im Silur lebten in den Meeren hochentwickelte Grün- und Rotalgen. Im ersten Zeitabschnitt dieser Formation, dem Ordovizium (Untersilur), entfalteten sich die Trilobiten besonders stark. Als charakteristische Gruppe treten die Graptolithen auf (Abb. 40). Sie erleben eine außerordentliche Ausbreitung und Entwicklung (Leitfossilien!).

Auch die Kopffüßer sind mit vielen Formen im Ordovizium weit verbreitet. Zu ihnen gehören die Ammoniten und Nautiliden (Abb. 41 u. 42).

Aus dem Ordovizium sind uns auch Funde von Wirbeltieren bekannt; es sind im wesentlichen Bruchstücke von Hautschuppen. Die unmittelbaren Vorfahren der

Abb. 42 Nautilid

Die Nautiliden gehören zur Gruppe der Kopffüßer. In den Meeren der Gegenwart lebt nur noch eine Gattung, das Schiffsboot (*Nautilus*). Die Nautiliden treten zum ersten Male im Erdaltertum auf. Sie zeigen eine riesige Formenmannigfaltigkeit. Ihre gekammerten Außenskelette waren meist geradegestreckt oder leicht eingekrümmt. Bei einigen von ihnen zeigte der erste Gehäuseabschnitt eine spiralförmige Einkrümmung, während der letzte Abschnitt geradewuchs. Diese Formen bezeichnet man mit dem Namen „Bischofs-Stab“. Von den verwandten Ammoniten unterscheiden sich die Nautiliden unter anderem dadurch, daß die Kammerscheidewände nicht so verfaltet sind. Ebenso wie bei den Ammoniten kommen auch unter den Nautiliden Riesenformen vor (gerade Gehäuse bis 5 m Länge).



Wirbeltiere kennen wir bis heute noch nicht. Man nimmt an, daß ihre ältesten Vertreter kleine, hartteillöse Tiere waren, die nicht als Fossilien erhalten bleiben konnten.

Aus dem Gotlandium (Obersilur) sind uns gut bestimmbare Fossilien von Wirbeltieren bekannt. Sie gehören zur Gruppe der „Kieferlosen“ (*Agnathi*). Die Rundmäuler aus dieser Gruppe haben sich bis in unsere Zeit erhalten. Aus den urtümlichen „Kieferlosen“ entwickelten sich noch im Gotlandium die **Panzerfische** (s. Tafeln gegenüber S. 17 u. zwischen den S. 56 u. 57) sowie die **echten Fische**.

Gleichzeitig begann im Gotlandium die Besiedlung des Landes durch Pflanzen und Tiere und damit eine neue Entwicklungsperiode der Organismen.

Der Übergang vom Wasser- zum Landleben macht einen grundsätzlichen Wandel im Körperbau der Organismen nötig. Bei den Pflanzen beispielsweise: Verankerung im Boden, Schutz vor Austrocknung, Vorrichtungen zum Gasaustausch und zur Wasserabgabe an die Umwelt, Zuführung von Wasser und Nährsalzen aus dem Boden durch Gefäßleitungen bis zu den Assimilationsorganen sowie mechanische Festigkeit.

Die Tiere müssen in der Lage sein, atmosphärischen Sauerstoff aufzunehmen und zu verwerten, sich auf dem Boden fortzubewegen, sich unabhängig vom Wasser fortzupflanzen und sich vor Verdunstung zu schützen.

Zu den ältesten uns bekannten Landpflanzen, den Urlandpflanzen oder Nacktsprossern (Psilophyten), gehört *Rhynia* (s. S. 18). Sie weist bereits Merkmale unserer höheren Pflanzen auf.

Die ersten wirbellosen Landbewohner waren Tausendfüßer, Skorpione und urtümliche flügellose Insekten. Die in der Brandungszone lebenden und auf schmale Küstenstreifen beschränkten Urlandpflanzen ließen eine stärkere Besiedlung des Landes mit tierischen Organismen noch nicht zu.

Im **Devon** geben Sumpf- und Teichlandschaften der Erdoberfläche das Gepräge. Neben tangartigen Riesenalgen, die bis 1 m starke stammähnliche Organe ausbildeten, entwickelten sich besonders die Psilophyten (Abb. 43).

Psilophyten sind unter anderem in Nordamerika, Schottland, in der ČSR und in Deutschland mehrfach gefunden worden. Ein Teil dieser Pflanzen lebte im Sumpf, ein anderer dagegen in ufernahen Gebieten des trockenen Landes.

In den Ablagerungen des Devons findet man viele Fossilien von Wirbeltieren. Die Panzerfische erreichten ihre Hauptentfaltung. Ihr Formenreichtum nimmt aber dann sehr schnell ab. Auch Verwandte der noch heute lebenden Knorpelfische (Haie und Rochen) sind weit verbreitet. In der Gruppe der urtümlichen Knochenfische entwickeln sich die Quastenflosser und die Lungenfische (s. S. 16 ff.).

Im **Karbon** (Steinkohlenzeit) entwickelten sich aus den Psilophyten größere, an das Landleben besser angepaßte Pflanzengruppen. Zu ihnen gehören Bärlappe, Schachtelhalme und Farne. Bei allen Vertretern dieser Klassen bildeten sich die Blätter weiter aus, damit war eine verstärkte Assimilationstätigkeit gewährleistet. Die Pflanzen nahmen an Größe zu, sie wurden baumartig.

Von den mannigfaltigen Vertretern der Farnpflanzen des Karbons sollen nur einzelne wichtige angeführt werden: die Siegel- und die Schuppenbäume als Bärlappgewächse und die Calamiten als Schachtelhalme.



Abb. 43 Landschaft des Devons

Im Vordergrund links *Rhynia* und *Psilophyton* (Nacktsprosser), rechts urtümliche Bärlappe und Farne. Im Hintergrund baumförmige urtümliche Bärlapp- und Farngewächse.

Die Siegel- und Schuppenbäume wurden etwa 30 m hoch und hatten einen Umfang von zwei Metern. Sie zeigten eine besonders mächtige Rindenbildung. Fast 90 Prozent des gesamten Baumquerschnittes bestand aus Rinde („Rindenbäume“; Abb. 44 u. 45).

Die Calamiten waren ähnlich unseren heutigen Schachtelhalmen gebaut. Sie hatten einen gegliederten hohlen Stamm („Röhrenbäume“). An den einzelnen Knoten der Stammabschnitte entsprangen quirlförmig die Seitensprosse.

Die Fortpflanzung aller Farngewächse ist an das Wasser gebunden. Ihre aus Sporen entstehenden Geschlechtspflanzen (Prothallien) bilden Geschlechtsorgane (Archegonien und Antheridien) aus. In den Antheridien werden männliche Geschlechtszellen erzeugt, die nur mit Hilfe des Wassers zur Eizelle im Archegonium gelangen können. Deshalb konnten die riesigen Steinkohlenwälder nur in großen Sumpflandschaften gedeihen. Trockenere Gebiete waren nach wie vor unbesiedelt.



Abb. 44 Siegelbaum



Abb. 45 Schuppenbaum

Im Karbon traten auch Formen auf, die der Entwicklung der Pflanzenwelt eine andere Richtung gaben: die Farnsamer, Vorläufer unserer heutigen Samenpflanzen (s. S. 18 f.), und einfache Nacktsamer, die Cordaiten (Abb. 46). Sie waren weitgehend vom Wasser unabhängig. Die männlichen Keimzellen in den Pollenkörnern wurden durch den Wind übertragen; die Befruchtung vollzog sich nicht mehr auf einem selbständigen Prothallium, sondern erfolgte auf der Mutterpflanze selbst.



Die üppig entfaltete Flora des Steinkohlenwaldes ermöglichte eine stärkere Besiedlung des Landes durch tierische Organismen. Riesige libellenförmige Insekten, Lungenschnecken, Panzerlurche und Spinnentiere bevölkerten das Pflanzendickicht. Aus den Quastenflossern entwickelten sich urtümliche Lurche. Ihr Schädel zeichnete sich durch die massive, geschlossene Schädeldecke aus, die mit dem Schultergürtel verbunden ist. Man nennt sie deshalb „Dachköpfe“. Sie sind in ihrer Ausbreitung noch weitgehend vom Wasser abhängig. Wie bei den heute lebenden Lurchen findet in den meisten Fällen ein Teil ihrer ontogenetischen Entwicklung im Wasser statt.

Im **Perm**, dem letzten Zeitabschnitt des Erdalters, entwickelten sich die nacktsamigen Pflanzen. Diese Samenpflanzen waren an das trockenere Klima des Perm gut angepaßt. Ihre Gefäße waren entsprechend gut ausgebildet; eine ledrige oder wachsartige Oberhaut schützte die Blätter. Die an hohe Feuchtigkeit angepaßten Arten des Karbons gingen immer mehr zurück.

Auch in der Entwicklung der Tierwelt zeigen sich viele Veränderungen. Die Kriechtiere breiten sich aus. Ihre urtümlichen Formen unterscheiden sich zunächst noch wenig von den Lurchen. Sie sind jedoch in ihrer Fortpflanzung vom Wasser völlig unabhängig geworden. Bei einigen Gruppen schützen pergamentartige Hüllen die eiweiß- und dotterreichen Eier, bei anderen werden die Larvenstadien im Leibe des Muttertieres ausgetragen. In der Permformation treten also mit den Kriechtieren die ersten echten vierfüßigen Landtiere auf.

**Erdmittelalter.** Das Erdmittelalter (Mesozoikum) ist besonders durch die Entwicklung und Ausbreitung der Landpflanzen und Landtiere ausgezeichnet (Abb. 47).

In der **Trias**, der ältesten Formation des Erdmittelalters, treten unter den Landpflanzen wenig neue Gruppen auf; sie gehören sämtlich zu den nacktsamigen Pflanzen. Im darauffolgenden **Jura** sind alle unsere heutigen Nacktsamerfamilien vertreten.

**Araucarien** (zu denen unsere Zimmertanne gehört), Zypressen, Sumpfyypressen, Kiefern, Tannen, Fichten und Eiben sind weit verbreitet und dringen bis in die Trockengebiete der Erde vor. Auch in der **Kreidezeit** herrschen die nacktsamigen Pflanzen noch vor. Es beginnt jedoch die Entwicklung und rasche Entfaltung der Bedecktsamer.

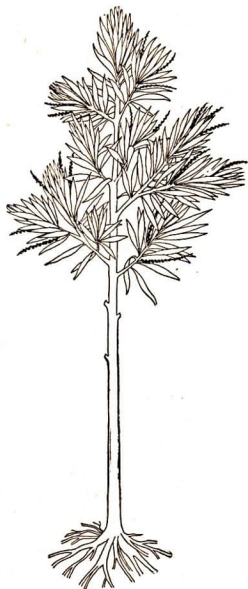


Abb. 46 Cordaitenbaum. Die Blüten stehen in kätzchenartigen Blütenständen. Die parallelnervigen Blätter werden bis zu 1 m lang und 20 cm breit.

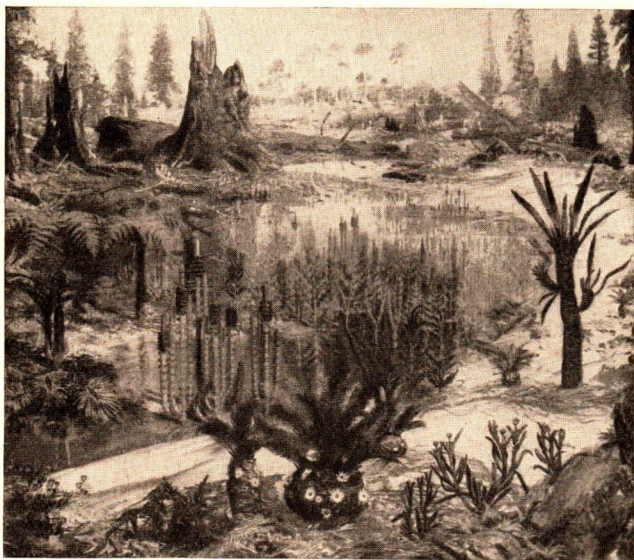


Abb. 47 Landschaft des Erdmittelalters

Neben den Farnen und Schachtelhalmen gab es bereits viele naktsamige Pflanzen; im Vordergrund des Bildes blühende Cycasgewächse, im Hintergrund Vertreter der Tannen-, Zypressen- und Eibengewächse

Unter den Tieren des Erdmittelalters sind vor allem die als „Saurier“ bezeichneten Kriechtiere und Lurche von Bedeutung (Abb. 48). Von dieser Tiergruppe sind die unterschiedlichsten, oft riesengroß ausgebildeten Formen bekannt. Sie lebten im Wasser, auf dem Land und in der Luft; teils waren sie Pflanzenfresser, teils Räuber. Am Ende der Kreidezeit starben die Riesenformen unter ihnen aus.

Im Erdmittelalter treten als erste Säuger urtümliche Beuteltiere und Insektenfresser auf.

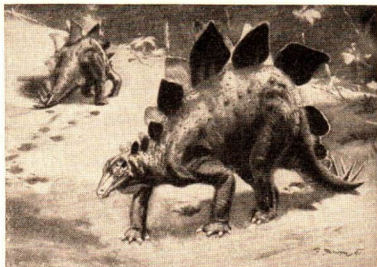
Aus urtümlichen Kriechtieren hatten sich in der Juraformation ursprüngliche Vögel entwickelt. Die ersten Formen zeigen noch viele reptilienähnliche Merkmale (s. S. 13 ff.).

Die Organismenwelt der Meere ändert sich während der späteren Erdzeitalter nicht grundsätzlich. Die Umweltbedingungen in den Meeren blieben weitgehend gleich. Algen, Schwämme, Korallen, Armfüßer und Kopffüßer, Weichtiere, Krebse, Stachelhäuter sowie

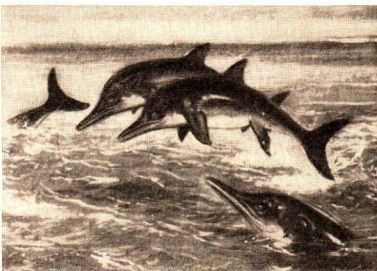
Abb. 48 Saurier

Zwischen den Kriechtieren und den Lurchen bestehen enge stammesgeschichtliche Verbindungen. Die Paläontologen fassen daher die beiden Stammesreihen unter dem Begriff Saurier zusammen. Die Saurier sind eine Tiergruppe, die in den vergangenen Erdzeiten, vor allem aber im Erdmittelalter, die unterschiedlichsten Anpassungserscheinungen zeigte. Alle drei Lebensbereiche — Land, Wasser und Luft — wurden von ihnen bewohnt.

**Landbewohner.** Unter den Landsauriern kamen sowohl pflanzen- als auch fleischfressende Formen vor. Viele der Pflanzenfresser hatten als Schutz gegen ihre Feinde gewaltige Panzerplatten. Zu diesen Formen gehörte der *Stegosaurus*, ein riesiges Tier, das bis zu neun Metern lang wurde. Er besaß einen Kamm dreieckiger Platten, der sich vom Kopf bis zum Schwanz zog. Diese Platten schützten die Wirbelsäule vor Verletzungen. Eine direkte Waffe wird die mit Dornen bewaffnete Schwanzspitze gewesen sein.



**Wasserbewohner.** Viele Saurier waren an das Wasserleben angepaßt, beispielsweise der *Stenopterygius*. Der schlanke, tropfenförmige Körper ähnelte sehr stark dem der heutigen Delphine. Er fand im Wasser nur wenig Widerstand. Ähnlich wie die Delphine waren die *Stenopterygius* Räuber, die vornehmlich im Rudel jagten.



**Flugsaurier.** Mehrere Gattungen der Saurier bevölkerten auch den Luftraum. Eine von ihnen ist *Rhamphorhynchus*. Die Flughaut spannte sich zwischen den Vordergliedmaßen (die je einen stark verlängerten Finger besaßen) und dem Körper aus (siehe Farbtafel gegenüber S. 56). Der lange Schwanz trug an seiner Spitze ein kleines Segel, das zur Steuerung benutzt wurde. Die Flugsaurier starben am Ende des Erdmittelalters aus.



Knorpel- und Knochenfische lebten bereits im Erdaltertum. Einige dieser Formen, besonders die Ammoniten und Belemniten unter den Kopffüßern, erreichten im Erdmittelalter allerdings eine auffallend hohe Individuenzahl und eine große Formenmannigfaltigkeit. Auch die Knorpel- und Knochenfische entwickelten sich stark.

