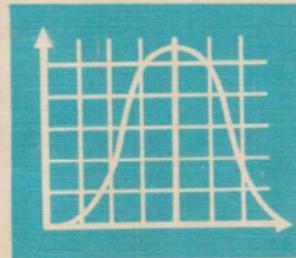
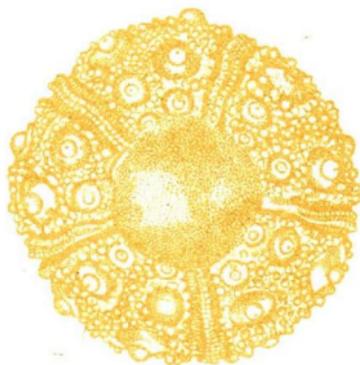


BIOLOGIE



BIOLOGIE

Lehrbuch für Klasse 10



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin · 1975

Autoren:

Dozent Dr. habil. Herbert Bach, Dr. Jochen Helms, Dr. Irmtraut Meincke, Prof. Dr. sc. Johannes Müller, Prof. Dr. Werner Plesse, Dr. Dietrich Rothacker, Dr. Michael Theile

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1971

5. Auflage

Ausgabe 1971

Lizenz Nr. 203 · 1000/75 (DN)

LSV 0681

Redaktion: Manfred Gemeinhardt, Gertrud Kummer

Einband: H.-J. Behrendt, W. Fahr, G. Wolf

Typografische Gestaltung: W. Fahr, G. Wolf

Zeichnungen: Hans Joachim Behrendt, Ingrid Schäfer

Farbtafeln: Horst Theuerkauf

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 9/11 Garamond

Satz: Druckerei Fortschritt Erfurt

Druck und Binden: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Redaktionsschluß: 31. Juli 1974

Bestell-Nr. 730 447 4

Schulpreis DDR 2,90

Inhaltsverzeichnis

Genetik	7
<i>Einführung</i>	8
<i>Struktur und Funktion der Erbanlagen</i>	10
Das genetische Material DNS	10
Verschlüsselung der Erbinformation	12
Weitergabe der Erbinformation	16
Realisierung der Erbinformation	17
Viren als Untersuchungsobjekte der Genetik	19
<i>Verteilung der Erbanlagen</i>	22
Zellteilung	22
Chromosomen als wichtigste Bestandteile des Zellkerns	22
Die Mendelschen Vererbungsgesetze	30
<i>Mutation und Modifikation</i>	40
Mutationen	40
Modifikationen	44
<i>Humangenetik</i>	47
Vererbungsvorgänge beim Menschen	47
Aufgaben und Bedeutung der Humangenetik	55
Abstammungslehre	57
<i>Theorie der Stammesentwicklung</i>	58
Genetische Verhältnisse in Populationen	58
Isolation und Artneubildung	60
Individual- und Stammesentwicklung	62



<i>Stammesentwicklung der Pflanzen und Tiere</i>	74
Entstehung der Fossilien	75
Entwicklung der Organismen in den verschiedenen Erdzeitaltern	77
Übergangsformen	86
<i>Aus der Geschichte der Abstammungslehre</i>	91
Die Schaffung naturwissenschaftlicher Voraussetzungen für die wissenschaftliche Abstammungslehre	92
Die unmittelbaren Vorläufer der wissenschaftlichen Abstammungslehre	94
Wissenschaftliche Abstammungslehre	95
Der Kampf um die Durchsetzung des Darwinismus	99
<i>Die Entstehung des Lebens auf der Erde</i>	102
Kennzeichen der Lebewesen	102
Die Entstehung des Lebens	104
<i>Die Stammesentwicklung des Menschen</i>	112
Tier und Mensch	113
Die heutigen Menschenrassen	127
<i>Wiederholung und Systematisierung</i>	130
Höherentwicklung und Spezialisierung	130
Zeitlicher Ablauf der Stammesentwicklung	131
Übergangsformen	131
Die Züchtung von Pflanzen und Tieren	133
<i>Einführung</i>	134
Die Entstehung der Kulturpflanzen und Haustierrassen	134



<i>Ziele der Züchtung und Organisation der Pflanzen- und Tierzüchtung in der DDR</i>	141
Züchtungsziele bei Pflanzen	141
Züchtungsziele bei Tieren	141
Organisation der Pflanzen- und Tierzüchtung in der DDR	143
<i>Die wesentlichsten Methoden der Pflanzen- und Tierzüchtung</i>	146
Allgemeines	146
Auslesezüchtung bei Pflanzen	147
Reinzucht bei Tieren	148
Kombinationszüchtung bei Pflanzen	149
Kreuzungszüchtung bei Tieren	151
Heterosiszüchtung bei Pflanzen und Tieren	152
Mutationszüchtung	153
Zusammenfassung	156
Wiederholung – Systematisierung – Ausblick	157
<i>Zelle – Lebewesen – Population – Biozönose – Biosphäre</i>	158
Der Stufenaufbau der lebenden Materie	158
<i>Die Bedeutung der Biologie für die Gesellschaft</i>	169
Biologie und Gesellschaft	170
Die Zukunft der Biologie	181
<i>Aufgaben und Fragen</i>	182
<i>Anhang</i>	189
Wörterklärungen	189
Register	191



Zeichenerklärung

①

Aufgaben und Fragen

♂ männlich

♀ weiblich

* zur Information

Erläuterungen zu den Abbildungen unter den Hauptüberschriften

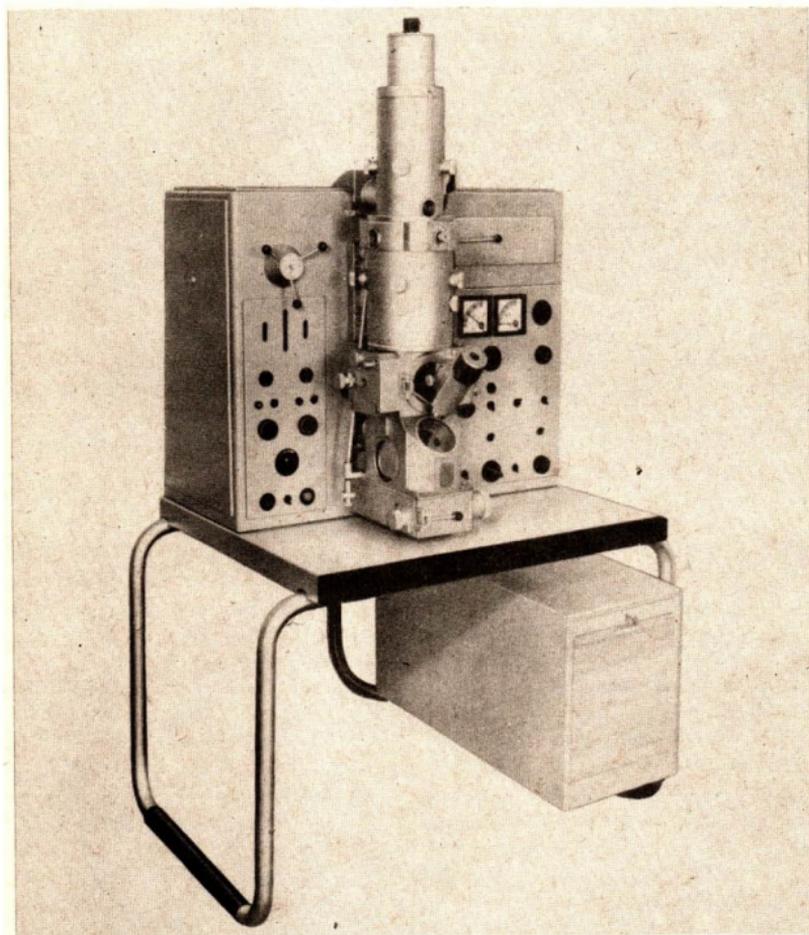
Genetik: Elektronenmikroskop von VEB Carl Zeiss, Jena. Es ermöglicht Vergrößerungen bis etwa 600000fach (Abb. S. 7)

Abstammungslehre: Skelett eines *Brachiosaurus brancai*; Aufnahme aus dem Sauriersaal des Museums für Naturkunde an der Humboldt-Universität zu Berlin (Abb. S. 57)

Züchtung von Pflanzen und Tieren: Isolierkästen im Zuchtgarten eines Institutes für Pflanzenzüchtung (Abb. S. 133)

Wiederholung-Systematisierung-Ausblick: Phytotron – Anlage zur Untersuchung von Stoffwechselfvorgängen der Pflanze unter verschiedenen Bedingungen (Abb. S. 157)

Genetik





Einführung

Ein wichtiges Merkmal aller Lebewesen ist die Fähigkeit, Nachkommen zu erzeugen, das heißt sich fortzupflanzen.

1 Bei der Fortpflanzung einer Organismenart entstehen Individuen, die in ihren wesentlichen Merkmalen (z. B. langer Hals der Giraffen, Fortpflanzungsverhalten bei Nesthockern) ihren Eltern weitgehend gleichen. Die Organismen einer Art haben eine große Anzahl spezifischer Bau- und Funktionsmerkmale, die sie von Organismen einer anderen Art unterscheiden. Im allgemeinen können nur solche Organismen fruchtbare Nachkommen durch geschlechtliche Fortpflanzung hervorbringen, die der gleichen Art angehören.

Wie die stammesgeschichtliche Entwicklung der Lebewesen zeigt, sind die Arten nicht unveränderlich. Gleichzeitig zeichnen sie sich über große Zeiträume hinweg durch eine relative Konstanz ihrer Merkmale aus. So haben sich zum Beispiel die Quastenflosser (Abb. S. 89), eine vor etwa 50 Millionen Jahren weitverbreitete Fischart, bis in die Gegenwart erhalten. Die Arten sind deshalb „relativ konstant“.

Alle Organismen bringen in der Regel artgleiche Nachkommen hervor, obwohl sich in ihnen ein ständiger Wechsel vollzieht: Es werden Nährstoffe aufgenommen und in den Zellen in körpereigene Stoffe umgewandelt. Die Zellen atmen, speichern Energie, sie wachsen, teilen sich, das Plasma bewegt sich, und sie verrichten die vielfältigen spezifischen Funktionen innerhalb eines Organismus. Es findet ein ständiger Austausch von Stoffen zwischen den Zellen und ihrer Umgebung statt. Zellen und Gewebe befinden sich in einem Zustand des Fließgleichgewichtes. Die Organismen reagieren auf Reize aus der Umwelt und können sich veränderten Umweltbedingungen in bestimmten Grenzen anpassen. Kein Individuum einer Art gleicht völlig einem anderen der gleichen Art.

Spezifische Enzyme. Lebensvorgänge werden von Enzymen gesteuert. Spezifische Reaktionen in den Zellen werden durch spezifische Enzyme bewirkt. Die verschiedenen Arten zeichnen sich daher durch das Vorhandensein einer bestimmten Anzahl verschiedener spezifischer Enzyme aus.

Die *relative Konstanz der Arten* wird durch die Konstanz spezifischer Enzyme gewährleistet. Diese Biokatalysatoren werden in den Zellen des Organismus gebildet. In konstanter Weise werden über Jahrtausende hinweg in jedem Individuum einer Art die gleichen Enzyme und andere spezifische lebenswichtige Eiweiße synthetisiert. Eiweiße sind Polypeptide, die aus einzelnen 2-Aminosäuren bestehen. Am Aufbau der Eiweiße sind insgesamt 20 verschiedene 2-Aminosäuren beteiligt. Die



Aminosäuren können, wie die Perlen auf einer Schnur, bis zu mehr als eintausend in wechselnder Anzahl und Reihenfolge zur Polypeptidkette verbunden sein. Je nachdem, in welcher Reihenfolge und in welcher Anzahl die verschiedenen Aminosäuren aneinandergereiht sind, entstehen verschiedenartige Eiweiße mit unterschiedlichen Eigenschaften. Damit ist die Spezifität der Arten auf eine Spezifität der Reihenfolge der Aminosäuren beim Aufbau der artigen Eiweißmoleküle zurückzuführen. Die Vielfalt der Formen und Farben im Tier- und Pflanzenreich hat ihre Ursache darin, daß bestimmte Eiweißmoleküle eine unterschiedliche, jeweils streng spezifische Reihenfolge einer unterschiedlich großen Auswahl der 20 verschiedenen α -Aminosäuren aufweisen.

Erbinformation. Die relative Konstanz der Arten beruht auf der Tatsache, daß in jedem neuen Organismus der Aufbau der Enzyme jeweils in der gleichen Weise erfolgt. Von einigen Ausnahmen abgesehen, müssen solche Vorgänge in jeder Zelle eines vielzelligen Organismus vor sich gehen. Die Anweisungen für den richtigen Ablauf der Enzyymbildung werden bei der geschlechtlichen Fortpflanzung von den Eltern auf die Nachkommen übertragen und bei jeder Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben. Sie werden vererbt und deshalb als Erbinformation oder genetische Information bezeichnet.

Die Aufklärung der Speicherung der Erbinformation, ihrer Verwirklichung und ihrer Weitergabe ist Aufgabe der Vererbungslehre oder Genetik.

Bis vor etwa einem Vierteljahrhundert blieben die Vorgänge, die die große Ähnlichkeit der Merkmale von Eltern und Nachkommen bewirken, unbekannt. Durch intensives gemeinsames Bemühen von Wissenschaftlern verschiedenster Fachgebiete, vor allem von Genetikern, Mikrobiologen und Biochemikern, konnten die Grundlagen der Vererbung erforscht werden. Insbesondere wurden diejenigen Moleküle identifiziert und in ihrer Struktur und Wirkungsweise erkannt, die die Erbinformation übermitteln. Es wurde erforscht, daß die Erbinformationen in materiellen Strukturen liegen, eine außerordentlich hohe Stabilität besitzen und die relative Konstanz der Arten bedingen.

Durch Vorhandensein und Weitergabe der Erbinformation von den Eltern auf die Nachkommen ist garantiert, daß bei Eltern und Nachkommen innerhalb einer Art weitgehend gleiche Merkmale ausgebildet werden. Die Erbinformation ist trotz ständiger Veränderungen im Leben der Organismen stabil.



Struktur und Funktion der Erbanlagen

Das genetische Material DNS

DNS – Träger der Erbinformation. Informationen können nur mit Hilfe materieller Strukturen gespeichert und übermittelt werden. Das gilt auch für die bei allen Lebewesen vorhandenen *erblichen* Informationen über den artspezifischen Aufbau der Stoffe. Der Träger der Erbinformation befindet sich innerhalb des Zellkerns in Strukturen, die während der Zellteilung als langgestreckte Gebilde sichtbar werden. Diese *Chromosomen* (s. S. 22) bestehen aus Eiweißen und komplizierten, nicht eiweißhaltigen Verbindungen, den *Nukleinsäuren* (Kernsäuren). Die Nukleinsäuren enthalten die Erbinformation. Je nach der chemischen Zusammensetzung unterscheidet man zwei Arten von Nukleinsäure, die bei der Weitergabe der Erbinformation auch verschiedene Funktionen ausüben: Die DNS (Desoxyribonukleinsäure) und die RNS (Ribonukleinsäure). Es ist erwiesen, daß bei fast allen Organismen die DNS die Erbinformation enthält. Lediglich bei Viren, die keine DNS besitzen, befindet sich die Erbinformation in der RNS.

Durch die in den Chromosomen lokalisierte DNS werden die Anweisungen für die Synthese spezifischer *Eiweiße* und damit für den Aufbau und die Funktion eines Organismus gegeben. Während der Enzymsynthese erhalten die Zellen von der DNS die für den Aufbau der Polypeptide notwendigen Informationen. In der DNS ist jeweils sowohl die Reihenfolge als auch die Anzahl der Aminosäuren eines Polypeptids festgelegt. Darüber hinaus kann sich die DNS originalgetreu verdoppeln. Nur dadurch ist eine Vererbung möglich (s. S. 11).

Struktur der DNS. Im Jahre 1953 beschrieben J. D. WATSON und F. CRICK (s. Abb. S. 30), aufbauend auf physikalischen und chemischen Strukturuntersuchungen anderer Forscher, ein Modell der DNS-Struktur, das sich inzwischen durch eine Vielzahl wissenschaftlicher Ergebnisse als richtig erwiesen hat. Ein DNS-Molekül ist ein fadenförmiges Makromolekül. Es hat, bezogen auf Kohlenstoff, eine Molekülmasse von 10^6 bis 10^9 und gehört damit zu den größten in der Natur vorkommenden Molekülen (s. Tafel 1). So, wie eine Polypeptidkette durch Aufeinanderfolge einzelner Aminosäuren gebildet wird, entsteht ein DNS-Molekül durch fortlaufende Aneinanderreihung einzelner Nukleinsäure-Untereinheiten, den Nukleotiden.

An der Bildung einer Polypeptidkette sind 20 verschiedene Aminosäuren beteiligt. Der Aufbau eines Nukleinsäuremoleküls erfolgt dagegen im allgemeinen nur aus 4 verschiedenen Nukleotiden. Die Nukleotide können in wechselnder Folge zu einer Kette aus Hunderttausenden von Gliedern aneinandergereiht sein. Durch diese Reihenfolge ist die genetische Information eines Organismus festgelegt.



- * Jedes Nucleotid ist aus 3 Molekülen zusammengesetzt:
 - einem Molekül einer bestimmten Form eines Zuckers, der Desoxyribose,
 - einem Molekül einer Phosphorsäure und
 - jeweils einem Molekül einer der vier verschiedenen Nucleotidbasen A (Adenin), T (Thymin), G (Guanin) und C (Zytosin). *

Entscheidend für das Verständnis der Vererbungsmechanismen war die Entdeckung, daß ein komplettes DNS-Molekül aus zwei polymeren DNS-Ketten besteht, die in einem ganz bestimmten Abstand parallel zueinander verlaufen: Jedes Nucleotid der einen Kette steht mit einem bestimmten Nucleotid der anderen Kette in Verbindung. Diese Bindung ist sehr spezifisch. Die 4 Nucleotide sind in Größe und Bau in bestimmter Weise unterschiedlich.

Es kann deshalb
einem Nucleotid A nur ein Nucleotid T,
einem Nucleotid G nur ein Nucleotid C
gegenüberstehen. Durch die Spezifität der Bindung ist die Aufeinanderfolge der Nucleotide in der zweiten Kette durch diejenige in der ersten Kette vorgegeben. Hat ein Ausschnitt der einen Kette zum Beispiel die Reihenfolge

-A-C-C-T-A-G-C-G-A-,

so muß der gegenüberliegende Abschnitt der anderen Kette die Reihenfolge

-T-G-G-A-T-C-G-C-T-

besitzen (s. Abb. S. 15 und Tafel 5).

Diese Struktur des DNS-Moleküls wird als Doppelstrang bezeichnet. Der Doppelstrang besteht aus zwei Einzelsträngen, die einander komplementär sind.

* Die beiden Einzelstränge entsprechen einander wie eine Gußplatte und ihr Abdruck. Die DNS kommt fast nur als Doppelstrang vor. Die beiden Einzelstränge sind spiralförmig umeinandergewunden, sie bilden eine Doppelschraube (s. Tafel 5), ähnlich einer in sich verdrillten Strickleiter. *

2

Die Erbinformation eines Organismus ist in der DNS enthalten. Die DNS befindet sich in den Chromosomen. Sie ist ein Polymer, das aus einzelnen aneinandergereihten Nucleotiden aufgebaut ist. Ihr fadenförmiges Makromolekül besteht aus zwei einander komplementären Strängen (Doppelstrang).



Verschlüsselung der Erbinformation

Der genetische Kode

Die genetische Information ist in der DNS gespeichert. Wie bei der Zeichenschrift des Morsealphabets die Buchstaben, Ziffern und Satzzeichen durch zwei verschiedene Zeichen, Punkt und Strich, verschlüsselt werden, sind in der DNS die einzelnen Aminosäuren durch einen bestimmten Kode, den „genetischen Kode“ verschlüsselt. Dabei bilden die vier verschiedenen Nukleotide A, T, G und C, aus denen die DNS aufgebaut ist, die „Zeichen“ des genetischen Kodes. Jede Aminosäure wird durch eine bestimmte Folge mehrerer Nukleotide ausgedrückt.

Beim Morsen wird nach jeder Zeichenfolge für einen Buchstaben eine Pause gemacht, damit die Nachricht richtig gelesen werden kann (z. B. - . . . - = nein, - = Tier).

Die Erbinformation enthält demgegenüber keine besondere Angabe darüber, wann die für eine Aminosäure zuständige Zeichenfolge beginnt und wann sie endet. Die Verschlüsselung der Aminosäuren erfolgt durch „Kennwörter“, die stets aus 3 Nukleotiden bestehen. Jeweils nach einer Folge von 3 Nukleotiden beginnt das Kennwort für die nächste, in eine wachsende Polypeptidkette einzubauende Aminosäure. Eine solche Folge aus 3 Nukleotiden wird als Triplet bezeichnet.

Bestünden die Kennwörter aus einem Nukleotid, so könnten insgesamt nur 4 verschiedene Aminosäuren verschlüsselt werden. Bei 2 Nukleotiden je Kennwort könnten bereits $4^2 = 16$ verschiedene Aminosäuren verschlüsselt werden. Bei 3 Nukleotiden gibt es entsprechend $4^3 = 64$ verschiedene Möglichkeiten, bei 4 Nukleotiden $4^4 = 256$.

Für die Kodierung der 20 verschiedenen Aminosäuren sind also Folgen aus 2 Gliedern noch nicht ausreichend, Folgen aus 4 Gliedern ergäben dagegen viel mehr Kombinationen als für 20 Aminosäuren erforderlich sind. Die Verschlüsselung der Erbinformation in Form von Triplets ergibt 64 mögliche Kombinationen für 20 Aminosäuren, so daß es für einige Aminosäuren mehrere Kennwörter gibt.

Man bezeichnet den genetischen Kode als einen Triplet-Kode: Die Reihenfolge der Aminosäuren im Enzymeiweiß wird durch die Reihenfolge der Triplets in der DNS bestimmt. Biochemische und genetische Untersuchungen haben ergeben, daß der genetische Kode für alle Lebewesen in gleicher Weise gilt. Das gleiche Triplet dient stets zur Verschlüsselung der gleichen Aminosäure.

Das Gen

Alle Merkmale eines Organismus sind von seiner Erbinformation abhängig. Die krankheitserregende Wirkung mancher Bakterien, die Blütenfarbe vieler Pflanzen, Haar- oder Fellfarbe der Tiere, alle diese Erscheinungen gehen auf die Aktivität



von Eiweißen zurück, die die verschiedensten Stoffwechsel-Reaktionen katalysieren und für deren Bau und Funktion die jeweils erforderliche Information in der DNS vorliegt.

Bei der Fülle verschiedener Eiweiße, die von den einzelnen Organismen synthetisiert werden, ist eine Ordnung ihrer jeweiligen Informationen in der DNS anzunehmen. Wie Untersuchungen, vor allem an Bakterien, ergeben haben, sind die Informationen für einzelne Enzyme hintereinander auf dem DNS-Molekül angeordnet. Eine solche Funktionseinheit, ein Abschnitt der DNS, der die Information für den Aufbau eines Enzyms enthält, wird als Gen bezeichnet.

★ Neben den Genen für Enzymeiweiße gibt es Gene für andere lebenswichtige Eiweiße (z. B. Struktureiweiße). In manchen Fällen besteht ein Gen aus mehreren Untereinheiten; von denen jede die Information zum Aufbau einer Polypeptidkette besitzt. ★

Jedes Gen hat eine spezifische Erbinformation gespeichert. Die Gene sind linear auf den Chromosomen angeordnet.

Die Organismen haben im allgemeinen in ihren Zellkernen mehrere Chromosomen. Jedes Chromosom trägt eine bestimmte Anzahl von Genen. Sämtliche Gene des entsprechenden Organismus befinden sich bereits in einer befruchteten Eizelle und sind die „Anlagen“ für seine Entwicklung. Die Gesamtheit der Gene eines Lebewesens werden als seine *Erbanlagen* bezeichnet. Man schätzt, daß die Erbanlagen des Menschen insgesamt 10^5 bis 10^6 Gene darstellen.

★ Bei der Erforschung der Erbanlagen von Organismen konnten vor allem an Bakterien wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Bakterien sind unter anderem deshalb einer genetischen Untersuchung besonders zugänglich, weil ihre Erbinformation nur aus einem Molekül DNS besteht. Vor allem wurde das Darmbakterium *Escherichia coli* untersucht, dessen Gene bereits zu einem großen Teil identifiziert werden konnten. ★

Im Jahre 1969 gelang es den drei amerikanischen Wissenschaftlern J. BECKWITH, L. ERON und I. SHAPIRO, erstmalig ein einzelnes Gen zu isolieren. Es ist das sogenannte „Laktose“-Gen von *Escherichia coli*, das den enzymatischen Abbau von Milchzucker bewirkt (s. Tafel 1).

5

6

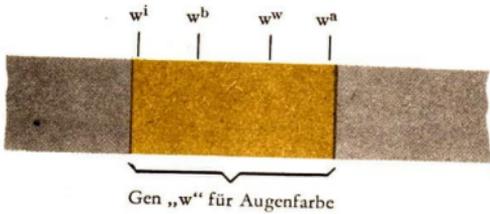
Allele

Allele sind Gene, die sich in homologen Chromosomen (s. S. 24) am gleichen Ort befinden. Ihre Nukleotidfolge kann gleich oder unterschiedlich sein. Viele individuellen Besonderheiten eines Organismus sind in der Regel bei seinen Nachkommen wiederzufinden. In der Erbinformation selbst sind Variationen möglich. In einem Gen können zum Beispiel durch eine selten auftretende Abweichung einzelne oder mehrere Nukleotide durch andere ersetzt werden. Da ein Gen oft 1000 und mehr Nukleotide enthält, sind im allgemeinen sehr viele verschiedene Änderungen möglich, die als unterschiedliche Allele in Erscheinung treten.



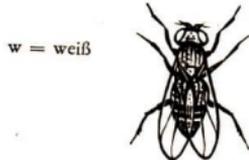
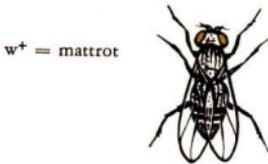
Eine solche Änderung der Erbinformation, auch wenn sie im Vergleich zur gesamten Erbinformation einer Art oft sehr geringfügig ist, wird weitervererbt. Damit vergrößert sich die Mannigfaltigkeit der innerhalb einer Art vorhandenen Allele. Ist aber ein Gen verändert, so kann auch das von ihm verschlüsselte Eiweiß irgendeine spezielle Besonderheit besitzen und in dieser oder jener Weise die Erscheinungsform des Organismus beeinflussen. So blüht beispielsweise eine Form des Garten-Löwenmauls weiß, eine andere rot, weil bei beiden ein bestimmtes Gen für die Bildung des Blütenfarbstoffs in einem unterschiedlichen Allel vorliegt. Die Farbenblindheit beim Menschen ist an ein bestimmtes Allel innerhalb eines bestimmten Chromosoms gebunden, die eine Lungenentzündung verursachenden Bakterien lassen sich nicht mehr durch ein spezifisches Arzneimittel bekämpfen, wenn sie durch die Änderung der Erbinformation bestimmter Gene widerstandsfähig gegen dieses Arzneimittel geworden sind. Die Zuordnung bestimmter Merkmale eines Organismus zu einzelnen Genen bzw. Allelen ist aber nicht immer einfach: Sehr oft sind mehrere verschiedene Gene beziehungsweise Allele für die Ausbildung eines einzigen Merkmals verantwortlich.

7



Abschnitt des „X“-Chromosoms der Taufliege *Drosophila* (schematisiert)

Verschiedene Allele des Gens „w“ von der Taufliege *Drosophila*



- w^i = elfenbeinfarbig
- w^{ch} = kirschrot
- w^a = aprikosenfarbig
- w^{bf} = ledergelb
- w^t = schattiert

- w^e = cosinfarbig
- w^b = blutrot
- w^h = honiggelb
- w^w = korallenrot
- w^p = perlgrau

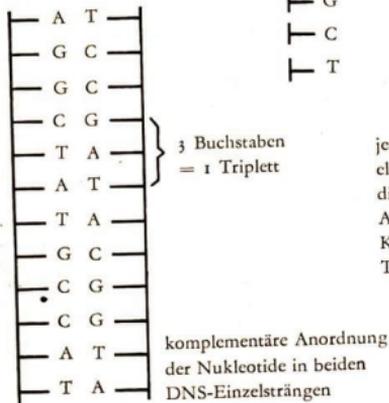
Beispiele für Allele, die bei *Drosophila* die Augenfarbe bestimmen



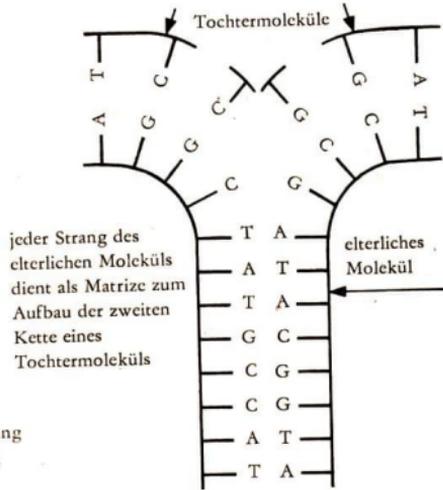
Speicherung der Erbinformation

Der genetische Code hat vier Buchstaben

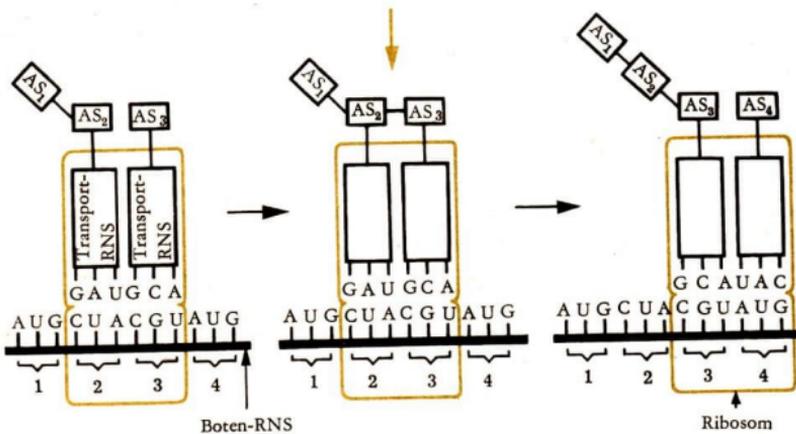
in RNS steht U anstelle von T



Verdoppelung der Erbinformation



Realisierung der Erbinformation





* So wird beispielsweise die Ausbildung der Augenfarbe bei der Taufliege *Drosophila* nicht nur von einem Allel des Gens „w“ (Abb. S. 14), sondern noch von mindestens 12 weiteren Allelen beeinflusst. *

Außerdem sind auch Umweltfaktoren maßgeblich an der Ausprägung der Merkmale beteiligt (s. S. 44).

Die Erbinformation ist in der DNS durch Nukleotid-Triplets verschlüsselt. Einzelne Nukleotid-Triplets sind die Anweisung für die Auswahl bestimmter Aminosäuren beim Enzymaufbau.

Die Reihenfolge der Triplets in der DNS bestimmt die Reihenfolge der Aminosäuren in den Polypeptiden.

Ein Abschnitt der DNS, der die Information für den Aufbau eines Enzyms enthält, wird als Gen bezeichnet.

Gene können verschiedene Zustandsformen (Allele) annehmen. Unterschiedliche Allele eines Gens führen oft zu Merkmalsunterschieden.

Weitergabe der Erbinformation

Ein Individuum „erbt“ seine genetische Information von seinen Eltern. Sie ist in der DNS der väterlichen und mütterlichen Geschlechtszellen verschlüsselt. Durch Teilung der befruchteten Eizelle entstehen zwei, vier, acht und schließlich Milliarden von Zellen. Im Verlaufe des Lebens werden im Körper ständig neue Zellen gebildet; so erfolgt das Wachstum, alte, verbrauchte Zellen werden ersetzt, Keimzellen werden gebildet. Bei jeder Zellteilung wird auch die Erbinformation weitergegeben.

Die Erbinformation befindet sich in Gestalt der Gene vorwiegend in den Zellkernen. Jede der neu entstehenden Zellen muß in ihrem Kern genau dieselbe Erbinformation besitzen wie die Zelle, aus der sie entstanden ist. Die DNS als Träger der Erbinformation muß daher jedesmal originalgetreu verdoppelt werden.

Verdopplung der DNS. Die originalgetreue Verdopplung (identische Reduplikation) des genetischen Materials geschieht auf folgende Weise:

Die DNS enthält die genetische Information in doppelter Ausfertigung. Sie kann sich in der Längsachse teilen, indem sich die spezifischen Bindungen zwischen den jeweils gegenüberliegenden Nukleotiden (zwischen A und T bzw. G und C) lösen (s. Tafel 7). Zur Verdopplung der DNS wird dann jeder der beiden Einzelstränge wieder zu einem Doppelstrang ergänzt (Abb. S. 15). Das geschieht, indem der eine Strang als Matrize für die Synthese eines neuen komplementären Stranges und der andere Strang ebenfalls als Matrize für die Synthese eines neuen Stranges dient. Dabei garantiert die Spezifität der Bindung zwischen den gegenüberliegenden Nukleotiden, daß die beiden neuen Stränge tatsächlich den jeweils durch sie ersetzten Strängen iden-



tisch sind (Abb. S. 15 und Tafel 7).

In der Zelle müssen allerdings die zum Aufbau der Nukleotide notwendigen Grundbausteine und energiereiche Verbindungen als Energielieferanten vorhanden sein. Die Verdopplung der DNS ist weiterhin an das Vorhandensein von spezifischen Enzymen gebunden.

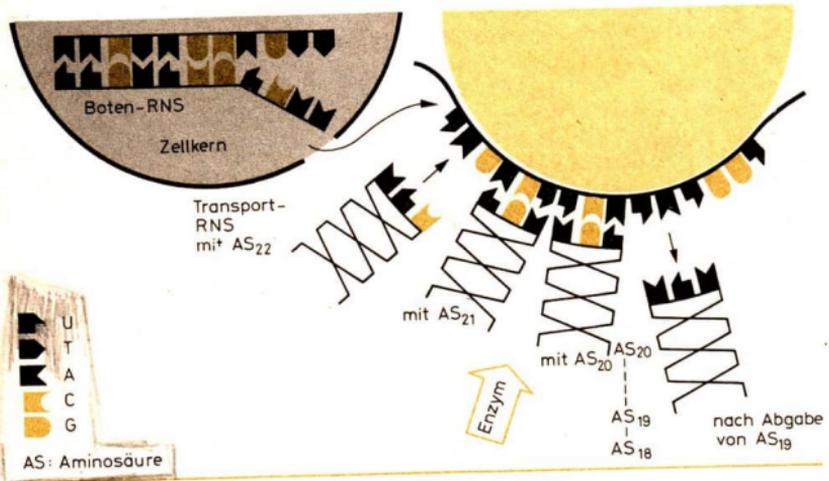
Auf diese Weise entstehen aus einem DNS-Molekül zwei identische Tochter-DNS-Moleküle, die bei der Zellteilung an die beiden Tochterzellen weitergegeben werden.

B

Die DNS besitzt die Fähigkeit zur originalgetreuen Verdopplung (identischen Reduplikation), indem an ihren beiden Einzelsträngen jeweils neue komplementäre Einzelstränge polymerisiert werden. Die entstehenden DNS-Tochter-Moleküle werden bei der Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben.

Realisierung der Erbinformation

Der Stoffwechsel einer Zelle erfolgt überwiegend im Zellplasma. Die Enzyme wirken also vor allem im Plasma. Sie werden im Plasma an der Oberfläche sehr kleiner Zellorganellen, den Ribosomen, synthetisiert. An den Ribosomen findet die Ei-



Realisierung der Erbinformation



weißsynthese statt. Die Erbinformation ist in den Chromosomen lokalisiert. Die Information über die artspezifische Eiweißsynthese wird *innerhalb einer* lebenden Zelle von den Chromosomen bis zu den im Plasma befindlichen Ribosomen übermittelt. Im Zellkern wird neben den für die Tochterzellen bestimmten vollständigen DNS-Kopien noch eine andere Sorte von Nukleinsäure-Kopien erzeugt (Ribonukleinsäure, RNS), die als „Botschafter“ den Ribosomen genetische Informationen überbringen.

* Diese Kopien werden an Einzelsträngen der DNS aufgebaut. Sie unterscheiden sich in mehrfacher Weise von ihrer DNS-Matrize:

Sie sind kürzer als diese, praktisch nur ein Gen (oder einige wenige, miteinander in Beziehung stehende Gene) lang, sie bleiben einsträngig. *

Die Nukleotide der RNS enthalten als Zucker Ribose. Außerdem ist im Vergleich zur DNS die Nukleotidbase T (Thymin) jeweils durch die Nukleotidbase U (Urazil) ersetzt. Die RNS-Moleküle wandern einzeln als „Boten“ (Boten-RNS) aus dem Zellkern zu den Ribosomen und lagern sich an diese an (Abb. S. 17).

Von einer weiteren an der DNS-Matrize gebildeten Form der RNS werden gleichzeitig die Aminosäuren für die Eiweißsynthese zu den Ribosomen transportiert (Transport-RNS).

9

Eiweißsynthese

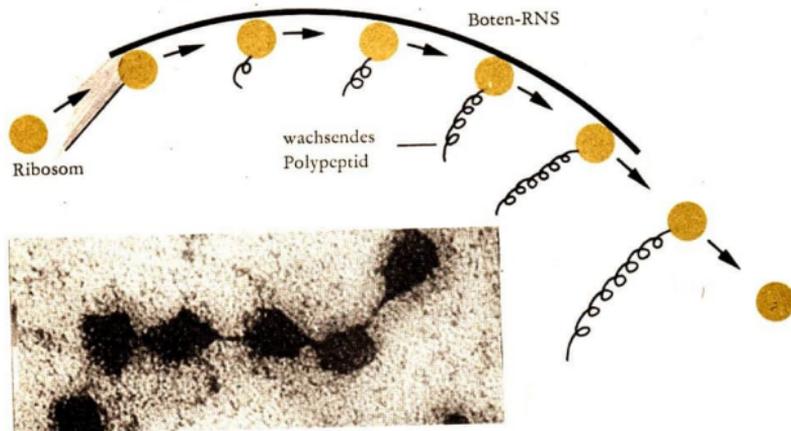
Jede Aminosäure hat ihre eigene Transport-RNS. Diese lagert sich an dasjenige Nukleotid-Triplett in der Boten-RNS an, das die entsprechende Aminosäure verschlüsselt. Einzelne Ribosomen bewegen sich am Boten-RNS-Molekül entlang und ermöglichen, entsprechend der in Nukleotid-Triplets verschlüsselten Erbinformation, die Verknüpfung der nacheinander herangeführten Aminosäuren zum Polypeptid (Abb. S. 15).

Oft bewegen sich viele Ribosomen hintereinander an einem Boten-RNS-Molekül entlang, wobei an jedem von ihnen eine gleiche Polypeptidkette synthetisiert wird (Abb. S. 19). Nach der Bildung eines Polypeptids lösen sich die Ribosomen von der Boten-RNS und stehen für weitere Eiweißsynthesen zur Verfügung.

* Durch komplizierte Regulations- und Kontrollmechanismen in der lebenden Zelle wird die Bildung entsprechender Eiweiße dann ausgelöst, wenn es für den Stoffwechsel erforderlich ist. So kann bereits die Bildung der Boten-RNS an der DNS-Matrize oder auch die Eiweißsynthese an den Ribosomen reguliert werden. *

An DNS-Einzelsträngen wird Boten-RNS synthetisiert. Boten-RNS-Moleküle übermitteln abschnittsweise die Erbinformationen von der DNS zu den Ribosomen.

An den Ribosomen erfolgt die Eiweißsynthese. Entsprechend der Erbinformation werden einzelne Aminosäuren zu Polypeptiden aneinandergereiht.



Mehrere Ribosomen an einem gemeinsamen Boten-RNS-Molekül (oben: schematische Darstellung, unten: elektronenmikroskopische Aufnahme)

Viren als Untersuchungsobjekte der Genetik

Viele Erkenntnisse über die Lokalisierung und die gemeinsame Wirkung bestimmter Gene wurden an Organismen erforscht, die im Mikroskop in vielen Einzelheiten erkennbare und besonders große Chromosomen (sogenannte Riesenchromosomen) besitzen (z. B. Taufliege *Drosophila*, s. S. 23). Die Erforschung der *molekularen Grundlagen der Vererbung* begann im Gegensatz dazu an den sehr kleinen Viren, die noch immer ein unentbehrliches genetisches Untersuchungsobjekt darstellen.

Eigenschaften der Viren

Viren sind winzige Partikel, die aus Eiweiß und Nukleinsäure bestehen; Partikel einer bestimmten Virusgruppe haben gleiche Gestalt und Größe. Viren sind im allgemeinen sehr regelmäßig und verhältnismäßig einfach gebaut. Die Gestalt eines Virus ist meist kugelförmig, fadenförmig oder stäbchenförmig. Manche Bakterienviren (Bakteriophagen) bestehen aus einem Kopf und einem mehr oder weniger langen Schwanz (s. Tafel 2). Die Größe der Viren schwankt zwischen über zehn und einigen hundert Nanometern. Einige Viren enthalten DNS, andere stattdessen RNS. Die in diesem Zusammenhang wichtigste Eigenschaft der Viren ist, daß die



Virus-Nukleinsäure virusspezifische Erbinformationen enthält. Die Eiweiße verleihen dem Virus seine charakteristische Gestalt. Die Nukleinsäure ist in eine Eiweißkapsel eingebaut, die oft noch von einer weiteren Hülle umgeben ist. Die Viren vermehren sich parasitisch in Zellen von Organismen. Außerhalb dieser Wirtszellen können die Viruspartikel zwar über sehr lange Zeit erhalten bleiben, jedoch keinen eigenen Stoffwechsel vollziehen. Wenn ein Virus in die lebende Zelle eines Wirtorganismus eindringt, nutzt es den darin vorhandenen Stoff- und Energiewechsel. Der Zellstoffwechsel wird auf die Virusvermehrung umgestellt. Durch die in der Virus-Nukleinsäure verschlüsselten Anweisungen werden mit Hilfe der Baustoffe und einiger Enzyme der Zelle neue Virus-Nukleinsäure und Virus-Eiweiße erzeugt, die schließlich zu zahlreichen Virus-Nachkommen zusammengefügt werden. In vielen Fällen werden dadurch die infizierten Zellen geschädigt oder zerstört. Die Viren können freigesetzt werden und ihrerseits neue Zellen infizieren.

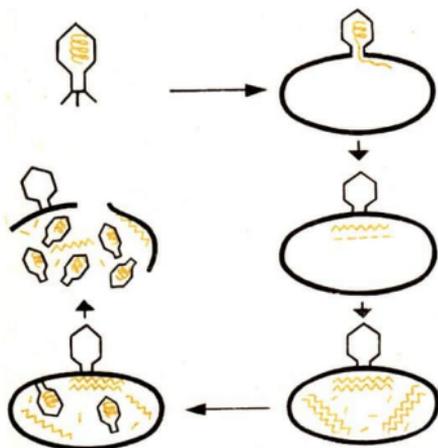
Jede Virusgruppe ist im allgemeinen auf ganz bestimmte Wirtszellen spezialisiert. Je nach den Wirtsorganismen unterscheidet man Viren, die Menschen, Tiere, Pflanzen oder Bakterien befallen.

* *Viren als Krankheitserreger.* Bei allen Lebewesen können Viren Krankheiten verursachen. Beim Menschen werden Kinderlähmung, Masern, Grippe, Pocken und andere Krankheiten durch bestimmte Virusinfektionen hervorgerufen. Einige Viren sind durch die Störung des Zellstoffwechsels maßgeblich an der Entstehung von Krebs beteiligt. In der Landwirtschaft können Viren große Schäden verursachen. So sind die Erreger der Maul- und Klauenseuche und der Geflügelpest Viren. Kartoffeln, Tabak und viele andere Kulturpflanzen können von bestimmten Viren befallen und geschädigt werden. *

Daß die Viren für genetische und biochemische Untersuchungen herangezogen werden, hat neben ihrer medizinisch-praktischen Bedeutung vor allem folgende Gründe: Einerseits besitzen sie erbliche Merkmale und damit eine Grundeigenschaft alles Lebenden und vermehren sich zudem sehr stark und mit einer schnellen Generationsfolge. Andererseits sind sie durch ihren relativ einfachen Aufbau und ihre Fähigkeit, auch einen längeren Aufenthalt außerhalb der Wirtszellen zu überdauern, einer Untersuchung leicht zugänglich.

Bakteriophagen

Um Viren untersuchen zu können, muß man sie zunächst stark vermehren. Da die Viren keine selbstvermehrungsfähigen Organismen sind, gilt es zunächst, lebende Zellen zu züchten und diese dann durch eine Infektion zur Virusproduktion zu veranlassen. Man infiziert beispielsweise Tabakpflanzen mit dem Tabakmosaikvirus und gewinnt schließlich eine große Virusmenge aus dem Preßsaft der Pflanzen. Bei tierischen Viren ist das Verfahren schwieriger und vor allem teurer. Den Bakterienviren, die auch Bakteriophagen oder Phagen genannt werden, dienen Bakterien als Wirtsorganismen. Bakterien lassen sich sehr leicht kultivieren. Beimpft man eine



T4-Phagen an der Zellwand von *E. coli* und Zerstörung der Bakterienzelle (elektronenmikroskopische Aufnahme; rechts), Vermehrung eines Bakteriophagen in einem Bakterium (schematisch; links)

kleine Menge eines geeigneten Nährmediums, das den Bedürfnissen des Bakteriums entspricht, mit einer geringen Anzahl von Bakterien, so entstehen durch Zellteilung innerhalb weniger Stunden Milliarden von Bakterien.

Wachstum der Bakteriophagen. Die Phagen heften sich mit ihrem Schwanz an bestimmte Stellen der Bakterienzellwand. Die im Phagenkopf befindliche Nukleinsäure – und nur diese – wird in das Innere des Bakteriums „injiziert“ (Abb. S. 21). Die leeren Phagenhüllen verbleiben außen an der Bakterienzellwand. In der infizierten Wirtszelle werden innerhalb weniger Minuten neue Phagen-Nukleinsäure und Phagen-Eiweiß gebildet, die zu neuen Phagenpartikeln zusammentreten, bis die Zelle schließlich platzt und dabei viele Phagennachkommen (je nach Phagenart etwa 10 bis 2000) freisetzt (Abb. S. 21).

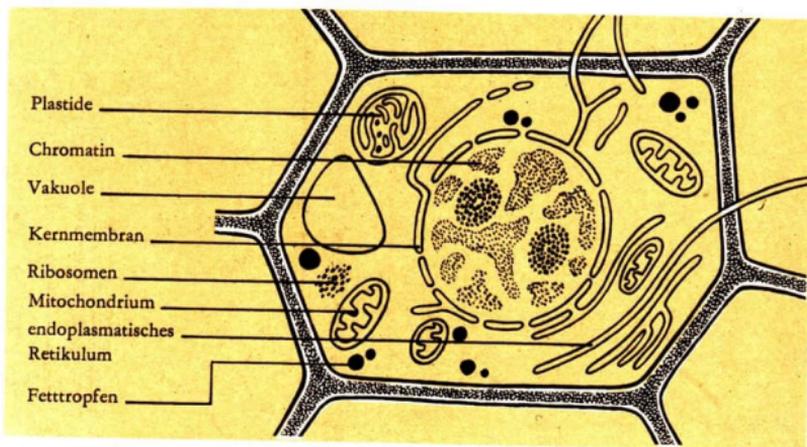
11

Viren sind aus Nukleinsäure und Eiweiß aufgebaut. Sie entfalten nur innerhalb der von ihnen befallenen Zellen eine biologische Aktivität. Dabei wird der Stoffwechsel der Wirtszellen von Virusgenen gesteuert.



Verteilung der Erbanlagen

Zellteilung



12 Schematische Darstellung einer Pflanzenzelle

Die Zellen sind die lebenden Bausteine eines Organismus, in denen alle für seine Erhaltung und Entwicklung notwendigen Reaktionen ablaufen (Abb. S. 22).

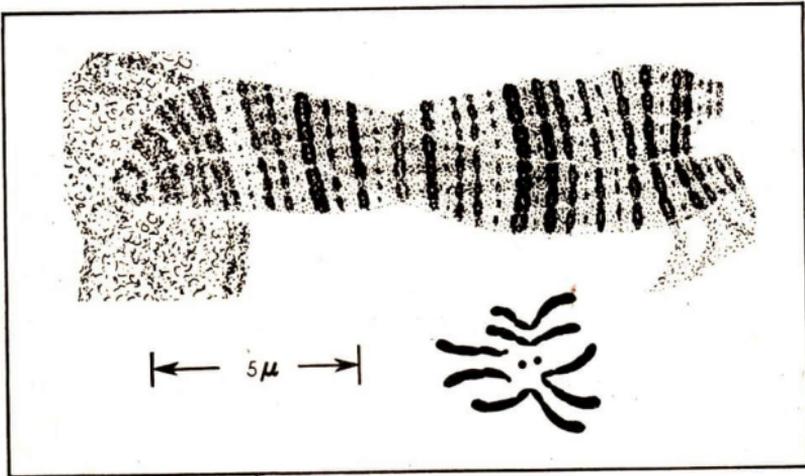
Die Erbanlagen befinden sich innerhalb des Zellkerns in den Chromosomen. Neben den chromosomalen Genen enthalten auch bestimmte plasmatische Strukturen (z. B. Plastiden) DNS und sind Träger „plasmatischer Gene“. Zellen werden niemals neu gebildet, neue Zellen entstehen durch die Teilung der Mutterzelle. Die Weitergabe des gesamten (chromosomalen) Genbestandes bei der Zellvermehrung wird durch die Wirkung von *Verteilungsmechanismen* bei der Kern- und Zellteilung gesteuert.

Chromosomen als wichtigste Bestandteile des Zellkerns

Mit dem Mikroskop ist in den mit bestimmten Farbstoffen behandelten Zellen eines Organismus ein stark angefärbter Bestandteil des Zellkerns zu erkennen. Es handelt



sich um ein feines Geflecht, das Chromatin. Während der Kernteilung, die jeder Zellteilung vorausgeht, formt sich das Chromatin zu fadenförmigen Strukturen ganz bestimmter Anzahl und Gestalt, den Chromosomen.



Chromosomen der Taufliege

Aufbau und Funktion der Chromosomen. Jedes Chromosom besteht aus zwei Halbchromosomen, die locker zusammenhängen, aber an einer Einschnürungsstelle, der Zentromerregion, fest miteinander verbunden sind (Abb. S. 23). In der Zeit zwischen zwei Kernteilungen sind die Chromosomen im allgemeinen nicht als selbständige Gebilde sichtbar. In dieser Zeit entfalten die Zellen ihre größte Stoffwechselaktivität. Insbesondere findet die Verdopplung der DNS sowie die Abgabe und Realisierung der Erbinformation statt.

★ Die Chromosomen bestehen in der Hauptsache aus den zwei chemischen Komponenten DNS und Eiweiß. In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts wiesen T. H. MORGAN und seine Mitarbeiter nach, daß die Gene in einer linearen Reihe auf den einzelnen Chromosomen angeordnet sind. Diese Untersuchungen erfolgten zuerst an der Taufliege *Drosophila*. Sie besitzt in manchen Zellen „Riesenchromosomen“, die mehrere hundertmal so lang wie normale Chromosomen und auch dicker sind (Abb. S. 23). Später wurden solche Untersuchungen auch an anderen Objekten vorgenommen. Es ist heute allerdings erst wenig darüber bekannt, wie die DNS als Ganzes in den Chromosomen angeordnet und in Kombination mit Nukleoproteinen zur Chromosomenstruktur zusammengefügt ist. ★

Chromosomensatz. Die Gesamtheit der Chromosomen einer Zelle bildet den Chromosomensatz. Jedes Chromosom eines solchen Satzes weist eine ganz bestimmte



Länge und eine charakteristische Form auf. Höher entwickelte Organismen enthalten im allgemeinen zwei Chromosomensätze in ihren Körperzellen, sie sind „diploid“. (Es gibt auch Organismen, die vier, sechs oder noch mehr Chromosomensätze in jeder Körperzelle haben.) Jeweils zwei Chromosomen diploider Zellen gleichen sich in Größe und Form, sie sind *homolog*.

Beispiel für Chromosomenzahlen			
pflanzliche Lebewesen	Chromosomenzahlen	tierische Lebewesen	Chromosomenzahlen
Roggen	14	Regenwurm	32
Weizen	42	Taufliege	8
Gerste	14	Karpfen	104
Hafer	42	Schwein	40
Mais	20	Rind	60
Kartoffeln	48	Pferd	66
		Mensch	46

Eine Ausnahme bilden diejenigen Chromosomen, die das Geschlecht des Organismus festlegen, die Geschlechtschromosomen. Sie weisen beispielsweise bei Wirbeltieren im männlichen Geschlecht verschiedene Größe und Form auf und werden als X- und Y-Chromosomen bezeichnet. Im weiblichen Geschlecht sind zwei X-Chromosomen vorhanden. Von den beiden homologen Chromosomen eines jeden Chromosomenpaares stammt je eines von der mütterlichen und eines von der väterlichen Geschlechtszelle. In der Tabelle auf Seite 24 sind die Chromosomenzahlen verschiedener Organismen angegeben. Daraus ist zu schließen, daß die Chromosomenzahl keine Beziehung zur Entwicklungshöhe einer Art haben kann. Der Mensch besitzt 22 Chromosomenpaare, die bei Mann und Frau gleich sind und daneben ein Paar Geschlechtschromosomen.

Mitose

Die Verdopplung der Erbanlagen einer lebenden Zelle geschieht durch die Verdopplung der DNS. Die richtige *Verteilung* der Erbanlagen auf die Tochterzellen wird durch die einfache Kernteilung oder *Mitose* gewährleistet. Während der Mitose vollziehen die Chromosomen einen ständigen Formwechsel, der in verschiedenen Phasen eingeteilt werden kann. Dieser Prozeß läuft unter maßgeblicher Beteiligung der im Plasma befindlichen Zentralkörperchen (Zentrosomen) ab (Abb. S. 26).



Verlauf der Mitose. Die Mitose beginnt mit einer zunehmenden Strukturierung des Chromatingerüsts. Die Chromosomen treten als langgestreckte Gebilde hervor, die sich durch zunehmende Spiralisierung verkürzen. Dabei vergrößert sich ihr Durchmesser, es tritt eine Längsspaltung in je zwei Halbchromosomen auf. Während dieser Vorgänge teilt sich das *Zentrosom* in zwei Tochterzentrosomen, die zu den entgegengesetzten Polen in der Zelle wandern. Gleichzeitig löst sich die Kernmembran in kleinere Membranabschnitte auf. Zwischen den Zentrosomen kommt es zur Ausbildung von Fasern, die sich zu einem spindelförmigen Gebilde, dem *Spindelapparat*, vereinigen. Schließlich ordnen sich die Chromosomen in der Mittelebene der Zelle an (Abb. S. 28). Unter der Wirkung der Spindelfasern wird je ein Halbchromosom zu den Polen der Zelle gezogen. Dort entspiralisieren sich die Halbchromosomen – die Tochterchromosomen – wieder, es bildet sich eine neue Kernmembran und wieder ein Chromatingerüst.

Mit der Teilung des Zellkerns ist in der Regel eine Durchschnürung des gesamten Zellkörpers verbunden. Zwischen beiden Tochterkernen bildet sich im Zellplasma im Bereich der Mittelebene eine Membran, die beide Kerne voneinander trennt. Es haben sich zwei neue Zellen mit gleicher Chromosomenzahl und gleichen Genen in den Chromosomen gebildet. In einer bestimmten Periode während der Zeit bis zur nächsten Zellteilung wird die DNS in den Chromosomen verdoppelt. Die richtige Weitergabe der Erbinformation an die Tochterzellen ist durch die Längsteilung der Chromosomen und die Verteilung der Halbchromosomen auf die Pole möglich.

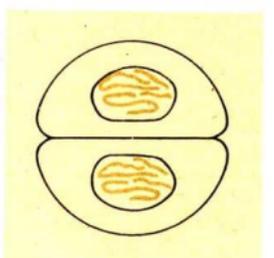
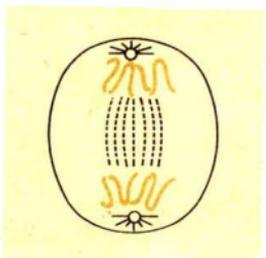
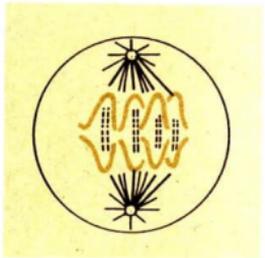
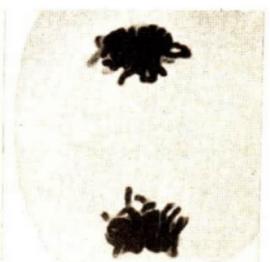
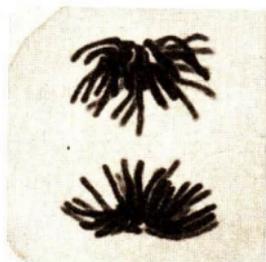
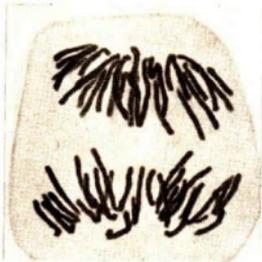
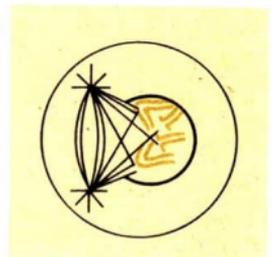
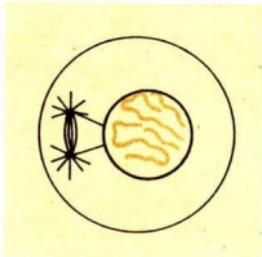
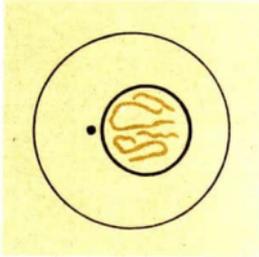
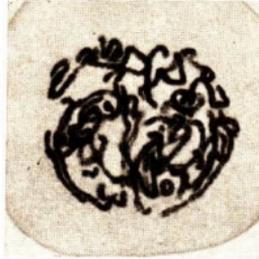
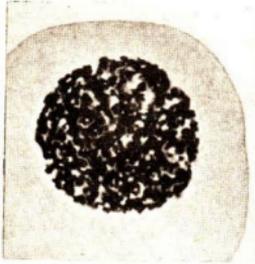
Meiose

Bei Organismen mit geschlechtlicher Fortpflanzung entsteht ein neues Individuum durch Verschmelzung zweier verschiedener Keimzellen. Die männliche Keimzelle dringt dabei in die weibliche Keimzelle ein. Bei der Befruchtung werden männliches und weibliches Erbmaterial zusammengeführt. Durch fortwährende Mitosen und Differenzierung der neugebildeten Zellen entsprechend ihren jeweiligen organspezifischen Funktionen geht schließlich aus einer befruchteten Eizelle der neue Organismus hervor.

Reduzierung der Chromosomenzahl. Bei der Befruchtung bleiben die homologen Chromosomen beider Eltern unverändert nebeneinander bestehen. Damit besitzt die befruchtete Eizelle doppelt so viele Chromosomen wie jede der beiden Keimzellen. Bei der Entwicklung der Keimzellen erfolgt durch die Reduktionsteilung oder *Meiose* eine Verminderung der Chromosomenzahl. Die Körperzellen eines Organismus sind in der Regel diploid, sie enthalten zwei Chromosomensätze. Die aus der Meiose hervorgehenden Keimzellen erhalten dagegen von jedem homologen Chromosomenpaar nur ein Chromosom. Sie enthalten nur einen Chromosomensatz und sind haploid. Nach der Befruchtung sind jeweils wieder zwei homologe Chromosomen vorhanden, eines vom Vater, das andere von der Mutter. Die befruchtete Eizelle besitzt damit wieder Chromosomenpaare.

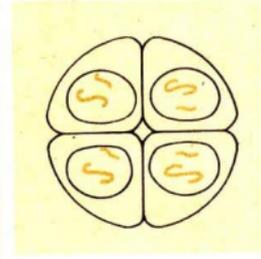
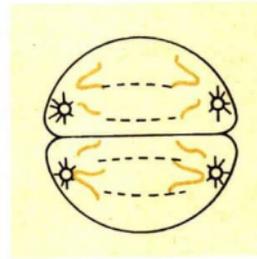
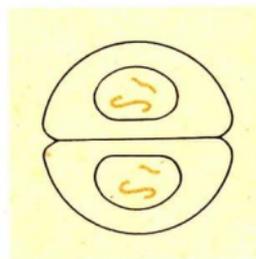
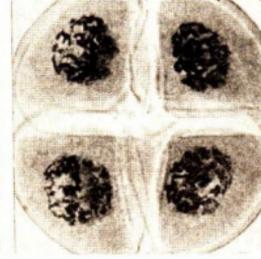
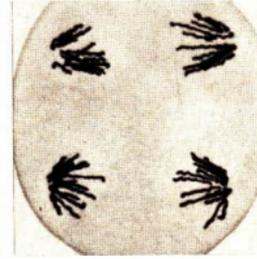
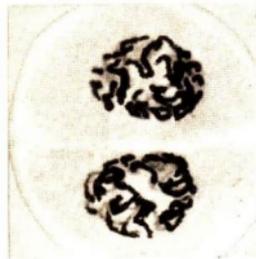
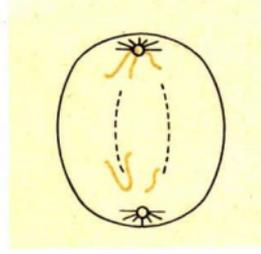
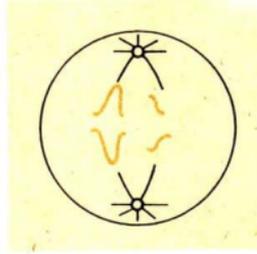
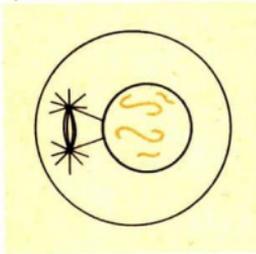
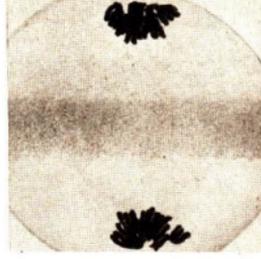
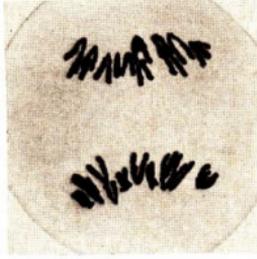
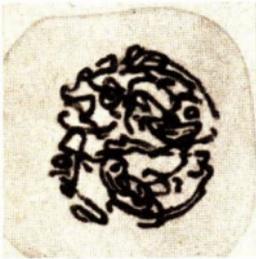


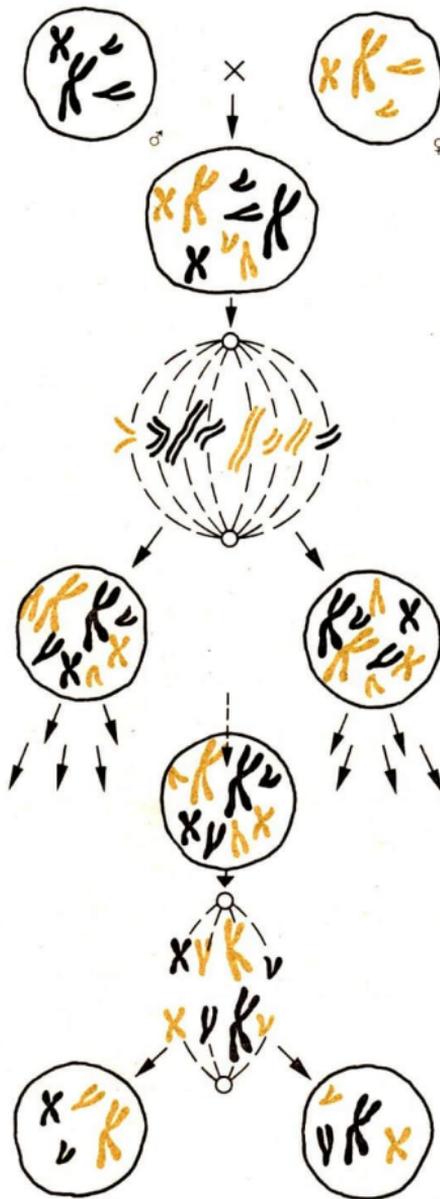
Verschiedene Phasen der Mitose





Verschiedene Phasen der Meiose





Verschmelzung der Keimzellen

befruchtete Eizelle

Mitose

weitere Mitosen und Zeldifferenzierung bis zum geschlechtsreifen Organismus

Keimzellenbildung durch Meiose

Die Meiose beginnt wie die Mitose mit der Bildung feiner Strukturen innerhalb des Kerns, die sich allmählich zu Chromosomen verdichten. Bei der Meiose kommt es dabei zur *Paarung jeweils zweier homologer Chromosomen*, wobei sich die Paare in der Äquatorialebene anordnen. Die beiden Halbchromosomen jedes Chromosoms werden nicht getrennt. Durch die Wirkung des Spindelapparates werden die ganzen Chromosomen zu den entgegengesetzten Polen der Zelle gezogen. Dabei werden die homologen Chromosomen der Chromosomenpaare voneinander getrennt. Jedem der entstehenden Tochterkerne der Keimzellen fällt damit die Hälfte der Chromosomen des Kerns der Mutterzelle zu (Abb. S. 27).

★ *Neukombination von Erbanlagen.* Neben der Reduzierung von zwei Chromosomensätzen auf einen hat die Meiose noch eine andere wichtige Bedeutung für die geschlechtliche Fortpflanzung. Sie führt zur Neukombination von Erbmaterial (Abb. S. 28). Die beiden Keimzellen vom Vater und von der Mutter enthalten – abgesehen von den Geschlechtschromosomen – zwar homologe Chromosomen; aber die Homologie ist nicht vollständig, denn Vater und Mutter besitzen im allgemeinen viele Gene als unterschiedliche Allele. Das Erbgut der Eltern wird nun wie folgt vermischt: Erstens ist der Chromosomensatz in den vom Organismus erzeugten und für die Nachkommenschaft bereitstehenden Keimzellen eine Kombination väterlicher und mütterlicher Chromosomen. Diese Kombination ist rein zufällig und hängt davon ab, welche väterlichen und welche mütterlichen Chromosomen während der Meiose zu einem bestimmten Pol gezogen wurden. Zweitens kann in der Meiose zwischen den gepaarten väterlichen und mütterlichen homologen Chromosomen eine „Rekombination“ stattfinden, indem sie sich überkreuzen und genetisches Material austauschen. Auf diese Weise führt die geschlechtliche Fortpflanzung zur Vermischung verschiedener Allele und damit zu einer Erhöhung der Mannigfaltigkeit individueller Unterschiede. ★

Während der Zellteilung treten im Zellkern deutliche Strukturen auf, die Chromosomen. Anzahl und Form der Chromosomen sind artspezifisch. Die Körperzellen der höher entwickelten Organismen enthalten in der Regel zwei Chromosomensätze, sie sind diploid.

Die Mitose ist die Kernteilung, die der Zellteilung vorausgeht. Während der Mitose werden die Chromosomen gespalten und identische Halbchromosomen auf die Tochterzellen verteilt. Damit erhält jede neue Zelle die gleiche Anzahl Chromosomen wie die Mutterzelle und damit die gleichen Erbanlagen. Keimzellen entstehen durch meiotische Kernteilung.

Während der Meiose wird die Chromosomenzahl der Zellen auf die Hälfte reduziert. Dabei werden Chromosomenpaare getrennt und die homologen Chromosomen auf die entstehenden Keimzellen verteilt. Die Keimzellen sind haploid.



Die Mendelschen Vererbungsgesetze

Gregor Mendel als Begründer der Genetik

★ Über das Wesen der Vererbung gibt es seit dem Altertum verschiedene Hypothesen. Als selbständige Wissenschaft entstand die Genetik etwa um die Jahrhundertwende.

Entwicklung der Zellforschung. Durch technische Verbesserungen des Mikroskops wurde eine immer intensivere Untersuchung der Zelle möglich. Von verschiedenen Zellforschern wurden nach und nach die Zellstrukturen und die Prozesse der Zellteilung, der Bildung von Keimzellen und der Befruchtung erkannt. Bereits 1828 entdeckte der englische Botaniker Robert BROWN die nach ihm benannte Brownsche Bewegung in der Zelle und kurze Zeit darauf den Zellkern. T. SCHWANN und M. J. SCHLEIDEN erkannten, daß die Zellen die Grundeinheiten sind, aus denen sich ein Organismus zusammensetzt. SCHWANN wurde zum Begründer einer allgemeinen Zellenlehre (1839). Um 1875 wurde die Kernteilung entdeckt und der Befruchtungsprozeß in seinen wesentlichen Vorgängen aufgeklärt. Kurze Zeit darauf wurden in der Mitte der Kernspindel liegende Fäden erkannt, die später Chromosomen genannt wurden. In den darauffolgenden Jahren begann die Erforschung der Chromosomen. Im Jahre 1865 legte der Augustinermönch Johann Gregor MENDEL dem Naturforschenden Verein in Brünn (jetzt Brno, ČSSR) seine berühmte Arbeit „Versuche über Pflanzenhybriden“ vor. Darin lieferte er erste exakte Grundlagen für die Vererbungslehre. Die Wissenschaft brauchte allerdings 35 Jahre, um die Bedeutung dieser Arbeit zu erkennen. ★

Leben und wissenschaftliche Leistung Mendels. Johann Gregor MENDEL (Abb. S. 30) wurde 1822 als Sohn eines Landwirtes im damaligen Hinzendorf (Mähren) geboren. Er besuchte die Schule bis zur Erreichung der Hochschulreife, nebenbei mußte er sich Geld für seinen Lebensunterhalt und für die Begleichung der Studienkosten verdienen. Da ihm für ein Studium an einer Universität die Mittel fehlten, trat er 1843 in ein Kloster in Brünn ein, um Geistlicher zu werden. Später studierte



James D. Watson
(geb. 1928)



Francis H. C. Crick
(geb. 1916)



Gregor Mendel
(1822 bis 1884)



er Naturwissenschaften und war anschließend Lehrer für Naturwissenschaften in einer Realschule in Brünn. Zwischen 1854 und 1864 führte er in seiner Freizeit im Klostergarten Kreuzungsversuche mit Pflanzen, insbesondere mit Erbsenpflanzen durch. Sie bildeten die Grundlage seines Vortrages vor dem Naturforschenden Verein in Brünn. MENDEL starb 1884. Bereits vor MENDEL hatten verschiedene Forscher Kreuzungen mit Pflanzen vorgenommen. Sie benutzten solche Exemplare, die sich in vielen Einzelheiten voneinander unterschieden. Die Resultate waren so verwirrend, daß eine Erklärung unmöglich wurde. MENDEL ging davon aus, daß nur die Untersuchung einzelner Probleme zu Erfolgen führen kann. Darum führte er zwischen solchen Erbsenrassen Kreuzungen durch, die sich durch ein einziges oder wenige, klar abgrenzbare Merkmale (z. B. Gestalt der Samen, Blütenfarbe) voneinander unterschieden. Auf diese Weise konnte er die Nachkommenschaft einer Kreuzung im Hinblick auf das jeweilige Merkmal eindeutig klassifizieren und genau zählen, wie viele Pflanzen jeweils zu einer Rasse und wie viele zur anderen gehörten. Mendels Kreuzungsexperimente waren auch deshalb bahnbrechend, weil er als erster seine Versuche mathematisch auswertete. Dabei fand er Gesetzmäßigkeiten in der statistischen Verteilung einzelner Merkmale, die später als Mendelsche Gesetze bezeichnet wurden. Die materielle Grundlage der Vererbung sah MENDEL in bestimmten „Erbfaktoren“ (Erbanlagen), die nach seiner Meinung in den Keimzellen einzeln enthalten sind, sich bei Befruchtung zu Paaren zusammenschließen und sich wieder aufteilen, wenn die nächste Generation Keimzellen bildet. Mit seiner Vererbungstheorie war er allem, was man in seiner Zeit über Zellstruktur und Befruchtung wußte, weit voraus. (Erst 10 Jahre später wurden die Vorgänge bei der Kernteilung und Befruchtung bekannt.) Mendels Entdeckungen fanden bei den zeitgenössischen Wissenschaftlern zunächst keine Beachtung. Erst lange nach seinem Tode wurden die Mendelschen Gesetze im Jahre 1900 gleich von drei verschiedenen Wissenschaftlern (C. CORRENS, E. v. TSCHERMAK, H. de VRIES) unabhängig voneinander wiederentdeckt, und bald darauf Mendels „Erbfaktoren“ mit den inzwischen entdeckten und zytologisch untersuchten Chromosomen in Verbindung gebracht. Heute ist bekannt, daß die Chromosomen noch nicht die eigentlichen „Erbfaktoren“ darstellen. Sie sind vielmehr ihrerseits Träger sehr vieler solcher „Erbfaktoren“. Diese Träger der Erbanlagen erhielten im Jahre 1903 durch W. JOHANNSEN den Namen „Gene“.

14

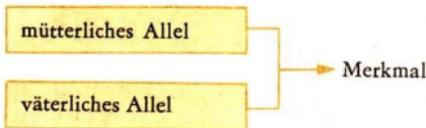
15

Johann Gregor MENDEL legte den Grundstein für die moderne Genetik. Er erkannte, daß bei der Erforschung der Vererbung weniger die Organismen als Ganzes als vielmehr einzelne ihrer Merkmale untersucht werden müssen. Er klassifizierte die Ergebnisse seiner Kreuzungen und wertete sie mathematisch aus. Er entdeckte die später nach ihm benannten Mendelschen Gesetze und zog den Schluß, daß für die Vererbung besondere Erbanlagen (Gene) verantwortlich sein müssen.



Von den Erbanlagen zur Merkmalsausbildung

Reinerbigkeit und Mischerbigkeit. Ein Gen kann in verschiedenen Allelen auftreten. Verschiedene Allele eines bestimmten Gens haben im allgemeinen Unterschiede in dem von diesem Gen kontrollierten äußerlich erkennbaren Merkmal zur Folge. Die Körperzellen eines Organismus sind diploid, jedes Gen ist durch ein väterliches und ein mütterliches Allel vertreten. Sind nun die beiden (auf zwei homologen Chromosomen liegenden) Allele eines bestimmten Gens gleich, dann bezeichnet man den Organismus als „reinerbig“ für dieses Gen. Beide Exemplare dieses Gens besitzen die gleiche Information, dadurch ist die Ausprägung des entsprechenden Merkmals genetisch eindeutig festgelegt. Liegen dagegen verschiedene Allele vor, so bezeichnet man den Organismus in bezug auf das betreffende Gen als „mischerbig“ oder „bastard“. In diesem Fall wirken beide Allele in verschiedener Weise auf die Ausbildung des Merkmals ein:



Merkmalsausbildung bei Mischerbigkeit. Für die Merkmalsausbildung bei Mischerbigkeit gibt es verschiedene Möglichkeiten, die von der Funktion des Eiweißes abhängen, das von dem betreffenden Gen verschlüsselt wird, sowie von seiner Wechselwirkung mit anderen Eiweißen. Manchmal bestimmt nur ein Allel das Merkmal, die Wirkung des anderen Allels wird überdeckt. Bei der Tauffliege *Drosophila* beispielsweise kommt das vor:



Das merkmalbesimmende Allel wird als dominant, das unterlegene Allel als rezessiv bezeichnet. Die Merkmalsausbildung heißt demnach dominant-rezessive Merkmalsausbildung. Allerdings gibt es nur selten eine vollständige Dominanz. Oft liegt das äußere Merkmal etwa in der Mitte zwischen den beiden Merkmalen, die bei entsprechenden reinerbigen Organismen auftreten. Das trifft vor allem auf Merkmale wie Größe, Gewicht oder Farbe zu. Eine solche Erscheinungsform wird als intermediäre Merkmalsausbildung bezeichnet. Ein Beispiel ist das Garten-Löwenmaul:



Allel für rote Blüte

Allel für weiße Blüte

Blüte rosa

Genotyp und Phänotyp. Die bloße Beobachtung eines *Merkmals* bei einem Individuum liefert im allgemeinen noch keine erschöpfende Auskunft über die in dem betreffenden Gen vorhandenen Allele, denn:

Erstens ist die Ausbildung vieler Merkmale jeweils nicht nur von einem Gen (bzw. Gen-Paar), sondern von einer ganzen Reihe verschiedener Gene (bzw. Gen-Paare) und außerdem von den Umweltfaktoren abhängig. Es sollen hier aber nur solche einfachen Merkmale betrachtet werden, die auf die Wirkung *eines* Gens zurückzuführen sind.

Zweitens ist oft nicht zu entscheiden, ob das Individuum in bezug auf dieses Gen reinerbig oder mischerbig ist. Es ist zum Beispiel nicht bekannt, ob das Merkmal „rote Augen“ bei einer *Drosophila* auf zwei Allele für rote Augenfarbe zurückzuführen ist, oder auf ein Allel für rote und ein Allel für weiße Augen.

Drittens kann bei Mischerbigkeit nicht darüber entschieden werden, welches der beiden Allele vom Vater vererbt wurde und welches von der Mutter. Von einigen Ausnahmen abgesehen ist die Merkmalsausbildung unabhängig davon, ob das dominante Allel jeweils auf dem väterlichen oder auf dem mütterlichen Chromosom lokalisiert ist.

Es muß daher bei einem Individuum zwischen seinem äußeren Erscheinungsbild, das heißt der Gesamtheit aller seiner Merkmale, und den für die Ausbildung dieser Merkmale verantwortlichen Erbanlagen streng unterschieden werden. Das Erscheinungsbild wird als *Phänotyp* bezeichnet, die Gesamtheit der in den Chromosomen befindlichen Erbanlagen als *Genotyp*. So kann die Blüte eines Garten-Löwenmauls phänotypisch „rosa“ sein, wenn sie genotypisch mischerbig „rot“ und „weiß“ ist.

Kreuzungen. Mit der von MENDEL benutzten experimentellen Methode kann aber auch eine genauere Auskunft über den jeweiligen Genotyp, das heißt speziell über zwei an der Bildung eines Merkmals beteiligte Allele gewonnen werden. Man geht von *unterschiedlichen Allelen* des betreffenden Gens aus. Die Allele beziehungsweise die jeweiligen homologen Chromosomen trennen sich und vereinigen sich wieder mit ihrgleichen in neuer Kombination. Dabei werden zweckmäßig solche Kreuzungspartner benutzt, die in dem zu untersuchenden Merkmal beziehungsweise dem entsprechenden Gen jeweils reinerbig sind. Die Durchführung von Kreuzungen ist die wichtigste experimentelle Methode des Genetikers. Für die Kreuzungspartner und ihre Nachkommen werden dabei folgende Bezeichnungen benutzt:

P Elterngeneration (Parentalgeneration)

F₁ erste Tochtergeneration (1. Filialgeneration)

F₂ zweite Tochtergeneration (2. Filialgeneration) usw.

16



Das 1. und das 2. Mendelsche Gesetz. Die Abbildung auf Seite 34 stellt das Schema der Kreuzung zweier Erbsenpflanzensorten dar, die sich im Merkmal der Samenfarbe (gelb und grün) unterscheiden. In den reinerbigen Eltern P befinden sich auf homologen Chromosomen jeweils gleiche Allelpaare für „gelb“ und „grün“, die mit GG und gg bezeichnet werden. Nachdem sich die Allele bei der Bildung der haploiden Keimzellen voneinander getrennt haben, wird durch die Befruchtung je ein väterliches und ein mütterliches Allel zusammengeführt. Die entstehenden Erb-

Kreuzungsschema zum 1. und 2. Mendelschen Gesetz			
	Kombinationsmöglichkeiten	Genotyp	Phänotyp
P		beide reinerbig	Merkmalsunterschied
Keimzellen			
Befruchtung		einheitlich mischerbig	einheitlich
F ₁			
Keimzellen			
Befruchtung (vier verschiedene Möglichkeiten)		reinerbig mischerbig mischerbig reinerbig	Merkmalsunterschied in bestimmten Zahlenverhältnissen (3:1)
F ₂			



senpflanzen sind daher alle mischerbig. Es sind „Bastarde“, die sämtlich die Allelkombination Gg und – unter sonst gleichen Bedingungen – daher auch die gleiche Merkmalsbildung aufweisen. In unserem Beispiel handelt es sich um einen dominant-rezessiven Erbgang: G ist dominant, g rezessiv. (Das dominante Allel wird meist mit großen, das rezessive mit kleinen Buchstaben bezeichnet.) Alle Erbsensamen in der F₁-Generation sind deshalb einheitlich gelb. Daraus resultiert das 1. Mendelsche Gesetz (Uniformitätsgesetz): Kreuzt man reinerbige Individuen, dann sind alle F₁-Bastarde untereinander gleich (uniform).

In dem dargestellten Beispiel wurde das rezessive Allel für „grün“ in der F₁-Generation verdeckt. Es ist aber noch vorhanden und kommt zur Ausprägung, sobald man die Bastarde untereinander erneut kreuzt. Aus der Abbildung auf Seite 34 ist ersichtlich, daß sich hier vier verschiedene Möglichkeiten der Befruchtung ergeben, bei denen drei verschiedene Allelkombinationen auftreten: GG, Gg und gg.

Die F₂-Generation enthält damit neben Bastarden wieder reinerbige Individuen, die im Genotyp und Phänotyp ihren Großeltern P gleichen.

Das Ergebnis einer Kreuzung ist nun neben den bisher beschriebenen Tatsachen noch von einer Reihe zufallsbedingter Faktoren abhängig. Dennoch kann man das Kreuzungsergebnis gesetzmäßig erfassen. Wird eine große Anzahl von Versuchsergebnissen statistisch ausgewertet, so treten die einzelnen Allelkombinationen im Durchschnitt mit gleicher Häufigkeit auf: 25 % GG, 50 % Gg (25 % „Gg“ + 25 % „gG“), 25 % gg. Das heißt, die F₂-Generation spaltet im Verhältnis 1:2:1 in die verschiedenen Genotypen auf. Dieses Beispiel zeigt eine dominant-rezessive Merkmalsbildung (GG und Gg sind Allelpaare für „gelb“, gg ist Allelpaar für „grün“). Es ergibt sich für die Aufspaltung im *Phänotyp* ein 3:1-Verhältnis.

Daraus läßt sich das 2. Mendelsche Gesetz (Spaltungsgesetz) ableiten: Kreuzt man F₁-Bastarde, die für ein Allelpaar mischerbig sind, so ist die F₂-Generation in dem betreffenden Merkmal nicht einheitlich, sondern spaltet nach bestimmten Zahlenverhältnissen auf.

Bedeutung der Mendelschen Gesetze. MENDEL zog bereits aus den von ihm formulierten Vererbungsgesetzen eine wichtige Folgerung, die zum Grundstein für die heutige Genetik wurde: Nicht die Merkmale werden vererbt, sondern bestimmte Faktoren, Erbanlagen, die die Ausprägung bestimmter Merkmale bedingen.

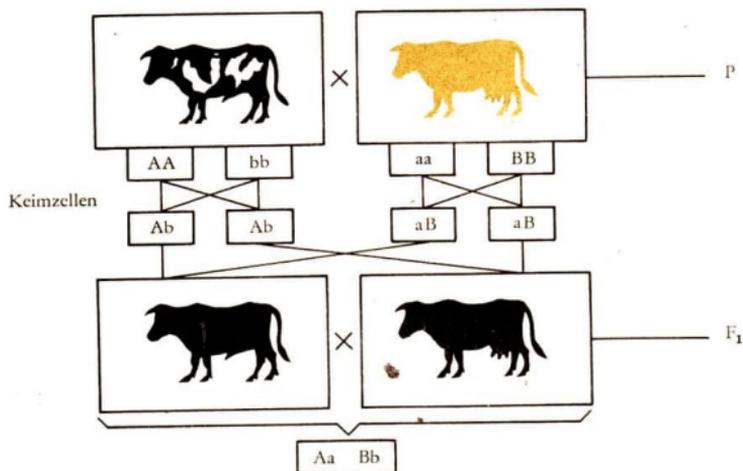
Durch die Wirkung *zufälliger* Faktoren ist das Vererbungsgeschehen im Einzelfall nicht eindeutig festgelegt. Dadurch wird der Wert der Mendelschen Gesetze keineswegs geschmälert. Es wird im Gegenteil der eigentliche Charakter dieser Gesetze erst aufgedeckt. Bei ihnen handelt es sich um *statistische Gesetze*, wie sie beispielsweise in der Physik bei der Untersuchung des Kernzerfalls wirksam sind. Sie gestatten keine sichere Aussage über ein einzelnes Ereignis, wohl aber über einen Prozeß, der sich aus vielen Einzelereignissen zusammensetzt. Bei der Kreuzung gibt es eine gesetzmäßige Anzahl von möglichen Genkombinationen, die zufällig bei einzelnen Nachkommen verwirklicht werden. Sehr viele im Bereich der lebenden Natur wirkenden Gesetze tragen einen solchen statistischen Charakter. So gewann MENDEL seine Erkenntnisse auch erst aus verschiedenen langwierigen Kreuzungs-



Ergebnisse von Kreuzungsversuchen Mendels				
An verschiedenen Erbsensorten untersuchte Merkmalspaare		Anzahl der F ₂ -Individuen		Verhältnis der Merkmale (3:1)
dominant	rezessiv	dominantes Merkmal	rezessives Merkmal	
runde Samen		5 474		2,96:1
	runzlige oder kantige Samen		1 850	
gelbe Keimblätter		6 022		3,01:1
	grüne Keimblätter		2 001	
graue Samenschale		705		3,15:1
	weiße Samenschale		224	
einfach gewölbte Hülsen		882		2,95:1
	eingeschnürte Hülsen		299	
grüngefärbte unreife Hülsen		428		2,82:1
	gelbgefärbte unreife Hülsen		152	
achsenständige Blütenstellung		651		3,14:1
	endständige Blütenstellung		207	
lange Blütenachse		787		2,84:1
	kurze Blütenachse		277	

experimenten, wobei viele Hunderte von Nachkommen in mehreren Generationen statistisch ausgewertet wurden (Tab. S. 36).

★ Die Mendelschen Gesetze haben eine große praktische Bedeutung, beispielsweise bei der Untersuchung von Erbkrankheiten (s. S. 49). Sie werden vor allem in der Tier- und Pflanzenzüchtung angewendet (s. S. 145). ★



Keimzellen	AB	Ab	aB	ab	♀
AB	AA BB	AA Bb	Aa BB	Aa Bb	F ₂
Ab	AA Bb	AA bb	Aa Bb	Aa bb	
aB	Aa BB	Aa Bb	aa BB	aa Bb	
ab	Aa Bb	Aa bb	aa Bb	aa bb	
♂					

Kreuzungsschema einer schwarz gescheckten mit einer rot einfarbigen Rinderrasse



Neukombination von Erbanlagen

Eine Kreuzung zweier reinerbiger Individuen, die sich nur in dem Allelpaar des gleichen Gens und damit in *einem* Merkmal unterscheiden, führt zu einer Kombination der verschiedenen Allele in den F_1 -Bastarden. Diese Kombination ist jedoch nicht dauerhaft. In der F_2 -Generation werden die verschiedenen Allele zu bestimmten Prozentsätzen wieder getrennt (Abb. S. 34). Sobald aber zwei Individuen gekreuzt werden, die sich in mehr als einem Merkmal unterscheiden, kommt es zu einer echten, dauerhaften Neukombination von Erbanlagen. Das soll am Beispiel der Kreuzung zweier Rinderrassen gezeigt werden (Abb. S. 37). Ein Gen bestimmt die Farbe des Fells. Es kann in zwei verschiedenen Allelen auftreten: Allel A für „schwarz“ (dominant), Allel a für „rot“ (rezessiv). Ein weiteres, auf einem anderen Chromosom befindliches Gen bestimmt das Ausmaß der Farbigkeit des Fells. Dieses Gen kann ebenfalls in zwei verschiedenen Allelen auftreten: Allel B für „einfarbig“ (dominant), Allel b für „gescheckt“ (rezessiv).

Die eine Rinderrasse ist reinerbig schwarz (AA) und gescheckt (bb), die andere reinerbig rot (aa) und einfarbig (BB). Entsprechend dem Uniformitätsgesetz ist die F_1 -Generation in beiden Genen mischerbig (Aa, Bb) und im Phänotyp einfarbig schwarz. In dieser Generation werden nun vier verschiedene Sorten von Keimzellen ausgebildet (AB, Ab, aB und ab), die 16 verschiedene Möglichkeiten der Befruchtung ergeben. In der F_2 -Generation können sich deshalb einfarbig schwarze, einfarbig rote, gescheckte schwarze und gescheckte rote Rinder befinden (Abb. S. 37). Neben den beiden Elternformen und mischerbigen Individuen können reinerbige Tiere entstanden sein, die die einfarbig schwarze (Genotyp AA BB) oder gescheckte rote Form (Genotyp aa bb) besitzen. Bei ihnen fand eine echte Neukombination von Erbanlagen statt.

Solche Kreuzungen, bei denen Neukombinationen entstehen, lassen sich auch gesetzmäßig erfassen. Die Abbildung auf Seite 37 zeigt, daß die drei in jedem einzelnen Gen möglichen Allelkombinationen AA, Aa und aa sowie BB, Bb und bb unabhängig voneinander im Verhältnis 1:2:1 auftreten. Das ist im 3. *Mendelschen Gesetz (Unabhängigkeitsgesetz)* formuliert: Einzelne Merkmalsanlagen werden *unabhängig voneinander* nach dem Spaltungsgesetz vererbt.

In der Praxis werden oft Formen gekreuzt, die sich in einer größeren Anzahl von Merkmalen unterscheiden. Damit erhöht sich beträchtlich die Anzahl der möglichen neuen Merkmalskombinationen. Die Kreuzungsergebnisse sind aber auch entsprechend stärker von Zufallsfaktoren abhängig.

Beschränkung der Wirkung des 3. Mendelschen Gesetzes. Es werden aber nicht beliebige Merkmalsanlagen unabhängig voneinander vererbt. Die Vielzahl der Gene eines Organismus ist in relativ wenigen Chromosomen lokalisiert. Alle Gene, die sich auf *einem* Chromosom befinden, werden gekoppelt vererbt. Sie werden nicht – wie die auf *verschiedenen* Chromosomen befindlichen Gene – während der Meiose voneinander getrennt und können deshalb auch nicht bei der Befruchtung in neuer



Weise kombiniert werden. Das Unabhängigkeitsgesetz gilt deshalb nur für solche Merkmalspaare, bei denen die beteiligten Gene auf verschiedenen Chromosomen (bzw. die beteiligten Allelpaare auf verschiedenen Chromosomenpaaren) lokalisiert sind.

19

Kreuzungen haben eine Neu-Verteilung von Erbanlagen beziehungsweise von entsprechenden Merkmalen unter den Individuen zur Folge. Eine Neu-Bildung erfolgt dagegen auf diese Weise nicht.

20

21

Der Genotyp eines Lebewesens ist die Gesamtheit der in seinen Chromosomen lokalisierten Erbanlagen. Der Phänotyp eines Lebewesens ist die Gesamtheit seiner Merkmale. Ist ein Individuum in einem bestimmten Genmischerbig, so erfolgt die Ausbildung des entsprechenden Merkmals in der Regel dominant-rezessiv oder intermediär.

Die Mendelschen Gesetze bilden eine Grundlage für die Vererbungs-forschung. Sie zeigen: Nicht die Merkmale werden vererbt, sondern nur die Anlagen, die für die Merkmalsbildung verantwortlich sind. Die Mendelschen Gesetze sind statistische Gesetze.

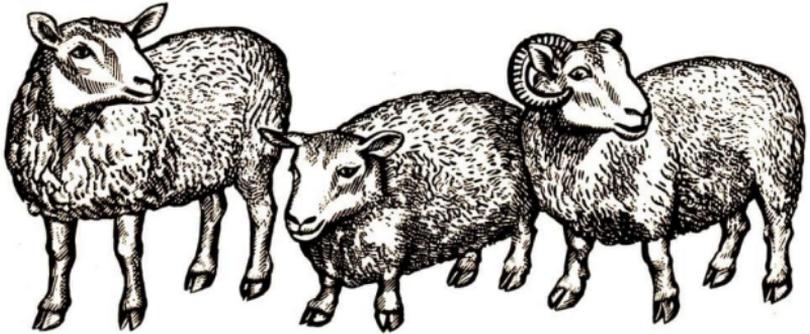
Bei der Kreuzung von Individuen, die sich in mehr als einem Merkmal unterscheiden, ist eine Neukombination von Erbanlagen möglich, wenn sich die betreffenden Erbanlagen auf verschiedenen Chromosomen befinden.



Mutation und Modifikation

Mutationen

Zuweilen wird das plötzliche Auftreten von Merkmalen, die vorher bei keinem Individuum der elterlichen Stämme vorhanden waren, beobachtet. Sie treten, entsprechend den Vererbungsgesetzen, bei den Nachkommen regelmäßig in Erscheinung (Abb. S. 40). Neben der ständigen Neukombination bereits vorhandener Erbanlagen findet relativ selten ein Vorgang statt, der dazu führt, daß ein Gen als *neues* Allel vorliegt, es erfolgt eine *Mutation*.



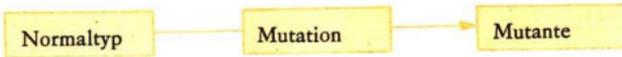
Veränderung der Beinlänge bei Schafen durch Mutation. Links normale Beinlänge, Mitte (♀) und rechts (♂) Kurzbeinigkeit

Mutationen durch Veränderung von Genen, Chromosomen oder Chromosomensätzen

Eine Mutation ist eine Veränderung der genetischen Information. Mutationen können sehr unterschiedliche Auswirkungen haben, die oft an phänotypischen Veränderungen zu erkennen sind. Wenn durch die Mutation ein lebensnotwendiges Gen seine Aktivität verliert, kann es zum Tod des Individuums kommen. Häufig bleiben aber Mutationen praktisch ohne Folgen auf den Phänotyp. Da viele DNS-Abschnitte von untergeordneter Bedeutung sind, haben viele Mutationen oft eine verhältnismäßig unauffällige Wirkung.



Häufigkeit der Mutationen. Mutationen können bei allen Organismen und in allen Zellen auftreten. Sie kommen in der Natur immer wieder vor. Auf ein bestimmtes Gen bezogen ist die Mutation ein seltener Vorgang. Ein Gen wird im Durchschnitt einmal innerhalb von 10^5 bis 10^8 Zellen durch eine Mutation verändert. Da Mutationen das genetische Material betreffen, werden sie *vererbt*. Körperzellenmutationen können durch vegetative Vermehrung weitergegeben werden. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden nur Mutationen des genetischen Materials der Keimzellen vererbt. Durch Weitergabe und die vielfältigsten Möglichkeiten der Neukombination kann sich die einmal aufgetretene Mutation in der betreffenden Organismenart verbreiten. Individuen, die eine gegenüber dem Normaltyp veränderte Erbinformation besitzen, heißen Mutanten.



Mutationstypen. Die Änderung der genetischen Information kann auf verschiedene Weise erfolgen. Im einfachsten Fall (der allerdings für den Organismus schwerwiegende Konsequenzen haben kann) ist die Mutation auf einen „Punkt“ in der DNS beschränkt (Punktmutation). So kann ein einziges Nukleotid durch ein anderes ersetzt werden. Als Folge davon wird an der betreffenden Stelle des Eiweißmoleküls oft eine andere Aminosäure eingebaut. Es können aber auch einzelne Nukleotide aus der DNS entfernt oder zusätzlich eingeschoben werden. Hier bringt die ursprüngliche Informationsänderung in einem „Punkt“ weitere Informationsänderungen mit sich, zum Beispiel:

Nukleotid-Triplets in der DNS

...ATG TTA CAT ACA TGT...

Aminosäuren im Eiweiß

— [a] — [b] — [c] — [d] — [e] —

Punktmutation

durch Einschub eines Nukleotids

...ATG TGT ACA TAC ATG T...

— [a] — [e] — [d] — [f] — [a] —

Neben den *Punktmutationen*, bei denen einzelne Gene betroffen sind, werden bei den *Chromosomenmutationen* im allgemeinen mehrere, meist sehr viele Gene eines Chromosoms (oder mehrerer Chromosomen) betroffen. Hierbei handelt es sich um den Verlust beziehungsweise die Umlagerung ganzer Chromosomenabschnitte, die als Folge von Chromosomenbrüchen entstehen (Abb. S. 42). Störungen während der Mitose oder der Meiose können schließlich auch zu *Änderungen der Chromosomen-*



Beispiele für verschiedene Mutationen an Chromosomen (schematisch)

zahl führen. Dabei kommt es zu Verlusten oder Vervielfachungen ganzer Chromosomen oder ganzer Chromosomensätze. Verdoppelung oder Ausfall einzelner Chromosomen führen meist zu schweren Störungen oder zum Tod des Organismus. Vervielfachungen ganzer Chromosomensätze sind bei Pflanzen, besonders bei Kulturpflanzen, häufig (Abb. S. 138). Sie führen zu erhöhter Möglichkeit der Neukombination von Erbanlagen und können bessere Anpassungsfähigkeit zur Folge haben. Änderungen der Chromosomenzahl beeinträchtigen aber oft die Fähigkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Entstehung von Mutationen

Mutationen können unter den für den betreffenden Organismus normalen Lebensbedingungen spontan, das heißt ohne äußerlich sichtbare Ursache auftreten. Sie entstehen durch gelegentliche Störungen der Stoffwechselfvorgänge.

Neben diesen *Spontanmutationen* lassen sich Mutationen auch künstlich hervorrufen, und zwar vor allem durch Strahlung und durch eine Reihe verschiedener Chemikalien. Die *künstliche Erzeugung von Mutationen* begann im Jahre 1927 mit der Entdeckung, daß Röntgenstrahlen bei *Drosophila* Mutationen hervorriefen. Mutanten dienen als Material für alle möglichen genetischen Forschungen.