**Erdneuzeit.** Die Bedecktsamer, Vögel und Säugetiere sind charakteristische Pflanzen und Tiere der Erdneuzeit (Neo- oder Känozoikum). Im Tertiär lebten außerdem Tierformen, aus denen sich einerseits die Menschenaffen, andererseits der Mensch entwickelt haben. Die ersten Menschen entwickelten sich am Ende des Tertiärs aus fossilen Menschenaffen.

#### Aufgabe

Fertige eine Tabelle an, in der die in diesem Abschnitt genannten Organismenformen dem entsprechenden Erdzeitalter zugeordnet werden!

### Stammesgeschichte des Menschen

#### Die heute lebenden Affen

Der schwedische Naturforscher CARL VON LINNÉ (1707 bis 1778) vereinigte in seinem „System der Natur“ den Menschen zusammen mit den Affen in der Ordnung der **Primaten** (die Ersten, die Obersten).

**Breitnasenaffen.** Die Ordnung der Primaten umfaßt die Unterordnungen: Breitnasenaffen und Schmalnasenaffen.

Die Breitnasenaffen (Amerika-Affen) kommen nur in Amerika vor. Sie besitzen eine auffallend breite Nasenscheidewand; ihre Nasenlöcher sind zur Seite gerichtet (Abb. 49). Alle Breitnasenaffen besitzen einen gut ausgebildeten Schwanz, der beim Klettern in den Bäumen häufig zum Festhalten an den Zweigen benutzt wird. Das Gebiß der Breitnasenaffen besitzt 36 Zähne.

Aus Skelettfunden kann man erkennen, daß zu den Breitnasenaffen eine Entwicklungslinie führt, die sich schon sehr früh – wahrscheinlich im ältesten Abschnitt des Tertiärs – von einer gemeinsamen Wurzel der Primaten abspaltete. Damit scheiden die Breitnasenaffen aus der weiteren für die Entstehung des Menschen in Frage kommenden Entwicklung aus.

**Schmalnasenaffen.** Schmalnasenaffen leben in den warmen Gebieten Asiens und Afrikas.

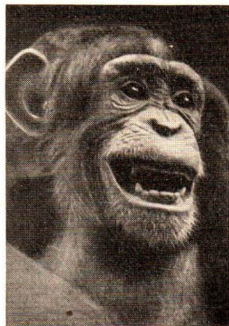
Sie besitzen eine schmale Nasenscheidewand, die Nasenlöcher sind nach vorn gerichtet (Abb. 50). Ihr Gebiß besitzt 32 Zähne, es zeigt die gleiche Zahnformel wie das des Menschen (2 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 2 Vormahlzähne und 3 Mahlzähne in jeder Hälfte des Ober- und Unterkiefers).



Abb. 49 Kapuzineraffe aus Amerika (Breitnasenaffe). Die Nasenlöcher sind zur Seite gerichtet.



Abb. 50 Schimpanse aus Afrika (Schmalnasenaffe). Die Nasenlöcher sind nach vorn gerichtet.



Zu den Schmalnasenaffen gehören die **Tieraffen** (z. B. Meerkatzen, Husarenaffe, Mandrill), die **Langarmaffen** (z. B. Gibbon) und die **Menschenaffen**.

Die Familie der Menschenaffen umfaßt mit Gorilla, Orang-Utan und Schimpansen Formen, die unter den Tieren den höchsten Grad der Entwicklung erreicht haben. Sie haben sich jedoch dem Baumleben im Urwald so weit angepaßt, daß die meisten nur unter Schwierigkeiten längere Strecken auf ebener Erde zurücklegen können. Die rezenten Menschenaffen sind auf eine Bewegungsweise eingestellt, die den Körper durch Hangeln und Schwingen zwischen den Ästen fortbewegt. Durch diese Anpassung an ein Leben unter ganz bestimmten Bedingungen sind sie bereits so spezialisiert, daß sich der Mensch nicht aus ihnen entwickelt haben kann.

Die tierischen Vorfahren des Menschen müssen ausgestorbene Formen der Menschenaffen sein.

### Die ausgestorbenen Menschenaffen

Die zu den Menschenaffen führende Entwicklungslinie läßt sich bereits am Ende des Alttertiärs, im Oligozän, erkennen. Aus dem darauffolgenden Miozän ist eine reiche Vielfalt der verschiedensten Menschenaffenformen bekannt. Eine besonders große Gruppe, die von Indien bis Westeuropa verbreitet war, wurde *Dryopithecus* (Baumaffe) genannt. Man war dabei von der Annahme ausgegangen, daß diese Tiere ebenso wie die heutigen Menschenaffen Baumbewohner gewesen sein mußten. Später sind fossile Menschenaffen aus Gegenden ohne Urwald entdeckt worden. Diese Entdeckung ist für das gesamte Problem der Entstehung des Menschen von außerordentlicher Wichtigkeit, weil dadurch deutlich wird, daß die tierischen Vorfahren des Menschen keine auf das Baumleben spezialisierten Menschenaffen gewesen sind.

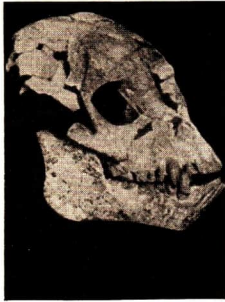


Abb. 51 Schädel des *Proconsul* (Fund aus Ostafrika)

In neuerer Zeit sind ausgestorbene Formen von Menschenaffen in Ostafrika gefunden worden (Abb. 51). Der wissenschaftliche Name lautet *Proconsul*. Sie wurden nach einem Schimpansen, der auf den Namen Consul hörte und in England gezeigt wurde, benannt. Bis jetzt sind vom *Proconsul* drei Arten bekannt geworden; sie lebten während des Miozäns. Ihr Lebensgebiet war eine offene Landschaft mit lichtem Baumbestand. Man glaubt, in ihnen tierische Vorfahren aus der Entwicklungsreihe des Menschen sehen zu können.

In jüngster Zeit wurde in Italien ein fast vollständiges Skelett eines fossilen Menschenaffen gefunden. Man nennt ihn *Oreopithecus* (Bergaffe). Ob er in die tierische Vorfahrenreihe des Menschen gehört, kann noch nicht mit Sicherheit gesagt werden.

### Die Australopithecinen

Am Ende des Tertiärs lebten in Südafrika die Australopithecinen („Südaffen“), die für die Erforschung der Stammesgeschichte des Menschen von besonderer Bedeutung sind. In einigen wichtigen Körpermerkmalen sind sie dem Menschen ähnlicher als die heutigen Menschenaffen. So weist zum Beispiel das Gebiß keine überstehenden Eckzähne auf (Abb. 52). Der Bau des Beckens ähnelt in starkem Maße demjenigen des Menschen (Abb. 53); sie müssen sich also in ähnlicher Weise wie der Mensch aufrechtgehend fortbewegt haben. Die Australopithecinen können allerdings nicht die unmittelbaren Vorfahren des Menschen gewesen sein. Ihre letzten Formen lebten noch, als bereits die ältesten Vertreter des Menschen existierten.

#### Kennzeichen des Menschen

Der Mensch bildet im natürlichen System der Organismen eine Gattung mit einer Art. Alle ausgestorbenen Menschenformen und die gesamte heute lebende Menschheit mit ihren verschiedenen Rassen und Unterrassen gehören zu der gleichen Art.

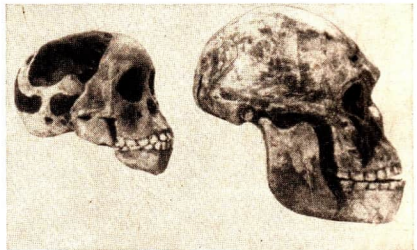


Abb. 52 Schädelrekonstruktion vom *Australopithecus africanus* (links) und *Paranthropus robustus* (rechts)

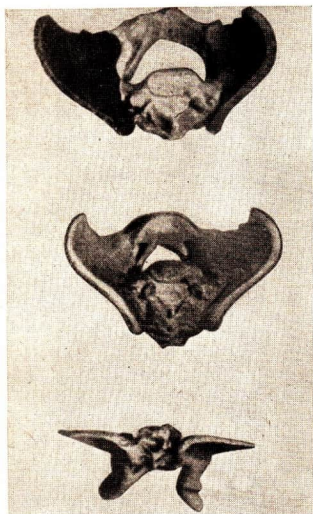


Abb. 53 Der Rest des Beckenknochens von einem Australopithecinen (schwarz gezeichnet), ist auf dem oberen Bild in ein menschliches Becken eingefügt. Als Vergleich Becken eines Menschen (Mitte) und eines Schimpansen (unten). Die Abbildungen zeigen deutlich, daß das Becken der Australopithecinen ähnlich gebaut ist wie das Becken der Menschen.

Die wissenschaftlichen Bezeichnungen der einzelnen Menschenformen weichen voneinander ab (z. B. *Pithecanthropus erectus*, *Sinanthropus pekinensis*, *Homo sapiens*); sie können den Eindruck erwecken, als bezeichneten sie verschiedene Gattungen und Arten. Diese Namen wurden den einzelnen Funden gegeben, als man noch keinen Überblick über die Entwicklung des Menschen besaß. Sie werden in der Regel auch heute noch gebraucht.

Die Stammesgeschichte des Menschen kann nur dann klar erkannt und verfolgt werden, wenn man ein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal zwischen Mensch und Tier kennt.

Da der Mensch von ausgestorbenen Menschenaffen abstammt, laufen die Entwicklungslinien von Mensch und Tier zusammen. Die Unterschiede im Körperbau verschwinden naturgemäß immer mehr, je tiefer wir in die Vergangenheit zurückgehen. Die Heranziehung bestimmter Körperfunktionen, wie aufrechter Gang oder gesteigerte Gehirnleistung (größerer Schädelinhalt), als Kennzeichen des Menschen führt zu keiner befriedigenden Lösung. Der wesentliche Unterschied zwischen Mensch und Tier muß in anderen Merkmalen liegen.

Der Mensch kann nur existieren, wenn er arbeitet, das heißt, wenn er die von ihm benötigten Nahrungsmittel und sonstigen Bedarfsgüter produziert. Die Arbeit ist die „erste Grundbedingung alles menschlichen Lebens“ (ENGELS). Der Mensch unterscheidet sich durch die Arbeit von den übrigen Lebewesen. Die biologische Voraussetzung für die Fähigkeit des Menschen, arbeiten zu können, war die Aufrichtung des Körpers und das damit verbundene Freiwerden der Hände. Damit war die Möglichkeit gegeben für den „Gebrauch und die Schöpfung von Arbeitsmitteln“ (MARX). Mit der Erwerbung des aufrechten Ganges „war der entscheidende Schritt getan für den Übergang vom Affen zum Menschen“ (ENGELS).

Dieser Übergang zum Menschen vollzog sich im Endabschnitt des Tertiärs und zu Beginn des Quartärs; er ist charakterisiert durch die zunehmende Verwendung geeigneter und besonders ausgesuchter Gegenstände der Natur (scharfkantige Steine,

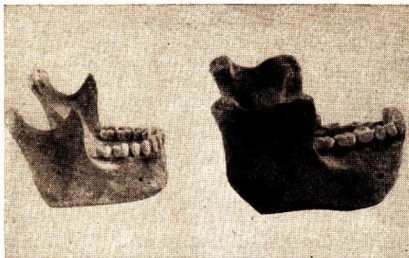


Abb. 54 Unterkiefer des frühen Urmenschen; Fund von Heidelberg (rechts). Links zum Vergleich Unterkiefer eines Menschen der Gegenwart.

spitze Stöcke) als Geräte. Allmählich entstand das erste einfache, anfangs noch instinkthafte, dann bewußte Zurechtschlagen der Naturgegenstände. Dieses Zurechtformen für einen bestimmten Zweck ist produktive Arbeit.

### Die Pithecanthropus-Stufe

Auf der Insel Java fand man in den unteren Schichten des Quartärs Skeletteile, die von Menschenformen stammen. Man bezeichnet diese als *Pithecanthropus modjokertensis* (Tafel 3). *Pithecanthropus* heißt „Affenmensch“. Wir sprechen heute nicht mehr von „Affenmenschen“, sondern von „frühen Urmenschen“.

Verschiedene Funde von Skeletteilen des frühen Urmenschen zeigen, daß die älteste Menschheit bereits weite Gebiete in Afrika, Asien und Europa bewohnte.

So fand man Bruchstücke von Kiefer- oder Schädelknochen in Südafrika (*Telanthropus*), in Ostafrika (*Afrikanthropus*) und in Nordafrika (*Atlantropus*). In Europa entdeckte man bisher nur einen Rest des frühen Urmenschen, und zwar den berühmten Unterkiefer von Heidelberg (Abb. 54). Aus Asien stammen weitere Funde, so der *Pithecanthropus erectus* (Aufrechtgehender Affenmensch) und der *Sinanthropus pekinensis* (Chinamensch von Peking). Die Entdeckung des Chinamenschen ist für die Erforschung der ältesten Geschichte der Menschheit von besonderer Bedeutung, da die Fundstelle (Chou-Kou-Tien) zugleich einen Einblick in die Lebensweise des frühen Urmenschen gewährt. Zusammen mit den Skelettresten wurden auch die zertrümmerten Knochen der Jagdtiere, Ascheschichten und Werkzeuge aus Stein gefunden (s. Tafel gegenüber S. 32).

Einige körperliche Besonderheiten des frühen Urmenschen lassen seine Abstammung von tierischen Vorfahren erkennen. Dazu gehören unter anderem eine fliehende Stirn, geringe Schädelhöhe sowie ein starker Knochenwulst über den Augen. Das Gebiß des frühen Urmenschen ist äußerst stark und springt schnauzenartig vor (s. Tafel gegenüber S. 32), ein Kinn fehlt. Daneben finden sich jedoch körperliche Merkmale, die als arttypisch für den Menschen bezeichnet werden müssen, das sind beispielsweise der doppelt S-förmige Bau der Wirbelsäule, die Verlagerung des Hinterhauptloches in Richtung auf die Mitte der Schädelbasis und schließlich die Umfor-



mung der Hand. Die Hand ist, wie bereits ENGELS erkannte, „nicht nur das Organ der Arbeit, sie ist auch ihr Produkt“.

Sicher besaßen die frühen Urmenschen – wenn auch in primitiver Form – die Sprache. Die Arbeit des Menschen ist stets eine gesellschaftliche Tätigkeit. Um diese durchführen zu können, ist ein Verständigungsmittel notwendig.

Die frühen Urmenschen lebten in Horden zusammen, den ältesten menschlichen Kollektiven. Die Horde müssen wir uns als lockere Gemeinschaft vorstellen.

Durch die Weiterentwicklung der Produktionsinstrumente, durch die Anreicherung der Arbeitserfahrungen, durch das Zusammenleben in Horden, durch die weitere Ausbildung der Sprache und des Denkens wurde im Laufe von 300 000 bis 400 000 Jahren eine neue, höhere Entwicklungsstufe des Menschen erreicht. Es ist die Stufe des Neandertal-Menschen.

### Die Neandertaler

Im Jahre 1856 wurden im Neandertal (in der Nähe von Düsseldorf) Knochen gefunden, die von dem Elberfelder Lehrer J. C. FUHLROTT als Reste eines Urmenschen bestimmt wurden. Er erhielt den Namen Neandertaler oder „später Urmensch“; die wissenschaftliche Bezeichnung lautet: *Homo neanderthalensis* (Homo = Mensch). Der Neandertaler zeigt in seinen Körpermerkmalen Anklänge an den frühen Urmenschen. Er besitzt ebenso wie dieser noch einen starken Knochenwulst über den Augen (Abb. 55), ein weitausladendes Hinterhaupt, eine geringe Schädelhöhe und ein starkes Gebiß. Dagegen sind die beginnende Kinnbildung, eine etwas steilere Stirn und der größere Schädelinhalt Zeichen für eine höhere Entwicklungsstufe.

Zu den ältesten Funden des Neandertalers gehören die Schädelreste von Swanscombe (England) und von Steinheim a. d. Murr (Süddeutschland). Weitere Funde in Europa stammen aus der Sowjetunion, aus dem Balkangebiet, aus Italien, Frankreich (Abb. 56), Belgien, Deutschland und der Tschechoslowakei. Auch in Südafrika, in Ost- und Süd-asien sowie Vorderasien (Abb. 57) wurden frühe Formen des Neandertalers entdeckt.