Zur Mutationsauslösung werden die Strahlung des ultravioletten Lichtes (UV), vor allem Röntgenstrahlung, aber auch die Strahlung radioaktiver Isotope verwendet. UV-Licht, das nur zur Behandlung dünnschichtiger Objekte benutzt werden kann, verursacht photochemische Veränderungen in der DNS. Ionisierende Strahlen wirken direkt und – über chemische Reaktionen – indirekt auf die Gene beziehungsweise die Chromosomen ein. Bei einigen mutationsauslösenden Chemikalien ist der Wirkungsmechanismus bereits aufgeklärt. Manche Chemikalien wirken nur auf bestimmte Organismen oder Zellen. Mutationen wurden häufig an Mikroorganismen hervorgerufen, weil sie bei ihnen am leichtesten und schnellsten nachweisbar sind.



Bedeutung der Mutationen für die Lebewesen

Mutationen sind neben anderen Vorgängen entscheidend an der Entwicklung der Lebewesen zu den heute existierenden Arten beteiligt. Nur durch Mutationen entstanden neuartige Gene, die ständig als Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung dienen konnten. Sehr viele Mutationen, die bei einem Organismus auftreten, sind für ihn schädigend oder zumindest nachteilig. Es ist anzunehmen, daß die Arten, die sich im Verlaufe der Entwicklung an ihre Lebensbedingungen angepaßt haben, in ihrem Genbestand bereits viele günstige Allele tragen, die durch Mutationen hervorgerufen werden können. Entstehen durch Mutation noch neue Allele, so sind sie meist wenig wertvoll oder nachteilig für den Organismus. Beispielsweise ist die gelbgraue Fellfärbung der meisten Wüstentiere für sie die beste Tarnung. Durch weitere Mutationen hervorgerufene andere Färbungen würden von diesem bestmöglichen Zustand wieder abweichen und schnell ausgemerzt werden. Einzelne Mutationen können auch begünstigend für den Organismus sein. Das ist besonders dann der Fall, wenn sich veränderte Lebensbedingungen ergeben. So unterscheiden sich die Kulturpflanzen infolge für den Menschen günstiger Mutationen genotypisch merklich von ihren entsprechenden Wildformen. In der Pflanzenzüchtung bedient man sich deshalb der Mutationsforschung, um bessere Pflanzensorten zu erhalten. Verschiedene Allele eines Gens sind nicht grundsätzlich gut oder schlecht. Wenn sich die Umwelt ändert, werden einige Allele, die vorher günstig waren, ungünstig, und andere können günstig werden. Doch wird unter gegebenen Bedingungen nur eine nützliche unter Tausenden von wertlosen oder schädlichen Mutanten hervorgerufen.

Diese Tatsache hat eine große Bedeutung, weil Mutationen nicht nur durch natürliche Ursachen hervorgerufen werden. Die furchtbaren unmittelbaren Wirkungen radioaktiver Strahlung auf lebende Organismen sind durch die Folgen der verbrecherischen Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki bekannt. Sie zeigt sich auch nach Unfällen beim Umgang mit radioaktiven Substanzen. Die Auswirkungen auf die Erbanlagen treten jedoch erst bei den Nachkommen der unmittelbar Betroffenen, und zwar noch viele Generationen später, in Erscheinung. Der Kampf der friedliebenden Menschheit, insbesondere der Sowjetunion, führte dazu, daß sich mehrere Staaten vertraglich zur Einstellung von überirdischen Atombombenversuchen sowie zur Nichtweitergabe von Kernwaffen an weitere Länder verpflichtet haben. Es ist bis jetzt noch nicht völlig zu ermesen, inwieweit die bereits vorliegende radioaktive Strahlung mutationsauslösend gewirkt hat. Neben strengen Maßnahmen zur Verhinderung von Strahlenschäden besteht eine weitere Notwendigkeit: Die vielen Chemikalien, die der zivilisierte Mensch in seiner Nahrung, in Medikamenten, in Kosmetika und in der Industrie verwendet, müssen auf eine eventuelle mutationsauslösende Wirkung hin untersucht werden, um Erbschäden vorzubeugen.

Wegen der außerordentlichen Bedeutung der Mutationen für das Verständnis der Entwicklung der Organismen, für die molekularbiologische Grundlagenforschung, für die Pflanzen- und Tierzüchtung und für die Medizin wird an der Aufklärung

24

25

26



der komplizierten biophysikalischen und biochemischen Prozesse, die dem Mutationsvorgang zugrunde liegen, in vielen Laboratorien der Welt intensiv gearbeitet.

Eine Mutation ist eine Veränderung der genetischen Information. Mutationen sind erblich. Sie entstehen gelegentlich ohne erkennbare Ursache und können auch experimentell hervorgerufen werden. Mutationen können einzelne Gene, ganze Chromosomen oder Chromosomensätze betreffen.

Modifikationen

Von den Eltern werden auf die Nachkommen keine fertigen Merkmale vererbt. Es werden vielmehr bestimmte Anlagen, die *Fähigkeiten* zur Ausbildung von Merkmalen, weitergegeben. Ob und in welchem Maße einzelne Fähigkeiten realisiert werden, hängt von den Umweltbedingungen ab. Die Umweltbedingungen sind eine weitere Ursache für die große Variabilität der Organismen.

Eine Merkmalsausbildung, die unter üblichen Bedingungen erfolgt, wird „normal“ genannt. Alle phänotypischen Veränderungen durch innere und äußere Umwelteinflüsse, durch die die genetische Struktur selbst nicht verändert wird, bezeichnet man als *Modifikationen*. Modifikationen sind das Ergebnis umweltbedingter Anpassungsreaktionen. Sie können durch Änderungen in der Ernährung, beispielsweise durch unterschiedliche Versorgung mit Wasser und Licht, durch länger anhaltende Abweichung von der Durchschnittstemperatur und andere Faktoren hervorgerufen werden. Modifikationen sind besonders leicht an meßbaren Größen (z. B. Körperrumfang bei Tieren und Menschen, Wuchshöhe, Fruchtgewicht bei Pflanzen) zu erfassen. Man findet sie aber ebenso bei der Farbintensität oder dem Ausmaß von Mustern (Abb. S. 45).

Vergleich von Mutationen und Modifikationen. Im Gegensatz zu den Mutationen sind Modifikationen nicht erblich. Die Nachkommen der modifizierten Lebewesen entwickeln sich unter anderen Umwelteinflüssen entsprechend ihrer ererbten genetischen Konstitution und der veränderten Umweltsituation. Die Modifikationen eines Organismus können nicht beliebig variieren. Der Toleranzbereich für die Schwankungen von Umweltfaktoren, die er ertragen kann, ist durch seine ökologische Potenz festgelegt. Die phänotypische Änderung durch Anpassung eines Organismus an veränderte Umweltbedingungen erfolgt nur innerhalb bestimmter Grenzen, innerhalb der „Reaktionsnorm“. Diese *Fähigkeit*, auf Umweltbedingungen in ganz bestimmter Weise reagieren zu können, ist aber *erblich* bedingt.

★ Auf verunkrautetem, trockenem Sandboden wird eine Kartoffelsorte nicht sehr ertragreich sein. Ertrag und Größe der Kartoffel lassen sich durch eine Reihe von

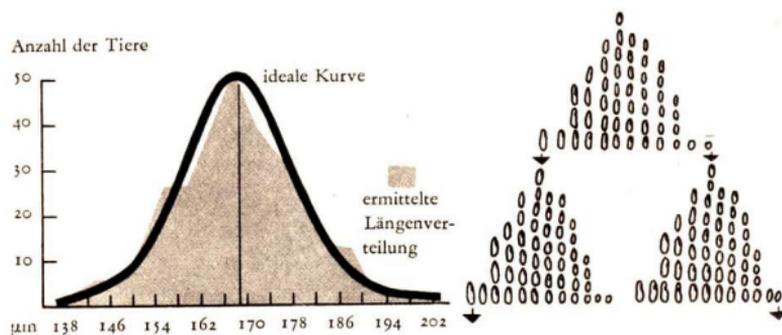


Modifikation: Unterschiedliche Wuchsform der Kuhblume an unterschiedlichen Standorten (links bei geringem, rechts bei reichlichem Nährstoffangebot)

Faktoren, wie beispielsweise bessere Bodenbeschaffenheit, Düngung, Bewässerung, verändern. Es ist Aufgabe des Pflanzenbaues, die optimalen Bedingungen für den Anbau einer Sorte zu ermitteln. Darüber hinausgehende „Verbesserungen“ der Kulturbedingungen bleiben meist erfolglos. Die in der Sorte vereinigten Erbanlagen lassen nur einen Ertrag innerhalb der Reaktionsnorm zu. *

Die Existenz von Modifikationen demonstriert damit besonders deutlich die Notwendigkeit der Unterscheidung von Genotyp und Phänotyp. *Die Vererbung der durch Modifikation erworbenen Eigenschaften ist nicht möglich.* Es ist auch nicht möglich, durch Auslese positiver Modifikationen eine neue Rasse zu züchten.

* Bei Garten-Bohnen, bei denen Selbstbefruchtung erfolgt, sind relativ leicht sogee-



Häufigkeitsverteilung unterschiedlicher Längen bei Pantoffeltierchen (links) und bei Bohnensamen (rechts); Beispiele für Modifikationen



nannte „reine Linien“ zu züchten: die einzelnen Individuen gleichen sich genetisch völlig. Dennoch gleicht infolge Modifikationen keine Pflanze, keine Hülse und selbst keine Bohne phänotypisch völlig einer anderen (Abb. S. 45). Werden von solchen Bohnen größte und kleinste Exemplare ausgewählt und getrennt über mehrere Generationen kultiviert, erhält man in beiden Fällen wieder die der Rasse entsprechende Reaktionsnorm, d. h. große, mittelgroße und kleine Bohnen. *

27

Auch die Merkmale des Menschen, die körperlichen wie die geistigen, werden durch das Zusammenwirken von Erbanlagen und Umweltfaktoren geprägt. Der Mensch ist aber nicht nur passiv verschiedensten Umweltsituationen ausgesetzt, sondern er kann sich durch die Anwendung von Wissenschaft und Technik in ständig zunehmendem Maße seine Umwelt selbst gestalten. Die sozialistische Gesellschaft schafft die Bedingungen für eine optimale körperliche und geistig-kulturelle Entwicklung aller in ihr lebenden Menschen.

28

29

Modifikationen sind phänotypische Veränderungen der Lebewesen, die durch Umweltbedingungen ausgelöst werden. Im Gegensatz zu Mutationen betreffen Modifikationen nicht den Genotyp. Modifikationen sind nicht erblich.



Humangenetik

Wie jedes Lebewesen unterliegt auch der Mensch den Gesetzen der Genetik. Genetische Untersuchungen am Menschen dürfen nur unter Bedingungen durchgeführt werden, die die Würde des Menschen nicht verletzen. Die lange Generationsdauer des Menschen und die relativ geringe Größe der Familien bilden ein gewisses Hindernis für genetische Analysen. Andererseits ist es von Vorteil, daß der Mensch heute über seinen Phänotyp, vor allem über den anatomischen Bau und den Ablauf der physiologischen Prozesse gut Bescheid weiß. Die humangenetische Forschung steht erst am Anfang. Beim Menschen sind die genetischen Unterschiede groß. Seine biologischen und seine sozialen Umweltbedingungen schwanken erheblich. Von den vielen Tausenden von Merkmalen des Menschen weiß man heute bei etwa 60 Merkmalen, von welchen Genen sie bestimmt werden. Viele Merkmale des Menschen werden von mehreren Genen bestimmt, und viele Gene beeinflussen die Ausbildung mehrerer Merkmale.

Vererbungs Vorgänge beim Menschen

Blutgruppen beim Menschen

* Ein Organismus besitzt die Fähigkeit, eindringendes körperfremdes Eiweiß unwirksam zu machen. Das dient vor allem dem Schutz des Organismus gegen alle möglichen Infektionen. Der Körper reagiert dabei auf die verschiedensten ihm fremden Substanzen (z. B. Eiweißkörper, einige Polysaccharide) mit der Bildung von hochspezifischen Abwehrstoffen, den „Antikörpern“, die sich an die eingedrungenen Substanzen anlagern und diese dadurch zusammenballen und zerstören können. Substanzen, die eine solche Reaktion auslösen, werden als „Antigene“ bezeichnet. Die Antigen-Antikörper-Reaktion findet vor allem bei der aktiven Immunisierung Anwendung und spielt unter anderem bei der Gewebe- und Organtransplantation eine entscheidende Rolle, da sie zum Beispiel eine dauerhafte Einheilung von transplantiertem Gewebe verhindern kann.

Das Blut der Tiere und des Menschen kann auf Grund verschiedener Antigen-Antikörper-Reaktionen in verschiedene Gruppen eingeteilt werden. Die roten Blut-



körperchen eines Menschen enthalten an ihrer Oberfläche bestimmte komplexe Substanzen, die, sobald man das Blut in ein warmblütiges Tier injiziert, dort als Antigene wirken und die Bildung von Antikörpern hervorrufen. *

ABO-Blutgruppensystem. Die Wirkung des ABO-Systems ist darauf zurückzuführen, daß im Serum einer bestimmten Blutgruppe sich bereits Antikörper gegen eine entsprechende andere Blutgruppe befinden.

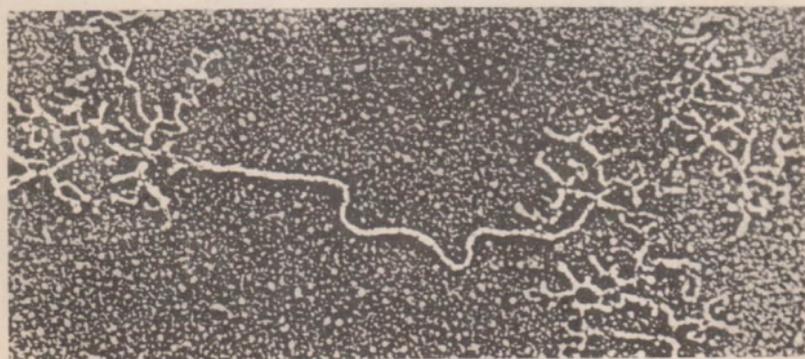
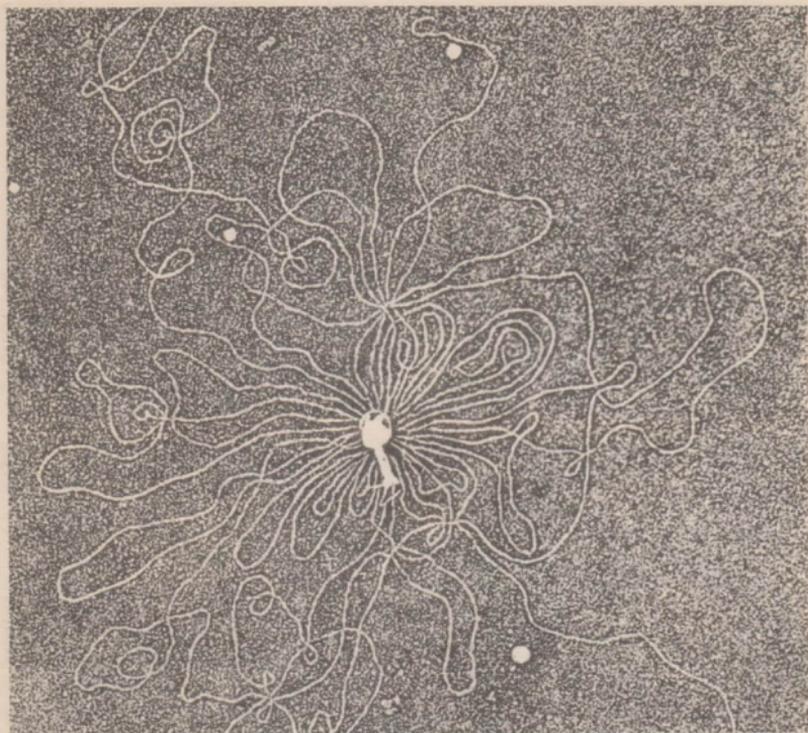
Damit eine Bluttransfusion (z. B. bei Operationen oder nach großen Blutverlusten) keine lebensbedrohlichen Folgen für den Patienten hat, muß ein Spender ausgesucht werden, dessen Blutkörperchen durch die Antikörper des Patienten nicht verklebt und zerstört werden (s. Tafel 2). Außer dem ABO-System sind beim Menschen noch mindestens zwölf weitere Blutgruppensysteme entdeckt worden, von denen das Rh-System besonders wichtig ist.

Bedeutung der Blutgruppen für die Genetik. Die bisherige Entwicklung der Humangenetik ist eng mit der Erforschung der Blutgruppen verknüpft. Im Gegensatz zu den meisten anderen Merkmalen des Menschen sind einzelne Blutgruppen völlig umweltstabil. Bei der Vererbung von Blutgruppenmerkmalen läßt sich daher sehr deutlich das Wirken der Mendelschen Gesetze verfolgen. Außerdem sind die Blutgruppen ein Beispiel dafür, daß ein einzelnes Gen nicht nur in zwei sondern in mehreren verschiedenen Allelen auftreten kann.

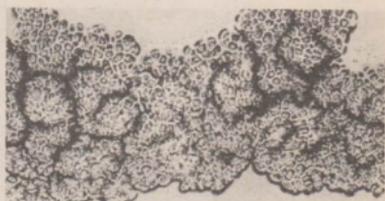
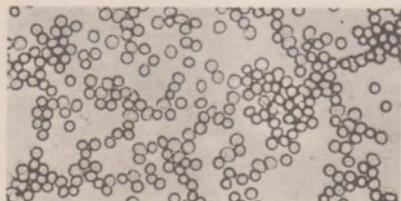
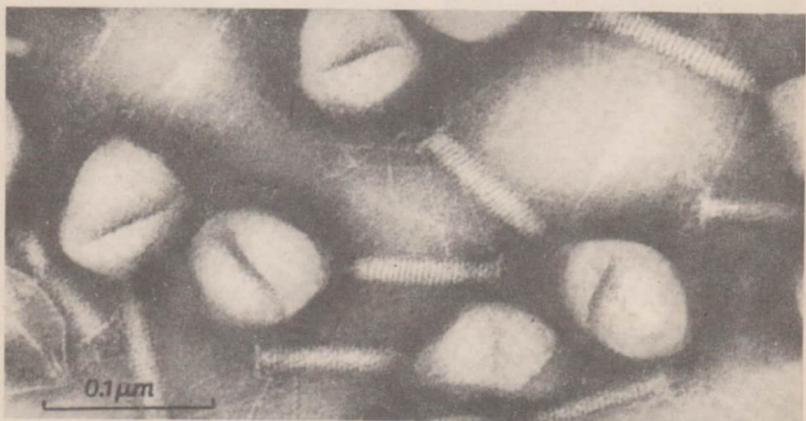
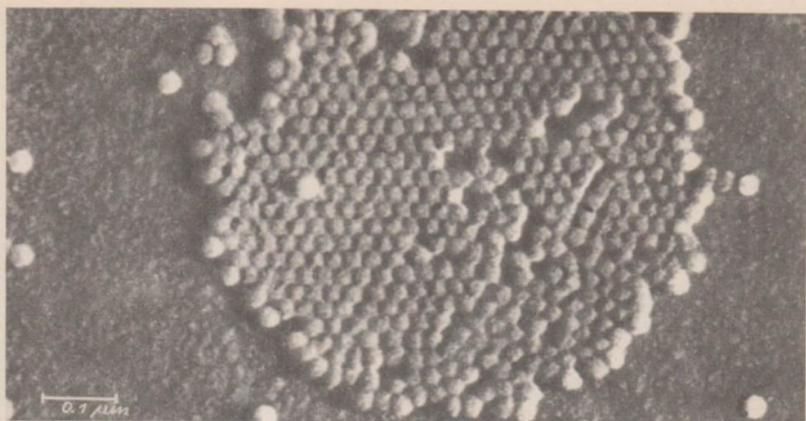
Die Unterschiede in den Blutgruppen A, B, AB und 0 und einer Reihe von Untergruppen gehen auf verschiedene Allele ein und desselben Gens zurück. Wenn beispielsweise das Allelpaar A0 vorliegt, ist A dominant über 0; bei einem Allelpaar B0 ist B dominant über 0; das Allelpaar AB führt zur Ausbildung von Phänotyp A und Phänotyp B (es werden die Substanzen „A“ und „B“ gleichzeitig gebildet). Damit ergeben sich für den Genotyp und die entsprechende Blutgruppe folgende Möglichkeiten:

Beispiele für die Vererbung von Blutgruppenmerkmalen		
Typ	reinerbig	mischerbig
Genotyp	AA BB 00	A0 B0 AB
Phänotyp (Blutgruppe)	A B 0	A B AB

TAFEL 1 Elektronenmikroskopische Aufnahme eines etwa 50 μm langen DNS-Moleküls (1:72000) aus einem T2-Bakteriophage (oben); elektronenmikroskopische Aufnahme eines isolierten Laktose-Gens (unten)



TAFEL I



TAFEL 2



Beispiele zur Vererbung von Blutgruppenmerkmalen			
P			
Genotyp	A0 B0	00 A0	00 00
Blutgruppe	A B	0 A	0 0
Blutgruppenallele in den verschiedenen Gameten	A,0 B,0	0,0 A,0	0,0 0,0
F₁ (mögliche Fälle)			
Genotyp	AB, A0, B0, 00	A0, 00	00
Blutgruppe	AB, A, B, 0	A, 0	0

Es ist ersichtlich, daß Angehörige der Blutgruppe A oder B verschiedene Genotypen haben können, je nachdem, ob sie mischerbig für 0 sind oder nicht. So können Kinder der Blutgruppe 0 sowohl Eltern der Blutgruppe 0 als auch Eltern der Blutgruppe A oder B haben (Tab. S. 49).

Die Bestimmung der Blutgruppe wird in der Gerichtsmedizin zum Beispiel bei der Ermittlung umstrittener Vaterschaft herangezogen. Blutgruppen-Tests werden auch bei Schwangerschaften durchgeführt, um mögliche Unverträglichkeiten zwischen dem Blut der Mutter und dem des Embryos feststellen und gegebenenfalls behandeln zu können. Die Blutgruppen eignen sich auch zur Identifizierung von Zwillingen (eineiige Zwillinge haben stets die gleiche Blutgruppe, zweieiige seltener).

30

31

Erbkrankheiten

Merkmalsänderungen eines Organismus, die auf Änderungen der genetischen Information durch Mutation zurückgehen, können unter den Nachkommen wieder auftreten. Dabei auftretende mehr oder weniger krankhafte Erscheinungen (z. B. Anomalien, Mißbildungen) werden als Erbkrankheiten bezeichnet. Den menschlichen Erbkrankheiten, ihrer Erforschung und den Möglichkeiten ihrer Behandlung kommt eine besondere Rolle innerhalb der Humangenetik zu. Die meisten Krankheiten des

TAFEL 2 Elektronenmikroskopische Aufnahme des Virus der Kinderlähmung (oben) und von Bakteriophagen T4 (Mitte); mikroskopische Aufnahmen von menschlichem Blut: frischer Blutausstrich (unten links), verklebte rote Blutkörperchen (unten rechts)

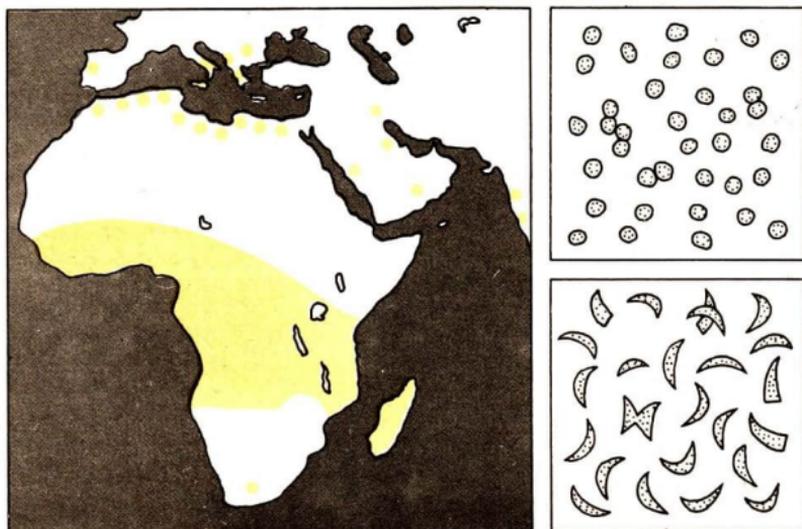


Menschen, die durch Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können (z. B. Infektionskrankheiten, Krankheiten durch falsche Lebensweise, Alterskrankheiten oder andere Funktionsstörungen des Organismus), sind dank der Fortschritte der Medizin heute bereits in beträchtlichem Maße heilbar. Erbschäden dagegen können auf medizinischem Wege zur Zeit noch nicht geheilt werden. Dazu müßten die veränderten Gene ausgetauscht werden können, die dann „normal“ weitervererbt werden. Dennoch kann die Ausprägung und Auswirkung von Erbkrankheiten zunehmend gemildert und teilweise sogar verhindert werden (s. S. 53). Viele Erbkrankheiten sind auf die Veränderung *eines* Gens zurückzuführen. In den weitaus meisten Fällen ist aber von den beiden Allelen dieses Gens nur eines mutiert, das andere normal. Deshalb treten nicht bei jedem Menschen mit geschädigtem Gen erblich krankhafte Erscheinungen auf.

Auswirkungen dominanter und rezessiver Erbfehler. Ist das mutierte Allel dominant gegenüber dem normalen Allel, tritt die Erbkrankheit mehr oder weniger drastisch in Erscheinung. Das ist zum Beispiel bei der erblich bedingten Kurzfingerigkeit (Verkürzung der Finger- und Handwurzelknochen) oder bei einer besonderen Art von Augenkrebs der Fall. Wenn dagegen das die Erbkrankheit bedingende Allel rezessiv ist, dann kommt es nicht zur Auswirkung, solange es mischerbig, das heißt in Kombination mit dem entsprechenden Normalallel auftritt. Die Krankheit tritt erst dann in Erscheinung, wenn das veränderte Gen reinerbig, das heißt in beiden Allelen in der mutierten Form vorliegt. Das ist beispielsweise bei einigen angeborenen Stoffwechsellanomalien wie bei der Phenylketonurie (Brenztraubensäure-Schwachsinn) der Fall.

* Erbschäden mit rezessiver Merkmalsausbildung sind für ihren Träger meist harmlos. Für seine Nachkommen können sie aber folgenschwer sein: Schätzungen ergeben, daß jeder Mensch mehrere derartige rezessive Defekte enthält. Sie treten erst dann in Erscheinung, wenn zwei Partner, die mischerbige Träger für dasselbe schädigende rezessive Allel sind, Kinder zeugen. Bei diesen Kindern gibt es in dem betreffenden Gen vier mögliche Allelkombinationen. Bei einer von ihnen – das heißt im Durchschnitt bei einem von vier Kindern – ist das rezessive Allel reinerbig vorhanden und die Krankheit kommt zur Ausprägung. Die besondere Gefährlichkeit rezessiver Defekte für die menschliche Gesellschaft besteht also darin, daß die nachteiligen Veränderungen – vom dominanten Allel überdeckt – von ihrem Ursprung infolge Mutation bis zur Ausprägung der Merkmale meist über viele Generationen vererbt und dadurch ständig weiterverbreitet werden können, ohne als krankhaft erkannt zu werden. Dominante Mutationen – sofern sie schwere Störungen hervorrufen – treten sofort in Erscheinung. Ihre Träger haben meist keine oder wenige Nachkommen, so daß der Defekt nicht weitergegeben wird. Bei Verwandtenehen ist die Wahrscheinlichkeit besonders groß, daß beide Ehepartner von einem gemeinsamen Ahnen ein schädigendes rezessives Allel geerbt haben, das bei den Kindern zur Erbkrankheit führen kann.

Sichelzellanämie. Durch Mutation eines Gens, das die Synthese eines im Blutfarbstoff (Hämoglobin) vorhandenen Eiweißes bewirkt, wird eine bekannte Erbkrank-



Sichelzellanämie. Links: geographische Verteilung des Sichelzellgens, rechts oben: normale, rechts unten: sichelförmige rote Blutkörperchen

heit, die Sichelzellanämie, verursacht. Eine bestimmte Mutation in diesem Gen verändert das Eiweiß derart, daß anstelle normaler roter Blutzellen sichelförmige Blutzellen gebildet werden (Abb. S. 51). Beim Vorhandensein eines mutierten und eines normalen Allels werden beide Sorten von Blutzellen gebildet. Beide Allele bewirken also unabhängig voneinander die Synthese von Hämoglobin-Eiweiß. Wenn man die Auswirkung der Mutation auf den Gesamtorganismus untersucht, findet man eine dominant-rezessive Merkmalsausbildung: Menschen, die in diesem Gen mischerbig sind (die also neben sichelförmigen noch normale Blutzellen enthalten), erleiden keine ernsthaften Schäden. Dagegen leiden Menschen, die von beiden Eltern ein solches Sichelzellenallel erhalten haben, an dieser schweren Blutkrankheit. Die meisten von ihnen sterben noch im Jugendalter.

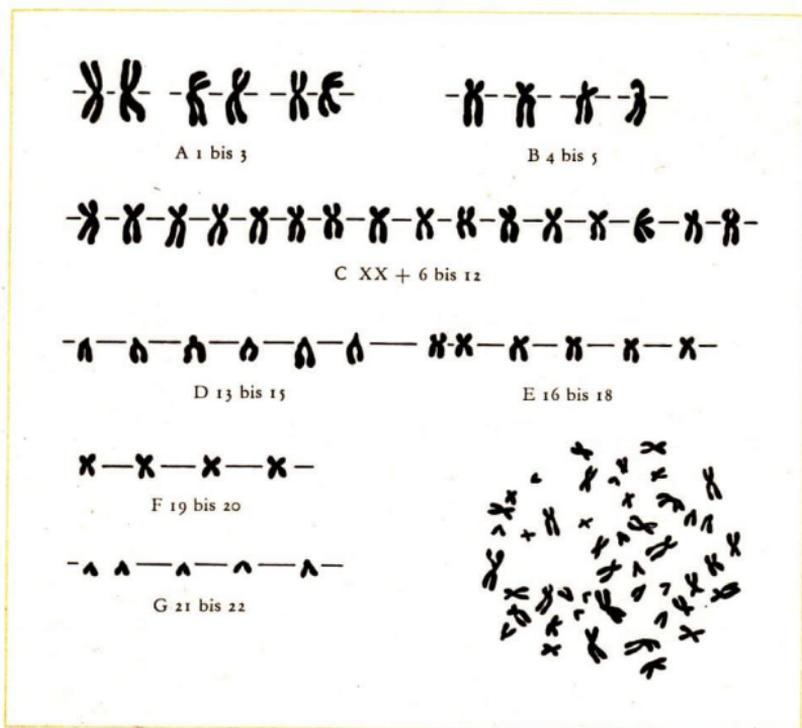
Diese Mutation gibt ein Beispiel dafür, daß bestimmte Anlagen, je nach den gegebenen Umweltbedingungen für den Organismus vorteilhaft oder nachteilig wirken können: Mischerbige Träger des Sichelzell-Gens haben gegenüber Menschen, bei denen das mutierte Allel nicht vorkommt, einen Vorteil; sie sind widerstandsfähiger gegenüber Malaria. Das erklärt auch, warum das Sichelzell-Allel in malarieverseuchten Gebieten Afrikas weit verbreitet ist (Abb. S. 51), obwohl in jeder Generation eine gewisse Anzahl reinerbiger Träger des Sichelzell-Allel stirbt. Dieses



Beispiel zeigt außerdem, daß ein Gen gleichzeitig die Ausbildung mehrerer verschiedener Merkmale beeinflussen kann.

Molekulare Ursache der Sichelzellanämie. Auf Grund eingehender Untersuchungen ist bekannt, daß in dem veränderten Hämoglobin-Gen das Triplet für die 6. Aminosäure der aus 146 Gliedern bestehenden Eiweißkette verändert ist: am mittleren Nukleotid steht T anstatt A. Deshalb wird an 6. Stelle eine andere Aminosäure eingebaut, wodurch schließlich das gesamte Eiweißmolekül verändert wird. *

Erbkrankheiten durch Änderungen ganzer Chromosomen bzw. Chromosomensätze. Nicht alle Erbkrankheiten gehen wie die Sichelzellanämie auf Punktmutationen zurück. Durch Änderungen ganzer Chromosomen oder der Chromosomenzahl hervorgerufene Erbkrankheiten wirken sich besonders nachteilig auf die Lebensfähigkeit der betroffenen Personen aus. Wenn Träger solcher Erbanlagen überhaupt



Chromosomensatz einer Patientin mit Trisomalem Schwachsinn



zur Fortpflanzung kommen, so überdauern die Anlagen meist nur eine oder wenige Generationen. So ist der Trisomale Schwachsinn darauf zurückzuführen, daß von einem Chromosom drei anstatt zwei homologe Exemplare vorliegen. Menschen mit derart veränderter Chromosomenzahl zeigen schwere geistige und körperliche Schäden (Abb. S. 52).

* *Behandlung von Erbkrankheiten.* Eine Reihe von Erbkrankheiten kann gegenwärtig bereits gemildert werden: die erblich bedingte Kurzsichtigkeit wird beispielsweise durch das Tragen einer Brille korrigiert. Ein Mensch mit vererbbarem Augenkrebs kann durch einen zeitigen chirurgischen Eingriff am Leben erhalten werden. In der DDR werden alle in Entbindungsstationen geborenen Kinder (z. Z. über 90 %) durch einen einfachen Test auf das mögliche Vorliegen von Phenylketonurie hin untersucht. Werden die Betroffenen rechtzeitig mit einer entsprechenden Diät ernährt, können die Auswirkungen dieser Krankheit vermieden oder weitgehend herabgesetzt werden. Erfolgt keine Behandlung oder setzt sie zu spät ein, treten schwere geistige und körperliche Schäden auf.*

Erbkrankheiten sind die Folge von durch Mutation hervorgerufenen Änderungen von Anlagen, die zu krankhaften Erscheinungen führen können. Die Ausprägung des Erbschadens kann dominant oder rezessiv gegenüber der normalen Merkmalsausprägung sein. Erbkrankheiten sind heute noch nicht heilbar, bei einigen kann jedoch eine Abschwächung der Auswirkungen erzielt werden.

Geschlechtschromosomen und Geschlechtsvererbung beim Menschen

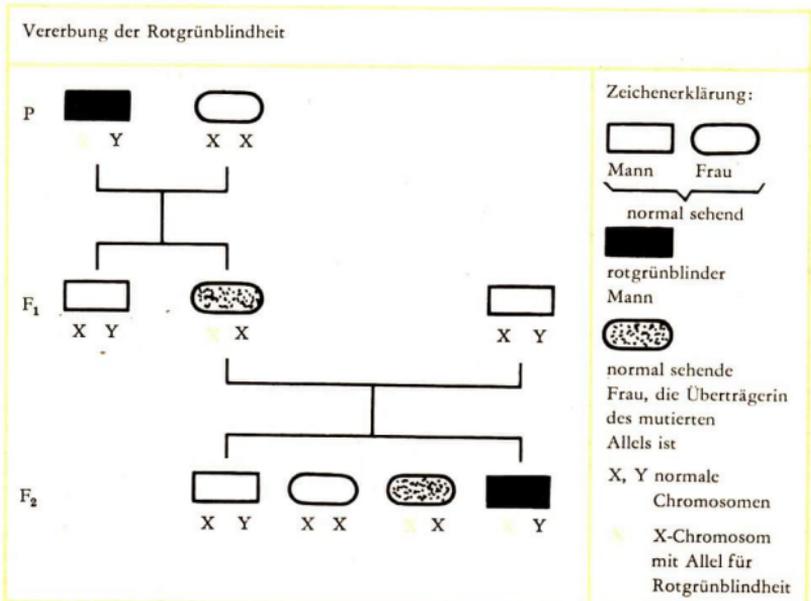
Die Vererbung des Geschlechts wird vom Chromosomenbestand bestimmt. Von den insgesamt 46 Chromosomen des Menschen bilden 44 Chromosomen 22 homologe Paare, die „Autosomen“. Die 2 übrigen, die Geschlechtschromosomen, tragen die Gene für die primären Geschlechtsmerkmale und sind bei Mann und Frau wenigstens teilweise verschieden: in den weiblichen Zellen befinden sich jeweils 2 homologe X-Chromosomen, während in den männlichen Zellen je ein X- und ein Y-Chromosom enthalten sind.

Bei der Befruchtung kann mit der ein X-Chromosom enthaltenden Eizelle entweder eine das X-Chromosom enthaltende ($XX = \text{♀}$) oder eine Y-Chromosom tragende Samenzelle ($XY = \text{♂}$) zusammentreffen. Das Geschlecht wird also entscheidend von den männlichen Keimzellen bestimmt.

Geschlechtsgekoppelte Vererbung. Auf den Geschlechtschromosomen sind die Gene für geschlechtliche Merkmale mit einer großen Anzahl weiterer Gene gekoppelt, die nichts mit der Ausbildung von Geschlechtsmerkmalen zu tun haben. Bei



allen diesen Genen erfolgt die Vererbung entsprechend der Verteilung der Geschlechtschromosomen unter die Nachkommen. Ein Gen auf dem X- oder Y-Chromosom ist beim Mann nur einmal vorhanden. Ist es durch Mutation verändert, tritt das sofort in Erscheinung, es kann durch kein homologes „Normalgen“ überdeckt werden. Die Frau dagegen kann in Genen des X-Chromosoms mischerbig sein. Ein verändertes Allel kann durchaus verdeckt vorhanden sein.



* Die Vererbung von auf Geschlechtschromosomen lokalisierten Anlagen soll am Beispiel einer Mutation eines Gens des X-Chromosoms veranschaulicht werden. Diese Mutation führt zur Rotgrünblindheit, bei der die Betroffenen die Farbe Rot nicht von der Farbe Grün unterscheiden können. Das mutierte Allel ist hier rezessiv gegenüber dem Normalallel. Frauen können dieses Allel auf einem der beiden homologen X-Chromosomen besitzen und auf die Nachkommen übertragen, ohne dabei selbst rotgrünblind zu sein (Abb. S. 54). Wenn jedoch eine Frau reinerbig in bezug auf die Mutation beispielsweise infolge von Verwandtenehen ist, tritt bei ihr Rotgrünblindheit auf. Wird bei der Fortpflanzung das mutierte Allel mit dem X-Chromosom an einen männlichen Nachkommen weitergegeben, ist dieser in jedem Falle rotgrünblind. Neben der Rotgrünblindheit gibt es eine Reihe zum Teil schwer-



wiegender geschlechtsgekoppelter Erbkrankheiten. Unter ihnen ist besonders die Bluterkrankheit bekannt, bei der die Gerinnungsfähigkeit des Blutes gestört ist. Dadurch können relativ harmlose Verletzungen starke Blutverluste und den Tod zur Folge haben. *

Die erbliche Festlegung der Geschlechter erfolgt durch die Geschlechtschromosomen (Mann: XY, Frau: XX). Bei der Befruchtung haploider Keimzellen entstehen im Durchschnitt ebensoviele Chromosomenkombinationen XX wie XY. Neben den Genen für die Geschlechtsmerkmale tragen die Geschlechtschromosomen noch andere Gene.

Aufgaben und Bedeutung der Humangenetik

In der Humangenetik ist der Mensch das Objekt genetischer Forschung. Durch die immer umfassendere Kenntnis der Vererbungsvorgänge ergeben sich für die Untersuchung der Vererbung beim Menschen immer bessere Möglichkeiten. Die Aufklärung molekularer Vererbungsmechanismen beispielsweise hat beachtliche Auswirkungen auf die moderne Medizin. Erst das Wissen um die genetischen Unterschiede zwischen den Blutgruppen verschiedener Individuen macht eine gefahrlose Bluttransfusion möglich. Die Kenntnis des Erbganges von krankhaften Veränderungen hilft den Ärzten und bildet eine Grundlage für ihre praktischen Entscheidungen. Durch die weitere Erforschung des Vererbungsgeschehens können weitere Erbkrankheiten aufgeklärt und neue Möglichkeiten ihrer Behandlung erschlossen werden. Die Mutationsforschung dient der Vorbeugung gegen neue Erbschäden.

Die Erforschung des wechselseitigen Einflusses von Erbanlagen und Umwelt auf die Ausbildung der Merkmale zeigt die Bedingungen auf, unter denen die Menschen zu allseitig entwickelten Persönlichkeiten heranwachsen können. Jeder Mensch sollte über einige Kenntnisse der Humangenetik verfügen. Die Erbanlagen der Eltern bestimmen in hohem Maße die Anlagen und die Gesundheit der zu erwartenden Kinder. Wem Fälle von Erbkrankheiten in der eigenen Familie bekannt sind, der sollte sich vor der Zeugung von Kindern erbbiologisch beraten lassen.

Die Erforschung des Vererbungsgeschehens beim Menschen ist eine besonders verantwortungsvolle und schwierige Aufgabe. Ihre humane Verwirklichung ist nur unter sozialistischen Verhältnissen möglich, weil da der Mensch im Mittelpunkt steht. Die Humangenetik darf sich bei der Forschung nur solcher Methoden bedienen, die die Würde des Menschen nicht verletzen und ihm keine körperlichen oder geistigen Schäden zufügen. Deshalb sind in der DDR Experimente an Menschen verboten. Es gibt zahlreiche Untersuchungsmethoden, die exakte Kenntnisse des



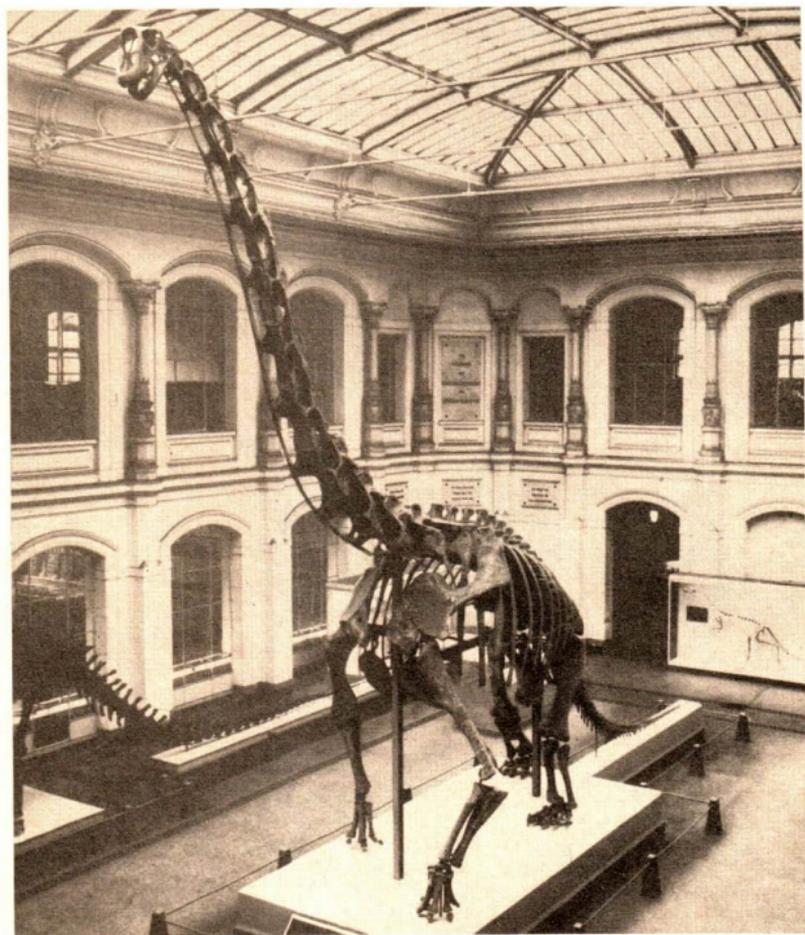
Vererbungsgeschehens erbringen, ohne daß Eingriffe in das Leben oder den Organismus des Menschen erforderlich sind. Die Ergebnisse von Blutuntersuchungen wurden bereits erläutert (s. S. 47 f.). Familienanalysen (Familienstammbäume) und die Zwillingsforschung geben Auskunft über die Vererbung bestimmter Anlagen. Vor allem die Beobachtungen an eineiigen Zwillingen lassen Schlüsse auf den Einfluß von Erbanlagen und Umwelt zu. In letzter Zeit gewinnt die Untersuchung von isolierten Geweben oder Organen, die jahrelang in Kulturgefäßen gezüchtet werden können, für die Humangenetik immer mehr an Bedeutung. An den Gewebekulturen können verschiedene genetische Experimente (z. B. Erzeugung und Untersuchung von Mutationen) durchgeführt werden.

Nicht nur die Erforschung humangenetischer Probleme, sondern auch die Auslegung und Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse werden von der Gesellschaftsordnung bestimmt. Die Untersuchung aller Neugeborenen auf Phenylketonurie ist beispielsweise in der DDR möglich, weil das ausgezeichnet organisierte Gesundheitswesen dazu führte, daß fast alle Entbindungen in Kliniken erfolgen und der Staat die Mittel für die Untersuchung und die recht aufwendige Behandlung von an Phenylketonurie Erkrankten (auf 12 000 Neugeborene 1 Fall 1969) zur Verfügung stellt. Durch den Rassismus erfolgt ein Mißbrauch humangenetischer Kenntnisse. Es gibt keine hoch- oder minderwertigen Menschenrassen, alle Menschen gehören zu einer Art (s. S. 128 f.). Gene, die körperliche Merkmale (z. B. Hautfarbe, Haarform, Körpergröße) bestimmen, haben keinen Einfluß auf das soziale Verhalten der Menschen. Das wird durch die großen Erfolge auf allen Gebieten (z. B. Wirtschaft, Bildung, Gesundheitswesen), die in den verschiedenen Staaten Afrikas nach Erreichung der Unabhängigkeit erzielt wurden, deutlich unterstrichen.

Die Verhinderung von Erbschäden und ihrer Weitergabe an die folgenden Generationen ist ein wichtiges Anliegen. Seine Verwirklichung ist in hohem Maße von der Gesellschaftsordnung abhängig. In einem Staat, in dem alle Bürger eine hohe Bildung besitzen und sich ihrer Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und den kommenden Generationen bewußt sind, lassen sich auch erbbiologische Probleme menschlich lösen. Einige Genetiker kapitalistischer Staaten, die mit verschiedenen Erscheinungen der kapitalistischen Gesellschaft unzufrieden sind, schlagen vor, mittels genetischer Methoden „Supermenschen“ zu züchten. Dadurch sollen Probleme der imperialistischen Gesellschaft gelöst und eine bessere Gesellschaft aufgebaut werden. Die Lösung gesellschaftlicher Probleme (z. B. Erhaltung des Friedens, gerechte Verteilung der Produktionsergebnisse, Verbesserung des Verhaltens der Menschen) sind jedoch nicht durch die Züchtung von Menschen, sondern durch Veränderung der gesellschaftlichen Verhältnisse durch den Übergang vom Kapitalismus zum Sozialismus zu lösen.

Nur die Schaffung solcher gesellschaftlicher Verhältnisse, die allen Menschen der Welt ein menschliches Leben ermöglichen, wird auch die wirklich humane Anwendung genetischer Kenntnisse beim Menschen sichern.

Abstammungslehre





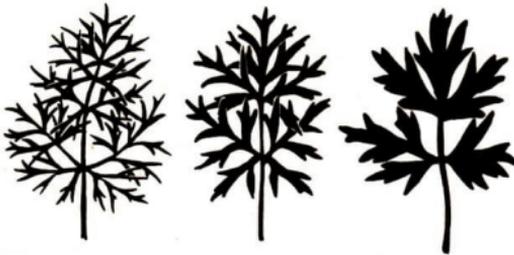
Theorie der Stammesentwicklung

Genetische Verhältnisse in Populationen

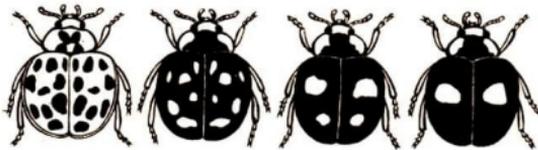
Jedes Individuum ist durch zahlreiche Merkmale gekennzeichnet, die auf die Gesamtheit der Gene (Genotyp) und die durch die Umwelt bedingte Merkmalsausbildung (Phänotyp) zurückzuführen sind. Zusammen mit vielen anderen Individuen mit gleichen oder sehr ähnlichen Merkmalen gehört jedes Lebewesen zu einer *Art*. Alle Angehörigen einer Art sind durch mehrere konstante erbliche Merkmale gekennzeichnet. Die Lebewesen einer Art können sich untereinander paaren, sie bringen artgleiche fruchtbare Nachkommen hervor.

Viele Angehörige einer Art leben gemeinsam in einem größeren oder kleineren natürlich begrenzten Lebensraum zusammen. Sie bilden eine *Population*. Alle Dreistacheligen Stichlinge in einem abflußlosen See sind beispielsweise Glieder einer Stichlingspopulation. Die Stichlinge in einem zweiten benachbarten See bilden eine

Variabilität bei Pflanzen und Tieren



Blätter
der verschiedenen
Unterarten
der Echten Kuhschelle
(*Pulsatilla vulgaris*)



Vier in Ostasien
verbreitete Varianten
des Marienkäfers
(*Harmonia
axyridis*)



weitere Population. Beide Populationen sind durch natürliche Schranken an der Ausbreitung gehindert. Können sich Tiere und Pflanzen aktiv oder passiv bewegen und die Schranken überwinden, sind die räumlichen Grenzen einer Population viel größer. Innerhalb einer Population haben die einzelnen Lebewesen einer Art keinen völlig übereinstimmenden Genotyp. Bei jedem Individuum können Mutationen auftreten. Durch die Paarung verschiedener Lebewesen werden die Gene in unterschiedlicher Weise in den Nachkommen vereinigt, wobei die mutierten Gene auf die Nachkommen übertragen werden. Das führt dazu, daß die Individuen einer Art in einer Population oft äußerlich unähnlich sind. Das ist in vielen Fällen auf einen verschiedenen Genotyp zurückzuführen (Abb. S. 58).

Wirkung der Auslese

Die verschiedenen Genotypen der Lebewesen in einer Population bedingen oft eine unterschiedliche ökologische Potenz gegenüber der Umwelt. Dadurch finden einige Individuen in der Population besonders günstige Umweltbedingungen vor, für andere sind sie weniger günstig. Nur die Organismen, deren Umweltansprüche im gegebenen Raum optimal erfüllt werden, haben die Möglichkeit, viele gesunde und fortpflanzungsfähige Nachkommen zu erzeugen. Für andere Individuen in der Population bestehen zu einem bestimmten Zeitpunkt keine optimalen Umweltverhältnisse. Das wirkt sich vor allen Dingen auf die Nachkommen negativ aus, die geringere Chancen für das Überleben haben. Sie überstehen beispielsweise Trocken- oder Kälteperioden nicht oder werden auf Grund ihrer auffälligen Färbung von den Feinden besser erkannt und gejagt. So kommt es in Populationen zu einer ständigen *natürlichen Auslese*. Nur die Individuen bleiben erhalten, die auf Grund optimaler Umweltverhältnisse günstige Fortpflanzungsmöglichkeiten haben.

★ In der Population eines feuchtigkeitsliebenden Wiesengrases sind die Individuen in ihren Wasseransprüchen, Saugkräften und Verdunstungsschutzeinrichtungen nicht völlig gleichartig ausgebildet. Einige Pflanzen weisen genetisch bedingte Merkmale auf, die das Überdauern einer Dürreperiode ermöglichen, während andere diese Merkmale nicht besitzen. Die erste Variante kann trotz großer Trockenheit in der Vegetationsperiode Blüten und Früchte bilden, die zweite Variante vertrocknet und bringt keine Nachkommen hervor. ★

Die Wirkung der Auslese hat zum Beispiel zur Entwicklung von Organismen geführt, die in den kalten Gegenden der Arktis oder in der feuchten Hitze des tropischen Regenwaldes oder in den Wüstengebieten der Erde leben können. Diese Organismen sind den Umweltverhältnissen sehr gut angepaßt und besitzen viele Schutz-einrichtungen. Sie können auf Grund hoher Nachkommenzahlen die Art erhalten. Solche Organismen entstehen durch Wechselwirkung zwischen der Population einer Art und der Umwelt.

Da innerhalb einer Population ständig neue Genotypen entstehen und auch die Umweltverhältnisse in geringem Umfange sich fortwährend verändern, ist die Aus-



lese und die Entstehung relativ angepaßter Organismen ein dynamischer Prozeß. Ohne die ständige Bildung neuer Mutationen würde die Population immer einheitlicher werden. Dadurch wäre ihre Anpassungsmöglichkeit eingeschränkt, was schließlich zum Aussterben führen würde. Eine Population ist auf Grund der Vielgestaltigkeit der Genotypen wesentlich schneller in der Lage, auf Umweltveränderungen zu reagieren, als das einem Einzelorganismus möglich wäre. Voraussetzung dafür, ob eine Population in einer bestimmten Umwelt lebensfähig ist, ist die Beschaffenheit des Genotyps ihrer Individuen. Kann eine Population sich durch immer neue Genkombinationen und Mutationen in einer sich verändernden Umwelt behaupten, so kann es im Verlaufe langer Zeiträume zu einer allmählichen Veränderung der Population, zu einer Entwicklung oder Evolution kommen. Die Evolutionsrichtung ist dabei von den in der Population vorhandenen Genotypen und von der Wirkung der Auslese abhängig.

1

Isolation und Artneubildung

Veränderungen von Individuen innerhalb einer Population können der Ausgangspunkt für die Entstehung neuer Arten sein. Eine neue Art könnte zum Beispiel so entstehen:

In einem größeren abgeschlossenen See lebt eine Population einer bestimmten Fischart. Infolge geologischer Veränderungen wird der See in zwei Teile geteilt, wobei auch die Population geteilt wird. In beiden neuentstandenen Seen liegen sowohl im Genotyp der Individuen als auch in den Umweltverhältnissen keine vollständig übereinstimmenden Verhältnisse vor. Außerdem können in jedem Teilsee neue, voneinander unabhängige Mutationen auftreten. Durch vollständige geographische Trennung beider Seen ist ein Genaustausch zwischen den Teilpopulationen nicht mehr möglich. Jede Teilpopulation entwickelt sich in einer ihr eigenen spezifischen Weise weiter, so daß es innerhalb sehr langer Zeiträume zu so tiefgreifenden Unterschieden in den Merkmalen der Einzelindividuen kommen kann, daß eine Fortpflanzung zwischen den Individuen der einen und der anderen Teilpopulation nicht mehr möglich ist. Aus der ursprünglich einheitlichen Population sind unter den Bedingungen der *Isolation* zwei neue Arten entstanden. Das heutige Vorkommen verwandter Tierarten in benachbarten Gebieten, die durch geographische Gegebenheiten wie Gebirge, Flüsse oder Landengen getrennt sind, kann nur mit Hilfe der *Isolation* erklärt werden.

* Die Landenge von Panama zwischen dem Atlantischen und Stillen Ozean ist eine geologische Bildung des Tertiärs. Seit dieser Zeit hat sich die Tierwelt des einst einheitlichen Meeresraumes unterschiedlich entwickelt. Aber noch heute zeigen etwa 600 Fischarten diesseits und jenseits der Landenge nahe Verwandtschaftsverhältnisse. *



Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei den vier Unterarten des Fliegenfängers auf den Salomoneninseln vor, bei denen es noch nicht zu einer völligen Artneubildung gekommen ist (Abb. S. 61).

An den Nord- und Südabhängen eines Gebirges treten in der Pflanzen- und Tierwelt vielfach den Umweltbedingungen angepasste verschiedene, aber nahe verwandte Arten auf.

Neben der geographischen Trennung sind noch andere *Isolationsvorgänge* bekannt. Teile einer Population können sich in morphologischen und physiologischen Merkmalen so voneinander isolieren, daß eine Fortpflanzung untereinander nicht mehr möglich ist. So kann es zum Beispiel dazu kommen, daß die Fortpflanzungsorgane bei Individuen einer Population zu unterschiedlichen Zeiten fortpflanzungsfähig werden. Dann ist eine Paarung nur noch innerhalb der Glieder der Population mit gleichzeitig reifen Fortpflanzungsorganen möglich. Andere Glieder der Population sind isoliert und entwickeln sich als selbständige Arten untereinander weiter.

2

3



★ Ein sehr bekanntes Beispiel für zwei Arten, die durch Isolation entstanden sind, sind Nachtigall und Sprosser (s. Tabelle S. 62). ★

Durch Mutation und Auslese entstandene Teiglieder können durch Isolation einer Population selbständig werden, keine Möglichkeit der Mischung mit anderen Teigliedern mehr haben und dadurch Ausgangspunkt für Artneubildung werden.

Merkmale von Nachtigall und Sprosser		
Besondere Kennzeichen	Nachtigall	Sprosser
Rücken und Schwanz Brust und Kehle	kastanienbraun weißlich-braun	kastanienbraun weißlich-braun mit helleren Flecken
Brutplatz	in Nähe des Menschen	nicht in Nähe des Menschen
Verbreitung in Mitteleuropa	südlich und westlich der Linie Kiel – Lübeck – Schwerin, Waren – Neubrandenburg	nördlich dieser Linie einschließlich VR Polen
Winterquartiere	West- und Mittelafrika	Ostafrika

Individual- und Stammesentwicklung

Innerhalb der Population können einzelne Lebewesen so stark verändert werden, daß ihre *Individualentwicklung* zur Artneubildung führt. Jede im Verlaufe der Entwicklung des Lebens auf der Erde neuentstandene Art stimmt in vielen Merkmalen mit der ursprünglichen Art, aus der sie hervorgegangen ist, überein. Daneben hat sie neue, für sie charakteristische Merkmale ausgebildet. Die Veränderungen können im Verlaufe von Jahrmillionen so groß geworden sein, daß nicht nur neue Arten, sondern neue Familien, Ordnungen oder Klassen aus ursprünglichen Ausgangsformen hervorgingen. In vielen Fällen kann die Abstammung heute lebender Arten von ihren Vorfahren beispielsweise durch den Vergleich von Baueigentümlichkeiten nachgewiesen und damit ihre *Stammesentwicklung* verfolgt werden. Hinweise auf die Abstammung liefern vor allen Dingen *morphologische und anatomische Vergleiche* von Tieren und Pflanzen untereinander. Das Auftreten gleicher oder sehr ähnlicher Strukturen deutet auf eine Verwandtschaft hin. So besitzen alle Wirbeltiere trotz zahlreicher Unterschiede eine Reihe gemeinsamer Merkmale.

Wenn während der Embryonalentwicklung bestimmte Stadien der Embryonen verschiedener Tierarten miteinander verglichen werden, können vielfach Rückschlüsse auf deren Stammesgeschichte gezogen werden. Lebewesen mit Übereinstimmungen müssen sich im Verlaufe ihrer Stammesentwicklung aus gemeinsamen Vorfahren entwickelt haben.

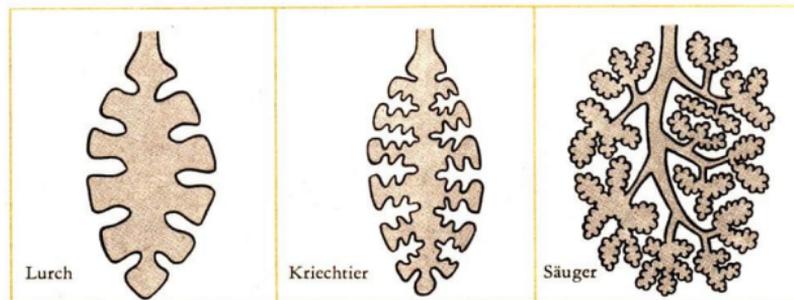
★ In der neunmonatigen Embryonalentwicklung des Menschen treten zum Beispiel ein knorpeliges Skelett, Anlagen für Kiemen, eine Schwanzanlage und ein vollständiges wolliges Haarkleid auf. Alle diese Bildungen sind für den menschlichen Embryo nicht lebensnotwendig. Sie deuten aber darauf hin, daß sich der Mensch in einem sehr langen Entwicklungsprozeß aus dem Tierreich entwickelt hat.

Ernst HAECKEL (s. S. 100) formulierte diese Zusammenhänge im „Biogenetischen Grundgesetz“. Dieses besagt, daß die Keimesentwicklung eines Lebewesens eine kurze Wiederholung seiner Stammesentwicklung ist. Dabei betonte HAECKEL bereits, daß neben Übereinstimmungen auch Abweichungen in der Entwicklung auftreten. Die vergleichende Embryologie hat auch heute noch Bedeutung für den Nachweis stammesgeschichtlicher Zusammenhänge. ★

Weitere Hinweise auf die Stammesentwicklung von Pflanzen und Tieren liefern *Fossilien* (s. S. 75 ff.).

Höherentwicklung

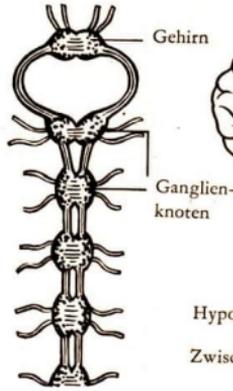
Innerhalb der Stammesgeschichte von Pflanzen- und Tiergruppen ist beim morphologischen oder anatomischen Vergleichen eine zunehmende Differenzierung in den Geweben zu erkennen, ein immer komplizierterer Bau der Organe und damit verbunden eine teils vielseitigere und teils auch eine einseitige, spezielle Funktionsmöglichkeit, die dem Organismus eine bessere Anpassung und dadurch eine größere relative Umweltunabhängigkeit gibt. Innerhalb der Stammesgeschichte der Organismen zeigen sich also die Merkmale der *Höherentwicklung*.



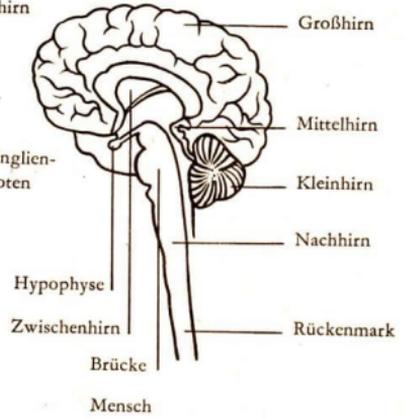
Höherentwicklung der Atmungsorgane bei Wirbeltieren



Polyp



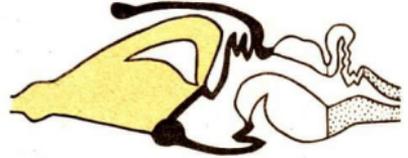
Ringelwurm



Mensch



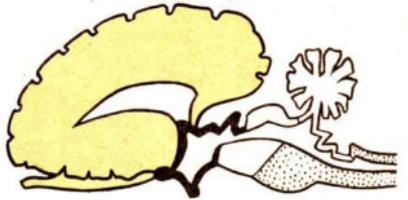
Knochenfisch



Reptil



Vogel



höheres Säugetier

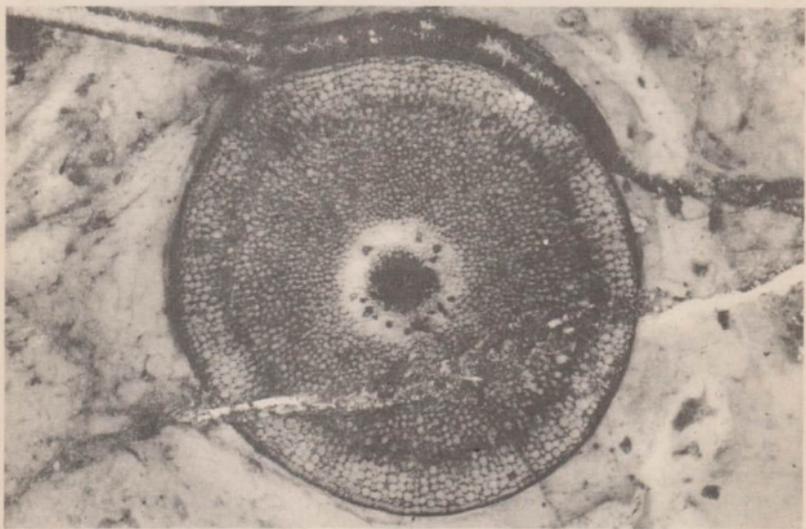
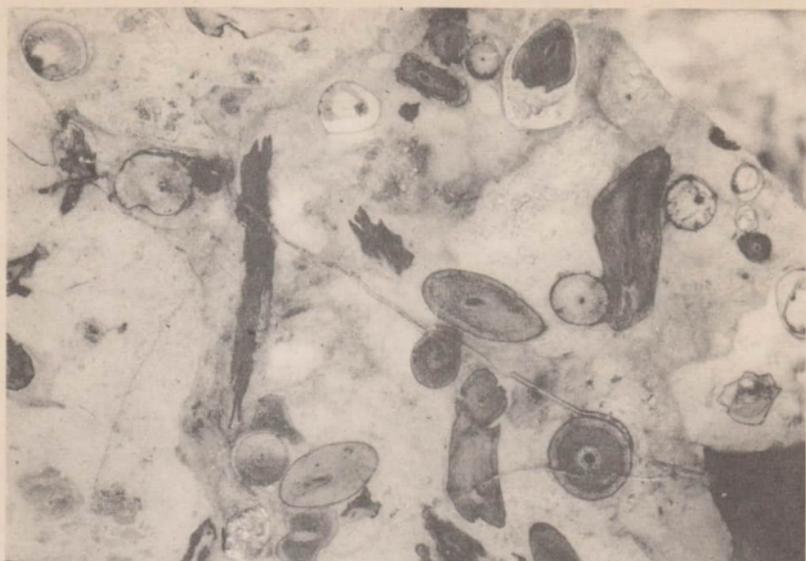
Längsschnitte durch Gehirne von Vertretern verschiedener Wirbeltierklassen

TAFEL 3 Urvogel *Archaeopteryx* (Wurde 1877 im fränkischen Jura gefunden.)

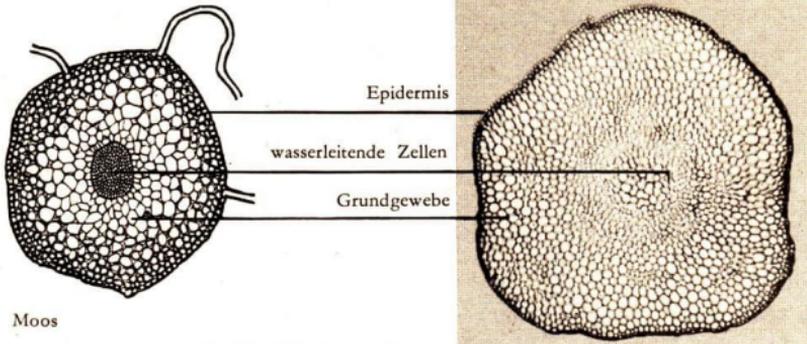
TAFEL 4 Verkieselter Torf aus Urlandpflanzen: Teilansicht (oben), Stengelquerschnitt (unten; stark vergr.)



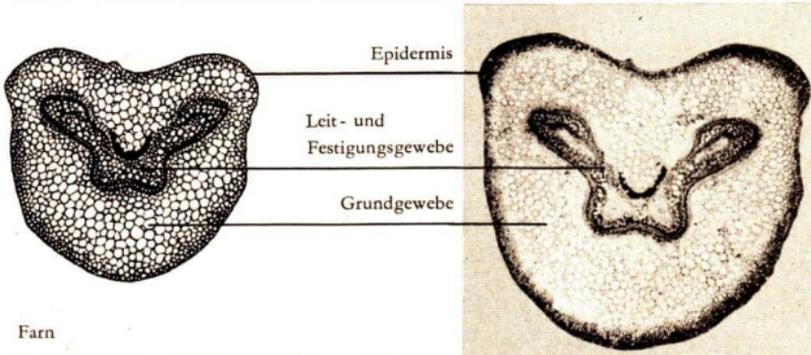
TAFEL 3



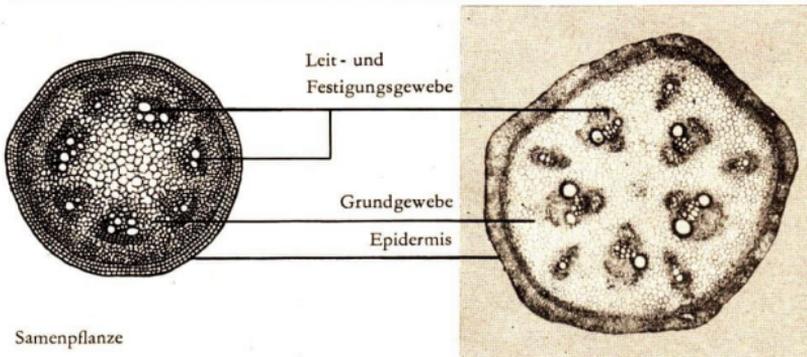
TAFEL 4



Moos



Farn



Samenpflanze

Beispiele für zunehmende Differenzierung als Beweis für die Höherentwicklung bei Pflanzen



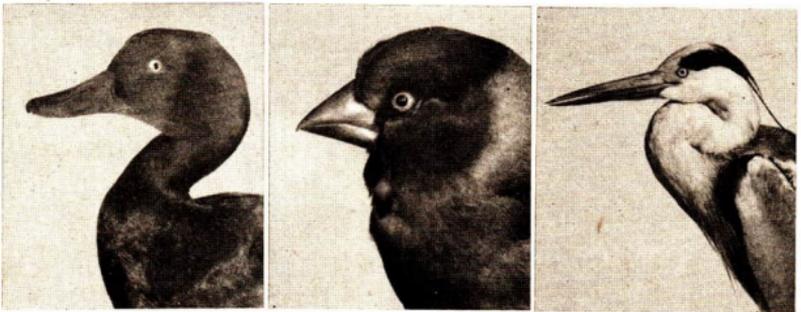
Bei den Wirbeltieren zeigen viele Organe von den Fischen bis zu den Säugetieren einen zunehmend komplizierteren Bau. Das Atmungsorgan der landlebenden Wirbeltiere, die Lunge, weist ebenfalls eine morphologische Differenzierung (Abb. S. 63) auf. Ein Vergleich verschiedener Nervensysteme (Abb. S. 64) macht eine zunehmende Anhäufung von Nervenzellen in einem Zentralorgan deutlich. Diese Zentralisierung führt zu einer Höherentwicklung des Baues und der Leistungsfähigkeit des Nervensystems.

Bei den verschiedenen Wirbeltierklassen sind die fünf Abschnitte des Gehirns unterschiedlich ausgebildet. In engem Zusammenhang mit dem Bau steht die Funktionsfähigkeit der Abschnitte. Das Großhirn ist übergeordnetes Steuer- und Regulationszentrum für Gedächtnis- und Lernvorgänge. Hier entstehen die bedingten Reflexe. Das Kleinhirn steuert die Bewegungsvorgänge, das Nachhirn ist Regulationszentrum für Atmungs- und Kreislauf-tätigkeit.

Auch bei Pflanzen ist in der Stammesgeschichte eine Höherentwicklung zu erkennen (Abb. S. 65).

Die Ausbildung einer Epidermis mit Spaltöffnungen bei Farn- und Samenpflanzen stellt gegenüber den Algen und Moosen eine Höherentwicklung dar. Sie ermöglicht diesen Pflanzen neben Veränderungen im Bau der Sprossachse, der Wurzeln und der Fortpflanzungsorgane die Besiedelung des Landes. Die Ausbildung von Samenanlagen und Pollenschläuchen bei Samenpflanzen ist eine Höherentwicklung gegenüber den Farnen. Die freibeweglichen männlichen Geschlechtszellen der Farne sind während der geschlechtlichen Fortpflanzung noch an das Wasser gebunden. Durch die veränderten Fortpflanzungsorgane wurden die Samenpflanzen auch bei der Fortpflanzung wasserunabhängig. In Anpassung an das Landleben wird beispielsweise der Pollen durch den Wind oder durch Insekten übertragen.

- 4
- 5
- 6
- 7
- 8



Vogelschnäbel: Ente, Kernbeißer, Grauröhler,



Spezialisierung

Bei der Entwicklung der Arten kommt es im Verlaufe der Stammesgeschichte auch zu einer *Spezialisierung*. Einzelne Organe, manchmal auch ganze Organismen, erreichen unter dem Einfluß von Mutation und Auslese spezielle Ausbildungsformen, die bestimmten Umweltverhältnissen besonders gut angepaßt sind (Abb. S. 68).

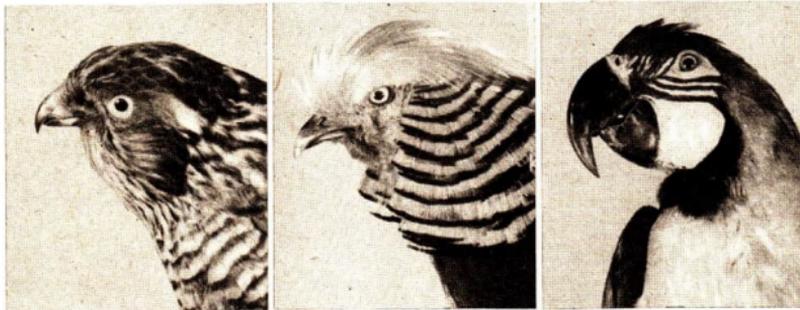
Im Pflanzen- und Tierreich gibt es zahlreiche Beispiele für die Spezialisierung. Bei den Vögeln finden wir zum Beispiel die verschiedensten Schnabelformen, die in Anpassung an ganz bestimmte Nahrung und Ernährungsweisen entstanden sind (Abb. S. 66 f.). Die Gliedmaßen verschiedener Säugetierordnungen zeigen in Anpassung an die Lebensräume der Tiere spezielle Ausbildungsformen (Abb. S. 70).

Bei Pflanzen sind zum Beispiel die Einrichtungen zur Verbreitung von Samen und Früchten spezielle Anpassungserscheinungen an die Umwelt. Auch Blütenformen und Blütenfarben sind Spezialisierungen. Während einerseits die Spezialisierung zu optimal angepaßten Organismen führt, bedeutet sie andererseits eine Einschränkung für die Möglichkeit der Weiterentwicklung. Hochspezialisierte Arten haben einen engen Toleranzbereich gegenüber der Umwelt. Eine Veränderung der Umweltverhältnisse kann zum Aussterben spezialisierter Arten führen. Sie sind in der Regel nicht Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung.

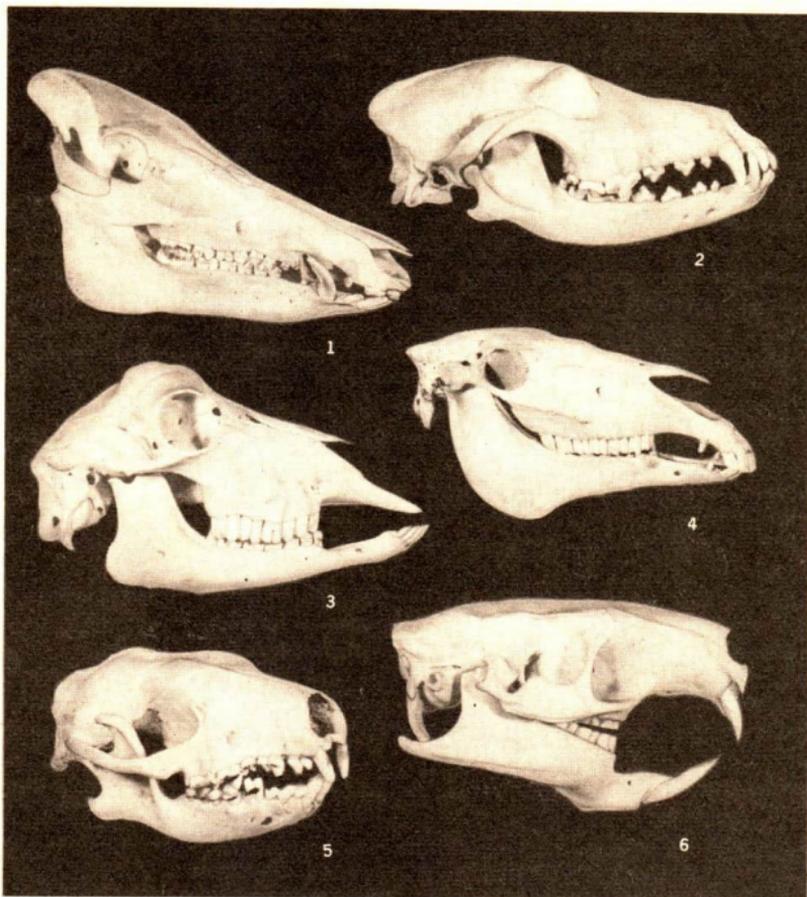
9

Homologe Organe

Die Spezialisierung führt häufig zu erheblichen morphologischen Abweichungen im Bau eines Organs gegenüber dem Ursprungsorgan. Die Vordergliedmaßen der Wirbeltiere haben oft sehr unterschiedliches Aussehen (Abb. S. 70 f.). Sie werden von den Organismen auch in sehr unterschiedlicher Weise benutzt.



Sperber, Goldfasan, Ara



Gebißtypen der Säugetiere (1 Wildschwein, 2 Hund, 3 Hirsch, 4 Pferd, 5 Igel, 6 Nutria)

Bei allen landlebenden Wirbeltieren gehen die Vordergliedmaßen aus höckerartigen Vorwölbungen im vorderen Teil des Embryos hervor. Erst im Verlauf der weiteren Entwicklung differenzieren sich diese ursprünglich völlig gleichgestalteten Wülste zu ihrer späteren Gestalt. Organe gleichen Ursprungs und gleichen Grundbaues werden als *homologe Organe* bezeichnet. Sie sind oft in Anpassung an verschiedene Funktionen (z. B. Fliegen, Graben, Schwimmen) unterschiedlich gestaltet (Abb. S. 70 f.).

10

11



Auch bei Pflanzen treten homologe Organe auf (Abb. S. 69). Beispielsweise sind alle Teile einer Blüte (Kronblätter, Kelchblätter, Staubblätter, Fruchtblätter) trotz unterschiedlichen Baues homolog.

Das Auftreten homologer Organe erlaubt Rückschlüsse auf Verwandtschaftsverhältnisse und Stammesgeschichte. Nur bei stammesgeschichtlich verwandten Arten, die gemeinsame Vorfahren besitzen, können homologe Organe auftreten (z. B. Zentralnervensystem u. Vordergliedmaßen der Wirbeltiere).

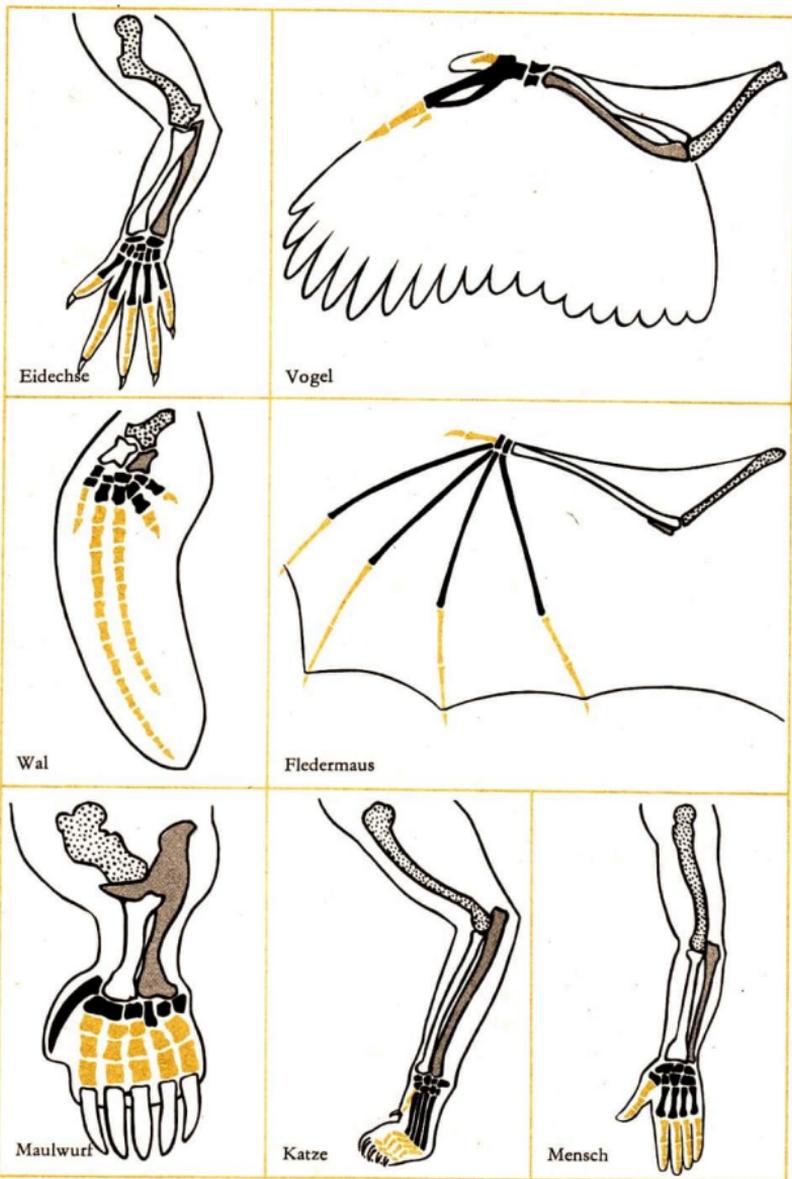


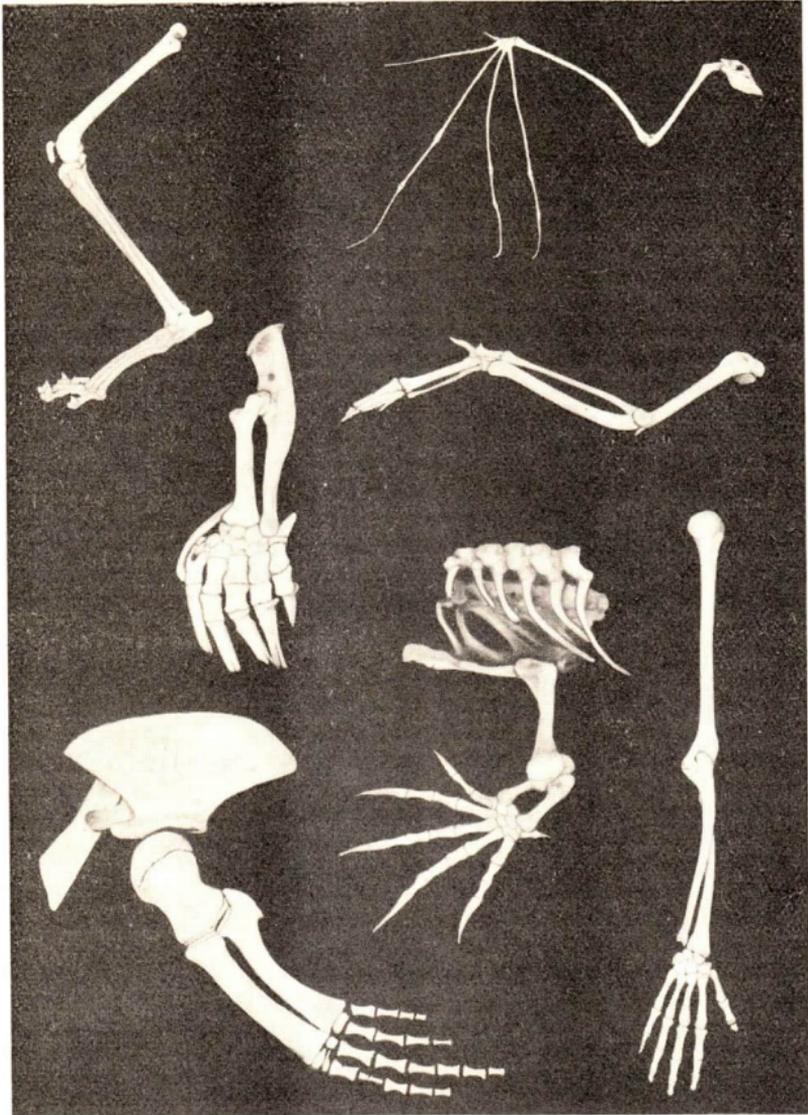
Homologie bei Pflanzen

Rudimentäre Organe

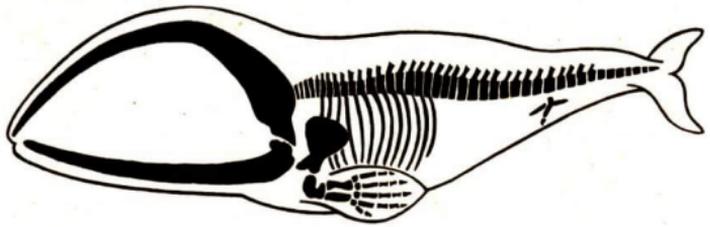
Oft bildeten sich bei Tieren und Pflanzen im Verlaufe der Stammesentwicklung einzelne Organe teilweise zurück und sind nur noch als Rest vorhanden (s. S. 72). Solche Organreste sind *rudimentäre Organe* (Rudimente).

Sie zeigen die Abstammung der entsprechenden Art von solchen Tiergruppen und Pflanzensippen an, bei denen die Organe noch vollständig erhalten sind.





Homologie der Wirbeltiervordergliedmaßen (S. 70 schematisch)



Rudimentation der hinteren Gliedmaßen beim Wal

Der Wurmfortsatz am Blinddarm des Menschen ist ein solches rudimentäres Organ. Im Verlaufe der Entwicklung des Menschen verlor er seine Bedeutung. Bei pflanzenfressenden Säugetieren wird die Zellulose mit Hilfe von Bakterien im wesentlich größeren Blinddarmfortsatz aufgespalten.

Die Blindschleiche bewegt sich schlängelnd fort. Sie hat keine Gliedmaßen. Im Skelett besitzt sie aber noch einen gut ausgebildeten Schultergürtel und Teile des Beckengürtels. Fast allen Schlangen fehlen außer den Gliedmaßen auch Schulter- und Beckengürtel, aber bei einigen Riesenschlangen treten Rudimente der Hinterextremitäten auf. Wale besitzen keine Hintergliedmaßen, aber im Skelett sind Reste der Beckenknochen vorhanden (Abb. S. 72). Diese rudimentären Organe beweisen, daß



Schwein



Rch



Schaf



Pferd

Rudimentation der Fußskelette bei Wirbeltieren



Wale, fußlose Eidechsen (Blindschleiche) und Riesenschlangen von vierfüßigen Vorfahren abstammen. Die Huftiere haben sich im Verlaufe von Jahrtausenden aus Tieren mit fünfstrahligen Extremitäten entwickelt, wie die rudimentären Teile ihrer Fußskelette beweisen (Abb. S. 72). Ähnliche Verhältnisse sind auch bei Pflanzen bekannt. Manche Pflanzen besitzen keine Blätter zur Assimilation des Kohlenstoffs.

Höherentwicklung, Spezialisierung und Rückbildung sind Erscheinungen in der stammesgeschichtlichen Entwicklung, die in engster Wechselbeziehung zueinander stehen.

Oft ist eine Spezialisierung zugleich mit einer Rückbildung verbunden.

Die Rudimentation ist die Rückbildung eines Organs bis auf einen Rest (Rudiment). Sie ist mit dem Verlust der Funktionsfähigkeit verbunden.

Homologie beruht auf morphologischer Übereinstimmung von Organen, die auf gleichen stammesgeschichtlichen und embryonalen Ursprung zurückzuführen sind. Die Organe sind oft in Anpassung an verschiedene Funktionen unterschiedlich gestaltet. Homologie und Rudimentation geben Aufschluß über die Abstammung der Lebewesen.

Die Stammesgeschichte kann sich nur durch die allmähliche Umbildung des Erbgefüges einzelner Arten vollzogen haben. Die stammesgeschichtliche Entwicklung ist nicht umkehrbar und kann experimentell nicht wiederholt werden.



Stammesentwicklung der Pflanzen und Tiere

Die Organismenwelt der Gegenwart umfaßt eine Vielzahl von Arten. Diese weisen neben den sie unterscheidenden Merkmalen in verschiedenem Maße Übereinstimmungen auf. Die abgestufte Ähnlichkeit der Arten kann auf Grund der Einsichten in die Vorgänge der Vererbung und Veränderlichkeit meist als Verwandtschaft verschiedenen Grades erklärt werden.

Miteinander verwandte Organismen müssen eine gemeinsame Abstammung besitzen. Der Prozeß der Stammesentwicklung kann nicht allein an der heutigen Organismenwelt erkannt werden. Das Studium von Überresten und Spuren der Lebewesen früherer Erdzeitalter trägt wesentlich dazu bei, die Stammesgeschichte der Organismen aufzuklären. Viele Beweise der Stammesgeschichte sind jedoch verlorengegangen.

Von den Organismen vergangener Epochen sind in der Regel nur *Hartteile* wie Gehäuse und Panzer der Wirbellosen, Knochen und Zähne der Wirbeltiere oder Pflanzenteile (bei Inkohlung) erhalten geblieben. Alle aus vergangenen Erdzeitaltern erhalten gebliebenen Teile und Spuren von Lebewesen, die gefunden werden, heißen Fossilien.

Ihre Untersuchung hat erwiesen, daß die Lebewesen auf der Erde sich verändert haben. Dabei sind die hochentwickelten Formen der Gegenwart aus einfacheren Organismengruppen der Vergangenheit entstanden. Wichtige Veränderungen vollzogen sich immer im Prozeß der Anpassung an neue Umweltbedingungen. Sehr spezialisierte und dadurch nicht mehr anpassungsfähige Organismen sind zum Teil als Seitenlinien der Entwicklung ausgestorben. Andere, weniger an spezielle Bedingungen angepaßte Formen haben auf Veränderungen ihrer Umwelt besser reagieren können und sind dadurch bis zur Gegenwart als lebende Zeugen vergangener Zeitalter erhalten geblieben.

Zur Untersuchung und Deutung von Fossilien werden auch viele an rezenten Formen gewonnenen Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen Bau und Funktion, Organismus und Umwelt und andere gesetzmäßige Beziehungen herangezogen. Durch Rückschlüsse von rezenten auf frühere Erscheinungen lassen sich wertvolle Erkenntnisse ableiten.

Die Untersuchung der Fossilien als eine Aufgabe der Paläontologie ist eine wichtige Grundlage zum Verständnis der Abstammung heutiger Organismen.

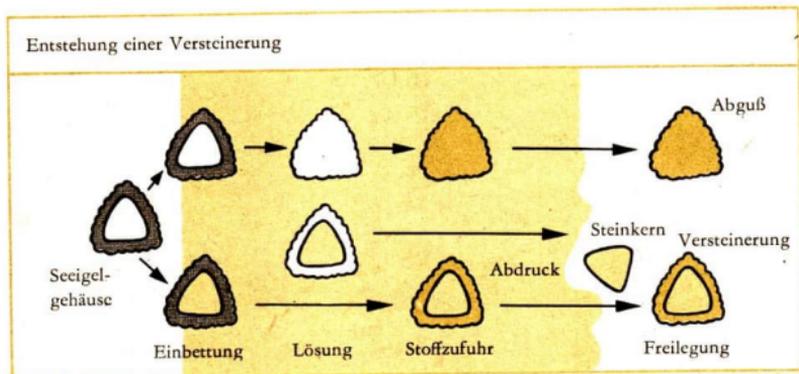
* Die Stammesentwicklung der Lebewesen ist nicht zu trennen von der Entwicklung der komplexen Wechselbeziehungen der Lebewesen untereinander und zur an-



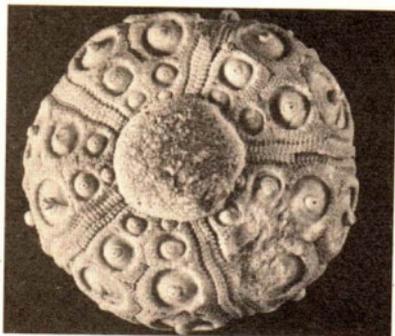
organischen Umwelt (Evolution der Ökosysteme). Die Stammesentwicklung ist nur eine der Seiten der Lebensgeschichte. Sie ist das Ergebnis einer Geschichte von Ökosystemen, über die noch wenig bekannt ist, die aber deutlich erdgeschichtliche Voraussetzungen hat. Der auf Mannigfaltigkeit der Formen (Stammesentwicklung) und Beziehungen (Ökosysteme) sowie auf Höherentwicklung gerichtete Prozeß der Lebensgeschichte wurde überwiegend durch geologische Bedingungen ermöglicht, gefördert oder behindert (z. B. Überflutungen, Gebirgsbildungen, Vereisungen). Erdgeschichtliche Situationen spiegeln sich in der Lebensgeschichte wider. Das Leben seinerseits hat in ständig veränderter Gestalt als Biosphäre erdgeschichtlich gewirkt. Dabei hat sein Einfluß auf äußere Veränderungen ständig zugenommen (z. B. Bildung einer Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre mit oxidierenden Eigenschaften als Folge der Assimilationstätigkeit der Algen; Behinderung der mechanischen Verwitterung und Förderung der chemischen Verwitterung durch Herausbildung einer geschlossenen Pflanzendecke.*

Entstehung der Fossilien

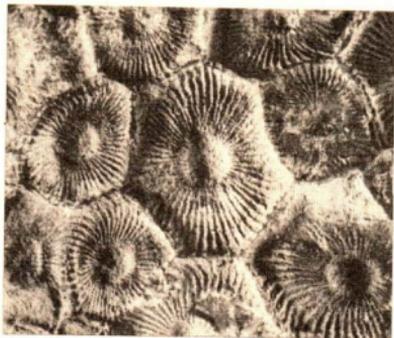
Hartteile unterliegen normalerweise im Kreislauf der Stoffe einem Zerstörungsprozeß. Zersetzung und Zerstörung organischer Substanz sind die Regel, Erhaltung ist die Ausnahme. Luftabschluß und Einbettung verhindern die Verwesung und mechanische Zerstörung, nicht aber die chemische Zersetzung der Hartteile der Organismen. Die Fäulnis kann nur unter günstigen konservierenden Bedingungen verhindert werden, so über geologisch kurze Zeiträume infolge *Mumifizierung* durch Dauerfrost,



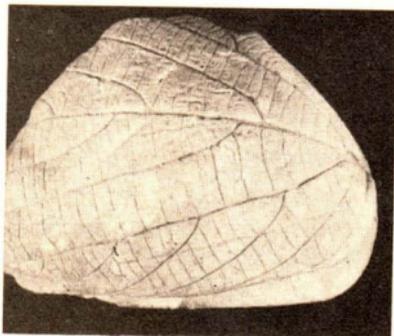
Entstehung eines Fossils



Versteinerter Seeigel



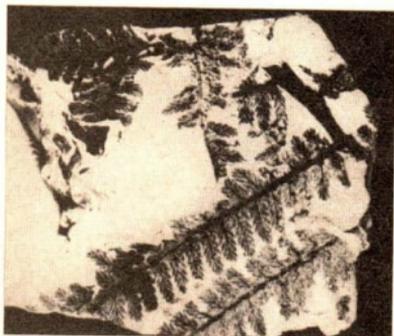
Versteinerter Korallenstock



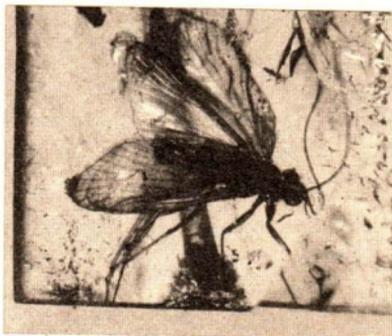
Abdruck eines Blattes



Abdruck einer Fährte



Inkohlung bei einem Karbonfarn



Bernsteineinschluß (Insekt)



Salzlösungen, Austrocknen oder durch Gerbstoffe in Mooren. Als natürliche Dauerpräparate treten *Einschlüsse* in fossilem Baumharz (Bernstein, Abb. S. 76) und von Minerallösungen inkrustierte Gewebe (z. B. Verkieselungen, Tafel 4) auf.

Die Einbettung organischer Reste erfolgt vorwiegend unter Wasser im Kies, Sand, Ton, Schlamm oder Sumpf, daneben aber auch im Löß, Dünensand und Höhlenlehm. Je feinkörniger das Sediment ist, um so mehr Einzelheiten zeigt der *Abdruck*, wenn der eingebettete Rest im festen Gestein vergeht. Eine andere Art der Fossilbildung aus Hartteilen ist die *Versteinering* (Mineralisation). Sie erfolgt durch Einlagerung von Mineralien in poröse Hartteile (z. B. Knochen). Die Kalksubstanz eines Schneckengehäuses kann auch durch Kieselsäure ersetzt worden sein (Wechselbeziehung zwischen Auflösung und Mineralisation, Abb. S. 75 f., 78 u. 80 f.).

Fossilien werden meist durch Zufall gefunden. Deshalb ist das vorliegende Material nicht vollständig, unsere Kenntnisse über eine Reihe von Problemen sind dadurch noch lückenhaft.

Die Funde werden zum Beispiel im Bergbau (in Kohle-, Salz- und Erzgruben), in Steinbrüchen, bei Erdbohrungen oder Ausschachtungen (Kies- und Baugruben) und bei Untersuchungen des Polareises geborgen.