Die Produktionsinstrumente des Neandertalers lassen eine deutliche Höherentwicklung gegenüber jenen des frühen Urmenschen erkennen. Erste Spezialwerkzeuge, wie Bohrer, Schaber, Messerklingen (Abb. 58),

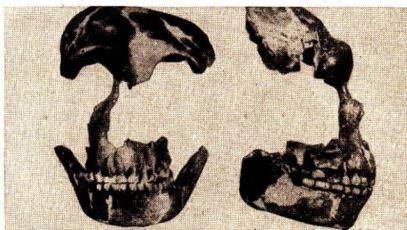


Abb. 55 Schädelrest eines Neandertalers aus der Höhle Tabun (Karmelgebirge, Israel)

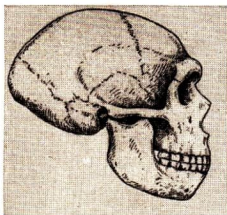


Abb. 56 Schädel des Neandertalers von La Chapelle aux-Saints (Südfrankreich)



Abb. 57 Schädel eines Neandertalers aus der Höhle Sukhul (Israel)

Abb. 58 Verschiedene aus Feuersteinen hergestellte Geräte des Neandertalers. Faustkeilhähnliche Spitze, dünne Spitze, Schaber und Breitklinge.



früheste Formen einfacher Fernwaffen (Stoßlanze aus Eichenholz, Spitze im Feuer gehärtet) und zusammengesetzte Geräte lassen sich nachweisen.

Aufgefundener Pyrit (Eisenkies) in der Nähe einer Herdstelle macht es wahrscheinlich, daß der Neandertaler das Feuer bereits selbst herzustellen vermochte. Die Erzeugung des Feuers ist einer der wichtigsten Fortschritte in der Geschichte der Menschheit. Sie zeigt uns die dialektische Wechselwirkung mehrerer Faktoren. Die Feuererzeugung setzt ein verhältnismäßig gut ausgebildetes Denkvermögen voraus, andererseits aber schafft sie Voraussetzungen zur Weiterentwicklung der Denktätigkeit. Da durch die ständige Benutzung des Feuers die Nahrung bei der Zubereitung eine gewisse Vorverdauung erfährt, läßt sie sich leichter beim Essen zerkleinern. Das Gebiß (Ober- und Unterkiefer) mit seinen starken Muskeln wird entlastet und reduziert. Dadurch kann sich der Gehirnschädel ausdehnen und vergrößern.



## Der eiszeitliche Mensch

Vor ungefähr 80000 Jahren hat sich der Mensch zu seiner heutigen Gestalt entwickelt. Dieser Menschentyp wird Neumensch, Mensch der Gegenwart oder auch Jetztmensch genannt. Die wissenschaftliche Bezeichnung lautet *Homo sapiens*, das heißt: der vernünftige, der mit Vernunft ausgestattete Mensch. Innerhalb der gesamten *Homo sapiens*-Gruppe unterscheiden wir zwei Formen. Die eine lebte in der letzten Eiszeit (Würm-Eiszeit), sie wird deshalb „eiszeitlicher Neumensch“ (*Homo sapiens fossilis*) genannt. Die andere Form umfaßt die Gesamtheit der gegenwärtig

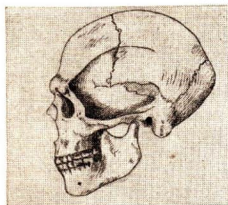


Abb. 59 Schädel eines eiszeitlichen Neumenschen (Fund von Pfordorf, DDR)

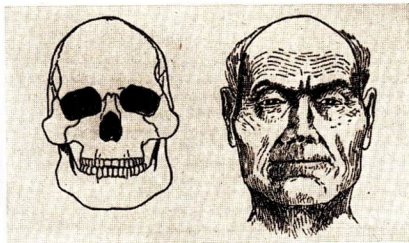


Abb. 60 Schädel und Rekonstruktion des Gesichts eines eiszeitlichen Neumenschen (Fund von Oberkassel). Um die Breite der Jochbögen deutlich zu zeigen, ist der Mann bartlos dargestellt worden.

lebenden Menschen, ihr wurde der Name *Homo sapiens recens* (recens = gegenwärtig) gegeben.

Der eiszeitliche Neumensch unterscheidet sich in seinen Körpermerkmalen kaum von einem Menschen der Gegenwart. Er hatte etwa die gleiche Körpergröße wie die heutigen Menschen (1,60 bis 1,90 m), das Kinn war ebenso ausgeprägt wie bei uns (Abb. 59), die Stirn war steil aufrichtet, und auch der Schädelinhalt näherte sich weitgehend dem des heutigen Menschen.

Wir kennen den eiszeitlichen Neumenschen in vielen Resten aus Asien, Afrika und Europa. Ein bedeutender Fund aus Deutschland stammt von Oberkassel im Rheinland (Abb. 60). Aus Frankreich ist besonders ein Fund bei Crô Magnon bekannt geworden. Vom eiszeitlichen Neumenschen wurde auch erstmalig der amerikanische Kontinent sowie Australien besiedelt. Zu welchem Zeitpunkt er zuerst (über die Beringstraße von Sibirien nach Alaska) nach Amerika kam, läßt sich noch nicht mit Sicherheit sagen.

Beim eiszeitlichen Neumenschen haben sich in den verschiedenen geographischen Zonen die Großrassen (Negride, Mongolide, Europide) herausgebildet. Die Unter-rassen bildeten sich später. Die Unterschiede zwischen den heutigen Menschen-rassen beziehen sich ausschließlich auf äußere Merkmale (Hautfarbe, Form der Haare, Farbe der Augen usw.). Allerdings schwanken die Merkmale innerhalb einer Rasse oft beträchtlich. So gibt es zum Beispiel in jeder Rasse Menschen, deren Körperhöhe weit über oder unter dem Durchschnittsmaß liegt. Ähnlich schwankt auch innerhalb der einzelnen Rassen die Hautfarbe. Praktisch haben alle Europäer Merkmale verschiedener Rassen. Es ist unwissenschaftlich, auch geistige Fähigkeiten oder Charaktereigenschaften als Rassenmerkmale zu propagieren und eine Rasse als wertvoller als die andere zu bezeichnen.

Der eiszeitliche Neumensch verwendet in zunehmendem Maße neben dem Stein auch harte tierische Rohstoffe – Knochen, Horn, Elfenbein und Geweih – zur Herstellung seiner hochspezialisierten Werkzeuge.

Die Bearbeitung dieses Materials erforderte die Entwicklung von Werkzeugen zur Werkzeugherstellung (s. Tafel gegenüber S. 33). Die Anwendung wirksamer Fernwaffen, wie Speer, Pfeil und Bogen (mit Spitzen aus Stein oder Knochen), ferner die Treibjagd auf schnellfüßiges Wild (Rentier- und Wildpferdherden) steigerten den Jagdertrag. Knochenschnitzereien (s. Tafel gegenüber S. 33), Steinritzungen sowie Höhlenmalereien von hoher künstlerischer Ausdrucksfähigkeit dienten dem Jagdzauber, sie beruhen auf ältesten Formen religiöser Vorstellungen. Die mit großer Sorgfalt angelegten Gräber dieser Zeit zeugen von dem Zusammengehörigkeitsgefühl in den Järgergemeinschaften.

Im Zusammenhang mit der Höherentwicklung der Produktivkräfte entstand die erste fest gefügte menschliche Gesellschaft, die nach der Blutsverwandtschaft organisiert war, die Gentilgesellschaft (gens = Sippe). Die gesellschaftlichen Beziehungen der Menschen untereinander lassen in immer stärkerem Maße neue Gesetzmäßigkeiten wirksam werden, die objektiv vorhanden sind und nur für die menschliche Gesellschaft Gültigkeit besitzen. Es sind die von KARL MARX entdeckten sozialökonomischen Gesetzmäßigkeiten.

In dem Wissen um diese objektiv bestehenden ökonomischen Gesetze liegt für den Menschen die Möglichkeit, aktiv an der weiteren Geschichte der Menschheit mitzuarbeiten. Die Zukunft der Menschheit liegt nicht mehr in einer biologischen Höherentwicklung, sondern in der bewußt gestalteten Veränderung der ökonomischen Verhältnisse. Die Menschen beherrschen in immer höherem Maße die Natur.

#### Aufgaben und Fragen

1. Welche ausgestorbenen Affen kommen als Vorfahren des Menschen in Frage? Begründe deine Aussage!
2. Kennzeichne die Stufe des frühen Urmenschen am Beispiel des Chinamenschen!
3. Was zeichnet den späten Urmenschen gegenüber dem frühen Urmenschen aus?
4. Vergleiche die Schädel der frühen Urmenschen (Abb. 54), der späten Urmenschen (Abb. 56 u. 57) und der Neumenschen (Abb. 59 u. 60)! Stelle Übereinstimmendes und Unterschiedliches fest!
5. Vergleiche die Werkzeuge der frühen Urmenschen (Tafel gegenüber S. 32), der späten Urmenschen (Abb. 58) sowie der eiszeitlichen Neumenschen (Tafel gegenüber S. 33)! Stelle Übereinstimmendes und Unterschiedliches fest!



## Zur Geschichte der Entwicklungslehre

Die Geschichte der Entwicklungslehre läßt sich bis zu den ältesten Überlieferungen der menschlichen Gesellschaft zurückverfolgen. Zahlreiche Sagen vieler Völker und der Schöpfungsbericht der Bibel zeigen, daß die Menschen in früheren Zeiten an eine übernatürliche Entstehung der Lebewesen glaubten. Nach ihren Vorstellungen schufen bestimmte Götter oder ein einzelner Schöpfer die ersten Pflanzen, Tiere und Menschen, die sich von da an nicht mehr wesentlich verändert hätten. Unter dem Einfluß der christlichen Kirchen haben sich derartige Schöpfungslehren bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts behauptet. Sie wurden erst mit dem Durchbruch der DARWINSchen Theorie von der natürlichen Entwicklung der Organismen überwunden.

Der Entwicklungsgedanke ist schon vor DARWIN wiederholt ausgesprochen worden. Die Voraussetzung dafür bildete der allgemeine Fortschritt in der menschlichen Gesellschaft, der eine starke Entwicklung der Naturwissenschaften und damit eine zunehmende Kenntnis der Lebewesen mit sich brachte.

Der griechische Philosoph ARISTOTELES (384 bis 322 v. u. Z.) beschrieb rund 500 verschiedene Tiere und suchte sie nach bestimmten Merkmalen zu gruppieren. Die Ursache für den unterschiedlichen und den Lebensbedingungen angepaßten Körperbau der Tiere sah er in besonderen formbildenden Kräften. In ähnlicher Weise führte der griechische Arzt GALEN (129 bis 199), der zu den letzten bedeutenden Naturforschern des Altertums zählt, die zweckmäßig erscheinenden Einrichtungen der Organismen auf das Wirken einer „Seele“ zurück.

GALEN hat zahlreiche Tiere zergliedert und ihren Bau beschrieben. Durch Experimente an lebenden Tieren suchte er seine Kenntnisse von den Funktionen der Organe zu erweitern.

Im Mittelalter wurden die Schriften der Gelehrten des Altertums wieder bekannt und eifrig studiert. Zu dieser Zeit beeinflusste in den feudalistischen Staaten die Kirche als ein bedeutender Machtfaktor den Lehrbetrieb an Universitäten und Schulen. Da sich die Anschauungen von ARISTOTELES und GALEN besonders leicht den kirchlichen Glaubenssätzen anpassen ließen, durften sie allein gelehrt werden. Damit wurden die griechischen Gelehrten zu Autoritäten erhoben. Wer auf Grund eigener Beobachtungen und Untersuchungen an ihren Erkenntnissen zweifelte, galt als Ketzler.

Erst mit der Renaissance begannen sich diese Verhältnisse allmählich zu verändern. Durch den sich ausbreitenden Handel und durch die ersten großen Entdeckungsexpeditionen wurden zahlreiche neue Pflanzen und Tiere bekannt.

Gleichzeitig ermöglichte die Erfindung der Buchdruckerkunst eine weitgehende Verbreitung des Wissens. Mehr und mehr gingen die Gelehrten dazu über, die Ergebnisse ihrer eigenen Beobachtungen darzustellen. So entstanden im 16. Jahrhundert die großen Kräuter- und Tierbücher, die anfangs zwar noch Fabelwesen enthielten, aber doch schon viele naturgetreue Abbildungen und Beschreibungen von Tieren und Pflanzen brachten.

Die Loslösung vom Autoritätsglauben und von den kirchlichen Dogmen vollzog sich unter erheblichen Kämpfen. Das zeigt sich besonders deutlich in der Erforschung der menschlichen Anatomie. Hier wirkte ANDREAS VESAL (1514 bis 1564?) bahnbrechend, der zahlreiche Irrtümer GALENS richtigstellte. GALEN hatte nur Tiere, aber nie Menschen anatomisch untersucht.

VESAL dagegen seziierte menschliche Leichen und begründete in seinen „Sieben Büchern vom Bau des menschlichen Körpers“ die Methoden der modernen anatomischen Wissenschaften. Dieses Werk wurde von den Anhängern GALENS und von den Vertretern der Kirche scharf bekämpft.

VESAL wurde angegriffen, weil er zum Beispiel bestritt, daß dem Mann eine Rippe fehle, oder weil er das Schenkelbein des Menschen als gerade bezeichnete und nicht als krumm wie GALEN. Sein Studiengefährte MIGUEL SERVETO (1511 bis 1553), ein spanischer Mediziner, der schon den kleinen Blutkreislauf kannte, wurde auf Veranlassung des Reformators CALVIN als Ketzer in Genf verbrannt.

Der Einfluß der aristoteleschen Lehren blieb noch lange Zeit bestehen. Der Engländer WILLIAM HARVEY (1578 bis 1657), der den Blutkreislauf entdeckte, glaubte noch wie ARISTOTELES, daß zumindest nieder organisierte Tiere, wie zum Beispiel Würmer, durch „Urzeugung“ aus unbelebter Materie entstünden. Diese weitverbreitete Lehre wurde zum ersten Male durch den italienischen Arzt FRANCESCO REDI (1628 bis 1697) widerlegt.

REDI legte zwei Fleischstücke aus, von denen das eine durch ein Netz geschützt war, während das andere unbedeckt blieb. Da sich nur in dem unbedeckten Stück Fliegenmaden entwickelten, war nachgewiesen, daß die Fliegen nicht durch „Urzeugung“ aus faulendem Fleisch entstehen, sondern sich aus Eiern entwickeln.

Von großer Bedeutung für die biologische Forschung wurde die Erfindung des Mikroskops um 1600. Besonders berühmt war der Holländer ANTON VAN LEEUWENHOEK (1632 bis 1723), der mit großem Geschick selbst Mikroskope baute und Linsen schliiff. LEEUWENHOEK beobachtete mit seinen Instrumenten bereits Infusorien (Aufgubtierchen) und Bakterien. Nachdem ihn ein Student auf die „Samentierchen“ (Spermien) des Menschen aufmerksam gemacht hatte, wies er Spermien auch bei Fröschen, Fischen, Vögeln und Säugetieren nach. LEEUWENHOEK vermutete, daß diese „Samentierchen“ schon Teile des fertigen Lebewesens enthielten. Andere Gelehrte gingen wesentlich weiter und glaubten, in den Spermien bereits fertig ausgebildete Miniaturlebewesen zu sehen. Nach ihrer Meinung sollte die Embryonalentwicklung nur im Wachstum dieser vorgebildeten Keime bestehen. In Anlehnung an die Schöpfungslehre wurde angenommen, daß bei der Erschaffung der ersten Lebewesen alle künftigen Lebewesen in Form solcher Kleinlebewesen mit erschaffen worden seien. Man dachte sich die einzelnen Generationen ineinandergeschachtelt (Einschachtelungslehre) und glaubte, daß sie im Laufe der Zeit lediglich „ausgewickelt“ würden.

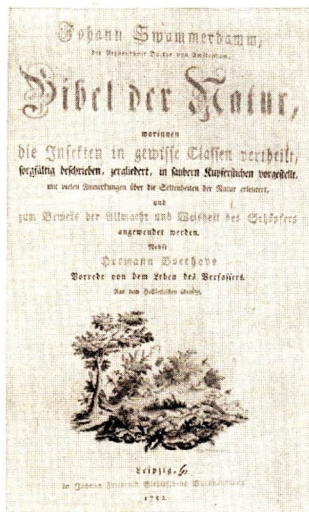


Abb. 61 „Bibel der Natur“  
Titelblatt der ersten deutschen Ausgabe des Buches von Jan Swammerdam. Die Übersetzung erschien 1752 in Leipzig.

ihnen entschieden entgegentrat, war der deutsche Arzt und Anatom CASPAR FRIEDRICH WOLFF (1734 bis 1794). Er bewies, daß die Teile einer Pflanze oder die Teile eines Tieres erst im Laufe ihrer Entwicklung gebildet werden, also nicht von Anfang an vorgebildet vorhanden sind.