12

13

14

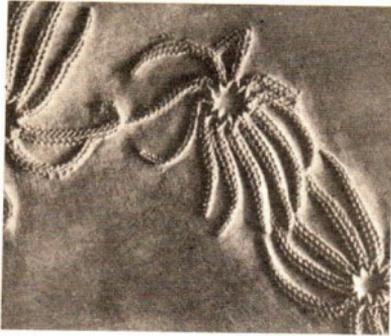
15

16

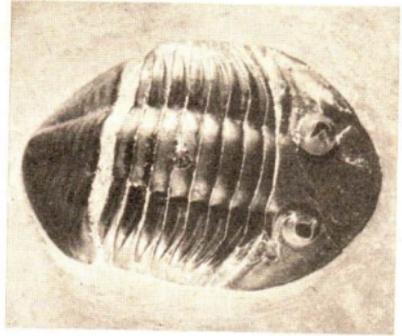
Entwicklung der Organismen in den verschiedenen Erdzeitaltern

Erdfrühzeit – Erdaltzeit

Bis zur Mitte der Erdaltzeit lebten fast alle Organismen im Meer (9/10 der Zeit seit es Leben gibt). Es hat länger als 1 Milliarde Jahre gedauert, bis die Energiegewinnung durch Photosynthese möglich wurde (Algen). Der dadurch freiwerdende Sauerstoff führte zu einer Umwandlung der Uratmosphäre. So wurde die Energiegewinnung durch Atmung unter Verbrauch organischer Stoffe und damit die Entfaltung tierischen Lebens möglich. Seit Beginn der Erdaltzeit gibt es schützende, erhaltungsfähige Hartteile in verschiedenen Tierstämmen, die als Fossilien Auskunft über die Organismen geben können. Vom Ordovizium an gibt es für alle Tierstämme fossile Belege. Die Vielfalt der Meeresräume wurde in Etappen besiedelt. Im Kambrium besiedelten höhere Mehrzeller (z. B. Würmer, Armfüßer und Gliedertiere) den Boden der Flachmeere. Besonders charakteristisch waren die Trilobiten (Abb. S. 78). Mehrfach plötzlicher Wechsel der Tierwelt weist auf Vernichtung, Neueinwanderung und Differenzierung hin. Im Ordovizium traten die ersten aktiven Schwimmer auf (z. B. Kopffüßer, Abb. S. 78; primitive Wirbeltiere). Die ersten Korallenriffe im Silur bieten zahlreiche neue Lebensmöglichkeiten. Die Differenzierung des Lebens erreichte im Meer ihren ersten Höhepunkt, die Voraussetzung für die Eroberung des Festlandes war gegeben. Die Besiedlung des Festlandes durch Pflanzen und Tiere kennzeichnet eine neue Etappe des Lebens. Durch das



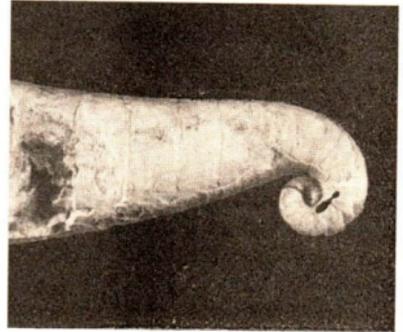
Schlangensterne



Trilobit



Kopffüßer

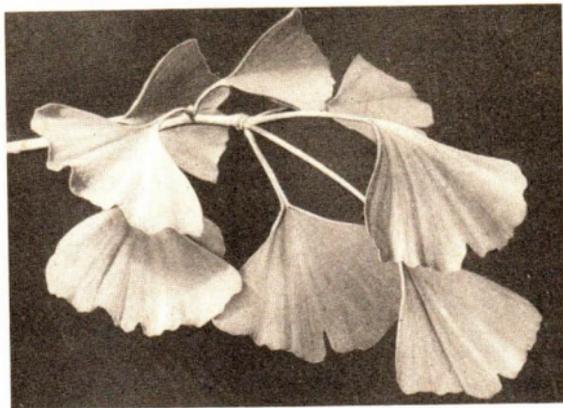


Kopffüßer (gestreckte Art)

teilweise Sinken des Wasserspiegels großer Flachmeergebiete sowie durch die Bildung zahlreicher flacher Senken entstanden im Devon gute Lebensbedingungen (Selektionsrichtung) für Lebewesen, die im Wasser und an Land leben konnten. Eine rasche Entwicklung günstiger Formen, oft durch Funktionswechsel, war die Folge. So wurden als Festigungsgewebe spezialisierte Zellen bei den Urlandpflanzen zu Einrichtungen für die Leitung des Wassers (Tafel 4). Weitere Voraussetzungen für einen erfolgreichen Schritt der Pflanzen auf das Land waren die Ausbildung einer Kutikula, von Spaltöffnungen, von wurzelartigen Gebilden und Sporenträgern mit Sporen. Alle diese Merkmale kamen anfangs nur in unvollständigen Kombinationen bei verschiedenen einseitig spezialisierten Pflanzen vor. Bei relativ einfachen Formen von Landpflanzen, zum Beispiel bei Nacktsprossern (*Rbynia*) waren sie vereinigt (Abb. S. 79). Von hier aus begann die Entwicklung des Blattes als Assimilationsorgan, wobei eine außerordentliche Formenvielfalt entstand (Karbon).

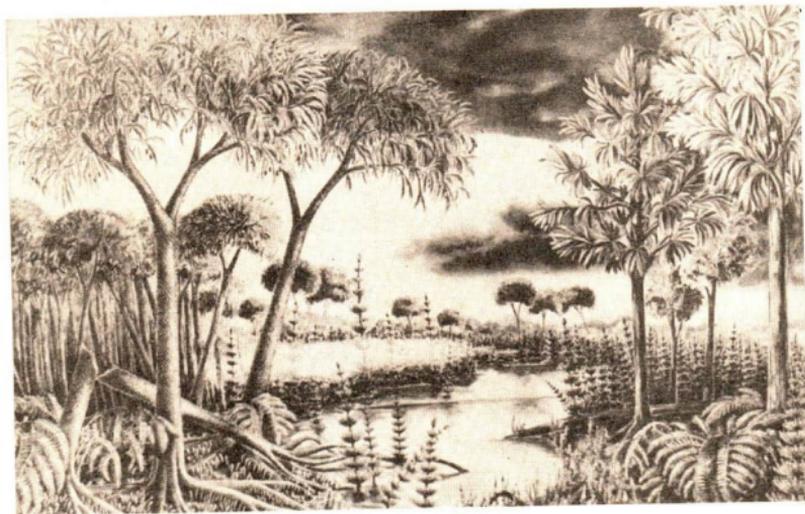


Rhynia

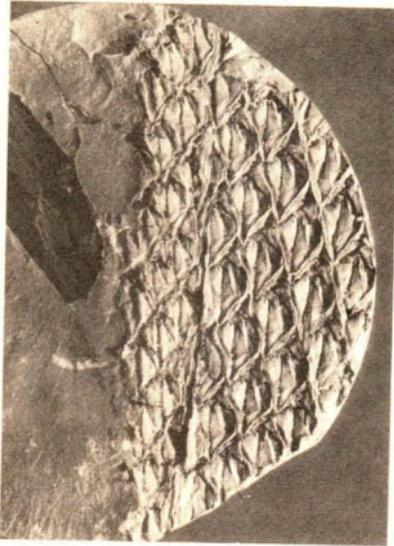


Ginkgo biloba, rezenter Vertreter der Ginkgogewächse

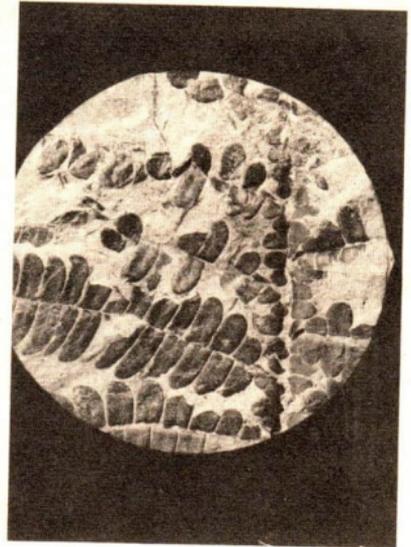
Die bei einigen im Wasser lebenden Tieren entwickelte Chitinkutikula (Glieder-tiere) erwies sich auch auf dem Lande als ausgezeichneter Schutz. Als „idealer Leichtbaustoff“ ermöglichte das Chitin die Ausbildung von Flügeln (Insekten) im späten Devon, als sich unter den Wirbeltieren die ersten Lurche entwickelten. Die



Karbonwald (Erdaltzeit)



Blattpolster eines Schuppenbaumes



Samenfarn

Fähigkeit, austrocknende Gewässer verlassen und über Land in andere gelangen zu können, bestimmte im Devon die Entwicklung vom Quastenflosser (Fisch) zum Lurch (s. Abb. S. 89). Von den im Devon lebenden Panzerfischen, die im Süßwasser vorkamen, ging nicht nur die Entwicklung der landlebenden Vierfüßer (über die Quastenflosser), sondern mit den Knochen- und Knorpelfischen auch die der Wirbeltiere im offenen Meer aus.

Die Entfaltung der Lurche erreichte ihren Höhepunkt in den von Panzerlurchen beherrschten Sümpfen des Karbons (Abb. S. 79). Schuppen-, Siegel-, Schachtelhalm-bäume (Abb. S. 80) und Karbonfarne führten im Karbon zum Maximum der Biomasseproduktion auf dem Festland.

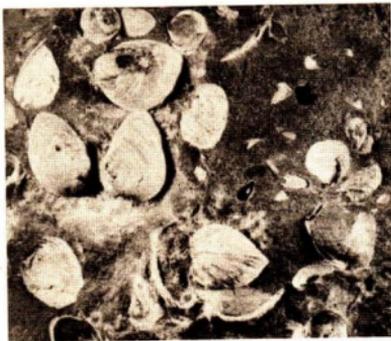
Erdmittelzeit – Erdneuzeit

Infolge stärkster Einengung der Schelfmeere an der Wende zur Erdmittelzeit veränderte sich der Artenbestand der im Meer lebenden Wirbellosen stark. In den Meeren der *Erdmittelzeit* gelangte die Klasse der Kopffüßer (Tintenschnecken) mit den Ammoniten und Belemniten (Abb. S. 81) zur größten Blüte. Die Knochenfische entwickelten sich zu Formen, die in größter Vielfalt die Meere und Binnengewässer der Erdneuzeit bevölkern (Abb. S. 81).

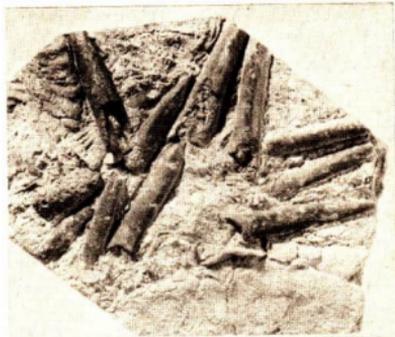


Auf dem Festland waren die Veränderungen der Organismenwelt an der Wende von der Erdaltzeit zur Erdmittelzeit weniger umfangreich. Nacktsamer und Reptilien als charakteristische mittelzeitliche Gruppen besiedelten die trocknen weiten Kontinentalgebiete des Perm (Abb. S. 79 u. 82 f.). Der gegenüber dem Karbon trockenere Lebensraum erforderte andere Formen der Fortpflanzung und des Schutzes der Pflanzen und Tiere gegen Austrocknung.

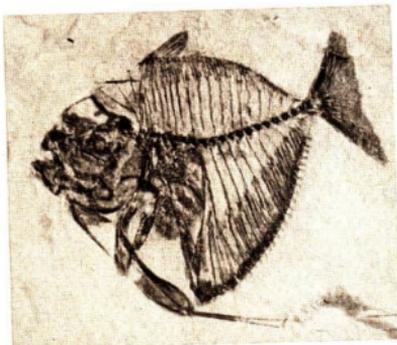
Aus den Farnsamern des Karbons gingen die Palmfarngewächse hervor, die den Bedecktsamern schon recht ähnlich waren. In der Mitte der Kreidezeit traten die ersten, noch wenig spezialisierten Bedecktsamer auf, aus denen sehr schnell unter dem fördernden Einfluß von Wind- und Insektenbestäubung die Vielzahl der heutigen Arten der Bedecktsamer entstand. Anfangs überwogen baumartige Formen, im Tertiär nahmen krautige Bedecktsamer immer mehr zu. Sie besiedelten viele noch freie Standorte und nahmen Einfluß auf Klima und Bodenbildung.



Muschelplatte



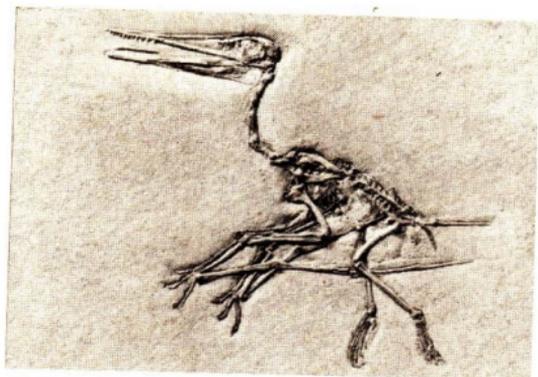
Donnerkeile



Korallenfisch



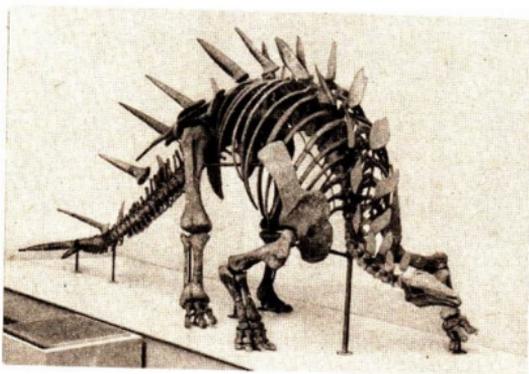
Ammonit



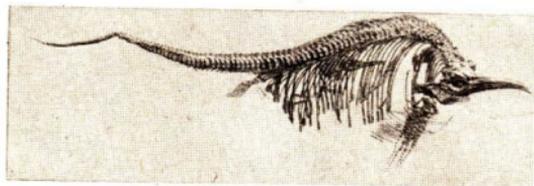
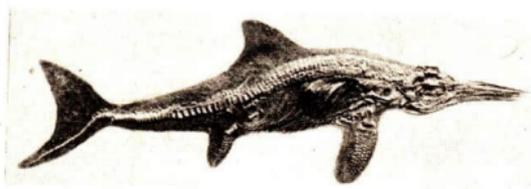
Saurier

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 9 m lang wurde.

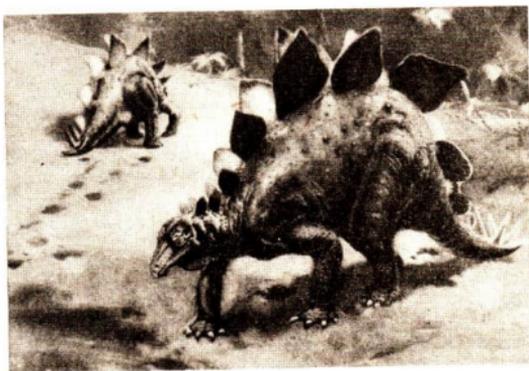


Zwischen den Kriechtieren und den Lurchen bestehen enge stammesgeschichtliche Verbindungen. Die Paläontologen fassen daher die fossilen Kriechtiere und Lurche unter dem Begriff Saurier zusammen.

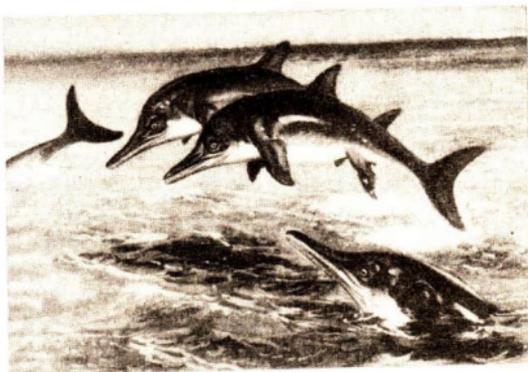


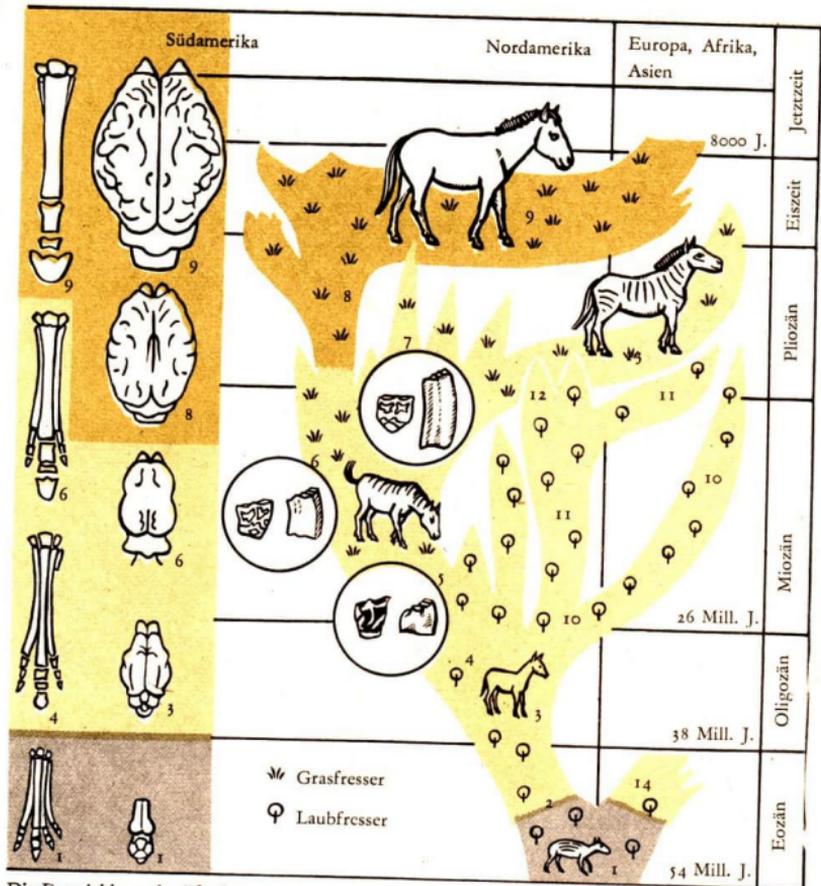


Flugsaurier: Mehrere Gattungen der Saurier bevölkerten auch den Luftraum. Bei *Pterodactylus* spannte sich die Flughaut zwischen den Vordergliedmaßen (die je einen stark verlängerten Finger besaßen) und dem Körper aus.



Wasserbewohner: Viele Saurier waren an das Wasserleben angepaßt, beispielsweise der *Stenopterygius*. Der schlanke, tropfenförmige Körper dieser Form erinnert an den heutigen Delphin. Dieser Körper fand im Wasser nur wenig Widerstand.

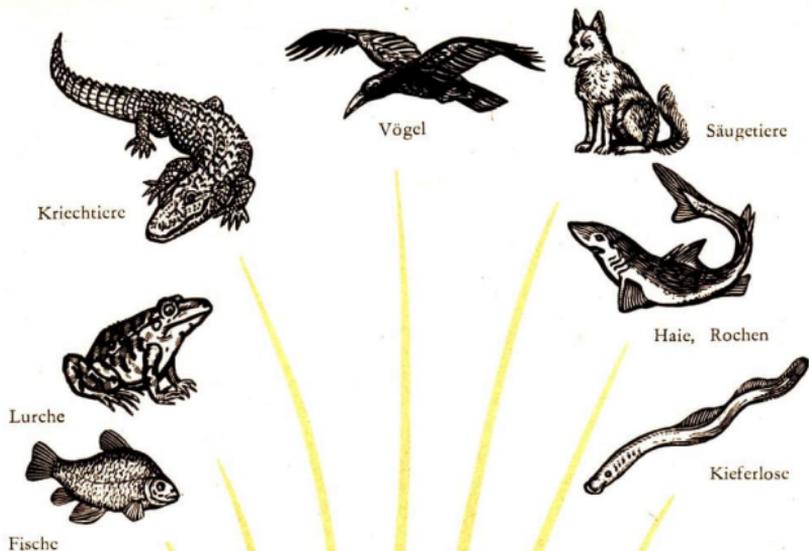




Die Entwicklung des Pferdes

Das Urfperdchen als ältester uns bekannter Vorfahre in der Entwicklungsreihe der heutigen Pferde bewohnte die großen nordamerikanischen Sumpfwälder. Der Bau der Füße war diesen Bedingungen angepaßt. Am Bau der Zähne und an deren geringer Abnutzung ist erkennbar, daß sich das Urfperdchen vom saftigen Grün der Kräuter und Sträucher ernährt hat.

Vom Urfperdchen, das nur etwa 25 cm groß war, bis zur Gegenwart belegen viele Fossilien die weitere Entwicklung und Verbreitung der Pferde. Dieser Entwicklungsprozeß wurde durch die Ausbreitung des Pferdes auf die Steppengebiete Europas, Asiens, Nordamerikas und Afrikas begünstigt. Auch das Gebiß paßte sich dem Übergang von der saftigen Laubnahrung in den Wäldern zum Fressen der trockenen Steppengräser an. (Die Ziffern 1 bis 14 dienen der Zuordnung der abgebildeten Objekte zu den verschiedenen Formen innerhalb der Entwicklungsreihe des Pferdes.)



Erdneuzeit Känozoikum	Quartär	Gesamtdauer 70 Mill. Jahre
	Tertiär	
Erdmittelalter Mesozoikum	Kreide	Gesamtdauer 120 Mill. Jahre
	Jura	
	Trias	
Erdaltertum Paläozoikum	Perm	Gesamtdauer 290 Mill. Jahre
	Karbon	
	Devon	
	Obersilur	
	Untersilur	

Stammbaum der Wirbeltiere (vereinfacht; gibt eine Darstellung im Phyletischen Museum in Jena wieder)



Eine besonders intensive Entwicklung erfolgte im Tierreich bei den Reptilien. Es entstanden zahlreiche Formen, von denen viele bald wieder ausstarben, während andere noch heute vorkommen (z. B. Schildkröten, Eidechsen, Schlangen) oder sich zu anderen Tiergruppen entwickelten (z. B. Vögel, Säuger; Abb. S. 85 u. 88).

An der Entwicklung der Säuger läßt sich besonders gut der Zusammenhang zwischen Organismen und Umwelt erkennen. Bereits im Erdmittelalter gingen aus den Reptilien säugerähnliche Formen hervor. Diese Tiere hatten unter den Bedingungen des Erdmittelalters keine wesentlichen Auslesevorteile gegenüber den viel stärker differenzierten Reptilien, ihre Ausbreitung ging deshalb wieder zurück.

In der Erdneuzeit erfolgte eine Entfaltung der Säugetiere. Sie zeigen zahlreiche Differenzierungen in der Fortbewegungs- und Ernährungsweise und erhebliche Fortschritte in der Gehirnentwicklung (s. S. 64), die ihren Höhepunkt bei den Primaten und schließlich beim Menschen findet.

In der Erdneuzeit wird die bisher stärkste Differenzierung der Organismen erreicht. Besonders bei den Bedecktsamern, Insekten, Vögeln und Säugern erfolgte eine vielfältige Spezialisierung. Klimaänderungen (z. B. Temperaturrückgang) waren wesentlich an der Herausbildung der rezenten Organismenwelt beteiligt.

Das Ergebnis der verschiedenen Vorgänge in der Erd- und Lebensgeschichte ist die Zunahme der Besiedlung unterschiedlicher Lebensräume und die Höherentwicklung der Organismen. Dabei wurden viele Entwicklungsabschnitte bei Pflanzen früher erreicht als bei Tieren (z. B. Besiedlung des Festlandes).

Übergangsformen

Unter den Fossilien finden solche Formen das besondere Interesse der Wissenschaft, die Merkmale verschieden hoch entwickelter Gruppen von Lebewesen in sich vereinigen. Besonders eindrucksvoll sind Fossilien, die zwischen den heutigen Wirbeltierklassen stehen, beispielsweise den Fischen und Lurchen oder zwischen den Reptilien und Vögeln (Abb. S. 88).

Solche als *Zwischenformen* oder *Übergangsformen* bezeichneten Lebewesen vereinigen in sich altertümliche und fortschrittliche Merkmale. Dieses „Mosaik“ unterschiedlicher Merkmale widerspiegelt eine feste Gesetzmäßigkeit: Merkmale ändern sich nicht plötzlich alle gleichzeitig, sondern ungleichmäßig nacheinander. Dafür gibt es im wesentlichen zwei Ursachen. Erstens sind Änderungen eines biologischen Systems bei gleichzeitiger Erhaltung seiner Funktionsfähigkeit nur möglich, wenn jeweils nur einzelne Teile des Systems (also einzelne Merkmale) verändert werden. Zweitens zieht die Veränderung des einen Merkmals oft die Veränderung anderer Merkmale nach sich.

Urtümliche Organismenformen können verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten in sich tragen. Welche Möglichkeit realisiert wird, ist hauptsächlich von der Umwelt



Systemtabelle

Erdzeitalter		Hauptgruppe	Entwicklung der Organismen	es treten erstmalig auf	
Erdneuzeit	Quartär (1,5)*	Säuget und Vögel	Bedecksamer	Herausbildung der menschlichen Gesellschaft	Mensch
	Tertiär (65)* * (Mill. Jahre)			Herausbildung der rezenten Verhältnisse. Geographische und klimatische Gliederung der Tier- und Pflanzenwelt	Steppe, Savanne, Wiese, rezente Insektengattungen, rezente Säugetordnungen
Erdmittelzeit	Kreide (135)	Saurier	Nacktsamer	Letzte Blüte der Ammoniten, Beleniten und Saurier mit zahlreichen speziellen Formen, sterben am Ende alle aus	Bedecksamer, immergrüner Laubwald, Vögel
	Jura (190)			Erneutes Aufblühen der Ammoniten, volle Entfaltung der Nacktsamer (Nadelbäume), Pflanzen mit ersten Bedecksamermerkmalen	neuzeitliche Korallenriffe, neuzeitliche Knochenfische, Ginkgo (rezente Gattung), Urvogel
	Trias (225)			Zu Beginn einschneidende Veränderungen in allen Stämmen der Meerestiere, fast völliges Aussterben der Ammoniten	neuzeitliche Steinkorallen, Urschmetterlinge, Säuget, Dinosaurier
Erdaltzeit	Perm (280)	Lurche	Farnpflanzen	Trockenheitsanpassungen bei Pflanzen und Tieren (Nacktsamer, säugerähnliche Reptilien, Puppenstadien bei Insekten)	Nadelbäume, Ginkgogewächse, Käfer
	Karbon (350)			Besiedlung trockener Standorte. Panzerlurche, Insekten	Samenfarne, Schaben, Süßwassermuscheln, Reptilien, säugerähnliche Reptilien
	Devon (400)	Fische	Besiedlung feuchter Lebensräume des Festlandes durch Pflanzen, Gliedertiere, später Wirbeltiere	Nacktsprosser und höhere Farnpflanzen, Insekten, Ammoniten, Knorpel- und Knochenfische, Lurche	
	Silur (440)	Wirbellose	Lagerpflanzen	Intensive Besiedlung der Flachmeere	Panzerfische (Kiefer), Skorpione, Korallenriffe
	Ordovizium (500)			Graptolithen, größte Entfaltung der Nautiliden (Geradhörner), Trilobiten, Korallen. Besiedlung des Süßwassers	Moostierchen, Kieferlose, Muscheln
	Kambrium (600)			Besiedlung des Meeresbodens, Blütezeit der Trilobiten, Kalkalgen	Trilobiten, Krebse, Schnecken, Steinkorallen, Stachelhäuter
	Erdfrühzeit Erdurzeit (4500)			Entstehung des Lebens, Auftreten der Photosynthese, Differenzierung der Wirbellosen	älteste algenartige Struktur (1,2 Milliarden Jahre), Würmer, Amfüßer (700 Millionen Jahre)

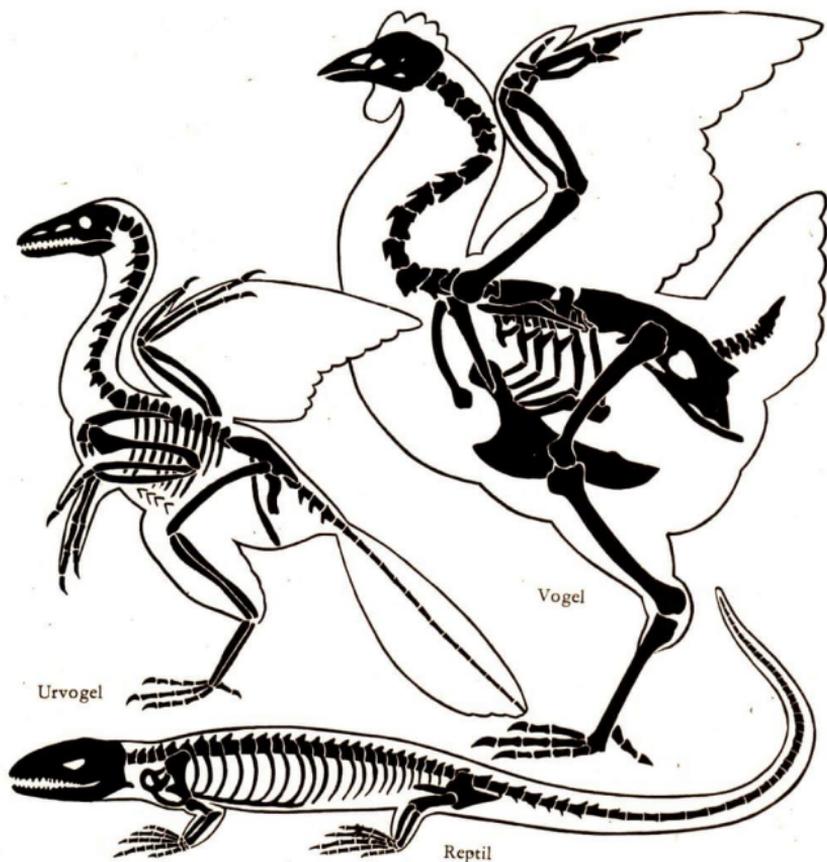


abhängig. Ist jedoch ein neues Merkmal ausgeprägt, wird die Ausprägung anderer vorhandener Anlagen gleichzeitig eingeschränkt.

Die bekannteste Übergangsform ist der Urvogel (*Archaeopteryx*). Bisher wurden drei Urvogelskelette gefunden. An ihnen sind Merkmale von Reptilien und von Vögeln recht gut zu erkennen (Abb. S. 88 u. Tafel 3).

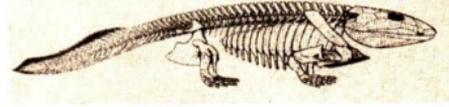
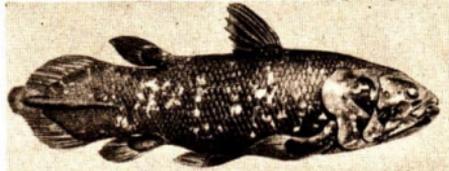
Merkmale der Vögel: Federn, Anordnung der Schwungfedern, verwachsene Mittelfußknochen, erste Zehe des Fußes den anderen entgegengestellt (Greiffuß).

Merkmale der Reptilien: einfaches Gehirn mit kleinem Kleinhirn, bezahnter Kiefer, noch sehr bewegliche Wirbelsäule, auffallend langer Schwanz mit Schwanz-





Archaeopteryx
(Rekonstruktion)



Rezenter Quastenflosser
Skelettabbruck eines fossilen Quastenflossers
Urlurch

wirbeln, flaches Brustbein, freie Mittelhandknochen, drei Finger mit Krallen, Vorhandensein von Bauchrippen.

Die beim Urvogel anstelle von Schuppen gebildeten Federn ermöglichten die schrittweise Entwicklung der Schwingen und der Flugfähigkeit. Die Wärmeisolierung durch die Federn trägt zur Erhaltung der gleichmäßigen Körpertemperatur bei (gleichwarme Tiere), die wiederum die außerordentlich hohen physischen Leistungen des Fliegens ermöglicht (Abb. S. 89).

★ Die *Archaeopteryx* lebten als Klettervögel in den Bäumen. Bei großen Sprüngen wirkten die Flügel zunächst als Gleitflächen. Die Flugfähigkeit entwickelte sich über primitive Formen des Flatterns. Hierbei vollzogen sich weitere Veränderungen im Brustskelett, die sowohl zu einer Stabilisierung des Körpers im Flug als auch zur Ausbildung großer Ansatzflächen für die sich stärker entwickelnde Flugmuskulatur führten. ★

Die Entwicklung von Knochenfischen zu Lurchen ist durch verschiedene Zwischenformen belegt. Besonders groß ist die Ähnlichkeit zwischen den Quastenflossern (Knochenfisch) und urtümlichen Lurchen (Vierfüßern, Abb. S. 89) aus dem späten Devon.

Eine im Süßwasser lebende Form der Quastenflosser (Abb. S. 89) besaß eine Merkmalskombination, die den Übergang zum Landleben möglich machte. Eine



innere Nasenöffnung zur Rachenhöhle und eine einfache Lunge ermöglichten neben der Sauerstoffaufnahme aus dem Wasser (Kiemenatmung) auch die Aufnahme von Luftsauerstoff (Lungenatmung). Die paarigen Flossen besaßen eine zentrale Achse und konnten zur Fortbewegung auf dem Grunde der Gewässer und zum Kriechen über Land benutzt werden. So konnten diese Tiere austrocknende Gewässer verlassen.

Die urtümlichen Lurche zeigten folgende Merkmale der Vierfüßer: Gliedmaßen mit 5 Zehen, großer Vorder- und kurzer Hinterschädel, Lungenatmung. Merkmale der Knochenfische sind: Fischschwanz, Flossensaum und Schuppen, hohe und schmale Körperform, Seitenliniensystem zur Orientierung im Wasser.

Die Merkmalsgefüge der fossilen Quastenflosser und der urtümlichen Lurche veranschaulichen, wie sich aus Knochenfischen Vierfüßer entwickelten, wenn sie auch auf Grund einzelner spezialisierter Merkmale keine direkten Vorfahren der rezenten Vierfüßer sind.

18 Aus den Quastenflossern des Devon sind auch die rezenten im Meer lebenden Quastenflosser (Abb. S. 89) hervorgegangen. Sie sind jedoch ebensowenig wie die heute lebenden Lungenfische in der Lage, zum Landleben überzugehen. Sie sind zu stark an das Leben im Wasser angepaßt.

19

20 * Die rezenten Quastenflosser wurden erst 1938 entdeckt, als ein Exemplar dieser Fischart vor der südafrikanischen Ostküste gefangen wurde. Bis dahin waren nur fossile Quastenflosser bekannt. Man nahm an, daß sie schon vor Jahrmillionen ausgestorben seien. *

21

Rezente Quastenflosser und Lungenfische sind Beispiele dafür, daß sich Merkmalsgefüge früherer Erdzeitalter bis heute erhalten haben können. Andere Beispiele für „lebende Fossilien“ (Reliktformen) sind Brückenechse, Schnabeltier, Opossum, Spitzhörnchen (Abb. S. 113), Tapir sowie Gingko (Abb. S. 79), Zimmertanne und Mammutbaum.

22

23

In den einzelnen Epochen der Erdgeschichte traten unterschiedliche Organismengruppen vorherrschend auf.

Die Gruppen der Lebewesen haben sich auf der Erde von einfachen zu komplizierteren Formen entwickelt. Ihre Anzahl, Differenziertheit, Kompliziertheit und Größe nahmen zu.

Übergangsformen besitzen die Merkmale niederer Formengruppen und ihrer höheren Entwicklungsstufe (z. B. Urvogel).

Die Entfaltung der großen Pflanzen- und Tiergruppen verlief nicht parallel; sondern die Entfaltung neuer Tiergruppen begann immer erst, wenn sich eine neue Pflanzengruppe bereits ausgedehnt hatte.

Viele Formen vergangener Perioden der Erdgeschichte sind ausgestorben. Einige Arten haben alle Veränderungen von der Altzeit bis zur Gegenwart überdauert.

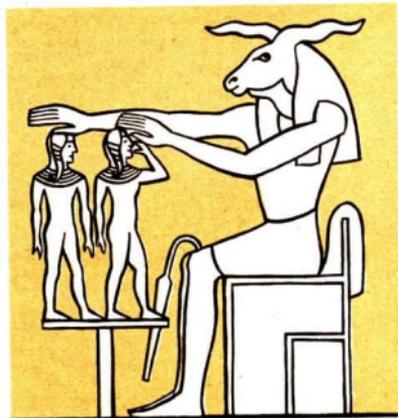


Aus der Geschichte der Abstammungslehre

Da alles Bestehende eine Geschichte hat, erfordert die Erkenntnis der Dinge auch die Erkenntnis ihrer Entwicklung.

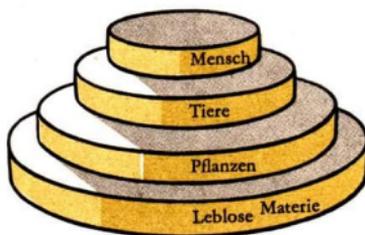
Die wissenschaftliche Erklärung der Herkunft der Organismenarten gibt die Abstammungslehre. Die Herausbildung einer wissenschaftlichen Theorie der stammesgeschichtlichen (phylogenetischen) Entwicklung der Lebewesen ist ein langer historischer Prozeß. Wie alle Erkenntnisprozesse wurde er von der Entwicklung, den Erfordernissen und Ergebnissen der produktiven Tätigkeit des Menschen beeinflusst. Dabei spielten der Stand der Erkenntnisse und die weltanschauliche Position der jeweils in einer Epoche herrschenden Klasse und des einzelnen Forschers eine entscheidende Rolle.

★ Schon früh entstanden mit den Anfängen wissenschaftlicher Arbeit (etwa 5. Jahrh. v. u. Z.) Auffassungen über die natürliche Entwicklung der Organismen. Das Fehlen vieler heute bekannter wissenschaftlicher Erkenntnisse und Arbeitsmethoden bedingte, daß die Auffassungen der Denker des Altertums selten durch exakte Untersuchungen belegt werden konnten. Viele sahen das Problem in richtiger Weise und waren um eine materialistische Erklärung bemüht. Neben solchen materialistischen Auffassungen von der Entwicklung der Organismen entstanden



Der ägyptische Gott Chnum modelliert die ersten Menschen aus Ton

Stufenbau der Welt nach Aristoteles





auch zahlreiche idealistische Lehren. Sie gingen alle davon aus, daß eine übernatürliche Kraft den Entwicklungsprozeß der Arten steuert.

Nach diesen Auffassungen von der Geschichte der Lebewesen gab es in der Generationsfolge der einmal von einem höheren Wesen geschaffenen Arten keine wesentlichen Veränderungen mehr (Konstanz der Arten). Unter dem Einfluß der Kirche haben sich diese Lehren bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts behauptet. Sie wurden erst durch die von DARWIN begründete und seitdem weiterentwickelte wissenschaftliche Theorie von der natürlichen Entwicklung der Organismen widerlegt.

ARISTOTELES entwickelte die Auffassung, daß eine stufenweise Entstehung der Arten erfolgte, wobei übernatürliche, zielstrebige Entwicklungskräfte wirken und durch sie die in der lebenden Natur erkennbare Zweckmäßigkeit (Angepaßtheit) erreicht wird (Abb. S. 91). Die weitere Ausarbeitung einer wissenschaftlichen Lehre von der Entwicklung der Lebewesen wurde wesentlich behindert durch die sich mit dem Niedergang der Sklavenhalterordnung entfaltende und auch von den Feudalherren genutzte Macht der Kirche. Im Mittelalter wurden die Schriften antiker Gelehrter wieder bekannt. Da sich solche Anschauungen wie die von ARISTOTELES besonders gut den kirchlichen Glaubenssätzen anpassen ließen, durften nur sie gelehrt werden. Wer auf Grund eigener Beobachtungen und Untersuchungen an ihren Erkenntnissen zweifelte, wurde als Ketzler verfolgt. ★

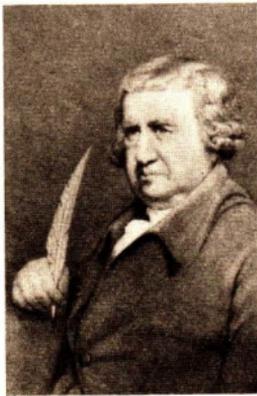
Die Schaffung naturwissenschaftlicher Voraussetzungen für die wissenschaftliche Abstammungslehre

Stärker als alle kirchlichen Dogmen und aller Aberglaube sind die objektiven Entwicklungsgesetze der Gesellschaft. Der Prozeß der Herausbildung einer wissenschaftlichen Abstammungslehre kann nur richtig verstanden werden, wenn die gesellschaftlichen Prozesse berücksichtigt werden, die im späten Mittelalter zu einer gewaltigen Entfaltung der Naturwissenschaften führten. Die in dieser Zeit einsetzende Entwicklung der kapitalistischen Produktionsweise erforderte die Erschließung der Naturschätze und die Nutzung der Naturkräfte. Erkannte Naturgesetze waren technisch nutzbar, und ein naturwissenschaftlich begründetes Weltbild gab Argumente gegen kirchliche, die Feudalordnung stützende Dogmen. Das in dieser Zeit gesellschaftlich progressive Bürgertum war im Interesse seines Profites an der Entfaltung der Produktion interessiert und wollte im Rahmen seiner Ausbeuterinteressen die feudale Welt verändern. Eine solche Klasse mußte weitgehend davon ausgehen, daß die materielle Welt unabhängig von allen „heiligen Kräften“ existiert, erkennbar ist und durch Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnisse vom Menschen verändert werden kann. Die Entwicklung der Naturwissenschaften und eines materialistischen Weltbildes waren notwendige Voraussetzungen für den damals vom Bürgertum erstrebten gesellschaftlichen Fortschritt.



Unter diesen gesellschaftlichen Bedingungen wurden die naturwissenschaftlichen Voraussetzungen einer wissenschaftlichen Abstammungslehre geschaffen. Dieser Prozeß vollzog sich unter harter Auseinandersetzung zwischen verschiedenen Standpunkten. Teilweise wurde versucht, die neuen Erkenntnisse wieder mit den alten kirchlichen Dogmen in Einklang zu bringen, teilweise behinderte eine einseitige, durch noch ungenügende Kenntnis der Zusammenhänge bedingte Erklärung der neuen Erkenntnisse die wissenschaftliche Entwicklung. Mit der Entwicklung der industriellen Produktion wurden beispielsweise beim Bergbau, in Steinbrüchen und bei Ausschachtungen durch bessere Kenntnis der geologischen Schichten und durch zahlreiche Fossilienfunde zunächst Tatsachen bekannt, die dem in der Bibel verkündeten Erdalter von 5000 Jahren und der Schöpfungsgeschichte widersprachen. Immer unhaltbarer wurden die zur Rettung der religiösen Position unternommenen Versuche, geologische Schichten als Ablagerung der Stoffe nach ihrem spezifischen Gewicht im Moment der Schöpfung und Fossilien als mißlungene Entwürfe des Schöpfers zu deuten.

★ Der französische Naturforscher CUVIER (1769 bis 1832, Abb. S. 93) gab in Anbetracht zahlreicher in der Umgebung von Paris gefundener Fossilien verschiedener geologischer Formationen die Ansicht vom einmaligen Eingriff Gottes in Form der Sintflut auf. Nach seiner Auffassung war die Veränderung der Erdoberfläche das Ergebnis plötzlicher Katastrophen, bei der auch jedesmal der größte Teil der Organismen vernichtet wurde. Die geringen Überreste hätten dann unter Bildung von Modifikationen die Neubesiedlung vollzogen. Obwohl CUVIER selbst die Katastrophen nicht durch göttliche Eingriffe erklärt, ließ sich seine Katastrophentheorie als abgewandelte Sintflutauffassung gut mit der Religion in Einklang bringen. Beim Vergleich der heutigen Lebewesen mit den Fossilien zeigt sich jedoch, daß die An-



E. Darwin (1731 bis 1802)



G. Cuvier (1769 bis 1832)



J. B. Lamarck (1744 bis 1829)



zahl der ausgestorbenen Lebewesen in jüngeren Erdschichten immer geringer wird. Das beweist, daß das Verschwinden und Neuauftreten von Lebewesen nicht katastrophenartig, sondern allmählich verläuft und somit Cuviers Theorie falsch ist.

Im 18. Jahrhundert stellte der englische Bergbauingenieur William SMITH (1769 bis 1839) fest, daß bestimmte Fossilien für bestimmte Erdschichten charakteristisch sind (Leitfossilien), es also gewisse Beziehungen zwischen der Erdgeschichte und der Geschichte der Organismen gibt.

Der schwedische Forscher Carl von LINNÉ (1707 bis 1778) erweiterte durch seine Arbeiten die Artenkenntnis heute lebender Tiere und Pflanzen erheblich. Er kam entgegen seines ursprünglichen Standpunktes am Ende seines Lebens zu der Auffassung, daß sich heutige Arten aus anderen Arten entwickelt haben können. Die Lösung der Frage nach der Entstehung der Arten wurde immer dringender. *

Die unmittelbaren Vorläufer der wissenschaftlichen Abstammungslehre

Die mit der Vorbereitung und Durchführung der bürgerlichen Revolutionen in England und Frankreich verbundene gesellschaftliche, weltanschauliche und wissenschaftliche Entwicklung bewirkte und begünstigte die Ende des 18. Jahrhunderts verstärkt auftretenden Versuche zur Schaffung einer Entwicklungstheorie der Organismen.

* Der englische Arzt und Naturforscher Erasmus DARWIN (1731 bis 1802, Großvater von Charles DARWIN, Abb. S. 93) vertrat die Auffassung, daß alle Organismen sich entwickelten. Als Beweise für eine ständige Veränderung der Arten nannte er die rudimentären Organe vieler heute lebender Organismen (z. B. Staubfäden ohne Staubbeutel, Schwingkölbchen zweiflügliger Insekten), die Veränderung der Haustiere durch die Domestikation und die paläontologischen Funde. Als wichtigsten Entwicklungsfaktor sah Erasmus DARWIN einen inneren Vervollkommnungstrieb der Lebewesen an.

Den bedeutendsten Versuch einer umfassenden Darstellung der natürlichen Entwicklung vor Charles DARWIN lieferte der französische Biologe Jean Baptiste LAMARCK (1744 bis 1829, Abb. S. 93). LAMARCK wurde durch sein Werk „Flora von Frankreich“ bekannt (1778). Darin wendete er als neue Methode der Pflanzenbestimmung die Gegenüberstellung bestimmter Merkmale (dichotome Methode) an, die noch heute in den meisten biologischen Bestimmungsbüchern üblich ist. LAMARCK wurde 1779 Mitarbeiter der französischen Akademie der Wissenschaften. Unter seiner aktiven Anteilnahme wurde das „Naturhistorische Museum“ in Paris gegründet, an dem er 1793 die Professur für niedere Tiere (Insekten und Würmer) erhielt. Die Beschäftigung mit dem Sammlungsmaterial des Museums führte LAMARCK zu immer größerem Zweifel an der Beständigkeit der Arten.

Aus der Beobachtung der Veränderungen an Haustieren und Kulturpflanzen



durch die Züchtung zog LAMARCK die Schlußfolgerung, daß in der Aufeinanderfolge der Generationen eine Umwandlung der Lebewesen erfolgte. Die Hauptursache für diesen Prozeß sah LAMARCK in dem Einfluß der Umwelt auf den Organismus. In seinem Hauptwerk „Zoologische Philosophie“ faßt LAMARCK seine Auffassung über die Beziehung von Organismus und Umwelt in zwei „Naturgesetzen“ zusammen:

1. Der häufige und dauernde Gebrauch eines Organs entwickelt und kräftigt dies allmählich proportional zur Dauer des Gebrauchs, während der ständige Nichtgebrauch das Organ schwächt, verschlechtert und es schließlich zum Verschwinden bringt.

2. Alles, was die Tiere durch die Einflüsse der Umweltverhältnisse, also durch den vorherrschenden Gebrauch oder Nichtgebrauch eines Organs erwerben oder verlieren, wird auf die Nachkommen vererbt, wenn die erworbenen Veränderungen beiden Elternteilen gemeinsam sind.

LAMARCK gebührt das Verdienst, die historische Entwicklung der lebenden Natur sowie die Zusammenhänge von Organismen und Umwelt umfassender als seine Vorgänger erkannt zu haben. Die von ihm angeführten Beispiele waren richtig, ihre Deutung und die Erklärung der Ursachen für die Entwicklung waren jedoch meist falsch. *

Wissenschaftliche Abstammungslehre

Der Begründer der wissenschaftlichen Abstammungslehre ist Charles DARWIN (1809 bis 1882, Abb. S. 97).

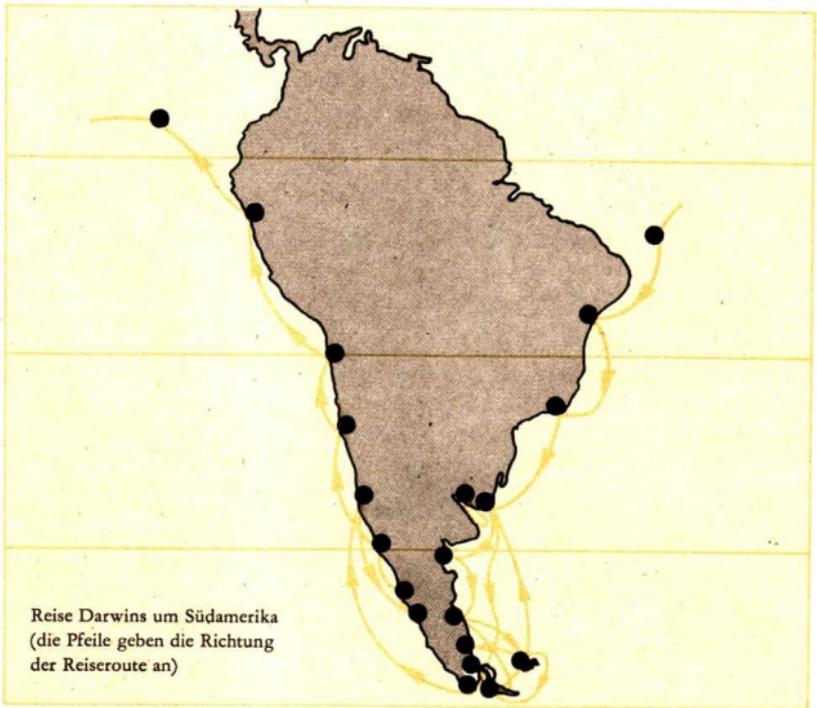
* DARWIN beschäftigte sich als Schüler eifrig mit Mineralien, Pflanzen, Muscheln und Insekten. Er begann ein Medizinstudium, wechselte aber nach zwei Jahren zum Theologiestudium über. Nach dessen Abschluß nahm er auf dem Forschungsschiff „Beagle“ von 1831 bis 1836 an einer Weltumsegelung teil. Die Expedition wurde durchgeführt, um den Bedarf englischer Kaufleute an zuverlässigen Seekarten zu befriedigen (Abb. S. 96).

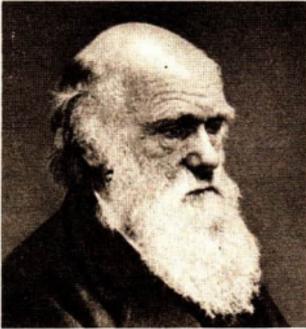
Mit dieser Reise begann für DARWIN ein völlig neues Leben. Er trat die Reise als überzeugter Vertreter der Lehre von der Schöpfung und Konstanz der Arten an und kehrte von ihr als ein Naturwissenschaftler zurück, der mit der religiösen Weltanschauung im wesentlichen gebrochen hatte und von der natürlichen Entwicklung der Organismen überzeugt war. DARWIN erwarb sich während der Reise durch ein fleißiges Selbststudium umfangreicher Literatur gründliche naturwissenschaftliche Kenntnisse. Dabei beeinflusste ihn besonders die Anschauung des englischen Geologen Charles LYELL (1797 bis 1875). LYELL begründete, daß die Erde nicht durch Katastrophen geformt wurde, sondern daß durch die auch in der Gegenwart wirkenden Kräfte (z. B. Wind, Wasser, Vulkanismus) in langen Zeiträu-



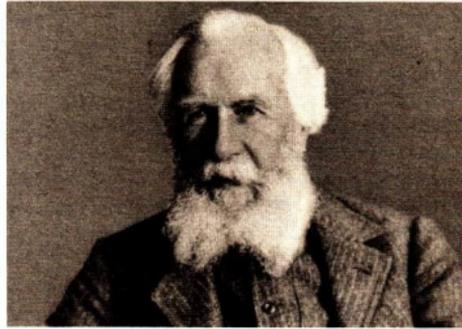
men eine Veränderung ihrer Oberfläche erfolgte. Viele Beobachtungen Darwins während der Weltreise ließen sich am besten mit dieser Theorie von LYELL erklären. Die stärksten Impulse für die Ausbildung seiner neuen Weltanschauung und Auffassung von der Entstehung der Mannigfaltigkeit der Organismen erhielt DARWIN durch die vor allem in Südamerika und auf den Galapagos-Inseln gemachten Beobachtungen.

DARWIN fand in Südamerika Skelette von Riesenfaultieren und riesenhaften kamelähnlichen Tieren, die zahlreiche Ähnlichkeiten mit den heute dort lebenden Guanakos und Lamas zeigten. Auf den Galapagos-Inseln (900 km westlich von Ekuador) stellte DARWIN fest, daß die dort lebenden Pflanzen und Tiere denen des Kontinents ähneln, also auf verschiedenen Wegen von dort auf die Inseln gelangt sein müssen, sich dann aber unter den anderen Lebensbedingungen verändert haben. Er beobachtete ferner, daß auf den verschiedenen Inseln bei gleichem Klima und gleicher Bodenbeschaffenheit verschiedene Arten der jeweils gleichen Gattungen von Schildkröten, Spottrosseln und Grundfinken sowie auch unterschiedliche





Charles Darwin (1809 bis 1882)



Ernst Haeckel (1834 bis 1919)

Pflanzenarten vorkommen. Infolge der Strömungsverhältnisse und der Meerestiefe mußten sich die Vertreter der einzelnen Arten auf den verschiedenen Inseln getrennt fortgepflanzt und unterschiedlich weiterentwickelt haben. *

Darwins Beobachtungen führten ihn zu der Frage, ob nicht die heutigen Organismen veränderte Nachkommen fossiler Arten sind und wodurch die unterschiedliche Entwicklung der Organismen sowie die Bildung neuer Arten bewirkt wird. An der Tatsache der Entwicklung der Arten aus anderen Arten zweifelte DARWIN nach dieser Forschungsreise nicht mehr. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Beobachtung und Untersuchung der Wirklichkeit ließ für die Schöpfungslehre und die Artkonstanz keinen Raum mehr. Zu klären blieb die Ursache und der Verlauf dieses Prozesses der Umwandlung der Arten. Dieser Aufgabe widmete DARWIN nach der Rückkehr von der Reise seine ganze Aufmerksamkeit. Durch Untersuchungen bei der künstlichen Zuchtwahl bei Haustieren und Kulturpflanzen entdeckte er die Lösung des Problems und die Bestätigung seiner bereits auf der Weltreise angestellten Überlegungen. DARWIN stellte fest, daß der Züchter die bei den Individuen des Zuchtstammes auftretenden Merkmalsänderungen registriert und für die weitere Zucht Individuen ausliest, die dem Zuchtziel entsprechen. Ständige Anhäufung bestimmter erblicher Merkmalsänderungen durch Auslese und Kreuzung der betreffenden Individuen führt den Züchter zum Ziel. Als Beleg dafür führte DARWIN unter anderem die zahlreichen Rassen der Haustaube an, die er selbst jahrelang züchtete. Daraus entwickelte DARWIN das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl. Er ging davon aus, daß auch in der Natur Individuen mit unterschiedlichen Merkmalen vorkommen (Variabilität), wobei DARWIN die genetischen Ursachen dieser Variation der Merkmale unbekannt waren. Die Auslese wird in der Natur jedoch von den Umweltbedingungen und nicht wie bei der künstlichen Zuchtwahl von einem intelligenten Wesen durchgeführt. Sie hat dort auch kein vorgegebenes Ziel. Im Ausleseprozess in der Natur haben die an die jeweiligen Umweltverhältnisse besser angepaßten Lebewesen eine größere Chance zur Fortpflanzung und



damit zur Weitergabe ihrer die positiven Merkmale steuernden Erbanlagen. Werden die Träger bestimmter Merkmale zum Beispiel durch solche geographischen Verhältnisse isoliert, wie sie DARWIN auf den Galapagos-Inseln vorfand, oder erfolgt eine ständige Auslese in gleicher Richtung, dann vermischt sich ihre Erbinformation nicht mehr oder immer seltener mit denen der Ausgangsformen. Es beginnt die differenzierte Entwicklung, die zu einer neuen Rasse und schließlich zu einer neuen Art führen kann. Ändern sich die Umweltbedingungen, dann sind andere in der Population einer Art vorhandene oder sich bildende Varianten angepaßter als die bisherigen, und sie werden allmählich zur bestimmenden Form dieser Population. Erst wenn die Umweltveränderungen zu groß sind oder zu plötzlich erfolgen und die Art in ihren Populationen keine Reserve an erblich variierten Individuen besitzt, die an diese Änderungen angepaßt sind, stirbt die Art aus.

* Ein besonders anschauliches Beispiel für das Wirken der natürlichen Auslese fand DARWIN auf der Insel Madeira (Westafrika). Von den dort lebenden 550 Käferarten haben 200 so verkümmerte Flügel, daß sie flugunfähig sind. Durch die auf der Insel wehenden Winde wurden die flugfähigen Tiere aufs offene Meer getragen und gingen zugrunde. Die Individuen, die infolge von Mutation schwach ausgebildete Flügel hatten und nicht fliegen konnten, waren dieser Auslese nicht ausgesetzt und kamen häufiger bis zur Fortpflanzung. Durch die über viele Generationen in der gleichen Richtung wirkende Auslese ging das Flugvermögen verloren. *

Die natürliche Zuchtwahl wird nach DARWIN durch die geschlechtliche Zuchtwahl unterstützt. Bei der Auswahl der Geschlechtspartner sollen nach DARWIN Männchen mit lauter Stimme, starkem Geweih, buntem Gefieder oder anderen auffälligen Merkmalen im Vorteil sein. Dadurch sollen sich Unterschiede in den äußeren (sekundären) Geschlechtsmerkmalen ausbilden. DARWIN übertrug hier zum Teil menschliche, ästhetische Empfindungen in die Natur. Neuere Untersuchungen über das Paarungsverhalten der Tiere zeigen, daß Darwins Lehre von der geschlechtlichen Zuchtwahl dennoch richtige Gedanken enthält. Darwins Theorie gestattete vor allem eine wissenschaftliche, materialistische Erklärung der in der lebenden Natur festzustellenden „Zweckmäßigkeit“. Diese „Zweckmäßigkeit“ ist nicht das Werk eines intelligenten, überweltlichen Wesens. Sie ist das Angepaßtsein der Lebewesen an die Umwelt als Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses unter den Bedingungen der Variabilität der Lebewesen und der natürlichen Auslese. DARWIN erkannte auch, daß es nicht nur Zweckmäßiges gibt, sondern auch „zwecklose“ oder „unzweckmäßige“ Organe und Verhaltensweisen (z. B. Hinterflügel unter den verwachsenen Flügeldecken flugunfähiger Käfer). Da jede Art nur an bestimmte Lebensverhältnisse angepaßt ist, kann das unter diesen Bedingungen „Zweckmäßige“ unter anderen Bedingungen zugleich sehr „unzweckmäßig“ oder „überflüssig“ sein. Erst über zwanzig Jahre nach der Rückkehr von der Weltreise veröffentlichte Charles DARWIN seine Erkenntnisse in dem 1859 erschienenen Hauptwerk „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“. Darin legt er die nach bestimmten, auch heute noch wirkenden objektiven



Gesetzen verlaufende Entwicklung der lebenden Natur dar. Die Grundgedanken lassen sich so zusammenfassen:

1. Die Lebewesen vermehren sich stärker als zur Erhaltung ihrer Art erforderlich wäre.

2. Die Individuen einer Art variieren in ihren genetischen Anlagen.

3. Die an die bestehenden Umweltverhältnisse am besten angepassten Individuen haben die höchste Chance zur Fortpflanzung und damit zur Weitergabe ihrer Erbanlagen (Auslese).

4. Bei Änderung der Umweltverhältnisse ändert sich auch die Auslese-richtung. Bisher Angepaßtes wird mehr „Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“ die Ansicht, daß sich die natürliche Entstehung des Menschen nach den gleichen Entwicklungsgesetzen wie bei Tieren und Pflanzen vollzog. *

5. Aus diesem Prozeß können neue Arten hervorgehen, wenn die Auslese längere Zeit in dieser durch die Umweltveränderung bedingten Richtung erfolgt.

* Über die Menschwerdung äußerte sich DARWIN erst, nachdem andere Naturforscher unter dem Einfluß seiner Lehre diese Frage behandelten. Er vertrat in dem 1871 veröffentlichten Werk „Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“ die Ansicht, daß sich die natürliche Entstehung des Menschen nach den gleichen Entwicklungsgesetzen wie bei Tieren und Pflanzen vollzog. *

24

25

Der Kampf um die Durchsetzung des Darwinismus

Mit der Begründung der wissenschaftlichen Abstammungslehre erhielt die Biologie eine neue wissenschaftliche Grundlage. Damit war allen religiös-idealistischen Auffassungen über die Schöpfung und die Konstanz der Arten die Grundlage entzogen. Das gab auch allen anderen nicht mit der Abstammung der Organismen beschäftigten Arbeitsgebieten der Biologie eine neue Orientierung. Diese Theorie hatte weit über die Biologie hinausgehende gesellschaftliche Bedeutung und Auswirkungen. Sofort nach ihrem Bekanntwerden wurde sie auch von Karl MARX und Friedrich ENGELS unterstützt und gewürdigt.

Obwohl Darwins Theorie unter seinen Zeitgenossen zahlreiche Anhänger fand, setzte sie sich erst in einem jahrzehntelangen, harten Kampf endgültig durch.

Einer der Gründe für diese Auseinandersetzung waren einige von DARWIN zu seiner Zeit nicht lösbare Probleme seiner Theorie.

* So war noch nichts über die grundlegenden Prozesse der Vererbung bekannt; die Arbeiten von Gregor MENDEL fanden in der Wissenschaft keine Anerkennung und Verbreitung und wurden erst 1900 wieder bekannt. Infolge der fehlenden Kenntnisse über die Auslösung von Mutationen und ihre Wirkung, über die Gene und ihre Wechselbeziehungen, über den Zusammenhang von Genotypus und Phänotypus, über die genetischen Prozesse in Populationen blieben in Darwins Theorie noch zahlreiche Fragen der Entstehung abweichender Merkmale, der Wirkung der



Auslese und der Herausbildung neuer Arten offen. Alle von der Wissenschaft für diese Probleme inzwischen gefundenen Lösungen führten zu einer Vertiefung und Weiterentwicklung der Darwinschen Grundgedanken. *

Die Auseinandersetzungen um den Darwinismus hatten jedoch auch gesellschaftliche Ursachen. Die Bourgeoisie hatte in vielen Ländern der Erde den politischen Sieg errungen und ihre Ausbeuterordnung errichtet. Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts ging der Kapitalismus in sein imperialistisches Stadium über. Die Sicherung des Maximalprofits durch zunehmende Ausbeutung der Arbeiterklasse und wachsende Unterdrückung kolonialer und abhängiger Völker hemmte immer mehr den gesellschaftlichen Fortschritt. Die Wissenschaft wurde zunehmend in den Dienst der Kapitalinteressen gestellt. Die Arbeiterklasse erwies sich in harten Klassenauseinandersetzungen als der Vertreter des gesellschaftlichen Fortschritts. Mit der Lehre von MARX und ENGELS war eine wissenschaftliche Begründung für den Untergang des Kapitalismus gegeben und der Arbeiterklasse der Weg zur Erfüllung ihrer historischen Mission gewiesen.

In einer solchen politischen Situation wurde die Bourgeoisie im Bündnis mit der Kirche zum erklärten Gegner aller Theorien, die eine unaufhörliche Entwicklung und Veränderung der Welt und eine materialistische, atheistische Weltanschauung vertraten. Zugleich griffen die revolutionären und fortgeschrittensten Teile der Arbeiterklasse die Darwinsche Lehre begeistert auf, denn sie bestätigte und erweiterte das materialistische, atheistische und auf Entwicklung gerichtete Weltbild des Proletariats. Darwins Theorie entsprach der marxistischen Weltanschauung. Den umfangreichsten und wirksamsten Beitrag zur Verteidigung und Verbreitung des Darwinismus leistete in Deutschland Ernst HAECKEL (1834 bis 1919, Abb. S. 97).

* HAECKEL studierte in Würzburg und Berlin Medizin, wendete sich aber danach zoologischen Studien zu. Als er 1862 in Jena Professor für Zoologie wurde, war er bereits Anhänger der Lehre Darwins. Durch eigene Forschungsarbeiten, Vorlesungen, zahlreiche Schriften und die Schaffung neuer wissenschaftlicher Einrichtungen (Phyletisches Museum) wirkte HAECKEL fünf Jahrzehnte mit Eifer und Erfolg für die Verbreitung und Vervollständigung des Darwinismus. In seinem ersten größeren Werk, „Generelle Morphologie der Organismen“, vertritt HAECKEL den Standpunkt, daß die ersten Lebewesen aus anorganischer Materie entstanden seien. Mit dieser Hypothese ging er noch über Darwins Anschauung hinaus. In dieser Arbeit formulierte er auch das „Biogenetische Grundgesetz“ (s. S. 63). HAECKEL stellte darin die Zusammenhänge zwischen der individuellen (ontogenetischen) und der stammesgeschichtlichen (phylogenetischen) Entwicklung der Organismen heraus. Er entwarf zahlreiche Stammbäume der Tiere zur Verdeutlichung der stammesgeschichtlichen Entwicklung und der Verwandtschaftsbeziehungen der Organismen (Abb. S. 101). *

Haeckels wirksamste Schrift zur Verbreitung des Darwinismus, die „Welträtsel“ (1899), trug in breiten Kreisen der Arbeiterklasse wesentlich zur Formung eines materialistischen und atheistischen Weltbildes bei. Durch seinen unerschrockenen Kampf gegen die kirchlichen Dogmen wurde HAECKEL zum Vorbild vieler Men-



Die Entstehung des Lebens auf der Erde

Die Frage, wie das Leben auf der Erde entstand, ist eines der kompliziertesten Probleme der Biologie, an dessen Lösung intensiv gearbeitet wird. Ein bis zu einem Zeitpunkt ungeklärtes Problem ist für die Menschen jedoch kein unklärbares Problem. Alles, was heute über die materielle Welt bekannt ist und durch Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse für die Menschheit in verschiedensten Formen genutzt wird, ist durch die Aufdeckung der materiellen Ursachen und der unabhängig vom Bewußtsein wirkenden objektiven Gesetze bekannt geworden. Dieser Prozeß wird durch die wissenschaftlich-technische Revolution erheblich beschleunigt.

Auch bei der Klärung der Entstehung des Lebens auf der Erde geht es letztlich um die Aufdeckung der materiellen Zusammenhänge und objektiven Gesetze, die dem Leben als Ganzem und dem Prozeß seiner Herausbildung aus dem Nichtlebenden zugrundeliegen. Die Möglichkeit, wissenschaftliche Probleme zu erkennen, zu lösen und ihre Ergebnisse im Interesse der Menschheit zu nutzen, ist wesentlich abhängig von den gesellschaftlichen Verhältnissen, den materiellen Mitteln der Gesellschaft, der Gesamtentwicklung der Wissenschaften, den Fähigkeiten und den weltanschaulichen Positionen des Forschers.

Kennzeichen der Lebewesen

Die wissenschaftliche Erklärung der Entstehung des Lebens setzt die Unterscheidung von Lebendem und Nichtlebendem voraus.

Durch den Vergleich der Lebewesen untereinander und mit Nichtlebendem können die gemeinsamen Merkmale alles Lebendem und die Elemente seines Unterschiedes zum Nichtlebendem erkannt werden. Das Leben ist an einzelne, zeitlich und räumlich begrenzte Gebilde (Individuen) gebunden, die aus verschiedenen voneinander abhängigen Teilen bestehen (Zellkern, Zellplasma, Zellen, Gewebe, Organe, s. S. 158 ff.). Die Einheit der Teile und die Erhaltung des Ganzen (Individuum) in seiner Umwelt wird durch Regulationsmechanismen vermittelt, die insgesamt ein Regulationssystem bilden. Bei den höheren Tieren und beim Menschen werden das Zusammenwirken der Teile und die Beziehungen zur Umwelt vor allem durch die nervale und hormonale Regulation vermittelt.



Stoffliche Zusammensetzung

Alle Lebewesen enthalten nur solche chemischen Elemente, die auch in der nichtlebenden Natur vorkommen. Bisher wurden 60 Elemente in Lebewesen nachgewiesen, der prozentuale Anteil dieser Elemente an der lebenden und nichtlebenden Substanz ist unterschiedlich.

Charakteristisch für alle Lebewesen im Unterschied zum Nichtlebenden sind die aus Makromolekülen bestehenden organischen Verbindungen: Eiweiße, Nukleinsäuren, Fette, Kohlenhydrate, Alkaloide. Sie kommen in der Natur nur in oder im Zusammenhang mit Lebewesen vor.

28

Beispiele für Anteile der Elemente		
Elemente	Erdrinde	menschlicher Körper
Phosphor	0,12%	1%
Kohlenstoff	0,09%	20%

Merkmale des Lebens

Alle Lebewesen haben folgende gemeinsamen Merkmale:

Stoff- und Energiewechsel, Reizbarkeit, Bewegung, Wachstum, Fortpflanzung und Entwicklung und Vererbung. Es sind durch Gene und Enzyme gesteuerte Prozesse.

Stoff- und Energiewechsel. Sämtliche Lebewesen stehen durch die Aufnahme, Umwandlung und Ausscheidung von Stoffen unter Energieumwandlung ständig mit ihrer Umgebung im Stoff- und Energieaustausch (Stoff- und Energiewechsel). Daraus resultiert eine ständige Selbsterneuerung des Organismus. Während sich nichtlebende Substanzen nur erhalten, wenn keine chemische Veränderung erfolgt, ist der unaufhörliche Stoff- und Energiewechsel der Organismen die Grundbedingung ihrer Existenz.

Allen Stoff- und Energiewechselvorgängen liegen einfache chemische, nicht für das Lebende spezifische Reaktionen zu Grunde. Im lebenden Organismus bilden diese Reaktionen jedoch ein geordnetes, einheitliches System von Reaktionsketten und -zyklen. Sie verlaufen in optimaler Weise, beschleunigt und gerichtet durch Biokatalysatoren.

Dieses Stoff- und Energiewechselsystem ist das Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses, in dem die Individuen mit dem besseren Regulationssystem und der höheren Stoff- und Energieverwertung der Nahrung die höhere Chance zum Überleben und zur Fortpflanzung hatten.

29



Reizbarkeit und Bewegung. Reizbarkeit ist eine Eigenschaft des Protoplasmas. Alle lebenden Systeme antworten auf äußere Einwirkungen (Reize) mit aktiven Veränderungen ihres Verhaltens (Reaktionen).

Wachstum, Entwicklung, Fortpflanzung und Vererbung. Lebewesen sind zeitlich und räumlich begrenzte und während der Dauer ihres Lebens vom Keim bis zur Fortpflanzungsreife sich entwickelnde Systeme. Ihre individuelle Entwicklung besteht in der Aufeinanderfolge bestimmter Stadien und endet gesetzmäßig durch den Tod. Dieser tritt ein, wenn die Stoff- und Energiewechselprozesse durch innere oder äußere Veränderungen der Bedingungen so gestört sind, daß das Regulationssystem selbst nicht mehr funktioniert. Durch die Fortpflanzung besteht das Leben in einer zeitlichen Aufeinanderfolge einzelner Individuen und wird solange existieren, wie die entsprechenden Lebensbedingungen vorhanden sind.

Die Fortpflanzung beruht auf der Fähigkeit der Zellen, ihre wesentlichen Bestandteile (vor allem die DNS), im Stoffwechselprozeß identisch zu reproduzieren und bei der Zellteilung an die Tochterzellen weiterzugeben. Dabei werden die Anlagen für die Merkmale der Nachkommen auf diese *vererbt* (s. S. 15 ff.).

Wesen des Lebens. Leben oder Lebendes liegt vor, wenn es sich um ein historisch-entstandenes, Erbinformation tragendes, ähnliche Nachkommen erzeugendes und sich selbstregulierendes System handelt, bei dem die Merkmale Stoff- und Energiewechsel, Reizbarkeit und Bewegung, Individualität, Wachstum und Entwicklung, Fortpflanzung und Vererbung zu einer Einheit verbunden sind. Isoliert für sich reichen die Merkmale nicht zur Kennzeichnung des Lebenden aus, weil sie als Einzelmerkmal auch Nichtlebendem zukommen können (z. B. Wachstum der Kristalle).

Ein solches System ist zur Höherentwicklung befähigt.

Die Entstehung des Lebens

Die Frage, wie das Leben auf der Erde entstanden ist, beschäftigt die Menschen seit dem Altertum. Zunächst konnten jedoch keine wissenschaftlich begründeten Erklärungen für die Herkunft des Lebens auf der Erde gegeben werden. Dafür fehlten alle wissenschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen.

* *Unwissenschaftliche Theorien von der Entstehung des Lebens.* Die Vorstellung, daß das Leben durch eine übernatürliche, göttliche Kraft erschaffen wurde, ist wissenschaftlich unhaltbar. Sie widerspricht der menschlichen Erfahrung von der Erkennbarkeit der Welt und stellt das Problem außerhalb des wissenschaftlich erforschbaren Bereichs.

Die bereits vor Beginn unserer Zeitrechnung aufgestellte Lehre, nach der Lebewesen nicht nur von artgleichen Vorfahren, sondern direkt aus leblosem Stoff hervorgehen können (Urzeugung), wurde bis ins 17. Jahrhundert nicht angezweifelt. So sollten zum Beispiel Mäuse aus einem schmutzigen Hemd in einem mit Weizen ge-



füllten Gefäß und niedere Organismen aus Schlamm entstehen können. Diese Theorien wurden erst durch PASTEUR eindeutig widerlegt, der nachwies, daß auch Bakterien nur aus Bakterienkeimen (Sporen) hervorgehen können.

Es ist auch nicht möglich, daß das Leben von anderen Planeten auf die Erde kam. Selbst wenn die Umweltbedingungen im Kosmos das Leben nicht zerstören würden, wäre damit die Frage nicht gelöst, denn dazu müßte man erforschen, wie das Leben denn auf den anderen Planeten entstand. *

Wissenschaftliche Theorien von der Entstehung des Lebens

Die Wissenschaft steht vor der schwierigen Aufgabe, die nichtlebenden Stoffe und die erforderlichen Bedingungen und Entwicklungsschritte zu suchen, durch die lebende Systeme aus nichtlebenden entstanden sind. Dazu sind umfangreiche experimentelle Arbeiten notwendig.

Der Kampf um die wissenschaftliche Lösung des Problems der Entstehung des Lebens auf der Erde erfordert für seinen Erfolg neben einer allseitigen Entwicklung der Naturwissenschaften, dem Können der Forscher und den gesellschaftlichen Mitteln vor allem eine wissenschaftliche Weltanschauung als Grundlage.

Nur wenn davon ausgegangen wird,

- daß das Leben auf der Erde unter bestimmten Bedingungen gesetzmäßig aus nichtlebender Materie entstanden ist und
- daß dieser gesetzmäßige Prozeß mit wissenschaftlichen Methoden erkennbar ist, kann man das Problem wissenschaftlich bearbeiten.

Alexander Iwanowitsch OPARIN vertritt diese, der marxistisch-leninistischen Weltanschauung entsprechende Position in seinen Untersuchungen über die Entstehung des Lebens auf der Erde seit 1924. Durch theoretische Überlegungen und Experimente sowie durch Auswertung und Verallgemeinerung des Tatsachenmaterials, über das die Naturwissenschaft heute verfügt, ist es OPARIN gelungen, wesentliche Grundlagen für die Theorie der Entstehung des Lebens zu liefern.

Er entwickelte als erster die Gedanken,

- daß auf der Erde vor der Entstehung von Lebewesen bereits organische Verbindungen existiert haben müssen, die die Grundlagen für die Entstehung des Lebens bildeten;
- daß es auf der Uerde noch keinen freien Sauerstoff gab und die ersten Lebewesen folglich ihre Energie nicht durch Atmung, sondern durch Gärungsprozesse gewannen.

Diese Bestandteile der Theorie OPARINs sind heute international anerkannt und können auf Grund zahlreicher Experimente als gesichert gelten.



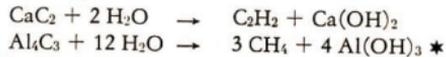
Die abiogene Entstehung von Kohlenwasserstoffen

Die erste Voraussetzung für die Entstehung von Leben war die abiogene Bildung von Kohlenwasserstoffen. Sie bilden die Ausgangsbasis für die makromolekularen organischen Verbindungen, die für alle Lebewesen charakteristisch sind (s. S. 103).

★ Im Gegensatz zu früheren Auffassungen haben Forschungen der letzten Jahrzehnte ergeben, daß organische Kohlenstoffverbindungen ohne Beteiligung von Lebewesen auf vielen Gestirnen entstanden, im Weltall weit verbreitet sind und die biogene Bildung organischer Stoffe, wie sie heute auf der Erde bekannt ist, nur einen Spezialfall darstellt. Kohlenstoff konnte durch Spektralanalyse auf sämtlichen bisher näher untersuchten Himmelskörpern nachgewiesen werden (auf der Sonnenoberfläche existieren bei 6000 °C Kohlenstoff-Stickstoffverbindungen). ★

In der Urperiode der Erde gab es Voraussetzungen für die abiogene Bildung großer Mengen von Kohlenwasserstoffen. Die Urerde besaß schon in sehr frühen Zeiten ihrer Geschichte eine feste Oberfläche, einen Urozean und eine Uratmosphäre ohne freien Sauerstoff. Die feste Oberfläche der Urerde enthielt Kohlenstoff in Form von Karbiden, also in Verbindung mit Metallen. Die Karbide reagierte mit Wasser. Dabei entstanden die ersten Kohlenwasserstoffe, die in die Uratmosphäre eingingen.

★ Die Vorgänge, die sich dabei abgespielt haben, können heute experimentell nachvollzogen und nachgeprüft werden, beispielsweise:



Unter dem Einfluß der UV-Strahlung der Sonne vollzogen sich in höheren Schichten der Atmosphäre fotochemische Reaktionen, aus denen höhere ungesättigte Kohlenwasserstoffe hervorgingen. Durch Reaktion von Metallnitriden und Metallsulfiden mit Wasser entstanden Ammoniak und Schwefelwasserstoff, die ebenfalls in die Atmosphäre gelangten.

Die Uratmosphäre enthielt infolge dieser Prozesse Kohlenwasserstoffe, zum Beispiel Methan (CH_4), Äthin (C_2H_2), außerdem Ammoniak (NH_3), Schwefelwasserstoff (H_2S), Wasserstoff (H_2), dazu Wasserdampf und Edelgase.

Wasserstoff und Edelgase entwichen allmählich wegen ihrer geringen Dichte in den Weltraum. Es gab jedoch keinen ungebundenen Sauerstoff. Der bei Reaktionen freiwerdende Sauerstoff wurde restlos von reduzierendem Gestein gebunden. Der heute vorhandene ungebundene Sauerstoff ist durch Lebewesen, also biogen entstanden.

Die abiogene Entstehung hochmolekularer Verbindungen

Aus den Kohlenwasserstoffen und den anderen genannten Ausgangsstoffen konnten sich in der Gas- und Wasserhülle der Erde solche organischen Verbindungen bilden, wie sie heute noch als Grundlage der Lebensprozesse im Organismus vorkommen: Aminosäuren, organische Stickstoffbasen, Nukleotide.



Einige der Reaktionen waren exotherm, andere Reaktionen waren endotherm. Als Energiequellen wirkten die Strahlungsenergie der Sonne, die radioaktive Strahlung und die elektrischen Entladungen der Atmosphäre.

★ Der Beweis für die Richtigkeit dieser Vorstellungen ist das Experiment, bei dem in der Experimentalanordnung die wahrscheinlichen Verhältnisse der Urerde belegt werden (Abb. S. 108).

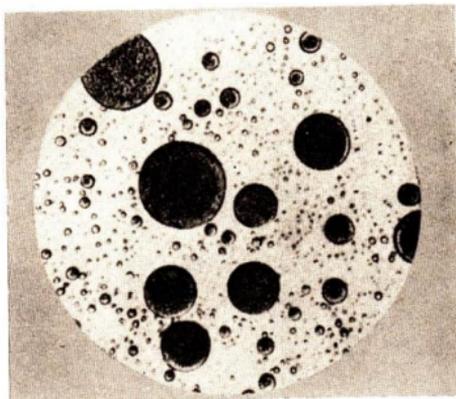
Die Wissenschaft hat experimentell den Beweis erbracht, daß nicht nur abiogen Kohlenwasserstoffe entstehen können, sondern aus ihnen auch abiogen Aminosäuren und ihre Polymere entstehen können. Die Gesetze der Physik und Chemie reichen aus, um die Bildung solch komplizierter organischer Stoffe wie beispielsweise Aminosäuren und Polynukleotide zu erklären. Die Bildung solcher Verbindungen ermöglichte die Entstehung der ersten Lebewesen.

Die Ansammlungen von eiweißähnlichen Verbindungen im Urozean waren noch kein Leben. Die Weiterentwicklung der im Urozean gelösten hochmolekularen Stoffe zu ersten Lebewesen ist noch nicht völlig geklärt. Sie ist Gegenstand intensiver Forschung. Im Mittelpunkt stehen hierbei die Erforschung der Bildung von Eiweißsystemen und ihre Individualisierung sowie die Klärung der Informationsspeicherung und ihrer identischen Weitergabe an die Tochtergeneration.

Zur Lösung dieser noch offenen Fragen wurden zwei Hypothesen entwickelt: die Koazervathypothese des sowjetischen Wissenschaftlers OPARIN und die Molekular- oder Nukleinsäurehypothese von CALVIN, FRIEDRICH-FREKSA, SCHRAMM und anderen. Jede der beiden Hypothesen gibt fundierte Erklärungen für noch offene



A. I. Oparin (geb. 1894)



Koazervatröpfchen aus Gelatine und Gummiarabikum

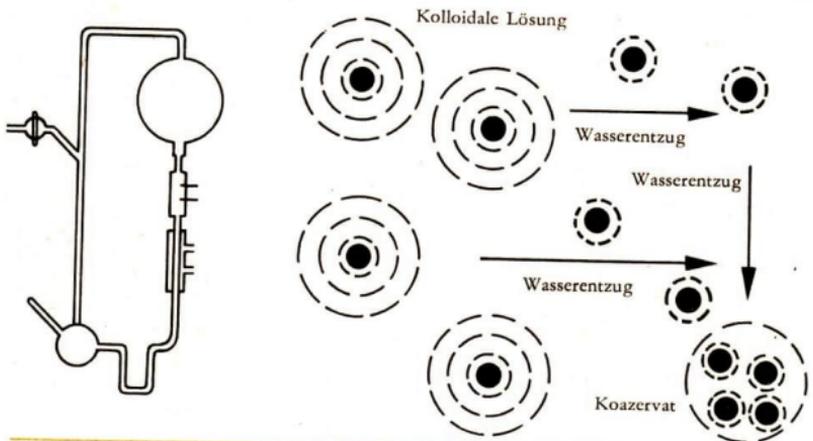


Teilprobleme. Beide Hypothesen gehen von einem materialistischen Standpunkt an ihr Teilproblem heran. Es ist heute noch nicht abzusehen, ob eine der beiden Hypothesen allein bestätigt werden wird, ob die Forschung zu einer Synthese beider Hypothesen zwingt oder ob völlig neue, erst noch zu entwickelnde Hypothesen wissenschaftliche Bestätigung erhalten werden.

Die Bildung von Eiweißen und ihre Individualisierung

Die Konzentration der im Urozean entstandenen organischen Verbindungen, die Abgrenzung dieser Konzentrationen gegen das umgebende Wasser und die Entwicklung innerer Strukturen zum Aufbau eines Stoffwechsels und zur Fortpflanzung waren einige Voraussetzungen zur Bildung lebender Systeme. Die im Urozean entstandenen hochmolekularen Verbindungen existierten als kolloidale Lösungen.

* In kolloidalen Lösungen ist ein Teil des Wassers, das Hydrationswasser, auf Grund elektrostatischer Kräfte an die Kolloidteilchen gebunden. Unter bestimmten Bedingungen wird ein Teil dieses Hydrationswassers abgegeben. Mit den dabei freierwerdenden elektrostatischen Kräften können mehrere Kolloidteilchen zu größeren Einheiten verbunden werden. Die so entstandenen Gebilde werden als *Koazervate* bezeichnet. Sie sind noch flüssig und schwimmen als scharf abgegrenzte Tröpfchen in der Lösung, ohne sich mit ihr zu vermischen (Abb. S. 107 und 108). In diesen Koazervaten sind 90 % (und mehr) der kolloidalen Teilchen konzentriert.



Gerät zur Synthese von Aminosäuren nach S. Miller (links), Koazervatbildung aus einer Kolloid-lösung (rechts, schematisch)



Die Koazervate wurden 1932 von DE JONG in kolloidalen Lösungen von Gelatine und Gummiarabikum entdeckt.

Nach der von OPARIN entwickelten *Koazervathypothese* konzentrierten sich die abiogen entstandenen organischen Verbindungen im Urozean in solchen Koazervaten. Infolge ihrer Fähigkeit, sich sowohl gegen das umgebende Wasser abzugrenzen als auch zugleich aus ihm Stoffe aufzunehmen und Stoffe dorthin abzugeben, bildeten sie eine günstige Voraussetzung zur weiteren Ausbildung der chemisch-physikalischen Grundlagen des Lebens. Koazervate können bei Überwiegen der Stoffaufnahme wachsen und sich auf Grund physikalischer Gesetzmäßigkeiten teilen.

Durch die Aufnahme von Stoffen konnten sich die Koazervate verändern. Alle Koazervate, die mit den neu aufgenommenen Stoffen keine positive Reaktion eingehen konnten, wurden zerstört, die Koazervate mit einem großen Reaktionsvermögen blieben erhalten. Hier konnte nach Auffassung OPARINs eine natürliche Auslese beginnen, unter deren Einfluß die Entwicklung zu den ersten Lebewesen erfolgte.

Unter der Wirkung der Auslese wurden die Systeme immer komplizierter, organisierter und besser an ihre Umwelt angepaßt. Es kam schließlich zur Bildung hochaktiver Fermenteiweiße, eines zeitlich-räumlich koordinierten Reaktionssystems, des echten Stoffwechsels, der die ständige Selbsterneuerung des Systems bewirkte. Damit waren auf der Erde die ersten Lebewesen, die *Uroorganismen*, aus nichtlebenden organischen Stoffen entstanden.

Die Koazervathypothese war ein wichtiger Schritt in der Entwicklung wissenschaftlich begründeter Vorstellungen von der Entstehung des Lebens auf der Erde.

Informationsspeicherung und Informationsweitergabe. Die Nukleinsäuren und die mit ihnen verbundenen Prozesse der Informationsanhäufung, -speicherung und -weitergabe bleiben in der Koazervathypothese weitgehend unberücksichtigt, beziehungsweise werden erst zu einem sehr späten Zeitpunkt der Entwicklung der Koazervate angenommen. Die Koazervathypothese gibt also keine Auskunft, wie die Information für den Ablauf der Prozesse des komplizierten Reaktionssystems gespeichert und bei der Teilung auf die Tochter Systeme übertragen wird.

Der Mechanismus der Informationsspeicherung, ihrer identischen Reproduktion und Weitergabe ist aus den Forschungsergebnissen der Molekularbiologie bekannt (z. B. DNS, RNS, Steuerung der Eiweißsynthese, s. S. 10 ff.). In Verbindung dieser Erkenntnisse wurde von einigen Wissenschaftlern eine Hypothese der Entstehung des Lebens aufgestellt, die als *Molekular- oder Nukleinsäurehypothese* bezeichnet wird.

Nach dieser Hypothese bilden einzelne Moleküle, die sich identisch reproduzieren konnten, den Ausgangspunkt des Lebens. Die Bildung abgegrenzter makromolekularer Systeme stellt das Ergebnis einer weiteren Entwicklung des Lebens dar.

Dabei geht die Molekularhypothese ebenfalls von den verschiedenen abiogen entstandenen organischen Stoffen aus. Aus ihnen konnten auf rein chemischem Wege Nukleotide entstehen.



* Der englische Forscher CALVIN stellte fest, daß Mononukleotide bei einer Konzentration von 10^{-4} (und höher) sich aufschichten und unter der Wirkung anorganischer Katalysatoren zu langen Ketten (Polynukleotiden) vereinigen. Diese waren bei günstigen Bedingungen in der Lage, sich identisch zu reproduzieren.

Durch Unregelmäßigkeiten bei der Vermehrung der Polynukleotide (etwa wie bei Genmutationen) entstanden infolge der Veränderung der Reihenfolge der Basen im Polynukleotidmolekül auch Veränderungen in der Struktur und Aktivität der von ihnen synthetisierten Polypeptide. Dadurch entstanden unter anderem Nukleinsäuren, die die Synthese eines Fermentes ermöglichten, das die identische Reproduktion der Nukleinsäuren beschleunigte. Der primitivste Stoffwechsel bestand nach dieser Hypothese in der Reproduktion der Nukleinsäuren und der Synthese des Fermenteiweißes. Die energieliefernden Verbindungen und auch die Bausteine der Nukleinsäuren und Eiweiße (Nukleotide und Aminosäuren) wurden dem Urozean entnommen. Später traten dann lebende Systeme auf, in denen mehrere Eiweißmoleküle vereinigt waren. Diese Systeme konnten dann beispielsweise Fermenteiweiße aufbauen, die selbst die Synthese von Nukleotiden aus dem Zucker, der organischen Base und der Phosphorsäure bewirkten. Diese Systeme waren in der Lage, ihren Stoffwechsel wesentlich aktiver und von der Umwelt unabhängiger zu gestalten. *

Das Problem der Konzentration mehrerer Makromoleküle und ihrer Abgrenzung gegen die Umwelt (Individualisierungsprozeß) läßt die Molekularhypothese weitgehend offen. Ob bei dieser Entwicklung die Koazervatbildung eine Rolle spielte oder andere Möglichkeiten (etwa Adsorption an Tonteilchen) wird von den Vertretern dieser Hypothese nicht erörtert. Die weitere Forschung muß klären, wie beide wesentlichen Prozesse, Individuenbildung und identische Reproduktion der Information, zusammen gewirkt haben können. Das Problem der Entstehung des Lebens wird erst dann völlig gelöst sein, wenn es gelungen ist, einfachste lebende Systeme experimentell im Laboratorium herzustellen.

Die weitere Entwicklung der Uroorganismen

Die ersten Lebewesen waren heterotroph. Sie ernährten sich von abiogen gebildeter organischer Substanz. Da es in der Uratmosphäre keinen freien Sauerstoff gab, gewannen die Uroorganismen ihre Energie durch Abbau organischer Stoffe (Gärung). Mit der Verminderung der organischen Nahrungsstoffe im Urozean wurden andere Energiequellen für den Stoffwechsel erschlossen. Unter Wirkung von Mutation und Auslese entwickelten sich Lebewesen, die die Fähigkeit besaßen, mit Hilfe der Lichtenergie organische Stoffe aus Kohlendioxid und Wasser aufzubauen (Photosynthese). Die Bildung organischer Substanz erfolgt biogen. Als Folge der Photosynthese reicherte sich die Atmosphäre mit Sauerstoff an. Nunmehr konnten auch solche Lebewesen existieren, die ihre Energie durch Atmung gewinnen. Ungebundener Sauerstoff und biogene Bildung organischer Stoffe ermöglichten auch die weitere Vermehrung von Organismen, die keine Photosynthese durchführen können.



Unter den heute auf der Erde bestehenden Bedingungen ist eine Neuentstehung von Leben in der Natur nicht zu erwarten. Sollten sich tatsächlich primitive Lebensformen neu bilden, würden sie von Mikroorganismen schnell aufgebraucht werden und könnten sich nicht weiter entwickeln. Das heute auf der Erde vorhandene Leben behindert also die Neuentstehung von Lebewesen aus nichtlebenden Stoffen.

Mit der Entstehung der menschlichen Gesellschaft und des menschlichen Bewusstseins ging aus dem Lebenden eine noch höhere, die gesellschaftliche Bewegungsform hervor, die wieder neue, nicht auf die biologischen Gesetze reduzierbare Gesetzmäßigkeiten aufweist.

31

32

Leben ist das Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses, in dem es als eine hochentwickelte Bewegungsform der Materie entstand. In den Lebewesen wirken die physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten weiter. Charakteristisch für die Lebewesen sind aber neue Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten, wie zum Beispiel Selbstregulation und Selbstreproduktion, die biologische Vermehrungsweise, die Fähigkeit zur Merkmalsausbildung und zur Mutation sowie die sich unter der Wirkung der natürlichen Auslese vollziehende Entwicklung.



Die Stammesentwicklung des Menschen

Mit der Entwicklung des Menschen aus dem Tierreich heraus entstand die menschliche Gesellschaft als ein System mit völlig neuen Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten. In diesem Prozeß vollzog sich auch die Herausbildung der gesellschaftlichen Bewegungsform.

Die Entwicklungs- und Veränderungsprozesse des Menschen in der menschlichen Gesellschaft lassen sich nicht mehr mit biologischen Gesetzmäßigkeiten erklären. Der Mensch ist primär ein gesellschaftliches Wesen. Die biologischen Prozesse des Menschen sowie der von ihm veränderten und genutzten lebenden Natur werden immer stärker von den gesellschaftlichen Prozessen und Entwicklungsstufen beeinflusst. Der Mensch ist durch die gesellschaftliche Arbeit, durch die stete Entwicklung seiner körperlich-geistigen Fähigkeiten und seiner gesellschaftlichen Lebensformen im Prozeß der aktiven Veränderung und Aneignung der Natur zum Schöpfer dieser menschlichen Gesellschaft und damit zum Schöpfer seiner selbst geworden.

Ohne diese Entwicklung des gesellschaftlichen Arbeits- und Lebensprozesses wäre der Mensch nicht entstanden. Außerhalb und unabhängig von der Gesellschaft wäre er nicht existenzfähig. Eine jahrhunderttausende währende Aneignung und Veränderung der Natur hat eine Welt geschaffen, in der der Mensch die Natur immer mehr seinen Bedürfnissen und Zwecken entsprechend veränderte. Die Evolution vollzog sich immer weniger an seinem Organismus, sondern primär an seinen Werkzeugen, seiner gesellschaftlichen Organisation, seinen körperlich-geistigen Fähigkeiten.

Der Mensch ist aber auch ein biologisches Wesen, und er benötigt bestimmte biologische Voraussetzungen zu seiner Existenz. Im Zuge seiner gesellschaftlichen Entwicklung ist er jedoch immer besser in der Lage, mittels seines riesigen Produktionsapparates und der Wissenschaft diese biologischen Existenzbedingungen herzustellen und auch unter Umweltverhältnissen zu leben, unter denen er ohne diese gesellschaftlich geschaffenen Voraussetzungen als biologisches Wesen nicht leben könnte. Mit der Rekonstruktion der Stammesentwicklung des Menschen werden die biologischen Entwicklungsprozesse aufgedeckt, in denen sich die biologischen Grundlagen des Menschen herausbildeten. Stets ist jedoch bei der Betrachtung dieser Evolution der wachsende Einfluß der gesellschaftlichen Organisation während der Entstehung der Menschheit, besonders der Einfluß ihrer Arbeitstätigkeit, ihres Denkens und ihrer Sprache zu beachten.

Der Mensch hat viele biologische Merkmale mit anderen Lebewesen gemeinsam.



Sie beweisen, daß entwicklungsgeschichtliche Zusammenhänge mit dem übrigen Organismenreich bestehen. Zahlreiche Fossilfunde sowie eingehende Vergleiche zwischen dem Menschen und den heute lebenden Tieren lassen eindeutig erkennen, daß sich der Mensch aus dem Tierreich entwickelt hat. Die Tatsache, daß die Fossilfunde um so tierähnlicher sind, je älter die Epoche ist, aus der sie stammen, sowie die zahlreichen körperbaulichen Übereinstimmungen, die noch in der Gegenwart zwischen dem Menschen und den Tieren bestehen, beweisen die Richtigkeit dieser Überlegung. In völliger Übereinstimmung hiermit werden auch die vom Menschen geschaffenen Produktionsgeräte und kulturellen Hinterlassenschaften grundsätzlich um so primitiver, je älter sie sind, bis schließlich Entwicklungsstufen erreicht werden, auf denen überhaupt noch keine Zeugnisse für eine charakteristische menschliche Tätigkeit nachweisbar sind (s. Tafel 6).

Tier und Mensch

Die allgemeinen biologischen Kennzeichen des Lebens stimmen bei Mikroorganismen, Pflanzen, Tieren und Menschen prinzipiell überein. Mit zunehmender Organisationshöhe des Körperbaues gibt es aber Besonderheiten, die der Mensch nur mit allen Tieren oder mit den Wirbeltieren, den Säugetieren, den Primaten und letztlich nur mit den Menschenaffen gemeinsam hat oder nur allein besitzt. Es ist darum gerechtfertigt, den Menschen in das zoologische System einzubeziehen und ihn auf Grund seiner körperlichen Organisationsform, die sich während seiner Stammesgeschichte entwickelt hat, in die Ordnung der Herrentiere oder Primaten zu stellen.



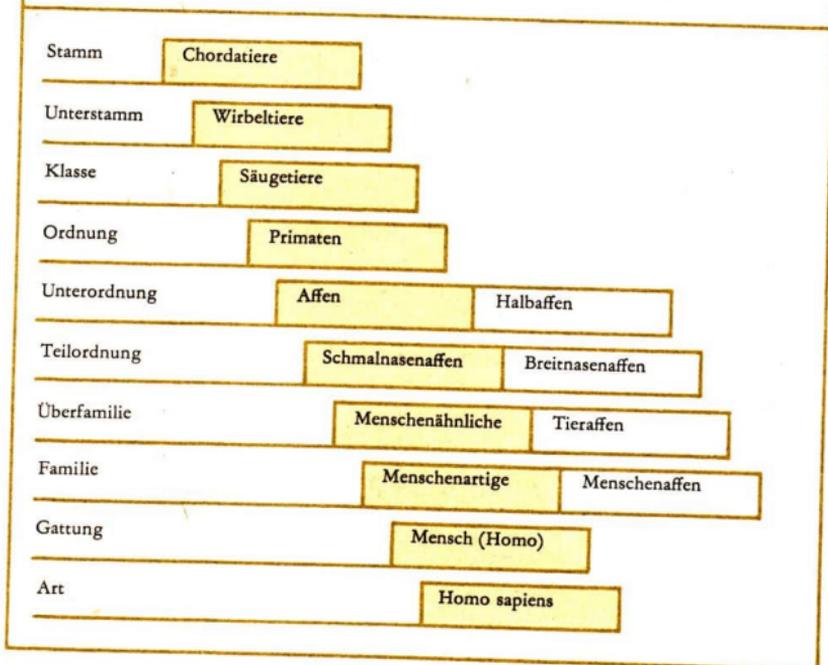
Spitzhörnchen



Koboldmaki



Die Stellung des Menschen im System der Tiere



Die Primaten (*Primates*) sind ein Teil der Klasse der Säugetiere (*Mammalia*), des Unterstammes der Wirbeltiere (*Vertebrata*) und des Stammes der Chordatiere (*Chordata*). Die nächsten tierischen Verwandten des Menschen sind demnach unter den Primaten zu suchen.