Dabei stützte sich WOLFF auf zahlreiche mikroskopische Beobachtungen an Pflanzen und an Hühnerembryonen. Seine Lehre konnte sich jedoch gegen die herrschenden Vorstellungen zunächst nicht durchsetzen.

Auch der Holländer JAN SWAMMERDAM (1637 bis 1680) vertrat die Anschauung, daß sich die Tiere durch Entfaltung schon von Anbeginn an vorhandener Teile entwickeln.

SWAMMERDAM kam zu dieser Überzeugung durch seine Untersuchungen über die Entwicklung der Insekten, bei deren Larven und Puppen er schon eine komplizierte Organisation feststellen konnte. Mit feinen selbstgebauten Instrumenten hat er meisterhaft die inneren Organe vieler wirbelloser Tiere herauspräpariert und außerordentlich sorgfältig abgebildet.

Die verschiedenen Einschachtelungslehren oder Präformationstheorien (präformiert = vorgebildet) spielten noch in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine maßgebliche Rolle. Der erste, der



Abb. 62 Caspar Friedrich Wolff

Obwohl WOLFF einige Jahre hindurch mit großem Erfolg in Berlin Privatvorlesungen abgehalten hatte, blieb ihm infolge der Mißgunst maßgebender Berliner Professoren ein Lehrstuhl versagt. Ab 1767 arbeitete er als Anatom für die Russische Akademie der Wissenschaften in Petersburg. Seine bedeutsamen Arbeiten wurden erst wieder entdeckt und berühmt, als er längst tot war.

Aus unveröffentlichten Schriften, die in seinem Nachlaß gefunden wurden, geht hervor, daß WOLFF sich auch mit Fragen der Vererbung und Veränderlichkeit der Lebewesen beschäftigt hat und von der Möglichkeit des Entstehens neuer Arten und Gattungen durch allmähliche Umbildung bestehender Formen überzeugt war.

Um mit der Fülle des inzwischen von den Naturforschern zusammengetragenen Materials arbeiten zu können, war das genaue Beschreiben und Einordnen der Formen nötig geworden. Die Systematik der Lebewesen spielte in der Biologie im 17. und 18. Jahrhundert die Hauptrolle. Ihr hervorragendster Vertreter war der schwedische Naturforscher CARL VON LINNÉ (1707 bis 1778). Er schuf das am besten ausgebaute der sogenannten künstlichen Systeme.

In seinem „Natursystem“ teilte er die Pflanzen nach den Fortpflanzungsorganen ein. Während das Pflanzenreich nach seiner Einteilung 24 Klassen umfaßt, gliederte LINNÉ das Tierreich in 6 Klassen (Vierfüßer, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten, Würmer).

Die Einführung zweier lateinischer Namen (Gattungs- und Artnamen) zur Bezeichnung der einzelnen Tier- und Pflanzenarten bedeutete die eindeutige und übersichtliche Kennzeichnung der Arten, führte zu einer besseren Verständigung und zu einer rascheren Förderung der biologischen Wissenschaft.

LINNÉ'S Ansicht über die Entstehung der Organismen deckt sich im wesentlichen mit der Schöpfungslehre. Er war zunächst davon überzeugt, daß es nur so viele Arten geben könne, wie der Schöpfer am Anfang geschaffen habe. Später hat LINNÉ die Möglichkeit einer Umbildung der Arten in gewissen Grenzen zugegeben.

Die Wirkung, die von LINNÉ'S Schriften ausging, war außerordentlich groß. Auf die Dauer konnte jedoch seine Art der Naturbetrachtung nicht mehr genügen. Die Ergebnisse der vergleichenden Anatomie, die Beschäftigung mit den Versteinerungen, die Erfolge der Züchter und neue Beobachtungen an lebenden Pflanzen und Tieren erschütterten den Glauben an die Beständigkeit der Arten immer mehr. Bewußt und öffentlich begannen schon im 18. Jahrhundert einzelne Naturforscher den Entwicklungsgedanken auszusprechen.

Der französische Gelehrte BUFFON (1707 bis 1788) strebte in seinem berühmten Werk „Allgemeine Naturgeschichte“ und in anderen Schriften eine allseitige Betrachtung der Natur an. Ausführlich

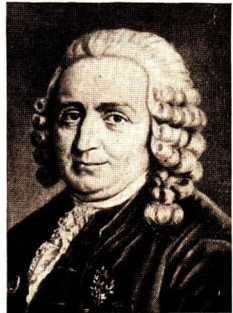


Abb. 63 Carl von Linné



behandelt er die Veränderlichkeit der Organismen, die nach seiner Meinung ihre Ursache in den wechselnden Umweltbedingungen hat. Nach BUFFON ist auch der Mensch solchen Veränderungen unterworfen gewesen. Die Entstehung der verschiedenen Menschenrassen erklärt er durch unterschiedliche Einwirkungen des Klimas, der Nahrung und der Sitten.

BUFFON war der Überzeugung, daß sich die bekannten Arten auf eine kleine Zahl von Familien oder Hauptstämmen zurückführen lassen, aus denen möglicherweise alle anderen entsprungen sind. Die Versteinerungen sah er als Reste ausgestorbener Lebewesen an. Infolge seiner freisinnigen Anschauungen wurde BUFFON von der Pariser Theologischen Fakultät angegriffen. Daraufhin gab er eine Erklärung ab, in der es heißt, daß es ihm niemals in den Sinn gekommen sei, dem Text der Bibel zu widersprechen, und daß er an die göttliche Schöpfung zuversichtlich glaube.

Der englische Arzt und Naturforscher ERASMUS DARWIN (1731 bis 1802) ist der Großvater von CHARLES DARWIN. Zu seiner Zeit war er besonders durch seine botanischen Lehrgedichte berühmt. In seinen Büchern weist er darauf hin, daß die Lebewesen veränderlich sind. Als Beweise dafür führt er eine Reihe von rückgebildeten Organen an, zum Beispiel die Flügelreste der Zweiflügler sowie Staubfäden ohne Staubbeutel. Auch die vielen neuen Tier- und Pflanzenformen, die der Mensch im Laufe der Zeit gezüchtet hat, nimmt er als Beweis für die Veränderlichkeit und Beeinflußbarkeit der Organismen an. Die Ursachen der Entwicklung sah er in den verschiedenen Bedürfnissen der Lebewesen. So habe das Bedürfnis nach Nahrung bestimmte Organe der jeweiligen Ernährungsweise angepaßt (Nase des Schweins, Rüssel des Elefanten, Vogelschnäbel). Weiteren Bedürfnissen entsprächen die Hörner und Geweihe, die Gliedmaßen, Flügel, Schalen und andere Teile. Eigenschaften, die Pflanzen und Tiere im Laufe des Lebens erworben haben, können unter bestimmten Bedingungen bei den Nachkommen wieder auftreten, also vererbt werden.

Eine ganze Reihe der von ERASMUS DARWIN angeführten Beweise wurde später auch von LAMARCK und von CHARLES DARWIN verwendet.



Abb. 64 Erasmus Darwin

### Die Entwicklungslehre Lamarcks

JEAN-BAPTISTE LAMARCK (1744 bis 1829) unternahm den Versuch, eine umfassende Lehre von der Entwicklung der Organismen zu begründen.

LAMARCK wurde erstmalig bekannt durch sein dreibändiges Werk „Flora von Frankreich“. In ihm wendete er eine neue Methode der Pflanzenbestimmung an, die auf der Gegenüberstellung

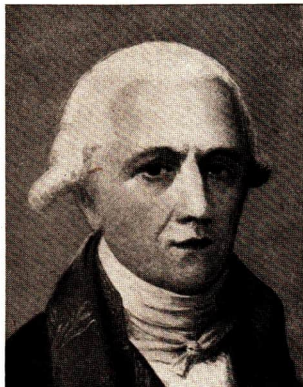


Abb. 65 Jean-Baptiste Lamarck

Übersetzung des Titelblattes:

# ZOOCLOGISCHE PHILOSOPHIE

oder.

Darlegung

der Betrachtungen über die Naturgeschichte der Tiere; bezüglich der Verschiedenheit ihrer Organisation und der Fähigkeiten, die sie dadurch erlangen; über die physischen Ursachen, die in ihnen das Leben erhalten und die Bewegungen, die sie ausführen, bewirken; schließlich diejenigen, die einerseits das Empfindungsvermögen und andererseits die Intelligenz derjenigen Tiere erzeugen, die damit begabt sind;

von J.-B.-P.-A. LAMARCK,

Professor der Zoologie am Naturhistorischen Museum, Mitglied des Instituts von Frankreich und der Ehrenlegion, des Wissenschaftlichen Vereins von Paris, der Gesellschaft der Naturforscher von Moskau, korrespondierendes Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu München, der Gesellschaft der Naturfreunde zu Berlin, der Wett-eifernden Medizinischen Gesellschaft zu Bordeaux, der Gesellschaft für Agrikultur, Wissenschaften und Künste zu Straßburg, der Gesellschaft für Agrikultur des Departements Oise, der Gesellschaft für Agrikultur zu Lyon, freies Mitglied der Gesellschaft der Apotheker zu Paris usw.

Erster Teil

Paris

bei { Dentu, Buchhändler, Straße der Brücke von Lodi, Nr. 3  
dem Autor, am Naturhistorischen Museum (Pflanzen-  
garten)

bestimmter Merkmale beruht. Diese Methode ist noch heute in unseren Exkursions-floren üblich.

Während der Französischen Bürgerlichen Revolution, der LAMARCK positiv gegen-überstand, setzte er sich tatkräftig für die Errichtung eines großen naturwissenschaftlichen Institutes ein, das unter Mithilfe anderer Gelehrter als „Naturhistorisches Museum“ 1793 verwirklicht wurde. An diesem Institut wurden zwei Zoologiepro-fessuren errichtet, die aber nicht gleich besetzt werden konnten. Doch der Enthu-siasmus der Zeit kannte keine Hindernisse. Der Student ETIENNE GEOFFROY SAINT-HILAIRE (1772 bis 1844) übernahm mit

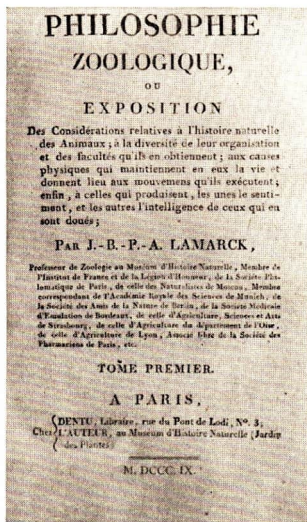


Abb. 66 Titelblatt der „Zoologischen Philosophie“ von 1809

21 Jahren als Professor die Bearbeitung der Wirbeltiere, während LAMARCK Professor für Insekten, Würmer und Kleinlebewesen wurde.

Mit großem Fleiß arbeitete sich LAMARCK in das ihm bis dahin völlig fremde Gebiet ein. Er stellte den „Wirbeltieren“ die „wirbellosen Tiere“ gegenüber und teilte diese im Laufe der Zeit in zehn Klassen ein. Durch die jahrelange Beschäftigung mit dem Sammlungsmaterial des Museums geriet er in immer größere Zweifel über die Beständigkeit der Arten.

Nach verschiedenen Vorarbeiten veröffentlichte LAMARCK 1809 ein zweibändiges Werk „Zoologische Philosophie“, das die Grundgedanken seiner Entwicklungslehre enthält.

LAMARCK geht einmal von den mehr oder weniger großen Übereinstimmungen aus, die sich bei einem Vergleich der Organe verschiedener Tiere finden lassen und auf eine Verwandtschaft hindeuten. Außerdem sagt er, daß die Arten nur zeitweilig beständig sind. Die Pflanzen- und Tierzucht der Menschen zeigt die Möglichkeit ihrer Veränderung. LAMARCK nahm an, daß die ersten Lebewesen auf der Erde durch eine Urzeugung entstanden seien. Durch Veränderung der Lebensbedingungen entwickelten sich aus einfachsten Formen im Laufe langer Zeiträume immer kompliziertere Organismen. Die Ursachen dieser Entwicklung bestehen nach seiner Meinung in den veränderten Bedürfnissen, die durch die Änderung der Lebensbedingungen entstehen. Durch solche neuen Bedürfnisse werden Organe verändert oder neue gebildet. Durch die Ruderbewegungen der Wasservögel haben sich beispielsweise allmählich zwischen ihren Zehen Schwimmhäute gebildet, während bei den anderen Vögeln die Zehen dem Leben auf Bäumen angepaßt sind. Die Giraffe habe einen langen Hals und längere Vorderbeine, weil ihre Vorfahren sich anstrengen mußten, um das Laub von höheren Bäumen abfressen zu können.

Während viel benutzte Organe sich vergrößern, werden wenig gebrauchte allmählich rückgebildet. Die im Laufe des Lebens erworbenen Eigenschaften können unter bestimmten Bedingungen vererbt werden.

LAMARCKS Lehre weist viele Schwächen auf. Trotzdem hat sie große Bedeutung, denn LAMARCK hat zum erstenmal in wissenschaftlicher Form Tatsachen gesammelt und kritisch verarbeitet, die auf eine Entwicklung der Lebewesen im Verlaufe der Erdgeschichte schließen lassen. Aus verschiedenen Ursachen vermochte sich seine Entwicklungslehre jedoch nicht durchzusetzen. Einer der einflußreichsten Gegner LAMARCKS war der berühmte Naturforscher CUVIER (1769 bis 1832). CUVIER hat sich große Verdienste um die vergleichende Anatomie erworben und die wissenschaftliche Paläontologie begründet. Er hielt aber im wesentlichen an der Auffassung von der Beständigkeit der Arten fest. Die Veränderungen der Organismenwelt in den



Abb. 67 Georges Cuvier

verschiedenen geologischen Schichten erklärte CUVIER durch große Katastrophen, die von Zeit zu Zeit die Lebewesen vernichtet hätten (Katastrophentheorie). Danach sei entweder eine Neubesiedlung aus verschont gebliebenen Gebieten erfolgt, vielleicht auch eine Neuschöpfung.

## Charles Darwin und seine Lehre

### Darwins Jugend und seine Weltreise

CHARLES ROBERT DARWIN wurde am 12. Februar 1809 als Sohn eines Arztes in Shrewsbury (Westengland) geboren. Er besuchte eine Schule, in der vorwiegend klassische Sprachen (Griechisch, Lateinisch) gelehrt wurden. Diese Ausbildung entsprach wenig seinen Neigungen. Seine ganze Liebe gehörte dem Sammeln von Mineralien, Pflanzen, Muscheln, Insekten und anderen Dingen, außerdem ging er gern zur Jagd und galt als guter Schütze. Als er sechzehn Jahre alt war, schickte ihn sein Vater zum Studium der Medizin nach Edinburgh. An der Medizin fand er jedoch keinen Gefallen, er sammelte in dieser Zeit viel lieber Käfer. Unter Anleitung eines älteren Zoologen begann er sich auch für Seetiere zu interessieren und machte einige kleinere zoologische Entdeckungen.

Nach zwei Jahren brach DARWIN das Medizinstudium endgültig ab, um auf Anraten des Vaters Geistlicher zu werden. Vom Jahre 1828 an studierte er deshalb in Cambridge Theologie. Dort befreundete er sich mit dem Botaniker HENSLOW (1769 bis 1861), der ihn zu naturwissenschaftlichen Beobachtungen anregte. Mit großer Begeisterung las er die Reisebeschreibungen von ALEXANDER VON HUMBOLDT (1769 bis 1859) und träumte davon, selbst einmal eine solche Reise in ferne Länder zu unternehmen.

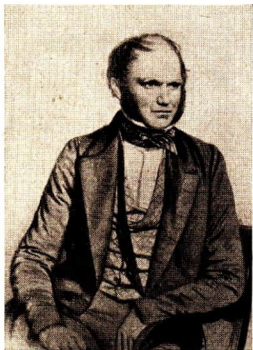


Abb. 68 Charles Darwin (1849)

Dieser Wunsch ging unerwartet rasch in Erfüllung. Im Jahre 1831 rüstete die britische Admiralität ein Schiff zu einer Weltumseglung aus, um an verschiedenen Stellen der Erde Vermessungen durchführen zu lassen. DARWIN nahm als Naturwissenschaftler an dieser Expedition teil.