In der ausgehenden Kreidezeit haben sich zunächst die Halbaffen aus insektenfresserartigen Säugetieren entwickelt. Noch heute leben in weiten Teilen Südostasiens die unseren Baum- und Siebenschläfern ähnlichen Spitzhörnchen, die zwar zu den Halbaffen gehören, aber noch Merkmale der Insektenfresser aufweisen (Abb. S. 113). Im Verlaufe der weiteren Entwicklung sind aus den Halbaffen die echten Affen hervorgegangen.

Die echten Affen werden in Breitnasenaffen und in Schmalnasenaffen unterteilt. Die Breitnasenaffen (Abb. S. 115), zu denen unter anderen der Brüllaffe und der Kapuzineraffe gehören, besitzen eine breite Nasenscheidewand, und die Nasenlöcher sind nach der Seite gerichtet. Bei den verschiedenen Gruppen variiert die Zahnzahl zwischen 32 und 36; in jedem Fall haben sie aber drei Vorbackenzähne in jeder Kieferhälfte. Die Breitnasenaffen haben sich im tropischen Amerika entwikk-



kelt. Sie kommen als Vorfahren des Menschen nicht in Betracht. Dagegen bestehen enge Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Schmalnasenaffen und dem Menschen. Bei ihnen ist – wie beim Menschen – die Nasenscheidewand schmal, und die Nasenlöcher sind nach unten gerichtet. Alle Schmalnasenaffen haben folgende Zahnformel des Dauergebisses:

Dauergebiss von Schmalnasenaffen (Zahnformel)

Kiefer	Zähne																
Oberkiefer	<table border="1"> <tr> <td>M</td><td>V</td><td>E</td><td>S</td> <td>S</td><td>E</td><td>V</td><td>M</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td> <td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td> </tr> </table>	M	V	E	S	S	E	V	M	3	2	1	2	2	1	2	3
M	V	E	S	S	E	V	M										
3	2	1	2	2	1	2	3										
Unterkiefer	<table border="1"> <tr> <td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td> <td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td> </tr> </table>	3	2	1	2	2	1	2	3								
3	2	1	2	2	1	2	3										

rechts links

= 32 Zähne

M = Mahlzahn (Backenzahn), V = Vormahlzahn (Vorbackenzahn),
E = Eckzahn, S = Schneidezahn



Breitnasenaffe



Schmalnasenaffe



Die Schmalnasenaffen werden im zoologischen System in Tieraffen (Tab. S. 114) und Menschenähnliche unterteilt. Die Tieraffen, zu denen beispielsweise die Paviane, Meerkatzen und Makaken gehören, bewohnen die warmen Gebiete Asiens und Afrikas.

* Noch in den ersten warmen Perioden des Pleistozäns lebten die Tieraffen auch in Mitteleuropa. Abgesehen von den auf dem Felsen Gibraltar lebenden Makaken gibt es gegenwärtig in Europa keine Affen mehr in freier Wildbahn. *

Die am höchsten entwickelten Primaten sind die Menschenähnlichen. Zu ihnen werden die Menschenaffen und die Menschenartigen gezählt.

Die rezenten Menschenaffen und der Mensch

Zu den Menschenaffen gehören der auf Kalimantan und Sumatra heimische Orang-Utan (Abb. S. 117) sowie der Schimpanse (Abb. S. 117) und der Gorilla (Abb. S. 117), die beide in Äquatorialafrika leben. Die in den Wäldern Südasiens lebenden, extrem langarmigen Gibbons zählen nur im weiteren Sinne zu den Menschenaffen, da sie sich in mancherlei Hinsicht von ihnen unterscheiden. Zu den Menschenartigen gehört außer den direkten stammesgeschichtlichen Vorläufern des Menschen (s. S. 121 ff.) die Gattung Mensch (*Homo*) mit der heute weltweit verbreiteten Art *Homo sapiens* und deren ausgestorbenen unmittelbaren, vor etwa 1 bis 2 Millionen Jahren lebenden Vorfahren (*Homo erectus* und *Homo habilis*).

Obwohl von den Primaten die heute lebenden Menschenaffen in ihrem Körperbau die meisten Ähnlichkeiten mit dem Menschen aufweisen, sind sie nicht unsere Vorfahren. Die vielfältigen Übereinstimmungen, die bis in die hochkomplizierten Eiweißstrukturen reichen, beweisen aber, daß sich die Menschenaffen und der Mensch aus einer gemeinsamen Ahnenform entwickelt haben. Von ihr ausgehend, erfolgte vor etwa 30 Millionen Jahren die Aufspaltung in zwei von da an getrennt verlaufende stammesgeschichtliche Entwicklungslinien, die in der Folge einerseits zu den gegenwärtigen Menschenaffen und andererseits zum Menschen führten. Im Verlaufe dieser Zeit wurden in beiden Gruppen eine ganze Reihe ursprünglich gleicher Merkmale in jeweils verschiedene Richtungen abgewandelt und sowohl die für die heutigen Menschenaffen als auch die für den Gegenwartsmenschen charakteristischen Eigenheiten herausgebildet.

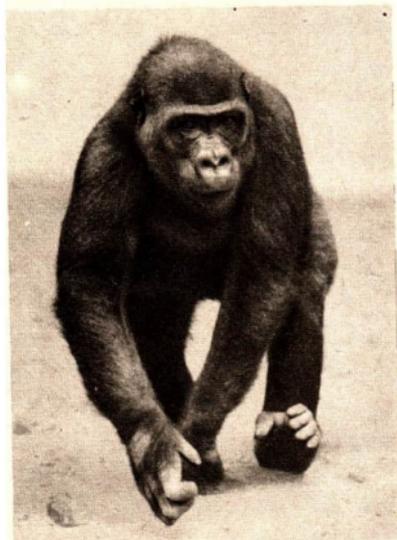
Besonders deutlich erkennt man die Folgen dieses Prozesses, wenn man den Skelettbau des Menschen mit dem eines Menschenaffen vergleicht (Abb. S. 118 ff.). So weist zum Beispiel die Wirbelsäule des Menschenaffen nur eine einfache Krümmung auf. Beim Menschen ist sie doppelt S-förmig gekrümmt; dadurch wird ihre Elastizität beim aufrechten Laufen und Springen beträchtlich erhöht. Sehr auffällige Unterschiede bestehen auch im Bau des Beckens. Die Hüftbeine der Affen sind brettartig gestreckt, die des Menschen schaufelartig gekrümmt, so daß sich zusammen mit dem Kreuzbein eine schüsselähnliche Form ergibt. Die unteren Extremitäten der Menschenaffen sind im Knie nach vorn und nach der Seite geknickt. Dadurch entstehen



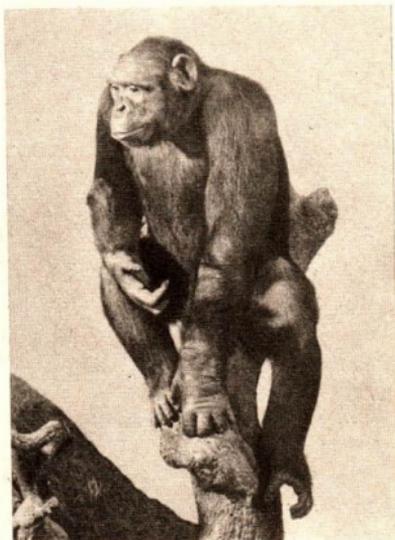
Gibbon



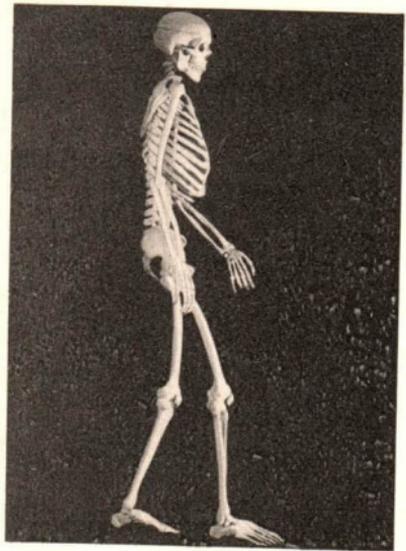
Orang-Utan



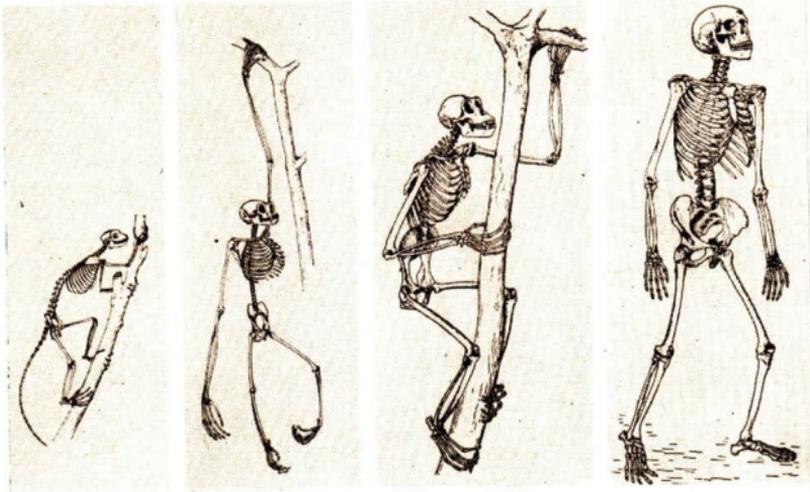
Gorilla



Schimpanse



Vergleich von Primatenskeletten. Tieraffe, Gibbon, Gorilla, Mensch (S. 119: 3. Schimpanse)



beim Aufrichten des Körpers statisch sehr ungünstige Verhältnisse, dafür aber Vorteile beim Abstemmen vom Baumstamm während des Kletterns. Der Mensch besitzt dagegen ausgesprochene Stand-Schreit-Extremitäten mit nur schwach nach unten innen geneigten Oberschenkelknochen und fast senkrecht stehenden Schienbeinen, die eine unmittelbare Übertragung der Körperlast auf die Füße ermöglichen.

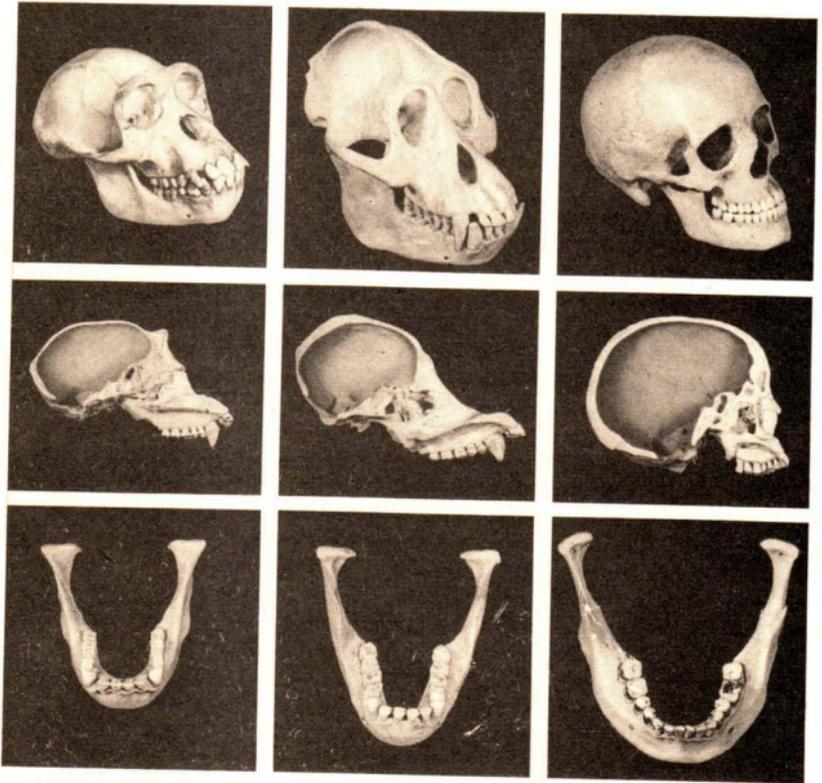
Die Hände der Affen haben eine mehr oder weniger weitgehende Spezialisierung durchgemacht, die vor allem in einer Verlängerung der Hand und einer Rückbildung des Daumens besteht. Im Zusammenhang mit den langen Armen wird die Hand dadurch zu einem sehr brauchbaren hakenartigen Kletterorgan. Die Hand des Menschen hat hingegen eine derartige Spezialisierung für eine bestimmte Lebensweise nicht aufzuweisen. Sie ist als ausgesprochene Greifhand viel universeller verwendbar als die Hand des Affen oder jedes anderen Tieres (Abb. S. 119).



Hand von Gibbon, Orang-Utan, Schimpanse, Gorilla, Mensch (von links nach rechts)



Grundsätzlich stimmen das Skelett und der Schädel eines Menschen und eines Menschenaffen im Aufbau sowie der Anzahl und Anordnung der Knochen überein (Abb. S. 118 f.). Doch gibt es auch am Schädel eine Reihe von Unterschieden. Beim Menschen ist der Gesichtsteil relativ zum Hirnschädel wesentlich kleiner als beim Menschenaffen, bei dem die kräftige Kieferregion weit unter dem Hirnschädel hervorragt (Abb. S. 120). Dagegen verläuft beim Menschen das Stirn-Gesichtsprofil fast senkrecht, wobei aber die Nase deutlich aus der Gesichtsebene herausragt. Die Zahnkronen eines jeden Kiefers liegen beim Menschen alle etwa in gleicher Ebene, während die Eckzähne der Menschenaffen die Kauebene der übrigen Zähne weit überragen. Der Zahnbogen ist beim Menschen hufeisenförmig, bei den Menschenaffen stehen hingegen die Vorbacken- und Backenzähne der beiden Kieferhälften parallel zueinander.



Vergleich von Primatenschädeln. Von links nach rechts: Schimpanse, Gorilla, Mensch



Besonders wichtige Unterschiede bestehen in der Größe des Hirnschädels (Abb. S. 120). Das Volumen des Hirnschädelinnenraumes der großen Menschenaffen liegt im Durchschnitt bei 450 cm^3 , beim heutigen Menschen dagegen bei 1450 cm^3 . Dementsprechend verschieden ist auch die Größe des Gehirns, die aber nicht allein für die Leistungsfähigkeit dieses Organs ausschlaggebend ist. Besonders gut entwickelt ist beim Menschen das Großhirn, in dem die Informationen, die dem Gehirn über die Sinnesorgane und Nervenbahnen zugehen, miteinander verknüpft und gespeichert werden. Von der Entwicklungshöhe des Gehirns hängt es aber ab, inwieweit ein Lebewesen in der Lage ist, frühere Erfahrungen auch in völlig veränderten Situationen folgerichtig zu verarbeiten und in planmäßige Handlungen umzusetzen. Eine produktive Tätigkeit kann aber nur dann zustande kommen, wenn auch die übrigen Organe in der Lage sind, die im Gehirn produzierten Vorstellungen und Ideen zu verwirklichen. Hier wird deutlich, welche große Bedeutung insbesondere der Entlastung der vorderen Gliedmaßen von der Fortbewegungsfunktion und der damit im Zusammenhang stehenden Aufrichtung des Körpers beim Menschen zukommt. Das hochentwickelte Gehirn, die vielseitige Verwendbarkeit der Hände und die Herausbildung von Arbeitsteilungen zwischen den Individuen, die zur Entstehung der Sprache und gesellschaftlicher Beziehungen geführt haben, stehen in engen Wechselbeziehungen zueinander. Bei aller Übereinstimmung, die sich in zahlreichen Merkmalen zwischen dem Menschen und den Menschenaffen findet, zeigt diese im ganzen Organismenreich einmalige Merkmalskombination, daß der Mensch ein qualitativ höheres Niveau der Entwicklung erreicht hat. Es ist mit dem dialektischen Entwicklungsschritt von der anorganischen zur lebenden organischen Materie vergleichbar.

Die Entwicklung des Menschen aus tierischen Vorfahren

Biologische und gesellschaftliche Voraussetzungen. Die gleichen Faktoren, welche die stammesgeschichtliche Entwicklung aller Organismen bedingen, sind auch an der Entwicklung des Menschen beteiligt. Durch Mutationen erfolgen richtungslose Veränderungen des Erbgutes, die zu einer mehr oder minder großen Variabilität der Merkmale einer Population führen. Danach setzen Ausleseprozesse ein. Dabei können die Träger einer Mutation, die zu einer besonders guten Anpassung an die jeweils bestehenden Umweltverhältnisse geführt hat, ausgelesen werden. Besitzen sie eine höhere Fortpflanzungswahrscheinlichkeit als diejenigen Individuen, die in Bezug auf die gleichen Umweltbedingungen mit ungünstigeren Erbänderungen belastet sind, kann die Anzahl der gut angepaßten Individuen immer mehr zunehmen. Da aber die Umwelt über lange Zeiträume nicht konstant bleibt und ständig Neumutationen – auch ungünstige – eintreten, ist die Anpassung ein Prozeß, der praktisch nie zum Stillstand kommt.

Im Verlaufe der Stammesgeschichte des Menschen sind allerdings die Evolutionsfaktoren durch den Menschen zunehmend modifiziert und beeinflußt worden. Sind

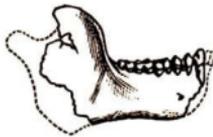


beispielsweise im Tierreich die einzelnen Populationen durch natürliche Grenzen klimatischer, geographischer, biologischer oder ähnlicher Art voneinander getrennt, so sind die menschlichen Fortpflanzungsgemeinschaften oftmals durch gesellschaftlich bedingte Schranken wie politische oder sprachliche Grenzen, soziale oder konfessionelle Heiratsstabus und ähnliches begrenzt. Vor allem aber hat der Mensch in die natürlichen Umweltverhältnisse des Ernährungs- und Lebensraumes aktiv eingegriffen und die Selektionsbedingungen zumeist zu seinen Gunsten verändert.

Trotzdem ist die biologische Grundlage unseres Lebens nach wie vor von großer Bedeutung, wenn auch im Verlaufe der Menschheitsgeschichte gesellschaftliche Faktoren die Entwicklung immer entscheidender mitbestimmt haben.

Beginn der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Primaten (Abb. S. 114) aus insektenfresserartigen Vorfahren setzte gegen Ende der Kreidezeit vor etwa 70 Millionen Jahren ein. Im Alttertiär ist bereits eine Fülle von Halbaffenformen nachweisbar. Noch im mittleren Alttertiär begann die Differenzierung der Halbaffen in die ersten Schmalnasenaffen, welche die Ausgangsbasis für die Entwicklung der Menschenaffen und Menschenartigen darstellen. Es handelte sich um relativ kleine, vorwiegend baumbewohnende

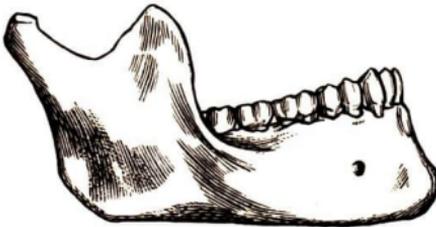
Vergleich der Unterkiefer



fossiler Schmalnasenaffe



rezenter Gibbon



Mensch

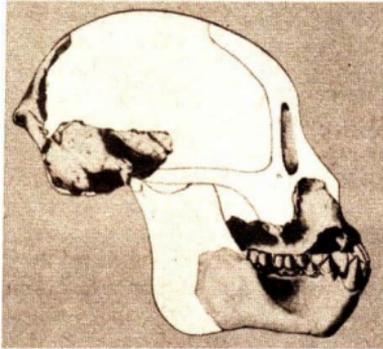


Tiere mit kleinen Eckzähnen. Sie waren vermutlich Hand- und Fußgreifkletterer mit noch fast gleichlangen vorderen und hinteren Extremitäten. Sie besaßen noch keine hochgradige Anpassung an die hangelkletternde Fortbewegungsweise im Urwald, sondern konnten sich mit waagrecht gehaltener Wirbelsäule auch laufend und springend gut auf dem Boden fortbewegen. Von derartigen unspezialisierten Schmalnasenaffen (Abb. S. 118 f. u. 122), die durch Funde von Kieferresten aus Ägypten belegt sind, gingen vor etwa 30 Millionen Jahren zwei Entwicklungslinien aus.

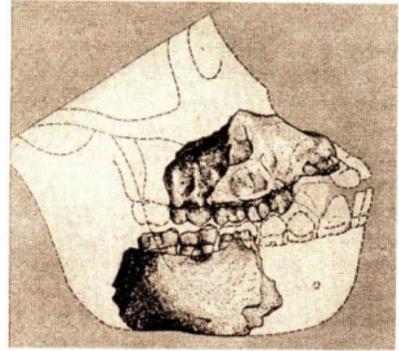
Kennzeichnend für die eine Entwicklungsrichtung ist eine zunehmende Anpassung an das Leben im tropischen Regenwald. Bei diesen Tieren hatte die Entwicklung zu besonders langen vorderen Gliedmaßen, insbesondere zu langen Unterarmen und Händen geführt, die eine hangelkletternde Fortbewegungsweise begünstigten. Sie wurden zu den Ahnen unserer heutigen Menschenaffen.

Eine Vorstellung von diesen früheren Menschenaffen vermitteln die etwa 20 Millionen Jahre alten Fossilfunde von Baumaffen (Abb. S. 124) aus Kenia. Ihre Körpergröße reichte von der eines Zwergschimpansen bis zur Gorillagröße. Der Schädel weist keine Überaugenwülste auf, wie sie besonders beim Gorilla, Schimpansen und auch bei frühen Menschenformen zu beobachten sind. Auch die Vorkieferigkeit ist nur schwach ausgeprägt. Ihr Gebiß entspricht weitgehend – einschließlich der vergrößerten Eckzähne – dem der heutigen Menschenaffen. Das Gliedmaßenskelett ist relativ grazil, in seinen Proportionen läßt es bereits eine beginnende Anpassung an das Hangelklettern erkennen.

Die Entwicklung der unmittelbaren Menschenvorfahren. Die andere Entwicklungslinie, die von den unspezialisierten Schmalnasenaffen ausging, führte zum Menschen. Sie ist zunächst dadurch gekennzeichnet, daß eine zunehmende Anpassung an das Bodenleben erfolgte. Wenn sich auch die frühen Affen relativ gut auf dem Boden bewegen konnten, so waren sie doch primär Baumtiere. Bei ihnen spielte die Entwicklung der optischen Sinnesorgane und insbesondere das räumliche Sehen eine ganz wesentliche Rolle. Ihr Riechorgan wurde dabei zurückgebildet. Beim Übergang zum Bodenleben konnten sich deshalb die Tiere nicht auf ihre Witterung verlassen, wie das beispielsweise in hohem Maße viele Huftiere tun. Hier waren die Tiere im Vorteil, die sich aufrichten, mit leistungsfähigen Augen umherspähen und sich dabei noch rasch fortbewegen konnten. Die Tiere, die außerdem auch noch den Wirkungsbereich ihrer Hände durch gezielten Gebrauch von Stöcken, Steinen, Knochen und ähnlichem erweiterten, hatten besonders gute Aussichten, zu überleben und sich auch fortzupflanzen. In engem Wechselspiel zwischen Erbänderungen und Auslese der günstigen Mutanten begann nach unserem heutigen Wissen auf diese Weise die Menschwerdung. Ganz offensichtlich vollzog sich der Übergang vom Baum- zum Bodenleben innerhalb von Populationen, die Gebiete bewohnten, die einer Verstepung ausgesetzt waren. In diesen Gebieten wich der ursprüngliche Urwald einer Landschaft mit kleineren Baumgruppen, Buschwerk und hohem Steppengras. Es ist allerdings noch nicht bekannt, welche Gründe im einzelnen dazu geführt haben, daß die betreffenden Affengruppen nicht andere Urwaldgebiete aufgesucht haben, wo sie ihre gewohnte Lebensweise hätten beibehalten können. Wahrscheinlich war aber



Schädel eines fossilen Baumaffen



Fossilreste eines Ramapithecinen

der Erbanlagenbestand bei diesen Populationen bereits in gewissem Umfang in einer Richtung verändert, die für das Leben in der Baumsteppe gewisse Vorteile bot.

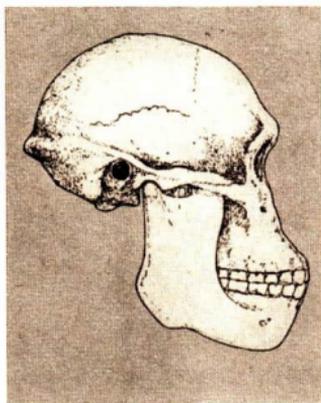
Es ist eine Reihe von Fossilfunden aus Indien, Kenia und Mitteleuropa bekannt, die mit großer Wahrscheinlichkeit noch aus dieser vormenschlichen Entwicklungsphase stammen. Es handelt sich durchweg um jungtertiäre Kieferreste (Abb. S. 124), die zwischen 14 und 7 Millionen Jahre alt sind. Sie gehörten zu etwa schimpansen-großen Tieren, welche mit großer Wahrscheinlichkeit die unmittelbaren Menschen-vorfahren (Ramapithecinen) darstellen. Ähnlich wie die frühen fossilen Baumaaffen hatten sie eine relativ schwach vorspringende Kieferregion. Ihre Eckzähne waren aber noch kleiner und der Zahnbogen nicht menschenäffisch rechteckig, sondern menschenähnlich gerundet. Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand sind diese Menschenvorfahren die ältesten – allerdings noch tierischen – Menschenartigen. Da die stammesgeschichtliche Trennung der Menschenaffen und der Menschenartigen aber schon wesentlich früher erfolgte, kann damit gerechnet werden, daß auch noch ältere, dieser Gruppe zugehörenden Fossilreste entdeckt werden. Diese Fossilien werden allerdings immer schwerer von den frühen Menschenaffen zu unterscheiden sein.

↳ *Urmenschen.* Aus verschiedenen Gebieten Afrikas liegen zahlreiche Funde vor, die aus dem unteren Pleistozän stammen und die den Ramapithecinen gegenüber deutlich höher entwickelt sind. Die Funde werden unter der Bezeichnung Urmenschen (Australopithecinen) zusammengefaßt. Es waren aufrechtgehende Lebewesen mit ausgeprägten Stand-Schreit-Extremitäten, einer menschenähnlichen Beckenform, typisch menschlichen Gebißverhältnissen und einer Körpergröße von 120 bis 150 cm. Der Schädelbau entspricht in seinen Proportionen allerdings dem der Menschenaffen, das heißt der Hirnschädel ist im Verhältnis zum Gesichtsschädel relativ klein. Die Hirnschädeldkapazität liegt um 500 cm^3 (Abb. S. 125). Die ältesten Funde sind etwa 2,6 Millionen bis 3 Millionen, die jüngsten etwa 500 000 Jahre alt.

Aus einer Zeit, die noch etwas vor dem ersten Nachweis der Urmenschen

(Australopithecinen) liegt, ist aus dem gleichen Raum eine Fossilgruppe bekannt, die den Urmenschen sehr ähnlich ist, aber über ein etwas größeres Hirnvolumen (bis 680 cm^3) verfügt. Diese als *Homo habilis* bezeichneten Menschen waren schon Hersteller primitiver Steinwerkzeuge. Die Geräteproduktion entwickelte sich im Zusammenhang mit der planmäßigen Jagd, welche zunehmend die Sammeltätigkeit zur Beschaffung der Hauptnahrungsmittel ergänzte und die wesentlich dazu beitrug, daß die gesellschaftliche Zusammenarbeit zu einer entscheidenden Existenzgrundlage wurde. In der Steuerung der Verhaltensweisen spielten ererbte, starre Programme zugunsten von erlernten, veränderlichen Programmen, die eine denkende, vorausschauende Planung zuließen, eine immer geringere Rolle. In Wechselwirkung mit der bewußten gesellschaftlichen Arbeit – ermöglicht durch Herausbildung einer lernintensiven individuellen Kindheits- und Jugendperiode – entwickelten sich die Sprache und das Denken. Dieses abstrakte Verständigungsmittel war für die weitere Entwicklung der Menschheit von größter Bedeutung.

Frühmenschen. Die Urmenschen stellen offensichtlich einen Nebenzweig in der Menschheitsentwicklung dar und starben vor etwa 500 000 Jahren aus. Vor etwa 1 Million Jahren begann sich aus dem *Homo habilis* der *Homo erectus* zu entwickeln, der in weiten Gebieten Europas, Asiens und Afrikas verbreitet war. Er unterscheidet sich im Bau seines Rumpfes und der Extremitäten nur unwesentlich vom heutigen Menschen. Der Schädel wirkt allerdings noch urtümlich. Das Hirnschädelvolumen beträgt 700 bis 1200 cm^3 . Die Stirn ist stark nach hinten geneigt, an ihrem Unterrand befindet sich ein kräftiger Überaugenwulst. Das Gesicht ist relativ groß, und die Kieferregion ragt deutlich aus der Gesichtsebene hervor (Abb. S. 125). Der *Homo erectus* war ein tüchtiger Jäger, der vor allem zur Auf-



Schädel eines Australopithecinen



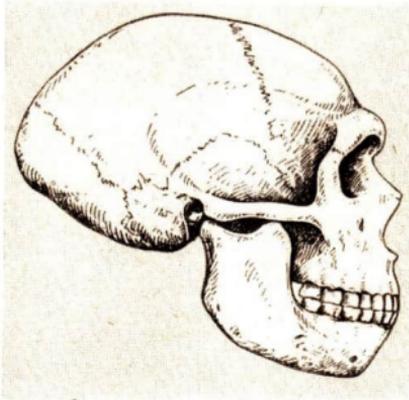
Schädel eines *Homo erectus*



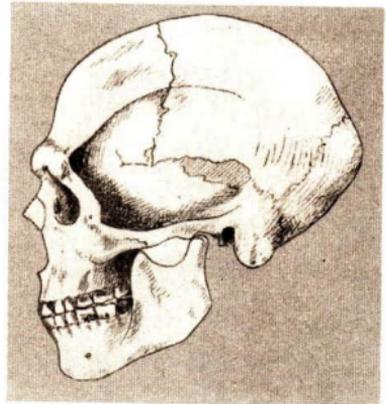
bereitung der Beute schon komplizierte Produktionsinstrumente, wie Faustkeile, Spaltkeile und verschiedenartige Abschlaggeräte herstellte und sich auch das Feuer nutzbar gemacht hatte. Diese Frühmenschen konnten dadurch ihre Lebensbedingungen wesentlich verbessern und waren weit weniger den natürlichen Zufälligkeiten ihrer Umwelt ausgeliefert als ihre Vorfahren.

Fossilfunde aus dem Jungpleistozän Afrikas und Südostasiens zeigen, daß sich einige Gruppen des *Homo erectus* nicht wesentlich weiterentwickelt haben und zur Zeit der letzten nordischen großen Kälteperiode vor etwa 30 000 Jahren ausgestorben sind. In der Zeit von 500 000 und 250 000 Jahren entwickelten sich andere Populationen des *Homo erectus* zum *Homo sapiens*. Dieser spaltete sich in zwei verschiedene Gruppen auf, deren frühe Stadien als *Homo sapiens praeneanderthalensis* und *Homo sapiens praesapiens* bezeichnet werden.

Altmenschen. Der *Homo sapiens praeneanderthalensis* war der Vorfahre des *Homo sapiens neanderthalensis*, von dem aus der ausgehenden letzten Warmzeit und der ersten Hälfte der letzten Kaltzeit des Pleistozäns zahlreiche Funde aus Europa und den angrenzenden Gebieten Asiens und Afrikas bekannt geworden sind. Sein Hirnschädelvolumen betrug zwischen 1230 und 1720 cm³ und war damit zum Teil größer als der Durchschnitt beim heutigen Menschen. Der Schädel hatte eine ähnliche Form wie der des *Homo erectus*, war aber größer (Abb. S. 126). Die übrigen Skelettknochen deuten auf einen plumpen und etwas unteretzten Körperbau hin, der sich durch eine sehr kräftige Muskulatur auszeichnete. Der *Homo sapiens neanderthalensis* war in der Lage, sehr verschiedenartige Werkzeuge aus Stein und aus Holz herzustellen. Offensichtlich benutzte er schon zusammengesetzte Werkzeuge, in dem er zum Beispiel sorgfältig geschärfte Steinspitzen in einen Holzschaft einsetzte, wodurch sich die Wirkung des Gerätes beträchtlich erhöhte. Von ihm wurde bereits



Schädel eines *Homo sapiens neanderthalensis*



Schädel eines pleistozänen *Homo sapiens sapiens*



Großwildjagd betrieben, für die er Stoßlanzen mit feuergehärteten Spitzen verwendete. Es gibt auch Hinweise auf die Ausführung von Jagdkulten und auf Totenbestattungen.

Jetztmenschen. Es muß angenommen werden, daß der *Homo sapiens neanderthalensis* vor etwa 30 000 Jahren ausgestorben ist. Die unmittelbaren Vorfahren des heutigen Menschen (*Homo sapiens sapiens*) sind vermutlich im *Homo sapiens prae-sapiens* zu suchen: Dieser ist durch etwa 250 000 Jahre alte Funde aus Südeuropa und Westdeutschland (Schädel von Steinheim) erstmals belegt. Seine Schädelform war damals bereits in mancherlei Hinsicht dem heutigen *Homo sapiens sapiens* ähnlicher als dem späteren *Homo sapiens neanderthalensis*. Vom *Homo sapiens sapiens* liegen aus der Zeit vor etwa 30 000 Jahren Schädel- und Skelettreste (z. B. Schädel von Crömagnon) vor, die sich in ihrem Bau von dem des heutigen Menschen kaum unterscheiden (Abb. S. 126). Diese Menschen waren bereits zur werkstattmäßigen Fertigung ihrer Arbeits- und Jagdgeräte übergegangen, wobei sie neben komplizierten Holz- und Steinwerkzeugen geschliffene Knochengeräte in hoher Vollendung herstellten (z. B. Speer, Harpune, Pfeil, Bogen). Ihre Höhlenmalereien, Ritzzeichnungen auf Knochen und plastischen Darstellungen von Tieren und Menschen sind die ältesten Werke der bildenden Kunst, die wir kennen. Die kulturelle Hinterlassenschaft läßt auf eine ausgeprägte Arbeitsteilung, auf eine relative Selbständigkeit und auf ein gut organisiertes Gemeinschaftsleben schließen.

38

39

40

41

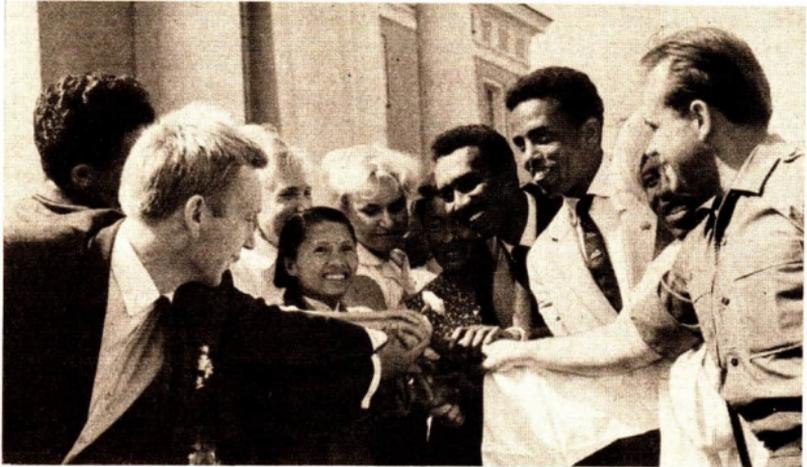
42

43

44

Die heutigen Menschenrassen

Die Art Homo sapiens. Während des Pleistozäns lebten zeitweilig sehr verschiedenartige Menschen nebeneinander auf der Erde. Nach dem Aussterben des *Homo sapiens neanderthalensis* gehören alle Menschen zur Art *Homo sapiens sapiens*. Dies bedeutet allerdings nicht, daß es heute nicht verschiedene Menschengruppen gibt, die sich in ihrem Genbestand – und damit auch in bestimmten Merkmalen – bis zu einem gewissen Grade voneinander unterscheiden. Die Unterschiede entstanden prinzipiell durch die gleichen Faktoren, die auch die stammesgeschichtlichen Veränderungen bewirkten, also in erster Linie durch Mutationen, Auslese und Isolation. Allerdings betreffen die gruppenspezifischen Differenzen keine für den Menschen charakteristischen Merkmale. Sie bilden aber die Grundlage für die Rassengliederung des Menschen, für die vor allem genetisch bedingte Formen- und Farbeigentümlichkeiten herangezogen werden. Die Rassen stellen keine unveränderlichen Gruppen dar, sondern sind nur zeitweilige Zwischenprodukte eines ständigen Entwicklungsgeschehens. Hieraus ergibt sich auch, daß bei den einzelnen Individuen einer Rasse nicht alle die Rasse kennzeichnenden Merkmale vorhanden sind. Man unterscheidet heute drei große Rassenkreise: den europiden, den mongoliden und den negriden Rassenkreis (Abb. S. 128).



Vertreter der drei Rassenkreise des Menschen

Die Rassen der Art Homo sapiens. Der *europide Rassenkreis* ist in morphologischer Hinsicht sehr vielgestaltig. Es gibt aber auch eine Reihe von Merkmalen beziehungsweise Merkmalskombinationen, die bei allen diesem Rassenkreis zugehörigen Rassen mehr oder weniger gehäuft auftreten. Hierzu gehören: Schlankwüchsigkeit, reliefreiches Gesicht mit hoher, schmaler Nase, schlichtes bis welliges Haar, Neigung zu relativ starker Körperbehaarung, Tendenz zur Farbaufhellung von Haar, Haut (pigmentarme Haut) und Auge.

Der *mongolide Rassenkreis* weist eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung in seinen kennzeichnenden Merkmalen auf, obwohl es wesentlich mehr mongolide als europide oder negride Menschen gibt. Im allgemeinen sind für die Mongoliden ein unersetzter Körperbau mit langem Rumpf, ein flaches Mittelgesicht mit niedriger Nasenwurzel, vorgeschobene Wangenbeine, dunkle Augen, schmale Lidöffnung, Nasenlidfalte (Mongolenfalte), dichtes, straffes, glattes Schwarzhaar, sehr schwache Körperbehaarung und eine gelbliche Haut mit nur geringen Unterschieden im Pigmentierungsgrad charakteristisch.

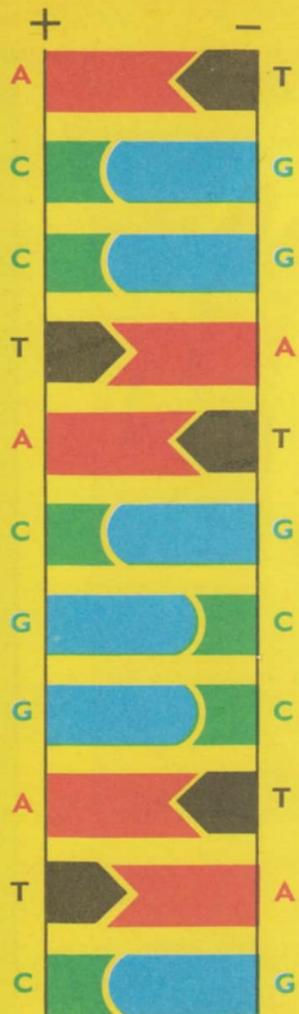
Beim *negriden Rassenkreis* ist eine Abgrenzung nach bestimmten Merkmalen am schwierigsten. Folgende Merkmale können als kennzeichnend gelten: mittlere bis übermittelgroße Körperhöhe, mäßig scharfes Gesichtsrelief mit breiter Nase, Vorkiefrigkeit, dicke Lippen, krauses bis spiraliges Kopfhaar, sehr schwache Körperbehaarung und sehr starke Pigmentierung von Haut, Haar und Auge.

45

TAFEL 5 Basenpaarung beim DNS-Doppelstrang und Modell der DNS-Spirale nach Watson-Crick

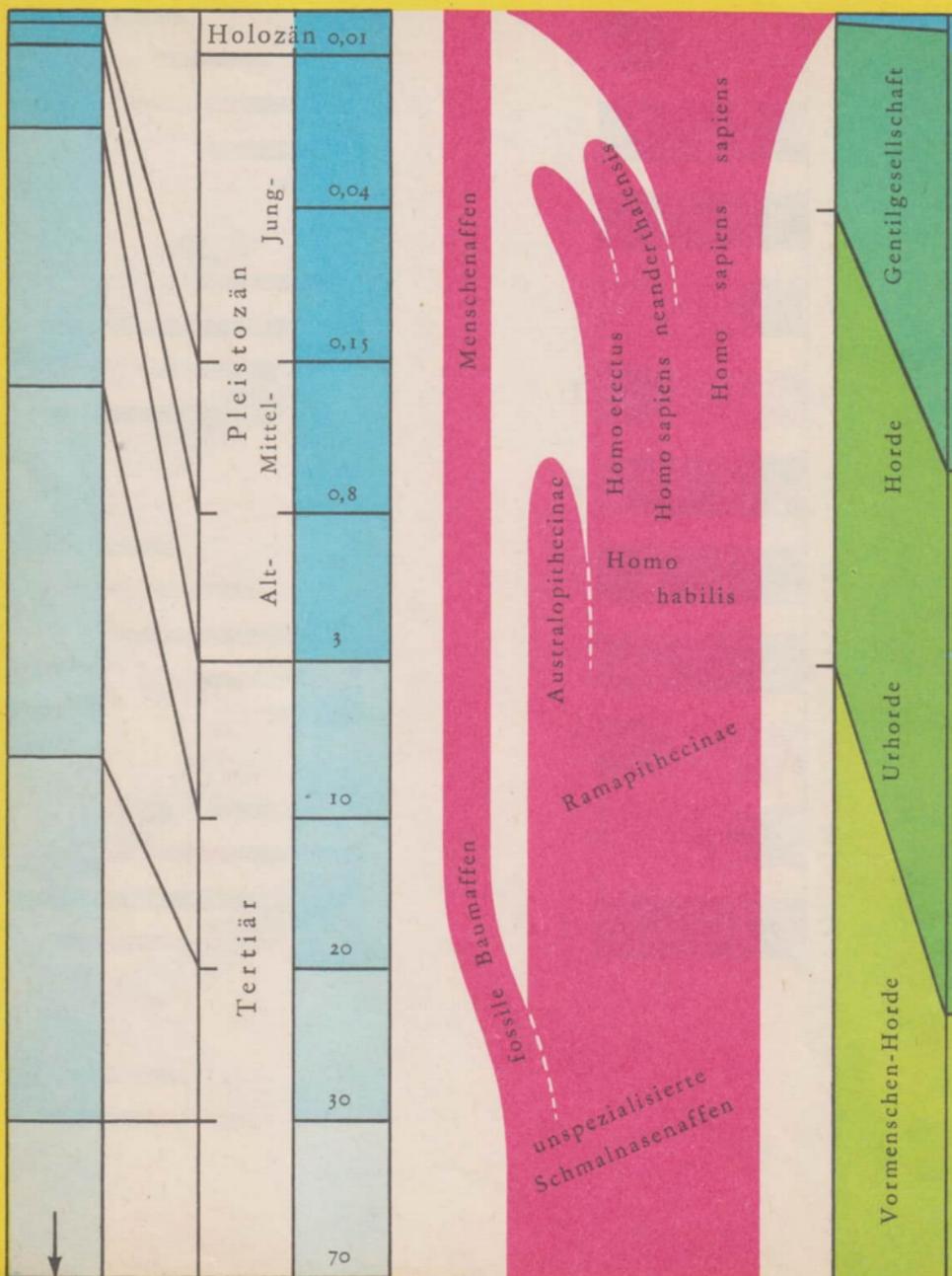
TAFEL 6 Schema der Stammesentwicklung des Menschen

Basenpaarung beim DNS-Doppelstrang

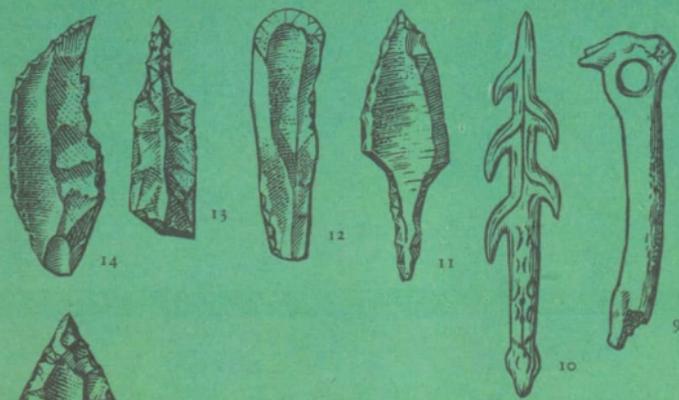


Modell der DNS-Spirale
nach Watson-Crick





TAFEL 6

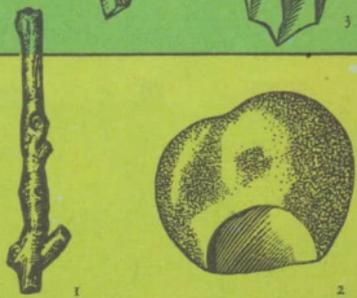


Spezialgeräte

- 9 Speerschleuder
- 10 Harpune
- 11 Pfeilspitze
- 12 Kratzer
- 13 Bohrer
- 14 Stichel



- 1 unbearbeitete Steine, Äste
- 2 Geröllgerät
- 3 primitiver Faustkeil
- 4 Faustkeil
- 5 Stoßlanze (Holz)
- 6 Schaber
- 7 Handspitze
- 8 blattförmige Lanzenspitze

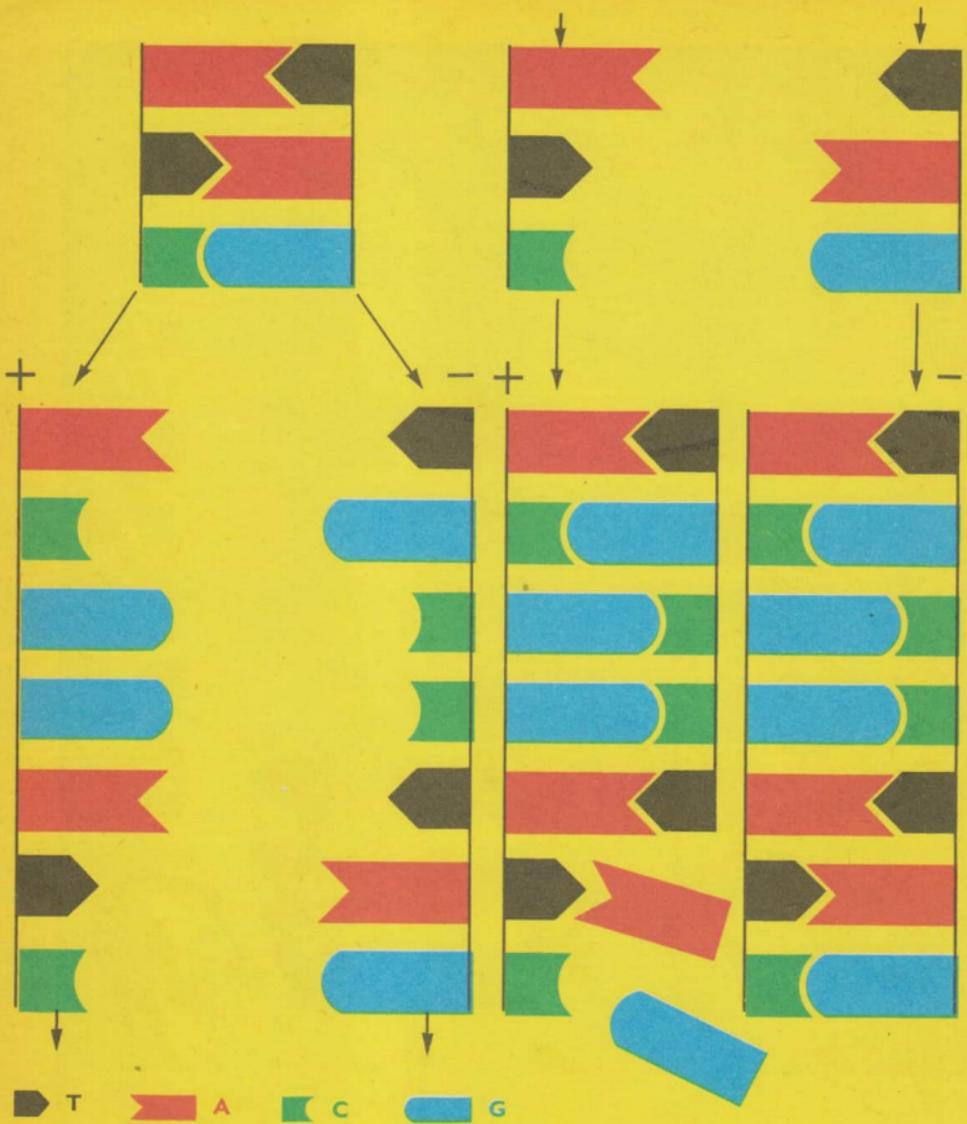


1

2

Verdopplung der DNS

Verdopplung der DNS





46

47

48

Wesensgleichheit aller Menschen. In der Gegenwart werden durch den technischen, kulturellen und gesellschaftlichen Fortschritt mit zunehmender Geschwindigkeit alte Isolationschranken überwunden. Dies führt zwangsläufig zu einer immer stärkeren Vermischung der Menschheit und schließlich zum Verschwinden der anthropologischen Rassendifferenzierung. Dieser Prozeß ist zum Beispiel innerhalb des europäischen Rassenkreises in Europa schon weit fortgeschritten. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, daß sich dieser unaufhaltsam vollziehende Prozeß der Rassenverschmelzung für die Menschheit nicht nachteilig auswirkt. Die einzigen Komplikationen, die leider noch auftreten und die sich für die Betroffenen tragisch genug auswirken können, beruhen auf unhaltbaren ideologischen und gesellschaftlichen Vorurteilen, die noch heute in den USA und in anderen kapitalistischen Staaten eine große Rolle spielen. Auf keinen Fall kann man von biologisch minderwertigen oder besonders wertvollen Rassen sprechen. Die heute noch auf der Erde bestehenden Unterschiede in der Zivilisationshöhe haben nicht biologische, sondern gesellschaftliche Ursachen. Kein Mensch hat das Recht, einen anderen Menschen etwa wegen seiner Hautfarbe zu benachteiligen, zu unterdrücken, zu verfolgen oder gar zu töten, wie das in geradezu unvorstellbar unmenschlichem Grade beispielsweise vom deutschen Faschismus praktiziert wurde und in den USA und der Südafrikanischen Union heute noch der Fall ist.