Ende Dezember 1831 ging das Schiff, die dreimastige Brigg „Beagle“ (Spürhund, Abb. 69), vom englischen Hafen Plymouth aus in See (s. S. 88/89). Die Reise dauerte fünf Jahre.

Damit begann für DARWIN ein völlig neues Leben. Durch gründliches Studium der mitgenommenen Bücher erweiterten sich seine Kenntnisse bald beträchtlich.



Besonders eingehend beschäftigte er sich in dieser Zeit mit einem Werk des englischen Geologen CHARLES LYELL (1797 bis 1875).

Dieser Forscher lehrte, daß dieselben Kräfte, die auch heute noch allmählich die Erdoberfläche verändern (Wind, Wasser, Vulkantätigkeit), immer wirksam gewesen sind und im Laufe der Zeit langsam große Veränderungen hervorgebracht haben. Bis dahin hatte man als Ursache für die Veränderung der Erdoberfläche gewaltige Katastrophen angenommen. Auf der Reise konnte DARWIN an einigen Stellen der südamerikanischen Küste beobachten, daß diese sich allmählich gehoben haben mußte. Er fand nämlich in der Erde der jetzt weit über dem Meere liegenden Teile der Küste zahlreiche Meeresmuscheln. Diese Beobachtung bestätigte die Theorie von LYELL.

Während der Kreuzfahrten des Schiffes in den südamerikanischen Gewässern fand DARWIN genügend Zeit zu größeren Landausflügen. Dabei legte er umfangreiche Sammlungen von Gesteinen, Pflanzen und Tieren an. Gleichzeitig füllten sich seine Notizbücher mit Aufzeichnungen aller Art.

In der Nähe der Küste bei Bahía Blanca (Argentinien) grub DARWIN die Skelette einer Reihe von ausgestorbenen großen Säugetieren aus. Sie waren in Kies und Schlamm eingebettet. Die Tiere hatten offenbar auf den baumlosen Ebenen (Pampas) gelebt, die dort bis ans Meer reichen. Es waren Riesenfaultiere darunter, die viel größer waren als ihre heute noch lebenden Verwandten. Durch solche und andere Funde wurde DARWIN angeregt, über die Veränderungen in der Tierwelt des südamerikanischen Festlandes nachzudenken. Als er ein ausgestorbenes Sumpfsäugetier von der Größe eines Kamels ausgegraben hatte, fand er Ähnlichkeiten mit den heute lebenden Lama-Arten Südamerikas. DARWIN fragte sich nach der Ursache des Erscheinens und Aussterbens von Lebewesen auf der Erde.

Noch bedeutsamer war in dieser Hinsicht der Aufenthalt auf den Galápagos-Inseln (Schildkröten-Inseln), die westlich Südamerikas im Stillen Ozean auf der Höhe von Ekuador liegen. Diese Inselgruppe ist durch die Tätigkeit von Vulkanen entstanden; auf ihr befinden sich heute über zweitausend erloschene und einige noch tätige Vulkane. DARWIN sah hier viele Pflanzen und Tiere, die ihm bis dahin unbekannt waren, weil sie nur dort vorkommen. Da die Inseln nie mit dem Festland verbunden waren, müssen sich diese Pflanzen und Tiere also an Ort und Stelle aus zugewanderten Formen entwickelt haben (s. S. 33 ff. und 44).

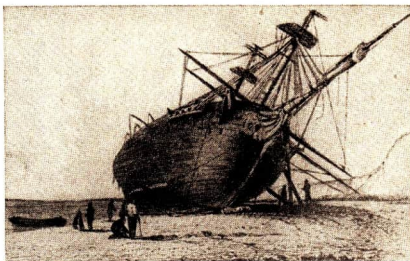


Abb. 69 Die „Beagle“. Abbildung des Schiffes in der Mündung des Santa-Cruz; von einem Zeichner, der an der Reise teilnahm.

Ein Beispiel dafür sind die Grundfinkenarten (Abb. 70). Sie können nur von einer Finkenart Amerikas abstammen. Auf den abgelegenen Inseln haben sich im Laufe der Zeit daraus ganz verschiedene Formen entwickelt. Einige ernähren sich von Samen, andere von Insekten, einige von Laub und Knospen. Dieser Ernährungsweise sind die Schnäbel angepaßt. Es gibt Grundfinken, die einen Schnabel haben, der so groß ist wie der eines Kernbeißers, andere, deren Schnabel dem eines Buchfinken gleicht. Zwischen den größten und den kleinsten Schnäbeln, die vorkommen, gibt es alle möglichen Zwischenformen. Es sah so aus, berichtet DARWIN, als ob eine einzige Art zu verschiedenen Zwecken verändert worden wäre.

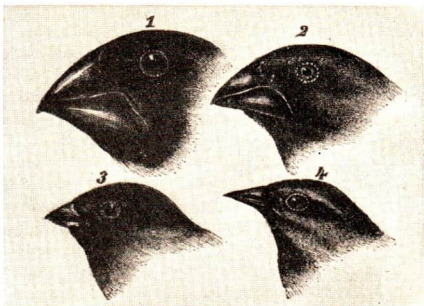


Abb. 70 Grundfinkenarten mit verschieden geformten Schnäbeln von den Galápagos-Inseln

## Die Auswertung der Reise

Nach der Rückkehr wurde sofort mit der Sichtung und Auswertung der großen Sammlungen sowie der Aufzeichnungen begonnen, die DARWIN von seiner Reise mitgebracht hatte. Die Bearbeitung der geologischen Ergebnisse übernahm er selbst, die Bestimmung der zahlreichen mitgebrachten Pflanzen und Tiere mußten namhafte Spezialisten durchführen. Im Jahre 1837 zog er nach London und lernte dort eine Reihe bekannter

Wissenschaftler, darunter CHARLES LYELL, persönlich kennen. Jetzt erst zeigte sich, wie groß und vielfältig die Ergebnisse der Reise waren. Ihre Erschließung erforderte jahrelange anstrengende und mühsame Arbeit.

DARWIN veröffentlichte in den folgenden Jahren eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten. Die deutsche Ausgabe seines Tagebuchs „Reise eines Naturforschers um die Erde“ (1844) machte zum ersten Male seinen Namen auch außerhalb Englands bekannt.



Abb. 71 Darwins Landhaus in Down

Da DARWIN infolge seines schlechten Gesundheitszustandes viel Ruhe brauchte, bezog er 1842 mit seiner Frau ein Landhaus (Abb. 71) im Dorfe Down (Grafschaft Kent). Trotz der Unterbrechungen durch häufige Krankheitsanfälle war er, abgesehen von einigen kleineren Reisen, dort sein ganzes Leben hindurch unermüdlich als Naturforscher tätig. Zeugnis davon geben die vielen wissenschaftlichen Arbeiten sowohl über Pflanzen und Tiere als auch über geologische und andere Fragen. Von großer Bedeutung bis in die Gegenwart hinein ist DARWINS Werk über den Bau und die Verbreitung der Korallenriffe (1842). Bald nahm er unter den maßgebenden Naturforschern seiner Zeit eine geachtete Stellung ein.

Das Wertvollste, was DARWIN von seiner Reise mitgebracht hatte, war die Frage nach dem Ursprung der vielen verschiedenen Pflanzen- und Tierarten.

Aus DARWINS Aufzeichnungen und Briefen geht hervor, wie hartnäckig und geduldig er Jahrzehnte hindurch an seiner Theorie über die Entstehung der Arten arbeitete. Viele Untersuchungen waren nötig.

Seine Untersuchungen über die Tiere und Pflanzen der Galápagos-Inseln zeigten ihm, daß die Lebewesen abgelegener Inseln für die Abstammungslehre besonders interessant sind. Deshalb mußte untersucht werden, wie neu entstandene Inseln durch Pflanzen und Tiere besiedelt werden können. Es schien DARWIN möglich, daß Pflanzensamen durch Meeresströmungen verbreitet werden könnten. Um das zu beweisen, legte er verschiedene Samen in Behälter mit Seewasser und untersuchte, nach wieviel Tagen sie noch keimten. Er stellte fest, daß die Samen sehr lange keimfähig blieben, nach der Verbreitung durch Meeresströmungen also noch keimen konnten.

Ein anschauliches Beispiel für die Möglichkeit einer starken Veränderung von Tierarten sah DARWIN in der Taubenzucht. Es gibt rund 150 verschiedene Taubenrassen, die sich in ihrem Aussehen stark unterscheiden, wie die Pfauentaube, die Kropftaube oder die Möwentaube. Diese Taubenrassen stammen aber alle von einer Ausgangsform, nämlich von der wilden Felsentaube ab. Sie besitzt nur zwölf Schwanzfedern, während bei der Pfauentaube vierzig vorhanden sind. DARWIN hat selbst jahrelang Tauben gezüchtet. Er zeigt, daß der Mensch bei Tieren, die anfangs nur kleine Unterschiede aufweisen, diese Unterschiede allmählich verstärken kann. Dazu muß er durch viele Generationen immer wieder die Tiere miteinander paaren, bei denen diese Veränderungen am stärksten ausgeprägt sind. Mit der Zeit erscheint die Art völlig verändert.

Allmählich häufte sich bei DARWIN ein ungeheures Material an Beweisen für die Veränderlichkeit der Arten. Es gab für ihn infolgedessen nur eine Schlußfolgerung: Die heute lebenden Arten haben sich im Laufe langer Zeiträume aus einfacheren Formen entwickelt.

Doch DARWIN schien das gesammelte Material noch lange nicht ausreichend genug, um seine Lehre wissenschaftlich einwandfrei zu begründen. Er hielt auch nicht viel von den Ansichten seines Großvaters und von den Anschauungen LAMARCKS, weil nach seiner Meinung beide nicht genügend Beweise gebracht haben.

Im Jahre 1856 wurde er von LYELL gedrängt, endlich seine Ergebnisse zu veröffentlichen, da ihm sonst ein anderer zuvorkommen könnte. Nur zögernd entschloß er sich dazu, sein Material zur Veröffentlichung vorzubereiten. Wir können uns DARWINS Bestürzung vorstellen, als zwei Jahre später bei ihm eine Abhandlung

des englischen Naturforschers ALFRED RUSSELL WALLACE (1823 bis 1913) über die Entstehung der Arten eintraf.

WALLACE war zu fast der gleichen Schlußfolgerung gekommen wie DARWIN. Großzügig wollte darauf nun DARWIN den Ruhm, der erste gewesen zu sein, WALLACE überlassen. Seine Freunde LYELL und HOOKER legten jedoch am 30. Juni 1858 der Londoner LINNÉ-Gesellschaft gleichzeitig mit der Arbeit von WALLACE das Manuskript DARWINS von 1844 vor. Ein Jahr später erschien DARWINS Werk „Über die Entstehung der Arten“. Damit gewann das Jahr 1859 große Bedeutung für die Geschichte der Biologie.

### Darwins Werk „Über die Entstehung der Arten“

DARWIN geht zu Anfang seines Buches von der Pflanzen- und Tierzucht aus, die im damaligen kapitalistischen England eine wichtige Rolle spielte. Nutzpflanzen und Haustiere sind nicht auf einmal in einer für den Menschen zweckmäßigen Form entstanden, sondern „die Natur liefert allmählich mancherlei Abänderungen; der Mensch summiert sie in gewissen ihm nützlichen Richtungen“.

Auch die einzelnen wildlebenden Pflanzen und Tiere der gleichen Art unterscheiden sich immer wieder durch kleinere Abweichungen. Wir können das beispielsweise feststellen, wenn wir mehrere Pflanzen des Hederich miteinander vergleichen. Bei größeren Abänderungen, beispielsweise bei der weiß blühenden Form einer sonst blau blühenden Pflanze, sprechen die Naturforscher von einer Abart. In derartigen Abarten sah DARWIN die Vorstufen zukünftiger Arten.

DARWIN sieht eine Voraussetzung für die Bildung neuer Arten in der Natur darin, daß fast alle Lebewesen sehr viele Nachkommen hervorbringen. Wenn zum Beispiel eine einjährige Pflanze nur zwei Samen bilden würde, alle Samen aufgingen und die sich aus ihnen entwickelnden Pflanzen wieder je zwei Samen erzeugten, dann wären von ihr in zwanzig Jahren über eine Million Nachkommen am Leben.

Durchschnittlich bringen aber Pflanzen und Tiere viel mehr entwicklungsfähige Keime hervor. So legt ein Heringsweibchen im Laufe seines Lebens etwa eine halbe Million Eier, das als Unkraut bekannte Knopfkraut erzeugt bis zu 300 000 Samen je Pflanze. Blieben alle Nachkommen der Lebewesen am Leben, dann müßte die Erde allein schon von einer Art längst überfüllt sein.

Die Tatsache, daß die Zahl der Pflanzen und Tiere trotz ihrer vielen Nachkommen nicht unbegrenzt zunimmt, bildet für DARWIN den Ausgangspunkt seiner Theorie von der „natürlichen Zuchtwahl“. So wie der Züchter ihm zusagende Formen ausliest, so findet auch in der Natur fortwährend eine Auslese statt. An die Stelle der Auslese durch den Menschen tritt hier jedoch das „Überleben des Passendsten“

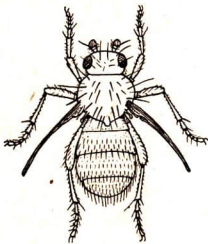


Abb. 72 Kerguelenfliege mit verkümmerten Flügeln



oder der „Kampf ums Dasein“. DARWIN gebraucht diesen Ausdruck in einem weiten und bildlichen Sinne und versteht darunter die Abhängigkeit der Lebewesen voneinander und von ihrer Umwelt. Die Arten sind nicht beständig, sondern ändern ab (variieren). Diejenigen haben eine bessere Aussicht, erhalten zu bleiben und sich zu vermehren, die anderen gegenüber zunächst kleinere Vorteile aufweisen. Dadurch werden die günstigen Abweichungen fortgepflanzt und verbreitet. Wiederholte Auslese im Laufe von Generationen führt schließlich zur Bildung neuer Arten, die allmählich ihrer Umwelt oder einer veränderten Umwelt immer zweckmäßiger angepaßt werden.

Ein Beispiel für die Wirkung der Auslese bieten die flügellosen Insekten (Abb. 72) von Madeira und den Kerguelen-Inseln. Dort herrschen das ganze Jahr hindurch heftige Stürme, so daß fliegende Insekten ständig aufs Meer hinausgeweht werden und zugrunde gehen. Die flügellosen Arten sind diesen Verhältnissen viel besser angepaßt. Sie bleiben erhalten und vermehren sich. Von über 500 Käferarten der Insel Madeira sind deshalb etwa 200 flugunfähig. Auf den Kerguelen haben alle einheimischen Fliegen, Käfer und Schmetterlinge keine Flügel.

Über die **Gesetze der Abänderung** äußert sich DARWIN noch sehr vorsichtig. Tatsache ist, daß die Lebewesen mehr oder weniger veränderlich sind. Die Frage nach den Ursachen der Abänderungen vermochte DARWIN jedoch nicht klar zu beantworten. Nach seiner Meinung rufen veränderte Lebensbedingungen bei den Pflanzen und Tieren überhaupt Veränderungen hervor. Im Laufe der Zeit werden die günstigen ausgelesen. Zuweilen können neue Lebensbedingungen aber auch in bestimmter Richtung wirken. Wenn Organe stärker gebraucht beziehungsweise nicht betätigt werden, so führt das ebenfalls zu Abänderungen. Diese Organe werden dann stärker oder schwächer ausgebildet. Auch die Instinkte der Tiere sind nicht „an-schaffen“, sondern haben sich allmählich entwickelt.

DARWIN führt für die Entstehung der Tier- und Pflanzenarten durch Entwicklung eine ganze Reihe von verschiedenartigen Beweisen an.

So zeigen die Ergebnisse der **Versteinerungskunde**, daß vor Jahrmillionen Pflanzen und Tiere gelebt haben, die anders aussahen als heute lebende Arten. Die in Form von Versteinerungen erhaltenen Reste zeigen entsprechend ihrem Alter eine Entwicklung von einfacheren Formen zu komplizierteren (s. S. 53 ff.).

Auch die jetzige **Verbreitung der Lebewesen** auf der Erde konnte DARWIN mit seiner Lehre erklären. Tier- und Pflanzenarten, die sich an bestimmten Stellen der Erde entwickelt haben, wanderten im Laufe der Zeit in neue Gebiete ein. Das war jedoch nur da möglich, wo keine natürlichen Hindernisse bestanden. In solchen Gebieten weist die Pflanzen- und Tierwelt deshalb viele gemeinsame Züge auf (Nordamerika, Europa, Asien). Dagegen entwickelten sich auf abgelegenen Inseln oder auf Kontinenten, die lange Zeit vom übrigen Festland getrennt waren, besondere Formen. Sie sind nur an solchen Stellen heimisch. Ein Beispiel haben wir schon in den Grundfinken der Galápagos-Inseln (s. S. 80) kennengelernt. Weitere Beispiele bietet die Pflanzen- und Tierwelt von Südamerika und Australien (s. S. 34):

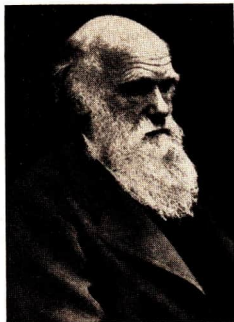


Abb. 73 Charles Darwin (um 1880)

Zu den Beweisen, die DARWIN für seine Theorie der Entstehung der Arten anführt, gehören auch bestimmte Ergebnisse der Untersuchungen an den heutigen Lebewesen. Der Körperbau der Pflanzen und Tiere zeigt innerhalb der einzelnen Gruppen mehr oder weniger große Übereinstimmungen. Daraus läßt sich meist erkennen, welche Pflanzen und Tiere miteinander verwandt sind und wie sie sich veränderten (s. S. 19 ff.).

Weiterhin führt DARWIN in diesem Zusammenhang Tatsachen aus der Entwicklung der einzelnen Lebewesen an. Viele Lebewesen, die im erwachsenen Zustand völlig unterschiedlich ausgebildet sind, ähneln sich in ihren frühesten Entwicklungsstufen außerordentlich stark (s. S. 28 ff.). Das deutet darauf hin, daß diese Lebewesen miteinander verwandt sind.

Das DARWINSche Werk enthält also eine Fülle verschiedenartiger Beweise, die zunächst einmal allgemein von der **Veränderlichkeit der Organismen** überzeugen. Diese Tatsache ist der Ausgangspunkt für DARWINS Theorie, nach der die **Entstehung der Arten** durch **Entwicklung** erfolgt ist. Diese Entwicklung vollzieht sich nach bestimmten Naturgesetzen, die auch in der Gegenwart noch andauernd wirksam sind. Sie lauten:

1. Die Lebewesen wachsen und pflanzen sich fort.
2. Die Arten ändern ab (variieren).
3. Durch Fortpflanzung und Vererbung werden kleinere Abänderungen bestimmter Merkmale auf die Nachkommen übertragen.
4. Die Lebewesen vermehren sich stärker, als zu ihrer Erhaltung notwendig ist.
5. Durch „natürliche Zuchtwahl“ werden günstige Abweichungen ausgelesen. So entstehen im Laufe langer Zeiträume neue Arten, die zweckmäßig an ihre Umwelt angepaßt sind, während Arten mit ungünstigen Abweichungen zugrunde gehen oder an Bedeutung verlieren.

Durch zahlreiche Forschungen versuchte DARWIN, seine Theorie weiter auszubauen. Neben einigen botanischen Abhandlungen erschien im Jahre 1868 als Ergänzung zu seiner „Entstehung der Arten“ ein Werk über „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“. In diesem Buche behandelte er unter anderem Fragen der Vererbung.

Über die Menschwerdung hatte DARWIN bis dahin nur geschrieben, daß durch seine Theorie auch auf diese Frage Licht fallen werde. Nachdem andere Naturforscher das Werden des Menschen unter dem Gesichtspunkt des Darwinismus bereits behandelt hatten, veröffentlichte er 1871 sein Material unter dem Titel „Über die natürliche Abstammung des Menschen“.

Trotz seines schlechten Gesundheitszustandes arbeitete DARWIN unermüdlich bis zu seinem Tode am 19. April 1882. Seine Theorie ist einer der bedeutendsten Wendepunkte in der Geschichte der Biologie.

### Die Verbreitung des Darwinismus

Schon unmittelbar nach dem Erscheinen der „Entstehung der Arten“ zeigte sich, daß die DARWINSche Theorie unter den Naturforschern zu heftigen Auseinandersetzungen führte. Zu den Gegnern zählten außerdem die Theologen und viele Philosophen.

MARX und ENGELS hoben hervor, daß durch DARWIN die Schöpfungslehre als Erklärung für die zweckmäßige Ausbildung der Lebewesen den Todesstoß erhalten habe. Das Hauptverdienst DARWINS sehen sie im Nachweis natürlicher Ursachen für die Entstehung der Tier- und Pflanzenarten.

Zu den Naturforschern, die von Anfang an für DARWIN eintraten, gehörte in England THOMAS HENRY HUXLEY (1825 bis 1895). Er arbeitete im Sinne der Entwicklungslehre und untersuchte vor allem den Bau vieler Tiere, die er mit einander verglich (vergleichende Anatomie). Dabei fand er Übereinstimmungen, die durch die natürliche Verwandtschaft der Lebewesen zu erklären sind. Bereits 1863 veröffentlichte HUXLEY ein Buch über „Die Stellung des Menschen in der Natur“. Er verstand es ausgezeichnet, die DARWINSche Lehre in Vorträgen und Schriften allgemeinverständlich darzustellen und gegen Angriffe zu verteidigen.

In Deutschland wurde der Naturforscher ERNST HAECKEL (1834 bis 1919) der eifrigste Vorkämpfer für DARWIN. HAECKEL hatte Medizin studiert, wurde aber später Zoologe und beschäftigte sich mit vergleichender Anatomie sowie mit Meerestieren. Er war schon ein Anhänger DARWINS, als er 1861 nach Jena kam. In seinen Vorlesungen und durch zahlreiche wissenschaftliche und allgemeinverständliche Werke trat er für die Entwicklungslehre ein. Als Zoologe ist er vor allem durch die Entdeckung zahlreicher neuer Strahl tierchen (mit der Amöbe verwandte Einzeller) und durch seine Arbeiten über Schwämme und Medusen (Quallen) hervorgetreten.

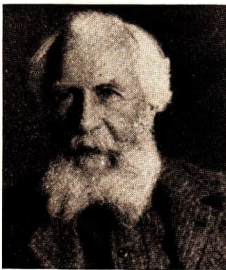
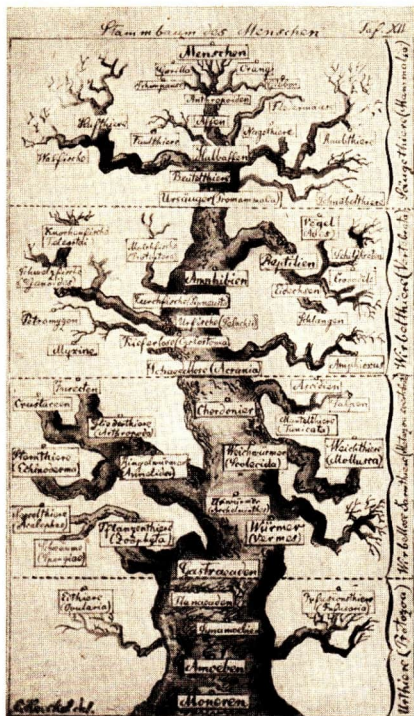


Abb. 74 Ernst Haeckel

HAECKEL hat in seinem grundlegenden Werk über die DARWINSche Lehre („Generelle Morphologie“) eine Theorie über die Entstehung der ersten Lebewesen aus anorganischer Materie aufgestellt. Weiterhin zeichnete er erstmalig Stammbäume des ganzen Organismenreichs mit Einschluß des Menschen (Abb. 75). Immer wieder wurde von ihm betont, daß sich in der Ontogenie die Phylogenie eines Organismus widerspiegele. Später wurden diese Beziehungen von ihm als „Biogenetisches



**Grundgesetz“** bezeichnet. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß derartige Beziehungen tatsächlich bestehen, aber viel komplizierter sind, als HAECKEL annahm.

Für die Frühstadien der Embryonalentwicklung führte HAECKEL die Ausdrücke **Morula** (Maulbeerkeim), **Blastula** (Blasenkeim) und **Gastrula** (Becherkeim) ein. In der Gastrula sah er zugleich eine Ahnenform der vielzelligen Tiere, die alle ein solches Stadium durchlaufen. Gewisse niedere Tiere (Polypen, Schwämme) haben sich nicht wesentlich über diese Urmform („Gastrula“) hinausentwickelt. Die Theorie HAECKELS hat der Forschung fruchtbare Anregungen gegeben und erklärt auch heute noch die Abstammung der Vielzeller am besten.

HAECKEL hat sich um die Weiterentwicklung und Ausbreitung des Darwinismus große Verdienste erworben. Darüber hinaus strebte er in seinen Schriften eine naturwissenschaftlich begründete Weltanschauung auf der Grundlage der Ent-

wicklungslehre an. Eins seiner bekanntesten Bücher in dieser Hinsicht war „Die Welträtsel“, von dem LENIN schreibt, daß es „zu einer Waffe des Klassenkampfes“ wurde. Durch seinen unerschrockenen Kampf gegen die kirchlichen Dogmen wurde HAECKEL für viele Menschen zum Vorbild.

Auch in Rußland wurde die DARWINSche Lehre durch eine Reihe von Gelehrten gefördert. ALEXANDER O. KOWALEWSKY (1840 bis 1901) untersuchte niedere Meerestiere, besonders das Lanzetttierchen und die Seescheiden. Obwohl diese Tiere im



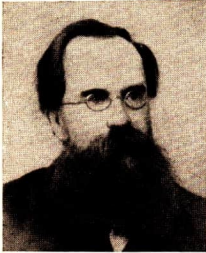


Abb. 76 A. O. Kowalewsky

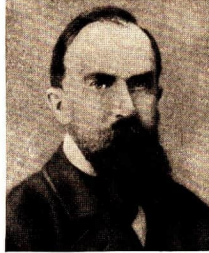


Abb. 77 W. O. Kowalewsky

erwachsenen Zustände keinerlei Ähnlichkeit mit den Wirbeltieren haben, ähneln sich ihre ersten Entwicklungsstufen sehr. Durch diese wichtigen Entdeckungen hat KOWALEWSKY ihre Verwandtschaft mit den Wirbeltieren nachgewiesen.

Sein Bruder WLADIMIR O. KOWALEWSKY (1842 bis 1883) erforschte die Stammesgeschichte der Huftiere, besonders der Pferde,

und wandte die DARWINSche Lehre bei der wissenschaftlichen Untersuchung der ausgestorbenen Lebewesen an (s. S. 10 ff.).

Zu den Anhängern DARWINS in Rußland zählte weiterhin der Pflanzenphysiologe KLIMENT ARKADJEWITSCH TIMIRJASEW (1843 bis 1920). Er erläuterte die DARWINSche Lehre in zahlreichen Schriften. Deshalb wurde TIMIRJASEW mehrfach stark angegriffen und 1892 aus der Landwirtschaftsakademie ausgeschlossen. Er trug sehr zur Verbreitung und Anerkennung des Darwinismus in Rußland bei.

Neben den erwähnten Naturforschern haben sich seit DARWIN noch zahlreiche andere Gelehrte um den Ausbau der Entwicklungslehre bemüht. Durch neue Forschungsergebnisse, durch neue Funde von Versteinerungen und mit Hilfe von verfeinerten Methoden sind die Stammbäume seit der Zeit HAECKELS immer wieder berichtigt worden. Der Grundgedanke der DARWINSchen Lehre, daß sich die heutigen Lebewesen im Laufe von vielen Millionen Jahren aus einfachsten Formen entwickelt haben, wurde dabei stets bestätigt. Die Entwicklungslehre ist heute wissenschaftlich gesichert. Sie ist eine der umfassendsten und wichtigsten biologischen Theorien.

### Aufgaben und Fragen

1. Wie stellte sich LAMARCK die Entwicklung der Lebewesen vor?
2. Gib einen Überblick über das Leben DARWINS!
3. Wie hat DARWIN die Entstehung neuer Arten erklärt?
4. Gib Beispiele für die Wirkung der natürlichen Auslese!
5. Welche Beweise führt DARWIN für seine Theorie der Entstehung der Arten an?
6. Berichte über einige Wissenschaftler, die zur Verbreitung des Darwinismus beigetragen haben! Weise dabei auf ihre Hauptverdienste hin!



Abb. 78 Der Reiseweg der „Beagle“

- 1831  
 1 27. 12.: Abfahrt von Devonport  
 1832  
 2 6. 1.: Tenerife (keine Landung)  
 3 16. 1.—7. 2.: Porto Praya (St. Jago), Kapverdische Inseln  
 4 16. 2.: Insel St. Paul  
 5 20. 2.: Insel Fernando Noronha  
 6 29. 2.: Bahia (Brasilien)  
 7 4. 4.—5. 7.: Rio de Janeiro  
 8 26. 7.—21. 8.: Montevideo  
 9 22. 8.—27. 11.: Vermessungsfahrten in der Mündung des La Plata und südl. davon; Abfahrt von Montevideo nach Süden  
 10 18.—20. 12.: Tierra del Fuego (Feuerland)

# II 24. 12.: Kap Hoorn

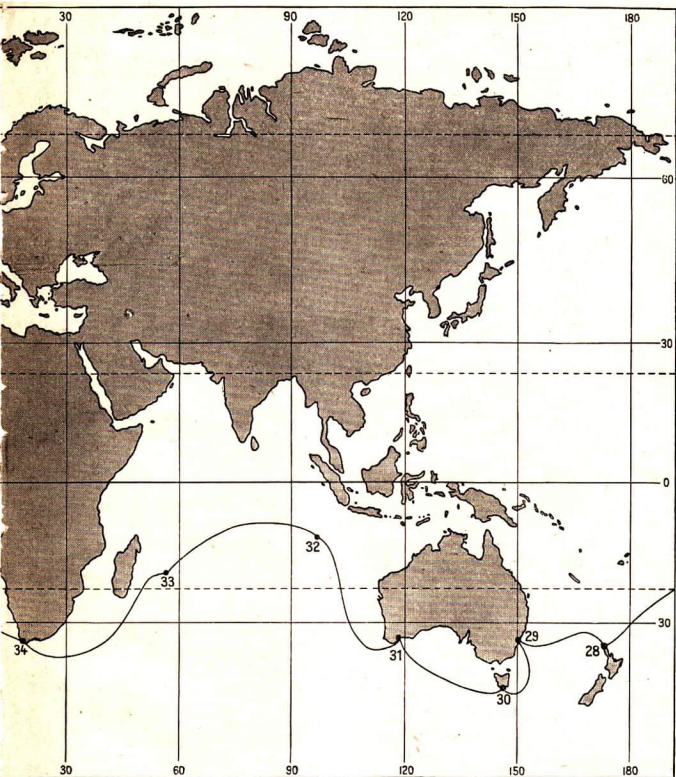
25. 12.—29. 12.: Auf Feuerland, nahe Kap Hoorn  
 30. 12. 1832—15. 1. 1833: Auf See bzw. wegen stürmischen Wetters vor Anker

1833

- 12 16. 1.—11. 2.: Beagle-Kanal und auf Feuerland  
 13 1. 3.: Berkeley-Sound (östliche Falkland-Insel)  
 14 24. 7.: Abfahrt von Maldonado  
 15 3. 8.: Mündung des Rio Negro  
 August bis November: Expedition über Bahia Blanca—Buenos Aires—Santa Fé nach Montevideo

1834

- 16 9. 1.: Port St. Julian



- 17 16. 3.—2. 4.: Aufenthalt in Berkeley-Sound  
 18 13. 4.: Santa-Cruz-Mündung  
 April bis Mai: Erforschung des Santa Cruz in Booten  
 19 23. 7.—10. 11.: Valparaiso, Exkursion in die Anden  
 20 21. 11. 1834—4. 1. 1835: Insel Chiloe, Insel Lemuy, Chonos-Archipel

1835

- 21 8. 2.: Valdivia (Chile)  
 22 4. 3.: Concepción (Chile)  
 23 11. 3.—1. 7.: Valparaiso, Überquerung der Cordillere, Copiapó  
 24 12. 7.: Iquique (Chile)  
 25 19. 7.: Callao (Hafen von Lima, Peru)  
 26 15. 9.—20. 10.: Galápagos-Archipel  
 27 15.—16. 11.: Tahiti

- 28 21.—30. 12.: Inselbucht (Neuseeland)  
 1836

- 29 12. 1.—30. 1.: Sydney  
 30 5. 2.: Hobart Town (Tasmanien)  
 31 6. 3.—14. 3.: King George Sound (Südwestaustralien)  
 32 1. 4.—12. 4.: Cocos-Inseln  
 33 29. 4.—9. 5.: Mauritius (Isle de France)  
 34 Juni: Kap der Guten Hoffnung  
 35 8. 7.—14. 7.: St. Helena  
 36 19. 7.—6. 8.: Ascension  
 37 12. 8.—19. 8.: Pernambuco  
 38 31. 8.: 2. Aufenthalt auf St. Jago (Kapverdische Inseln)  
 39 September: 6 Tage auf den Azoren  
 40 2. 10.: Ankunft in Falmouth

### Beziehungen zwischen Stammbaum und System

Schon lange ist es das Bestreben der Naturwissenschaftler, die Lebewesen in Gruppen zu ordnen, um zu einem System zu kommen, das der Verständigung und Übersichtlichkeit dienen kann.

Bevor der Entwicklungsgedanke in der Wissenschaft durchgesetzt wurde, ordneten die Systematiker die Tiere und Pflanzen in ihren Systemen fast stets nach äußeren Merkmalen an. Das Prinzip der Anordnung wurde vom Menschen in die Natur hineingetragen. LINNÉ zum Beispiel verwendete für die Einteilung der Pflanzen in erster Linie die Zahl der Staubblätter und Griffel in den Blüten.

Auf Grund dieser künstlichen Einteilung wurden nahe verwandte Gruppen willkürlich getrennt. Die Arten der Familie Rosengewächse sind im LINNÉschen System in neun verschiedenen Ordnungen vertreten.

Andererseits werden nach der LINNÉschen Methode Formen, die nur sehr entfernt verwandt sind, in einer engbegrenzten Gruppe zusammengefaßt.

Wir wissen heute, daß die Organismen durch gemeinsame Abstammung verbunden sind. Die moderne Systematik (Taxonomie) ist die Lehre von der natürlichen Ordnung der Lebewesen. Sie nimmt das der Natur eigene Ordnungsprinzip, die Abstammung, als Grundlage für ein natürliches, stammesgeschichtliches System.

Wenn auch der grundsätzliche Aufbau eines Systems heute festliegt, so kommt es doch bei der Einordnung einiger Gruppen oft zu Fragen, die von einzelnen Wissenschaftlern verschieden beantwortet werden. Je besser wir die verwandtschaftlichen Verhältnisse in der Organismenwelt kennenlernen, um so näher kommen wir dem Ziel der modernen Taxonomie, der Aufstellung eines Systems, in dem alle Organismen nach ihrer Abstammung von gemeinsamen Vorfahren, das heißt nach ihrer Verwandtschaft, angeordnet sind.

In einem natürlichen System sind zwar die Gruppen nach ihrer Verwandtschaft geordnet, die Beziehungen zwischen ihnen und ihre stammesgeschichtliche Entwicklung lassen sich jedoch nicht deutlich darstellen. Diese kommen sehr gut in Stammbäumen zum Ausdruck, wie sie zuerst von ERNST HAECKEL veröffentlicht wurden (s. S. 86 u. Farbtafel zwischen S. 56 u. 57).

An den Astenden des Stammbaumes stehen die heute lebenden Formen. Sie sind oft durch große Lücken voneinander getrennt, da im Laufe der Zeit die verbindenden Zwischenformen ausstarben. Die Kenntnis der ausgestorbenen Formen ist für das natürliche System von großer Bedeutung. Sie sind Glieder der Entwicklungsreihen, durch deren Kenntnis die Verwandtschaft zweier sonst sehr verschiedener Gruppen bewiesen werden kann (s. S. 13 ff.).

Der Stammbaum und das System setzen sich aus zahlreichen Abstammungsgemeinschaften zusammen, die in verschiedener Weise miteinander verwandt sind und hierarchisch angeordnet werden.



Einige kleinere Abstammungsgemeinschaften, zum Beispiel Arten, gehören zu einer größeren Gruppe, zur Gattung. Mehrere Gattungen werden zu einer noch größeren Gruppe, zur Familie, zusammengefaßt. Jede dieser Abstammungsgemeinschaften bezeichnen wir als **taxonomische Einheit** oder **Kategorie**.

Wir wollen die Anordnung dieser Kategorien an einem Beispiel verfolgen:

Unsere Gartenerbsen sind mit anderen von Menschen gezüchteten Erbsen (z. B. Felderbsen) nahe verwandt. Sie gehören alle einer taxonomischen Einheit an, der **Art Saat-Erbse**.

Mit anderen, wilden Erbsenarten zusammen bilden sie eine höhere Abstammungsgruppe, die **Gattung Erbse**.

Auf Grund der gleichgestalteten Schmetterlingsblüten, der eiweißreichen Samen und vieler anderer Merkmale können wir die Gattung Erbse mit Linsen, Bohnen, Lupinen und anderen Gattungen zur **Familie der Schmetterlingsblütengewächse** zusammenfassen.

Alle Familien mit Hülsenfrüchten, freien Kronblättern, Fiederblättern und noch anderen gemeinsamen Merkmalen vereinigen wir zur **Ordnung der Hülsenfruchtartigen**. Diese besitzt netznervige Blätter, offene Leitbündel und zwei Keimblätter. Zusammen mit anderen Ordnungen, die gleiche Merkmale aufweisen, bildet sie eine Abstammungsgemeinschaft höheren Grades, die **Klasse der Zweikeimblättrigen**.

Übereinstimmung in der Samenbildung, der Blütenbildung, der Bestäubung durch Pollen u. a. lassen uns die Zweikeimblättrigen zusammen mit anderen Klassen im **Stamm Samenpflanzen** vereinigen. Er stellt einen Teil des **Pflanzenreiches** dar.

Ähnliche Einteilungen können wir im Tierreich vornehmen. Die zahlreichen Rinderassen, die der Mensch gezüchtet hat, vereinigen wir zur **Art Hausrind**, die mit dem Ur und anderen Rinderarten zu einer **Gattung Rind** zusammengefaßt werden kann.

Mit den verwandten Gattungen Büffel und Yak bildet sie die **Familie Rinderartige**. Durch bestimmte anatomische und physiologische Besonderheiten (z. B. Ausbildung von Hufen) werden die Rinder mit den Hirschen, Kamelen und noch anderen Familien zur **Ordnung Huftiere** zusammengeschlossen. Sie bilden mit vielen anderen Ordnungen zusammen die **Klasse der Säugetiere**, die durch ihre Milchdrüsen sowie einen besonderen Skelett- und Schädelbau ausgezeichnet sind. Alle Tiere, die im Laufe ihrer Entwicklung ein besonderes Stützorgan, die Chorda, anlegen (dazu gehören außer den Säugetieren zum Beispiel noch Vögel und Fische), werden im **Stamm Chordatiere** vereinigt.

Wir können also nach diesen beiden Beispielen folgende Rangordnung aufstellen:

| Kategorie | Beispiele                    |              |
|-----------|------------------------------|--------------|
| Reich     | Pflanzenreich                | Tierreich    |
| Stamm     | Samenpflanzen                | Chordatiere  |
| Klasse    | Zweikeimblättrige            | Säugetiere   |
| Ordnung   | Hülsenfruchtartige           | Huftiere     |
| Familie   | Schmetterlingsblütengewächse | Rinderartige |
| Gattung   | Erbse                        | Rind         |
| Art       | Saat-Erbse                   | Hausrind     |

### Aufgabe

Wähle von der Farbtafel „Stammbaum der Wirbeltiere“ eine der heute lebenden Gruppen aus (z. B. Vögel)! Verfolge die Entwicklungslinie!

## Übersicht über das System der Organismen

### Reich Kernlose (*Akaryobionta*)

Einzeller, Kolonien oder Verbände, Zellen ohne Kerne und Farbstoffkörper. Verbreitung durch Sporen, Vermehrung durch Spaltung.

#### Stamm Spaltpflanzen (*Schizophyta*)

##### Klasse Bakterien (*Schizomycota*)

Ernährung heterotroph. Vielfach Krankheitserreger. Fast überall verbreitet.  
Z. B.: Knöllchenbakterien, Milzbrandbazillen

##### Klasse Blaualgen (*Cyanophyceae*)

Ernährung meist autotroph. Blaue und grüne Farbstoffe, die im Plasma verteilt sind. Im Wasser und an feuchten Stellen auf dem Lande.  
Z. B.: Schwingalge

### Reich Protisten (*Protobionta*)

Einzeller, Kolonien, einfache Zellverbände, z. T. hochentwickelte Lager. Zellkerne und meist auch Farbstoffkörper vorhanden. Vermehrung durch Teilung; bei vielen Formen geschlechtliche Fortpflanzung, Verbreitung meist durch Sporen.

#### Stamm Rotalgen (*Rhodophyta*)

Vielzellige Organismen. Ohne echte Gewebe. Thallus gegliedert. Meist ohne Geißeln. Blattgrün meist durch rote und gelbe Farbstoffe überdeckt. Vermehrung ungeschlechtlich und geschlechtlich. In allen Meeren, auch im Süßwasser.

#### Stamm Braunalgen (*Phaeophyta*)

Einzeller, Kolonien und oft sehr vielgestaltige Lager. Blattgrün meist durch braune und gelbe Farbstoffe überdeckt. Vermehrung ungeschlechtlich und geschlechtlich. In allen Meeren, auch im Süßwasser.

#### Unterstamm Goldalgen (*Chrysophytina*)

Meist Einzeller; oft zweiteilige Schalen aus Kieselsäure und Pektin. Dazu gehören die Kieselalgen.

#### Unterstamm Braunalgen (*Phaeophytina*)

Vielgestaltige, oft sehr große Lager. Vermehrung meist geschlechtlich. Dazu gehören die Braun-Tange.

Z. B.: Blasentang

#### Stamm Rotäugelein (*Euglenophyta*)

Meist Einzeller mit Geißeln. Mit Blattgrün und gelben Farbstoffen oder farblos. Vermehrung durch Längsteilung. Stehende Gewässer.  
Z. B.: Rotäugelein

### **Stamm Grünalgen (*Chlorophyta*)**

Einzeller, Zellkolonien und vielgestaltige Lager. Mit grünen und gelben Farbstoffen. Ungeschlechtliche Vermehrung durch Teilung, oft auch geschlechtliche Fortpflanzung. Im Süßwasser, im Meer und an feuchten Stellen auf dem Lande. Einige Formen als Symbionten lebend. Dazu gehören Grünalgen (z. B. Kugelalge, Meersalat), Jochalgen (z. B. Schraubenalge) sowie Armleuchteralgen.

### **Stamm Pilze (*Mycophyta*)**

Einzeller oder vielzellige Pilzgeflechte. Ohne Blattgrün. Mit Chitin- oder Zellulosemembran. Fäulnisbewohner oder Parasiten. Vermehrung geschlechtlich und ungeschlechtlich; Verbreitung meist durch Sporen. Auf dem Lande, seltener im Wasser.

#### **Klasse Eipilze (*Oomycetes*)**

Vielkernig, ohne Querwände. Oft Erreger von Pflanzenkrankheiten.  
Z. B.: *Phytophthora* (Erreger der Kartoffelkrautfäule)

#### **Klasse Schlauchpilze (*Ascomycetes*)**

Pilzfäden stets mit Querwänden, Sporen in Schläuchen.  
Z. B.: Hefepilze, Pinselschimmel, Lorchel

#### **Klasse Ständerpilze (*Basidiomycetes*)**

Pilzfäden stets mit Querwänden, Sporen an Ständern.  
Z. B.: Fliegenpilz, Steinpilz, Kartoffelbovist, Schwarzrost, Weizenflugbrand

### **Stamm Urtierchen (*Protozoa*)**

Einzeller, viele koloniebildend. Ohne Farbstoffe. Oft Fäulnisbewohner oder Parasiten. Vermehrung durch Teilung, teilweise auch geschlechtliche Fortpflanzung. Im Wasser und auf dem Lande. Bewegung mit Geißeln, Wimpern oder Scheinfüßchen. Dazu gehören die Klassen Geißeltierchen (z. B. Erreger der Schlafkrankheit), Wurzelfüßer (z. B. Wechseltierchen) sowie Wimpertierchen (z. B. Glockentierchen, Trompetentierchen, Pantoffeltierchen).

## **Reich Tiere (*Metazoa, Gastrobionta*)**

### **Stamm Schwämme (*Porifera*)**

Vielgestaltige Tierstöcke. Ohne echte Organe und Gewebe. Körperinneres mit Kragengeißelzellen ausgekleidet. Meist mit einem Skelett aus Horn, häufig Kalk- oder Kieselnadeln. Vermehrung geschlechtlich oder durch Knospung. Wassertiere, überwiegend im Meer.

### **Stamm Hohltiere (*Coelenterata*)**

Mit echten Geweben und Organen. Zweischichtig, mit Stützlamelle zwischen Innen- und Außenschicht. Im Meer, selten im Süßwasser.

### **Unterstamm Nesseltiere (*Cnidaria*)**

Körper radiärsymmetrisch, mit Nesselzellen (Schutz und Beutefang). Knospung und Stockbildung verbreitet. Dazu gehören die Polypen und Quallen (z. B. Süßwasserpolypp, Ohrenqualle) sowie die Korallen oder Blumentiere (z. B. Seeanemone, Edelkoralle).

### **Unterstamm Rippenquallen (*Acnidaria*)**

Körper zweiseitig-symmetrisch, ohne Nesselzellen. Nur im Meer.

### **Stamm Plattwürmer (*Plathelminthes*)**

Meist afterlose, abgeplattete Würmer. Meist Zwitter.

#### **Klasse Strudelwürmer oder Planarien (*Turbellaria*)**

Meist frei lebende Land- und Wassertiere mit bewimperter Haut.

Z. B.: Weiße Planarie

#### **Klasse Saugwürmer (*Trematodes*)**

Ausschließlich Parasiten mit meist zwei Saugnapfen. Fast immer mit Generations- und Wirtswechsel.

Z. B.: Großer Leberegel

#### **Klasse Bandwürmer (*Cestodes*)**

Innenparasiten, hauptsächlich im Darm von Wirbeltieren. Mund und Darm fehlen. Am Kopf Haftorgane. Entwicklung mit Metamorphose, mitunter Generationswechsel. Meist mit Wirtswechsel.

Z. B.: Schweinefinnenbandwurm

### **Stamm Rundwürmer (*Nemathelminthes*)**

Körper unsegmentiert, meist drehrund und fadenförmig. Meist mit geräumiger Leibeshöhle. Frei lebend oder Parasiten. Dazu gehören die Fadenwürmer.

Z. B.: Trichine, Rübenälchen, Kartoffelälchen, Spulwurm, Madenwurm

### **Stamm Gliedertiere (*Articulata*)**

Körper in Segmente gegliedert, Strickleiternervensystem

### **Unterstamm Ringelwürmer (*Annelida*)**

Hautmuskelschlauch. Blutgefäßsystem geschlossen.

Z. B.: Regenwürmer

### **Unterstamm Gliederfüßer (*Arthropoda*)**

Mit gegliederten Laufbeinen. Körper von einem Chitinpanzer umgeben, der während des Wachstums mehrmals erneuert wird (Häutungen). Dazu gehören zum Beispiel Trilobiten (ausgestorben), Spinnentiere (Kreuzspinnen, Weberknechte, Skorpione, Milben), Krebstiere (z. B. Wasserflöhe, Asseln, Flußkrebse), Tausendfüßer sowie Insekten (z. B. Silberfischchen, Libellen, Heuschrecken, Käfer, Schmetterlinge, Flöhe, Fliegen).

### **Stamm Weichtiere (*Mollusca*)**

Unsegmentierter, meist gedrunken gebauter Körper mit Eingeweidesack. Meist ist ein Kopf und Fuß deutlich ausgebildet.



### **Klasse Schnecken (*Gastropoda*)**

Mit Kopf, Fuß und Eingeweidessack, der meist in einem spiraligen Gehäuse steckt. Land- und Wassertiere.

Z. B.: Weinbergschnecke, Wegschnecken, Ackerschnecke

### **Klasse Muscheln (*Bivalvia*)**

Ohne Kopf. Mit zweiklappiger Schale, Wassertiere.

Z. B.: Malermuschel, Auster

### **Klasse Kopffüßer oder Tintenschnecken (*Cephalopoda*)**

In Kopf und Rumpf gegliedert. Kopf mit großen, wirbeltierähnlichen Augen. Meist acht oder zehn Fangarme. Nur im Meer.

Z. B.: Gemeiner Tintenfisch, Nautiliden (Schiffsboot) sowie die ausgestorbenen Ammoniten und Belemniten

### **Stamm Kranzföhler (*Tentaculata*)**

Polypen-, wurm- oder muschelähnliche festsitzende Meeres- und Süßwassertiere mit einer nur den Mund umgebenden Tentakelkrone. Dazu gehören zum Beispiel die Armfüßer.

### **Stamm Stachelhäuter (*Echinodermata*)**

Fünfstrahlig-symmetrische Meerestiere mit einem Kalkplatten-Skelett, dem oft Stacheln aufsitzen. Besonders gekennzeichnet durch ein Wassergefäß-System, von dem Saugfüßchen versorgt werden, die der Fortbewegung und dem Nahrungserwerb dienen. Dazu gehören Seesterne, Seelilien und Seeigel.

### **Stamm Chordatiere (*Chordata*)**

Körper von einem inneren Achsenskelett durchzogen. Vorderdarm (wenigstens in der Jugend- oder Embryonalentwicklung) mit Kiemenspalten.

### **Unterstamm Wirbeltiere (*Vertebrata*)**

Mit Schädel und Wirbelsäule.

### **Klasse Kieferlose (*Agnatha*)**

Ohne Kiefer, Schädel knorpelig. Wirbelsäule nur durch knorpelige Knochenspannen angedeutet. Ohne paarige Flossen. Fischförmige Wassertiere.

### **Klasse Knorpelfische (*Chondrichthyes*)**

Gesamtes Skelett knorpelig. Ohne Schwimmblase. Zum Teil lebendgebärend.

Z. B.: Haie, Rochen

### **Klasse Knochenfische (*Osteichthyes*)**

Gesamtes Skelett knöchern. Meist mit Schwimmblase.

Z. B.: Quastenflosser, Lungenfische, Heringsfische, Karpfenartige

### **Klasse Lurche (*Amphibia*)**

Vierfüßer mit feuchter Haut. Wechselwarm. Lungenatmung. Wasser- und Feuchtlufttiere. Larvenformen fischförmig, mit Kiemen atmend.

Z. B.: Salamander, Molche, Frösche, Kröten

### **Klasse Kriechtiere (*Reptilia*)**

Haut mit Horn- oder Schuppenpanzer. Wechselwarm. Echte Landtiere.

Z. B.: Schildkröten, Eidechsen, Schlangen, Krokodile

### **Klasse Vögel (*Aves*)**

Haut mit Federn. Gleichwarm. Vorderextremitäten zu Flügeln umgebildet. Überwiegend Flugtiere.

Z. B.: Urvögel, Sperlingsvögel, Eulen, Entenvögel

### **Klasse Säugetiere (*Mammalia*)**

Haut mit Haaren. Gleichwarm. Überwiegend lebendgebärend; Junge werden gesäugt. Dazu gehören Kloakentiere (z. B. Ameisenigel), Beuteltiere (z. B. Känguruh) und Plazentatiere (z. B. Wale, Fledermäuse, Nagetiere, Raubtiere, Huftiere).

## **Reich Pflanzen (*Cormobionta*)**

In Sproß, Blatt und Wurzel gegliederte Vielzeller. Fast immer mit Assimilationsfarbstoffen. Echte Gewebe. Mit Spaltöffnungen, Leit- und Stützgeweben. Stets mit Generationswechsel. Meist Festlandbewohner, selten in Süß- und Salzwasser.

### **Stamm Nacktsprosser (*Psilophyta*)**

Ausgestorbene Gruppe einfacher Uferpflanzen des Silur und Devon. Beginnende Gliederung in Sproß und Blätter, ohne Wurzeln. Vermehrung durch Sporen.

### **Stamm Moose (*Bryophyta*)**

Geschlechtspflanzen meist in Sproß und Blatt gegliedert oder ein flächiges Lager (Thallus) bildend. Ohne Wurzeln, mit haarförmigen Fäden (Rhizoiden) im Boden verankert. Sporenpflanze auf der Geschlechtspflanze. Vermehrung durch Sporen, zum Teil auch durch Brutknospen. Dazu gehören Laubmoose (z. B. Frauenhaarmoose, Schlafmoose), Torfmoose sowie Lebermoose (z. B. Brunnenlebermoose, Peitschenlebermoose).

### **Stamm Farnpflanzen (*Pteridophyta*)**

Sporenpflanze in Sproß, Blatt und Wurzel gegliedert. Geschlechtspflanze einfach, thallusartig. Archegonien und Antheridien. Vermehrung durch Sporen.

### **Klasse Bärlappe (*Lycopsidea*)**

Sproßachse dicht mit schmalen Blättern besetzt. Sporenähren meist endständig.

Z. B.: Keulen-Bärlapp

### **Klasse Schachtelhalme (*Sphenopsida*)**

Sproßachse gegliedert. Blätter zu gezähnten Scheiden verwachsen; Seitensprosse wirtelig angeordnet. Sporenähren endständig. Manchmal bleiche fruchtbare und grüne unfruchtbare Triebe.

Z. B.: Acker-Schachtelhalm, Teich-Schachtelhalm

### **Klasse Farne (*Pteropsida*)**

Sprossachse meist unterirdisch. Große, meist gefiederte Blätter (Wedel). Sporenkapseln auf der Unterseite der Blätter, meist zu Häufchen vereinigt. Fruchtbare und unfruchtbare Blätter oder Blattabschnitte manchmal unterschiedlich gestaltet.

Z. B.: Gemeiner Wurmfarne, Königs-Rispenfarne

### **Stamm Samenpflanzen (*Spermatophyta*)**

Krautige oder holzige Pflanzen mit sehr differenzierten Geweben. Blüten. Befruchtung in Samenanlagen durch Pollen. Vermehrung durch Samen.

#### **Unterstamm Nacktsamer (*Gymnospermophytina*)**

Meist Holzgewächse, keine echten Leitgefäße. Samenanlagen frei liegend, nackt.

##### **Klasse Farnsamer (*Pteridospermopsida*)**

Ausgestorbene farnähnliche Bäume (Devon bis Perm), Frucht- und Samenbildung.

##### **Klasse Cycadeen, Farnpalmen (*Cycadopsida*)**

Palmenähnliche Bäume. Gefiederte Blätter, rosettenartig angeordnet.

##### **Klasse Ginkgobäume (*Ginkgopsida*)**

Bäume. Fächerförmige Blätter mit gabeliger Anordnung der Nerven.

##### **Klasse Nadelhölzer (*Coniferopsida*)**

Bäume oder Sträucher. Blätter nadel- oder schuppenförmig.

Z. B.: Kiefern, Tannen, Lebensbäume

#### **Unterstamm Bedecktsamer (*Angiospermophytina*)**

Samenanlagen in Fruchtknoten eingeschlossen. Leitungs Gewebe mit echten Gefäßen.

##### **Klasse Zweikeimblättrige (*Dicotyledonopsida*)**

Blätter fiedernervig. Zwei Keimblätter. Gefäßbündel ringförmig angeordnet.

Z. B.: Kreuzblütengewächse, Schmetterlingsblütengewächse

##### **Klasse Einkeimblättrige (*Monocotyledonopsida*)**

Blätter parallelnervig. Ein Keimblatt. Gefäßbündel zerstreut.

Z. B.: Palmen, Gräser, Orchideen.

# Sachwörterverzeichnis

Das Zeichen \* weist auf eine Abbildung hin

- Abdrücke 8\*, 14
- Affen 62\*f.
- Affenmensch 66
- Agnathi* 56
- Algen 54
- Alpenrose 33
- Aminosäuren 49
- Ammoniten 55\*
- analoge Organe 21, 27
- Anpassungsveränderungen 40 ff., 45
- Archaeopteryx* 14\*f., 31
- Aristoteles 71f.
- Arrhenius 47
- Aurikel 33
- Auslese 42 ff., 45, 82f.
- Australopithecinen 64\*f.
- Bakterien 41, 54
- Bärlappgewächse 57\*
- Beuteltiere 60
- Biogenetisches Grundgesetz 30, 85
- Bischofsstab 56\*
- Blastula 86
- Blualgen 54
- Blütenpflanzen 41
- Braunwurzgewächse 26\*
- Breitnasenaffen 62, 63\*
- Buffon 74f.
- Calamiten 57, 58
- Chromosomentheorie 35f.
- Cordaiten 12, 58, 59\*
- Cuvier 77\*f.
- Cycasgewächse 60\*
- Darwin, Charles 6, 47, 78\*f.
- Darwin, Erasmus 75\*
- Donnerkeil 9\*
- Dryopithecus* 63
- Einschachtelungslehre 73
- Eiszeit 32
- embryonale Entwicklung 28\*f., 35
- Engels 47, 65, 85
- Entenmuschel 25\*f.
- Entwicklung des Gehirns 24
- Entwicklung des Kreislaufsystems 22\*ff.
- Entwicklung der Lunge 21\*f.
- Entwicklung der Nadelbaumpapfen 12\*f.
- Entwicklung der Pferde 10\*f., 19, 20
- Entwicklungsphysiologie 35
- Eohippus* 10\*
- Eozän 11
- Erbplasma 35
- Erdformationen 53 ff.
- Erdzeitalter 53 ff.
- Europide 69
- Ewigkeit des Lebens 47
- Farnsamer 18\*f., 58
- Fische 56
- Fossilien 7, 14
- früher Urmensch 66\*f.
- Galápagos-Inseln 33, 79f., 83
- Galen 71f.
- Gastrula 86
- Gemsen 33
- Genetik 35 ff.
- Gentilgesellschaft 70
- Gesetzmäßigkeiten des Lebens 51
- Gliederfüßer 54\*
- Gliedmaßen der Wirbeltiere 17, 19 ff., 27
- Graptolithen 55\*
- Griffelbeine 11\*, 20, 26
- Grundfinken 80\*, 83
- Haeckel 29, 85f.
- Harvey 72
- Hefepilze 41
- Hochgebirgspflanzen 33
- Homo neanderthalensis* 67
- Homo sapiens* 68\*f.
- homologe Organe 20, 27
- Hormone 28
- Huxley 85
- Idioplasmata 35f.
- Insekten 56, 59
- Insektenfresser 60
- Inselsauna 33
- Insellflora 33
- Isolation 44, 45
- Kerguelenfliege 82\*
- Kernlose 54
- Knochenfunde 7, 11
- Koazervate 36, 50\*f.
- Kohlenwasserstoffe 49
- Kombination 37f., 45
- Kopffüßer 55, 56\*
- Kowalewsky, Alexander O. 86\*f.
- Kowalewsky, Wladimir O. 87\*
- Kreidezeit 9
- Kriechtiere 59
- Lamarck 6, 75\*f.
- Langarmaffen 63



- Leeuwenhoek 72  
 Leitfossilien 8 f., 19  
 Lenin 34, 86  
 Linné 62, 74\*, 90  
 Lungenfische 16\* f., 57  
 Lurche 59  
*Lyginopteris* 19\*  
  
 Marx 65, 70, 85  
 Mendelsche Regeln 35  
*Mesohippus* 11\*, 12  
 Mensch 62  
 Menschenaffen 63  
 Menschenrassen 69  
 Metamorphose bei Pflanzen  
   24\* f.  
 Mitschurin 36  
 Mongolide 69  
 Morula 86  
 Mutation 36, 38\* ff., 45  
 Mutationstheorie 36  
  
 Nachtsamer 58, 59, 60\*  
 Nachtsprosser 18\*, 56, 57\*  
 Nautiliden 55, 56\*  
*Nautilus* 56  
 natürliche Zuchtwahl 82 f.  
 Neandertaler 67\* f.  
 Negride 69  
 Neumensch 68\* ff.  
  
 Ontogenese 30 f.  
 Oparin 47\* f., 52  
*Oreopithecus* 64  
  
 Paläontologie 7 ff.  
 Panzerfische 56  
*Paranthropus* 64\*  
 Pasteur 46, 47  
 Pferdefußskelett 11\* f.  
 Pilze 54  
*Pithecanthropus* 66\*  
 polyloide Bastarde 37 f.  
 Präformationstheorie 73  
 Präzipitine 27  
 Primaten 62  
*Proconsul* 64\*  
 Protisten 54  
 Protozoen 54  
 Psilophyten 18\*, 56 f.  
 Pteridospermen 18  
  
 Quastenflosser 15\* ff., 19,  
   20 f., 57  
  
 Redi 72  
*Rhamphorhynchus* 61\*  
*Rhynia* 56, 57\*  
 Rotäugelein 54  
 rudimentäre Organe 26 f.  
  
 Saurier 8\*, 61\*  
 Säuger 60  
 Schachtelhalme 57  
 Schimpanse 63\*  
 Schmalnasenaffen 62, 63\*  
 Schöpfungslehren 71 f.  
 Schuppenbäume 57, 58\*  
 Schutztrachten 43\*  
 Schwämme 54  
  
 Serveto 72  
 Siegelbäume 57, 58\*  
 Sozialdarwinismus 6  
 später Urmensch 67\* f.  
 Stachelhäuter 9\*, 54  
 Stammbaum 85, 86\*, 90 f.  
*Stegosaurus* 61\*  
 Steinkohlenwald 59  
*Stenopterygius* 61\*  
 Südafrika 64\* f.  
 Swammerdam 73  
 System 74, 90, 92  
  
 Tieraffen 63  
 Timirjasew 47, 87  
 Tintenschnecken 9\*  
 Trilobiten 54\*, 55  
  
 Übergangsformen 13, 19  
 Urorganismen 51 ff.  
 Urfpferdchen 7, 10\*, 12  
 Urvogel 13\* ff., 19  
 Urzeugung 46  
  
 Vererbungswissenschaft 35 ff.  
 Versteinerungen 7  
 Versteinerungskunde 7 ff., 83  
 Vesal 72  
 Viren 54  
  
 Wallace 82  
 Wirbellose 54\* ff.  
 Wirbeltiere 56 ff.  
 Wolff 73\* f.  
 Wolfsmilchgewächse 24\* f.  
 Züchtung 44 f., 81 f.

## Abbildungsnachweis

### Farbtafeln

Dr. Wolfgang Crome, Berlin (innere Farbtafeln zwischen S. 56 u. 57); Christiane Winkler, Berlin (Farbtafeln gegenüber S. 56 u. 57).

### Kunstdrucktafeln

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Greifswald (Tafel 2); Geologisch-Paläontologisches Museum, Berlin (Tafel 1); Dieter Heimlich, Berlin (Tafel 8 oben rechts u. unten); Museum für Deutsche Geschichte, Berlin (Tafel 3 oben links u. 4).

### Fotos

Aus Abel: Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit (Abb. 9); aus Alschner: Woher – Wohin? (Abb. 12); aus Augusta-Burian: Tiere der Urzeit (Abb. 5, 6, 43, 47, 48); Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Greifswald (Abb. 4, 39, 41, 42); Ernst-Haeckel-Haus, Jena (Abb. 61, 64, 66, 68 bis 71, 73 bis 77); aus Hesse-Doflein: Tierbau und Tierleben (Abb. 33, 34); Institut für Botanik der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät Berlin (Abb. 62); Museum für Deutsche Geschichte, Berlin (Abb. 49 bis 60); aus Oparin: Entstehung des Lebens auf der Erde (Abb. 36, 38); aus Potonié: Lehrbuch der Paläobotanik (Abb. 45); aus Sigerist: Große Ärzte (Abb. 35); aus Traité de Zoologie – Anatomie – Systematique – Biologie, Paris 1958 (Abb. 13); aus Urbanek: Monograptidae from erratic boulders of Poland (Abb. 40); Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin (Abb. 65, 67); Zentralbild, Berlin (Abb. 63).

### Zeichnungen

Hans Feustel, Jena (Abb. 11); Franz Frank-Renée, Berlin (Abb. 17); W. Heidenreuter, Leipzig, nach einer Vorlage von Dr. Georg Uschmann (Abb. 78); Irene Hein, Halle/Saale (Abb. 7); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. 2, 3, 19, 72); Naturkunde-Museum Weimar (Abb. 1); Elena Panzig, Berlin (Abb. 8, 10, 16, 18, 20 bis 32, 37, 44, 46); aus Romer: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere (Abb. 14).

PLEISTOZÄN  
JETZTEN

PLIOZÄN

MIOZÄN

OLIGOZÄN

EOZÄN