Wiederholung und Systematisierung

Es gibt ausreichend Beweise dafür, daß alle Lebewesen natürlichen Ursprungs sind und im Verlaufe einer langen Entwicklung eine große Mannigfaltigkeit in ihrer Gestalt, ihren Funktionen und in ihrer Lebensweise herausgebildet haben. Die Durchsetzung dieser Erkenntnis erforderte einen jahrhundertelangen Kampf zwischen den Anhängern mystischer und religiöser Auffassungen und den Vertretern des wissenschaftlichen Fortschritts.

Vielfältige Beweise für die Wissenschaftlichkeit der Abstammungslehre sind heute bekannt, obgleich der Entwicklungsweg der Organismen und seine Ursachen noch nicht in allen Fällen erklärt werden können und damit auch die moderne Evolutionsforschung noch vor der Lösung vieler Probleme steht.

Der Ablauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Organismen kann experimentell nicht erforscht werden. Die Zeiträume, in denen sich Veränderungen vollzogen haben, sind zu groß. Einmal abgelaufene Entwicklungsschritte lassen sich nicht wiederholen. In der Abstammungslehre werden daher folgende Methoden zur Erforschung der Evolution angewendet: *Paläontologische Forschungen* geben Hinweise auf das geologische Alter und die Verwandtschaft fossiler Organismen untereinander und mit rezenten Formen. *Morphologische und anatomische Vergleiche* geben Aufschluß über den Bau fossiler und heute lebender Arten. Die Ergebnisse der modernen *Genetik* ermöglichen Rückschlüsse auf die möglichen Veränderungen der Organismen, die wichtige Voraussetzungen für die Entstehung neuer Arten sind.

Höherentwicklung und Spezialisierung

Individuen verschiedener Klassen oder Gattungen zeigen unterschiedliche Merkmale im Bau und in der physiologischen Leistungsfähigkeit. Es lassen sich aber auch eine Reihe gemeinsamer Merkmale feststellen, die oft stufenweise abgewandelt sind und dem Organismus eine kompliziertere Gestalt geben oder ihm eine höhere Leistungsfähigkeit bei gleichem Energieaufwand ermöglichen (Abb. S. 63 ff.).

Diese Erscheinung kann nur dadurch erklärt werden, daß eine Form aus der anderen hervorgegangen ist und dabei eine höhere Entwicklungsstufe erreicht hat. Die Stammesentwicklung der Organismen ist ein Prozeß, in dem aus einfacheren



Organismen sich allmählich und stufenweise kompliziertere und höherentwickelte Formen herausgebildet haben.

Höherentwickelte Formen sind immer entwicklungsgeschichtlich jünger, einfacher organisierte Lebewesen entwicklungsgeschichtlich älter (s. S. 87). Eine einmal erreichte Entwicklungshöhe wird nicht wieder aufgegeben. Die Evolution als Ganzes verläuft nicht rückwärts, auch wenn es innerhalb einzelner Sippen Rückbildungserscheinungen gibt.

Populationen sind genetisch ungleich. Sich verändernde Umweltbedingungen können bestimmte Mutanten begünstigen. Außerdem können durch Kombinationen genetisch ungleicher Glieder in Populationen neue Genotypen auftreten. Dabei können Formen aussterben, andere sich *spezialisieren*, und damit zu relativ gut an die Umwelt angepaßten Organismen werden (s. S. 67 f.).

Zeitlicher Ablauf der Stammesentwicklung

Wenn sich im Verlaufe der Evolution aus einer Stammform neue Tiergruppen beziehungsweise Pflanzensippen herausbildeten, waren deren Vertreter zunächst relativ einheitlich. Erst im Verlaufe der weiteren Entwicklung erfolgten durch die ständige Auseinandersetzung der Organismen mit den sich verändernden Umweltbedingungen verschiedene Umwandlungen, die zu verändertem Organaufbau und zu veränderten Funktionen führten. So ist an der Entwicklung der Säugetiere aus den Reptilien zu erkennen, daß in der Zeitspanne von der Trias bis zum Tertiär die aus den Reptilien hervorgegangenen Ursäugetiere sich langsam und unauffällig entwickelten, während zu Beginn des Tertiärs eine sprunghafte Entwicklung einsetzte, die zur Ausbildung fast aller heute noch lebenden Säugetierordnungen führte. Ähnliches gilt auch für die bedecktsamigen Pflanzen. In den ältesten Schichten der Kreidezeit waren bedecktsamige Pflanzen noch selten, in der oberen Kreidezeit zeigen sie eine breite Entfaltung (Abb. S. 87).

Übergangsformen

Bei der Erforschung der Stammesentwicklung einer Sippe geben Funde von Übergangsformen wichtige Aufschlüsse über den Weg der Entwicklung der Organismen. Eine ganze Reihe von Übergangsformen (Abb. S. 88 f.), auch bei wirbellosen Tieren und Pflanzen, ist fossil gefunden worden. Daß trotzdem heute noch nicht alle Entwicklungswege genau bekannt sind, ist auf die Seltenheit der Übergangsformen und der Funde zurückzuführen. Übergangsformen entwickelten sich unter ganz be-



① stimmten Umweltbedingungen auf kleinem Raum. Zwischen ihrem erblich beding-

② ten Merkmalsgefüge und den durch Mutationen entstandenen neuen Einzelmerk-

③ malen bestanden erhebliche Widersprüche. Dadurch entwickelten sie sich meist

④ relativ schnell weiter. Ihr Auftreten war häufig auf einen erdgeschichtlich kurzen

⑤ Zeitraum beschränkt.

⑥ Wenn heute der Gesamtverlauf der Evolution in mancher Hinsicht auch noch un-

⑦ bekannt ist, über die Entstehung des Lebens noch keine völlige Klarheit besteht

und auch in der Kenntnis über die Abstammung des Menschen noch Lücken vor-

handen sind, kann mit Sicherheit gesagt werden, daß das Leben auf der Erde aus

Nichtlebendem entstanden ist und daß eine Höherentwicklung der Organismen

stattgefunden hat. Die Richtigkeit der materialistischen Auffassung, daß die Welt

erkennbar ist, ist auch auf dem Gebiet der Abstammungslehre seit DARWIN viel-

fach bewiesen worden.

Die Züchtung von Pflanzen und Tieren





Einführung

Die weitere Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der DDR verlangt auch eine ständige Verbesserung der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Industrie mit tierischen und pflanzlichen Rohstoffen aus eigener Produktion.

* Es ist notwendig, das Fleischaufkommen, vor allem bei Rind- und Kalbfleisch, zu erhöhen. So stieg beispielsweise der Bedarf an Rind- und Kalbfleisch von 6,1 kg je Verbraucher im Jahre 1955 auf 20,0 kg im Jahre 1972. 1980 wird mit einem Bedarf von etwa 28 kg Rind- und Kalbfleisch je Verbraucher gerechnet. *

Um diese Forderung erfüllen zu können, müssen von der agrarwissenschaftlichen Forschung vor allem noch bessere Methoden zur Hebung der Bodenfruchtbarkeit entwickelt werden. Die Züchtung besserer Kulturpflanzensorten und leistungsfähiger Haustierrassen sowie die Entwicklung von Anbaumethoden und Technologien, Tierhaltungs- und Fütterungsmethoden, die hohe Leistungen auf dem pflanzlichen und tierischen Sektor bei einer hohen Arbeitsproduktivität gestatten, sind weitere wichtige Aufgaben der Landwirtschaft und der Agrarforschung.

Die Entstehung der Kulturpflanzen und Haustierrassen

Die natürliche Mannigfaltigkeit der Tier- und Pflanzenwelt ist das Ergebnis eines noch andauernden Entwicklungsprozesses. Im Verlaufe der Jahrtausende hat der Mensch in zunehmendem Maße in diesen Prozeß eingegriffen. Aus Wildpflanzenarten sind dadurch Kulturpflanzen entstanden, aus Wildtieren wurden Haustiere gezüchtet. Der Übergang vom „Wildtyp“ zum „Kulturtyp“ (Kulturpflanze, Haustier) erfolgte allmählich. Bei der Entwicklung der Kulturpflanzen und Haustiere haben bewußte und unbewußte Auslese durch den Menschen zu einer stärkeren Anhäufung dem Menschen nützlicher Eigenschaften geführt (Tafel 8 u. 10).



Herkunft einiger in Europa verbreiteter Haustiere

Haus tier	Wildform	gegenwärtiges Verbreitungsgebiet der Wildform	Domestikationsgebiet	Domestikationszeit um
Hund	Wolf (Schakal?)	nördliche Erdhalbkugel	Europa, Afrika	16 000 bis 6 000 v. u. Z.
Rind	Ur	ausgestorben	Nordafrika, Indien	6 000 bis 2 000 v. u. Z.
Schwein	europäische, mediterrane und asiatische Schweinerassen	Europa, Süd- und Ostasien	Ostsee- und Mittelmeergebiet, Ostasien	6 000 bis 2 000 v. u. Z.
Schaf	verschiedene Wildschaffrassen	Mittel- und Südosteuropa, Asien	Südeuropa, Asien	6 000 bis 2 000 v. u. Z.
Pferd	Przewalski-Pferd, Tarpan	Innerasien, Süden der Sowjetunion	Asien, Europa	6 000 bis 2 000 v. u. Z.
Huhn	verschiedene indische Wildhuhnformen	Indien	Indien	6 000 bis 2 000 v. u. Z.
Kaninchen	Europäisches Wildkaninchen	Europa	Spanien	Beginn unserer Zeitrechnung

Kulturpflanzen

Kulturpflanzenarten wie Weizen, Roggen, Kartoffel, die heute die Ernährungsgrundlage bilden, waren ursprünglich nicht in Mitteleuropa beheimatet (Tab. S. 136 f.).

Viele hier verbreitete Kulturpflanzenarten haben teilweise schon vor vielen Jahrtausenden von den natürlichen Entstehungsgebieten aus auch in Mitteleuropa Verbreitung gefunden (Abb. S. 137). In diesen Entstehungsgebieten, den sogenannten „Genzentren“, hat im Verlaufe von Jahrtausenden eine Anhäufung mannigfacher Erbanlagen stattgefunden (Abb. S. 137). Durch die Erschließung neuen Siedlungsraumes durch die verschiedenen Völkernschaften, insbesondere während der Völkerwanderung, erfolgte auch eine Verbreitung der Kulturpflanzen. Die bewusste Ein-



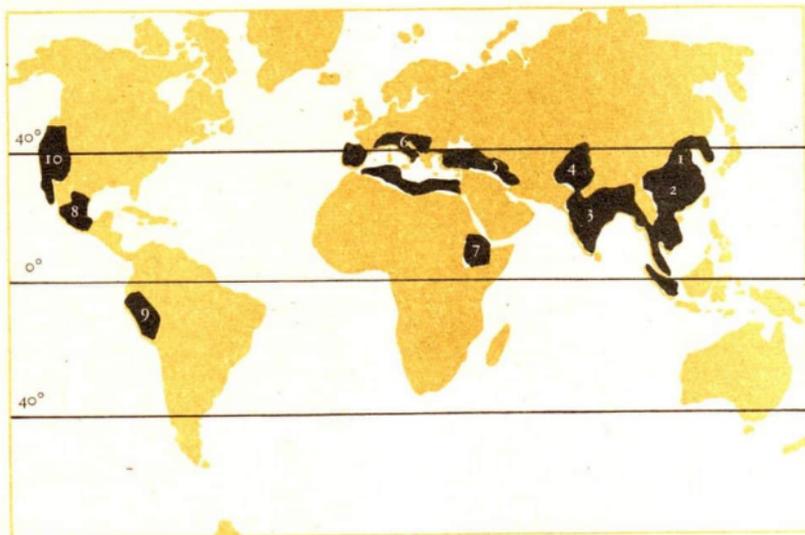
Herkunft einiger in Europa verbreiteter Kulturpflanzen

Kulturform	Ausgangsform	gegenwärtiges Verbreitungsgebiet der Ausgangsform	Domestikationsgebiet	Domestikationszeit um
Roggen	Wildroggen	Südwestasien	Europa	1500 v. u. Z.
Weizen	verschiedene Wildformen anderer Arten	Südwestasien	Vorderasien	6000 v. u. Z.
Gerste	Wildgerste	Ostasien, Südwestasien	Ostasien, Südwestasien	6000 v. u. Z.
Futterrübe	Wildrübe	Mittelmeergebiet	Mittelmeergebiet	1000 v. u. Z.
Zuckerrübe	Futterrübe	weltweit verbreitet	Frankreich, Mitteleuropa	Ende 18. Jh.
Mais	Wildmais	(Mexiko ?)	Südamerika	um 5000 v. u. Z.
Kartoffel	Wildkartoffel	Südamerika	Südamerika (Anden)	um 5000 v. u. Z.

führung in den letzten Jahrhunderten hat neue, bis dahin unbekannte Kulturpflanzen nach Europa gebracht (z. B. Kartoffel, Tomate). Pflanzen mit einer großen Anzahl züchterisch wertvoller Eigenschaften, vornehmlich Resistenzeigenschaften (z. B. gegen Kälte, Trockenheit und verschiedene Krankheitserreger) sind in den Ursprungsgebieten vorhanden oder werden dort vermutet, solche Eigenschaften fehlen aber häufig bei den in Europa verbreiteten Kulturpflanzensorten. In den Ursprungsgebieten werden seit längerer Zeit geeignete Pflanzen gesammelt. Als Ergebnis vieler Sammelexpeditionen entstanden in den letzten Jahren umfangreiche Sortimente von Kulturpflanzensorten und ihren wildwachsenden Verwandten, die für die Züchtung neuer, besserer Sorten als Ausgangsmaterial dienen.

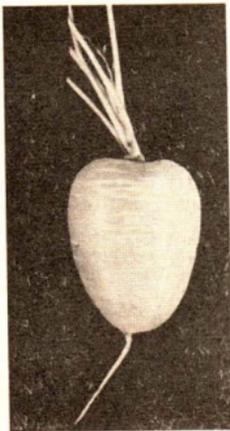
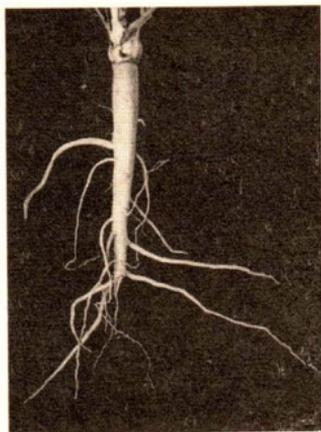
Besonders bedeutungsvoll sind in dieser Hinsicht die Kollektionen des Zentralinstitutes für Genetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben der Akademie der Wissenschaften der DDR zu Berlin und des N.I. Vavilov-Institutes in Leningrad (UdSSR).

Der Vergleich von Wild- und Kulturformen zeigt einerseits die engen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen ihnen, andererseits aber auch neue Merkmale der Kulturpflanzen als Zuchtergebnisse des Menschen (Tafel 5 u. 6). So weist die Kulturgerste größere Körner, eine bruchfestere Ährenspindel und gleichmäßigere



Natürliche Entstehungs- und Verbreitungsgebiete einiger Kulturpflanzenarten

1 Kohlarten, 2 Obst, 3 Reis, 4 Weizen, Erbse, Zwiebel, 5 Roggen, Hafer, Gerste, Weizen, Pflaumen, 6 Gemüse-Kohl, Raps, Zuckerrüben, Klee, 7 Kaffee, Weizen, 8 Mais, Buschbohne, Baumwolle, 9 Kartoffel, Tomate, Tabak, Gummi, 10 Sonnenblume, Erdbeere

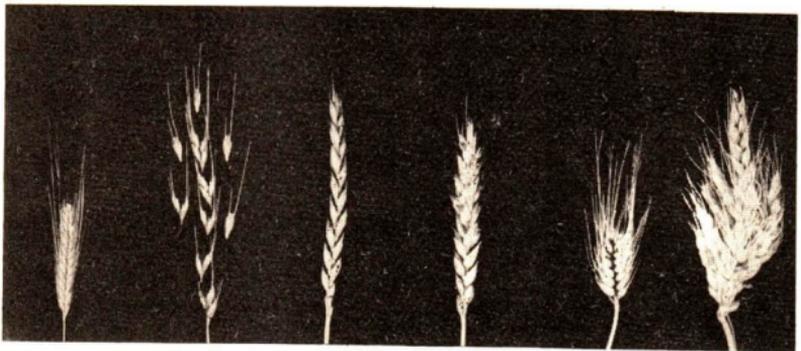


Wildmöhre (links) und Kulturmöhren

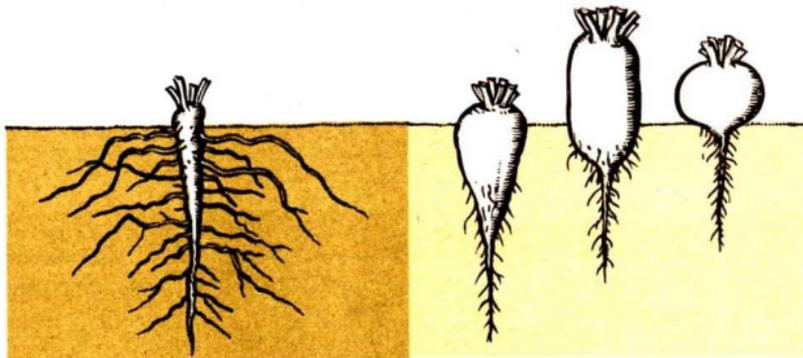


Ähren von Gerste. Von links nach rechts: Primitivform (ganze und zerfallene Ähre), zweizeilige begrannte und zweizeilige ungrannte Gerste, sechszeilige Gerste, Kapuzinergerste

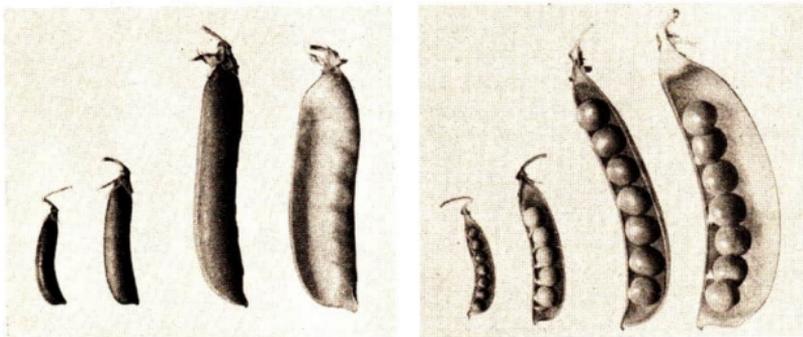
Reife der Einzelpflanzen eines Bestandes auf als die Primitivform (Abb. S. 138). Die Zuckerrübe besitzt gegenüber der Wildrübe einen wesentlich veränderten Rübenkörper, der Zuckergehalt beträgt über 15 $\%$. Aus der gleichen Ausgangsform entwickelten sich auch massenwüchsige Futterrüben und die für die menschliche Ernährung geeignete Rote Bete (Abb. S. 139). Wesentliche Fortschritte wurden auch bei der Steigerung der Weizenträge erreicht (Abb. S. 139).



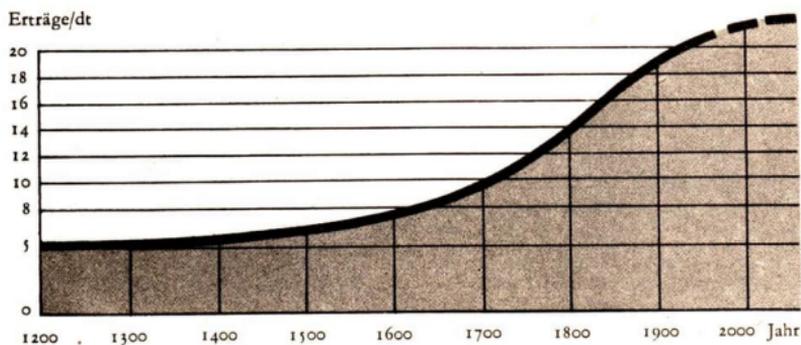
Ähren von Weizen. Von links nach rechts: primitiver Weizen (diploid, ganze und zerfallene Ähre), Spelt, Saat-Weizen (hexaploid), Kugel-Weizen (hexaploid), Wunder-Weizen



Formwandel durch Züchtung. Von links nach rechts: Wildrübe, Zuckerrübe, Futterrübe, Rote Bete



Primitivformen und Kulturformen der Erbse. Von links nach rechts: Primitivform, Felderbse, Markerbse, Zuckerbse (links ganze Hülsen, rechts Hülsen geöffnet)



Steigerung der Weizenenerträge in den fortgeschrittensten europäischen Anbaugebieten vom 13. Jahrhundert bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts



Haustiere

Die Mehrzahl der Haustiere wie Hund, Rind und Schwein wurden auch in Europa gezüchtet. Bei der Haustierwerdung (Domestikation) setzte nach DARWIN die „künstliche Zuchtwahl“ durch den Menschen ein (s. S. 97 ff.). So konnten nur solche Tiere zu Haustieren werden, die sich an die neuen Lebensbedingungen anpaßten und zur Fortpflanzung kamen. An die Stelle der mehr oder weniger stark ausgeprägten Einheitlichkeit der Wildform trat eine größere Vielfalt verschiedener Typen und Rassen. Sie zeigt sich in besonders anschaulicher Weise in der Vielfalt der Formen von Haustieren, die vornehmlich aus Liebhaberei oder unter sportlichen Gesichtspunkten gezüchtet werden (z. B. Hund, Taube, Kaninchen).

Die Haustiere weisen noch Merkmale der Wildformen auf, von denen sie abstammen. Andererseits summierte der Mensch im Verlaufe von Jahrtausenden die ihm nützlichen Eigenschaften bei den Kulturformen, und erreichte dadurch erstaunliche Ergebnisse. Gab das Wildrind beispielsweise jährlich etwa 600 kg Milch, das Hausrind um 1800 nur 860 kg, so beträgt die Milchleistung des Schwarzbunten Rindes heute etwa 5000 kg (Spitzenleistungen liegen zur Zeit bei über 15 000 kg). Dabei gehen die Bemühungen um die Verbesserung der Leistungen der Haustierassen ständig weiter. Die sozialistische Landwirtschaft bietet den Züchtern alle Voraussetzungen, die Aufgaben zu erfüllen, die sich aus dem wachsenden Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten und der Einführung industriemäßiger Methoden in der Landwirtschaft ergeben.

Die Leistungen der Pflanzen- und Tierzucht unterliegen einer ständigen Kontrolle. Die Genossenschaftsbauern und Mitarbeiter der volkseigenen Güter erhalten beispielsweise auf Leistungsschauen und Ausstellungen Einblick in die Fortschritte und die weiteren Entwicklungseinrichtungen der Pflanzen- und Tierzucht. Die umfassendste und wichtigste Veranstaltung auf diesem Gebiet ist die jährliche Landwirtschaftsausstellung „agra“ in Leipzig-Markkleeberg, die „Universität im Grünen“.

Milchleistung der Kühe in der DDR				
durchschnittliche Milchleistung je Kuh (umgerechnet auf 3,5 % Fett)		durchschnittliche Milchleistung je Herdbuchkuh (mit natürlichem Fettgehalt)		
Jahr	Milchleistung (kg)	Jahr	Milchleistung (kg)	Fettgehalt (%)
1968	3 344	1968	4 238	3,82
1969	3 327	1969	4 295	3,86
1970	3 274	1970	4 336	3,88
1971	3 286	1971	4 320	3,92
1972	3 459	1972	4 379	3,96



Ziele der Züchtung und Organisation der Pflanzen- und Tierzüchtung in der DDR

Züchtungsziele bei Pflanzen

Die Aufgaben und Ziele der Pflanzenzüchtung werden maßgeblich von den gesellschaftlichen Bedürfnissen bestimmt. Neben der Erreichung qualitativ und quantitativ höherer Erträge sind auch die Ansprüche aus den veränderten Produktionsmethoden zu erfüllen.

Die Einführung industriemäßiger Produktion in der Feldwirtschaft stellt beispielsweise an die Pflanzenzüchtung die Aufgabe, die hierfür geeigneten Sorten zu züchten. Diese Sorten müssen

die dringenden volkswirtschaftlichen Bedürfnisse nach Menge und Qualität befriedigen und die bereits vorhandenen Sorten in ihren Leistungen übertreffen,

eine weitgehende Mechanisierung der Arbeiten von der Aussaat bis zur Ernte ermöglichen und eine immer breitere Ausdehnung des Anbaus auf Flächen mit künstlicher Be- und Entwässerung zulassen,

hohe Düngergaben optimal verwerten können und den Einsatz chemischer Wirkstoffe zur Unkrautbekämpfung gestatten,

durch eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheitserregern, Schädlingen und Witterungseinflüssen eine große Ertragsicherheit aufweisen,

sich für bestimmte Verwendungszwecke eignen und den auf dem Gebiet der DDR herrschenden Standortbedingungen (z. B. Klima, Boden) angepaßt sein,

eine ausreichende Erzeugung von Saat- und Pflanzgut unter Einsatz moderner, arbeitssparender technischer Verfahren zulassen.

Züchtungsziele bei Tieren

Die Durchsetzung industriemäßiger Produktionsmethoden in der sozialistischen Landwirtschaft erfordert die Züchtung solcher Tiere, die auch in großen Beständen hohe allgemeine (z. B. Gesundheit, Fruchtbarkeit) und spezielle Leistungen (z. B. Ertrag an Milch, Fleisch, Eiern) bringen. Diese Tiere müssen

die steigenden Bedürfnisse der Bevölkerung an qualitativ hochwertigen tierischen Erzeugnissen decken,

eine gesunde Ernährung der Bevölkerung durch einen hohen Eiweißanteil und geringen Fettanteil in den tierischen Nahrungsmitteln gewährleisten,



Auswahl wichtiger Züchtungsziele
bei einigen volkswirtschaftlich bedeutungsvollen Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Züchtungsziele	Verwendung
Sommer- und Winterweizen	Mährdruschignung, Standfestigkeit auch bei höheren Stickstoffgaben, Ausfallfestigkeit, Auswuchsfestigkeit, Resistenz gegen Rost und Mehltau, gute Mahlfähigkeit und Eignung zur Herstellung von Back- und Teigwaren, hoher Rohproteingehalt	Brot, Feingebäck, Teigwaren, Futtermittel
Winterroggen	Mährdruschignung, Standfestigkeit auch bei höheren Stickstoffgaben, Ausfallfestigkeit, gute Mahleigenschaften, hoher Vitamingehalt (B ₁ , B ₂) der Körner, starke Bestockung, hohe und frühe Grünmasseerträge	Brot, Grünfutter
Kartoffeln	Sorten mit den Reifegruppen sehr früh, früh, mittelspät und spät, hohe Resistenz gegen Knollenfäulen, Kartoffelnematoden, Viruskrankheiten, geringe Beschädigungsempfindlichkeit, Ausnutzung hoher Mineraldüngermengen zur Bildung hoher Erträge, gute Speisequalitätseigenschaften und günstiges Verhältnis zwischen Eiweiß- und Stärkewert, hoher Stärkegehalt und gute Stärkequalität	menschliche Ernährung, Futtermittel, Stärkeindustrie
Zuckerrübe	Einkeimigkeit, Schoßresistenz, gute Eignung zur maschinellen Pflege und Ernte, hoher Zucker- und Trockenmasseertrag	Zucker

sich gegenüber dem vorhandenen Tierbestand durch höhere Leistungen auszeichnen, beispielsweise bei Milchkühen höhere Milchleistung bei höherem Gehalt an Fett und Eiweiß; mehr Fleisch und bessere Fleischqualität bei Schweinen und Mastrindern, Schnellwüchsigkeit (z. B. Broiler, Broiker), höhere Legeleistung bei Hühnern, den industriemäßigen Produktionsmethoden besonders gut angepaßt sein (z. B. maschinelle Melkbarkeit bei Rindern),

eine gute Futtermittelnutzung besitzen und bei einem höheren Anteil an wirtschaftseigenen Futtermitteln hohe Leistungen erbringen, sich durch gute Fruchtbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten auszeichnen und eine planmäßige Vermehrung der Tierbestände gestatten.



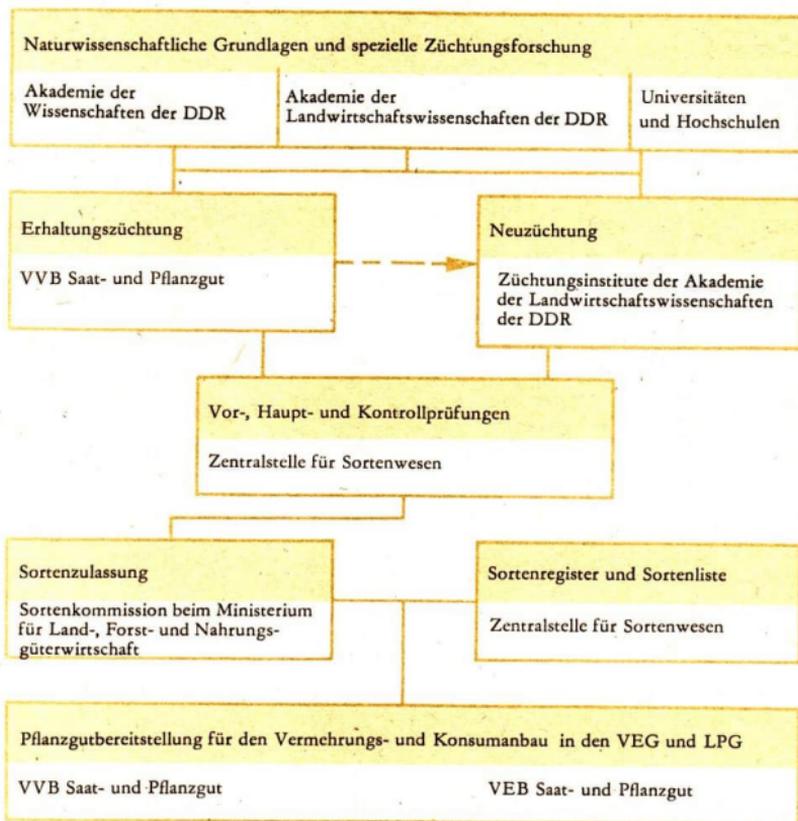
Schwerpunkte in den Zuchtzielen einiger Nutztierassen

Tierart	Züchtungsziele
Rind	Erhöhung der Frühreife und Langlebigkeit bei Kühen, Verbesserung ihrer Fruchtbarkeit, Steigerung der Milchleistung, Verbesserung der Qualität und Zusammensetzung der Milch (höherer Gehalt an Milchfett und Milcheiweiß), weitere Verbesserung der Euterform zur besseren Eignung zum Maschinenmelken, Erhöhung der Mastleistung, der Fleischausbeute und Fleischqualität, Verbesserung der Eignung zur industriemäßigen Produktion
Schwein	Erhöhung der Frühreife, Verbesserung der Fruchtbarkeit und Aufzuchtleistung, Verringerung des Futteraufwandes je kg Zuwachs, Erhöhung des Fleischanteils, Vergrößerung der Kotelettfäche, Erzielung vollfleischiger Schinken mit einem geringen Anteil an Anlagefett, Verbesserung der Eignung zur industriemäßigen Mast
Huhn	Erzielung eines frühen Legebeginns und einer gleichmäßigen Legetätigkeit, Verbesserung der Schlachtqualität, Eignung zur Broilermast, Verbesserung der Eignung zur Intensiv- und Großgefügelhaltung

Organisation der Pflanzen- und Tierzüchtung in der DDR

In der DDR wurden die wesentlichsten Zucht- und Forschungsstätten der Pflanzen- und Tierzüchtung in Volkseigentum übergeführt. Das Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft koordiniert und leitet gemeinsam mit den ihm nachgeordneten Einrichtungen (z. B. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, VVB, Staatliche Komitees) die Aufgaben der gesamten Agrarforschung in der DDR. Mit großzügiger Unterstützung durch den Staat werden in modernen Instituten und Betrieben der Akademie, der VVB Saat- und Pflanzgut, der VVB Tierzucht und an den Universitäten nach fortschrittlichen Methoden Züchtung und Züchtungsforschung betrieben.

In der Pflanzenzüchtung dauert die Entwicklung einer neuen Sorte und deren Verbreitung in der Praxis häufig 10, 15 und mehr Jahre. Der Pflanzenzüchter muß deshalb bei seiner Arbeit die prognostische Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion und die Bedürfnisse der Bevölkerung für etwa 20 Jahre im voraus erkennen. Es ist von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung, wenn es gelingt, die Züchtungsverfahren durch den Anbau mehrerer Generationen in einem Jahr (Gewächs-

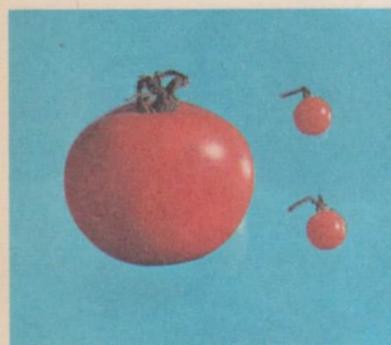


Organisation der Pflanzenzüchtung in der DDR

haus) und die Verlagerung von Teilaufgaben der Züchtung in klimatisch günstiger gelegene Gebiete abzukürzen. Neben einer erfolgreichen Neuzüchtung ist eine gut organisierte Erhaltungszüchtung erforderlich. Sie muß gewährleisten, daß der erzielte Leistungsstand einer Sorte bei der Vermehrung erhalten bleibt.

Ein „Sortenzulassungsausschuß“ unter Leitung des Ministers für Land-, Forst-

TAFEL 8 Primitiv- und Kulturformen von Tomate (links von oben nach unten) und Apfel (rechts von oben nach unten)





TAFEL 9



und Nahrungsgüterwirtschaft entscheidet über die Zulassung eines Zuchtstammes einer Sorte zum Anbau. Stellt es sich heraus, daß Sorten nicht mehr den Bedürfnissen der landwirtschaftlichen Praxis genügen, werden sie vom Anbau zurückgezogen (Abb. S. 144).

In der Tierzucht bedingt die erheblich geringere Anzahl der Nachkommen bei Tieren gegenüber Pflanzen eine andere Organisation der Züchtung. Auch hier ist die Prognose der Entwicklung der Volkswirtschaft bestimmend für die züchterischen Maßnahmen. Die VVB Tierzucht hat in jedem Bezirk der Republik einen VEB Tierzucht, dessen Aufgabe es ist, die Anleitung und Kontrolle der Züchtung in sämtlichen Zuchtbetrieben des Bezirkes durchzuführen.

Durch eine ständige Leistungskontrolle werden die besten Tiere ermittelt (Milchleistungsprüfungen, Mastleistungsprüfungen). Werden genau festgelegte Leistungen erbracht, kann die Aufnahme der Tiere in das Herdbuch erfolgen. Die Erbanlagen sind auf die männlichen und weiblichen Tiere verteilt, die Anlagen beider Geschlechter werden auf die Nachkommen vererbt. Wegen der größeren Anzahl von Nachkommen, denen die Erbanlagen eines Vatertieres übertragen werden können, sind diese in der Großtierzucht von besonderem Wert. Die Zulassung der Vatertiere zur Zucht unterliegt deshalb besonderen Bestimmungen. Sie werden anlässlich besonderer Zuchtveranstaltungen auf Grund ihrer Abstammung (d. h. der Leistung ihrer Eltern, Großeltern), der Ergebnisse der Eigenleistungsprüfung und einem dem Zuchtziel entsprechenden Körperbau in „Zuchtwertklassen“ eingeteilt und „gekört“.

Durch die Einrichtung von Besamungsstationen kann die Effektivität besonders wertvoller Vatertiere für die Züchtung wesentlich erhöht werden. Durch die technische Besamung wird das Erbgut wertvoller Vatertiere in weit größerem Maße als bei der natürlichen Besamung für die Leistungssteigerung der Tierbestände eingesetzt.

★ In der Rinderzucht der DDR hat sich die Besamungszucht durchgesetzt. Über 90 % aller weiblichen Zuchtrinder werden technisch besamt. Der Hauptvorteil der technischen Besamung liegt in der hohen Vermehrungsquote der besten Bullen. Zuchtwertgeprüfte Bullen mit Spitzenleistungen bringen über 1000 Besamungen im Jahr, beim natürlichen Deckakt dagegen deckt ein Bulle nur 100 Kühe im Jahr. Außerdem wird die Übertragung von Krankheiten ausgeschlossen. Der höhere Nutzungsgrad der Vatertiere ermöglicht darüber hinaus die gleiche Besamungsleistung bei kleinerem Bullenbestand (ökonomische Vatertierhaltung). ★

Genossenschaften und Kooperationsgemeinschaften haben es übernommen, die Vermehrung von Saat- und Pflanzgut sachgemäß vorzunehmen sowie den Zuchtwert ihrer Viehbestände und die Anzahl der Zuchttiere ständig zu steigern, um damit wesentliche Voraussetzungen für eine kontinuierliche Leistungssteigerung der landwirtschaftlichen Produktion herbeizuführen.

TAFEL 9 Verschiedene Sorten von Paprika als Beispiel für durch Züchtung erreichte Formenvielfalt



Die wesentlichsten Methoden der Pflanzen- und Tierzucht

Allgemeines

Erst nachdem zu Beginn dieses Jahrhunderts die Mendelschen Gesetze wieder bekannt wurden und allgemeine Anerkennung fanden, erhielt die Züchtung ein tragfähiges theoretisches Fundament. Jedoch wurden auch vorher bereits beachtliche züchterische Erfolge erzielt (Abb. S. 139).

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Genetik und die Kenntnisse über das Evolutionsgeschehen bei Pflanzen und Tieren haben im 20. Jahrhundert in immer stärkerem Maße Anwendung in der Züchtung gefunden. Mit neuen, fortlaufend verbesserten Methoden der Zellforschung und Biochemie sowie der Anwendung von mathematischen Verfahren in der Versuchsauswertung gelingt es, immer zielgerichteter die Kenntnisse über das Vererbungsgeschehen für die Schaffung von hochleistungsfähigen Nutzpflanzen und Nutztieren einzusetzen.

Durch züchterische Maßnahmen wurde die Kulturform oft so stark verändert, daß es häufig schwierig ist, die Verwandtschaft mit den ursprünglichen Wildformen zu erkennen (z. B. Wildkohl: Rosenkohl, Blumenkohl, Kopfkohl; Wolf: Pudel, Dackel).

Zwischen den Methoden der Tier- und Pflanzenzüchtung gibt es keine prinzipiellen Unterschiede. Beide basieren auf der Ausnutzung der Erkenntnisse der Genetik, der Populationsforschung und der Befruchtungsbiologie.

Im Gegensatz zu den Pflanzen haben Haustiere jeweils nur eine relativ geringe Anzahl von Nachkommen. Die größeren Tiere benötigen einen längeren Zeitraum für die Entwicklung von der eigenen Geburt bis zum Beginn der Fortpflanzung (beispielsweise Rind nach 2,5 Jahren das erste Kalb), so daß dadurch die Auslesemöglichkeiten für die Züchtung eng begrenzt sind. Auch Tiere mit verhältnismäßig zahlreicher Nachkommenschaft (z. B. Hühner, Schweine) erreichen bei weitem nicht die Vermehrungsquote wie Pflanzen. Weiterhin erfordert die Aufzucht und Haltung eines Tieres einen erheblich größeren Aufwand als der Anbau von Pflanzen.

Bei der Tierzüchtung erfolgt stets die gelenkte Paarung von zwei Elternteilen. Es werden dabei Tiere mit guter Vererbungsfähigkeit und guten Leistungen gepaart mit dem Ziel, eine Nachzucht zu erhalten, die den gewünschten Leistungsmerkmalen und Eigenschaften weitgehend entspricht.

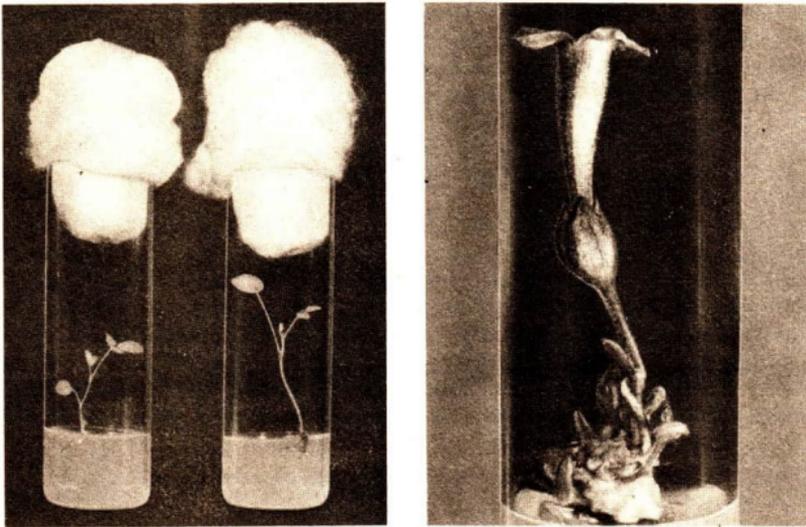
Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Züchtung sind bei Pflanzen und bei Tieren geeignetes Ausgangsmaterial und klare Züchtungsziele (Tabelle S. 142 f.).



Auslesezüchtung bei Pflanzen

Die ersten Kulturformen entstanden durch Auslese von Pflanzen aus der Wildpopulation, die für Ernährungs- und Anbauzwecke der Menschen besonders geeignet erschienen. Erst seitdem die Auslese und Vermehrung solcher Pflanzen betrieben wurde, die in ihrer Leistungsfähigkeit über dem Durchschnitt liegen, konnten bedeutende Fortschritte erzielt werden. Viele ältere Sorten sind durch Auslesezüchtung entstanden und bilden noch heute ein wertvolles Ausgangsmaterial für die derzeitigen Hochzuchtsorten. Anfangs waren nur Massenauslesen gebräuchlich, bei denen aus einem geeignet erscheinenden Pflanzenbestand entweder die Pflanzen mit positiven oder mit negativen Eigenschaften ausgesondert wurden. Im Verlaufe der Zeit wurde das Verfahren der Auslese verbessert. Die Nachkommenschaften der sorgfältig getrennt gehaltenen, dem Zuchtziel entsprechend ausgelesenen Pflanzen wurden geprüft. Dabei wurden teils unbewußt Rückschlüsse auf das Erbverhalten der Eltern gezogen und die Befruchtungsverhältnisse (Selbst- oder Fremdbefruchtung) berücksichtigt.

Die Prinzipien der Auslesezüchtung sind auch in allen anderen zur Anwendung kommenden Züchtungsmethoden enthalten. Durch die Einzelauslese gelang es bei-



Entwicklung von Pflanzen auf Nährböden
(links aus Embryonen gezogene Weiß-Kleekeimlinge)



spielsweise, aus vielen Tausenden von Individuen folgende Nutzpflanzen zu gewinnen:

- alkaloidfreie Lupinen aus bitterstoffreichen Populationen,
- einzelfrüchtige Zuckerrüben aus vielfrüchtigen Beständen,
- fadenlose Bohnen aus Beständen fädiger Bohnen,
- gegen den Kartoffelnematoden resistente Kartoffeln aus einer Vielzahl meist anfälliger Indianerkulturkartoffeln,
- aus Senfpflanzen mit durchschnittlich 4 Korn je Schote solche mit 9 bis 18 Korn je Schote.

Reinzucht bei Tieren

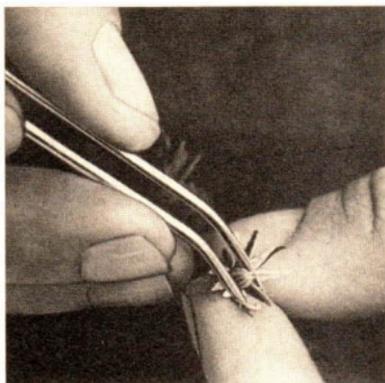
Die meisten der heute in Mitteleuropa verbreiteten Nutztierassen sind in den letzten 200 Jahren im wesentlichen aus Kreuzungen mit nicht einheimischen Rassen hervorgegangen. Ohne Kenntnis der Vererbungsgesetze nahm man häufig solche Kreuzungen mit teilweise sehr unterschiedlichen Partnern vor. Es entstanden daraus zahlreiche unterschiedliche Nachkommen. Daraus wurden solche Formen ausgewählt, die aus verschiedenerlei Gründen (z. B. Leistung, Neuheit, Sport) für wertvoll gehalten wurden und für weitere züchterische Verbesserung geeignet erschienen. Es wurden dabei meist Tiere mit ausgeprägten Rassenmerkmalen innerhalb einer anerkannten Rasse gepaart, um den Rassencharakter zu erhalten. Durch diese Reinzucht gelang es etwa seit der Jahrhundertwende, die bis dahin bestehenden wertvollen Haustierrassen zu erhalten und zu verbessern. Unter anderem sind so das allgemein verbreitete „Deutsche Schwarzbunte Rind“, das „Deutsche Edelschwein“ und das „Veredelte Landschwein“ sowie die einheimischen Schafrassen entstanden (Tafel 10).

* In der Vergangenheit war in den kleinen Tierbeständen der privatkapitalistischen bäuerlichen Landwirtschaft die Reinzucht die gebräuchlichste und wegen der Rassenentwicklung und Zuchtorganisation auch die sicherste Zuchtmethode. In den Tierbeständen der sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe dagegen gewinnt die systematische Kreuzungszüchtung (s. S. 151 f.) für die schnelle Leistungssteigerung immer mehr an Bedeutung. Die Reinzucht wird nur noch bei wenigen Rassen (z. B. Englisches Vollblutpferd, Dänisches Landschwein) angewendet. Das Gesetz der Ökonomie der Zeit muß auch bei der Wahl der Zuchtverfahren beachtet werden. *



Kombinationszüchtung bei Pflanzen

Das bisher gebräuchlichste Züchtungsverfahren in der Pflanzenzüchtung ist die Kombinationszüchtung. Durch Kreuzung werden dabei positive Eigenschaften zweier Eltern in den Nachkommen kombiniert. Dazu werden die Blüten teilweise kastriert. Technisch geht man dabei so vor, daß mit einer Pinzette die unreifen Staubblätter aus den Knospen entfernt werden, so daß der Pollen noch nicht die Narbe der eigenen Blüte (Zwitterblüte) oder einer anderen Blüte des Bestandes befruchten konnte (Abb. S. 149). Wenige Tage darauf wird die Bestäubung durchgeführt, indem der gewünschte Pollen auf die Narbe gebracht wird. Zum Schutze gegen unkontrollierte Bestäubungen (Wind, Insekten) werden die kastrierten Blüten vor und nach der Bestäubung mit einem Beutel isoliert (Abb. S. 149). Bei dieser Methode ist die richtige Auswahl der geeigneten, hinsichtlich ihrer Erbanlagen analysierten Kreuzungspartner (P) von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der weiteren Züchtung. Bei selbstbefruchtenden Kulturpflanzensorten wie beispielsweise Weizen, Gerste, Hafer und Erbse ist die erste Nachkommengeneration (F_1) hinsichtlich der Merkmalsausbildung einheitlich. Erst in den späteren Generationen (ab F_2) erfolgt eine Aufspaltung in viele verschiedene Phäno- und Genotypen entsprechend der Mischerbigkeit (Heterozygotie) der Nachkommen (s. S. 39). Aus diesen späteren Generationen werden die Nachkommen auf ihre Ertragsleistung und andere züchterisch wertvolle Eigenschaften getrennt untersucht und vermehrt. Dabei wird Reinerbigkeit (Homozygotie) der Linien angestrebt. Fremdbefruchtende Kulturpflanzen wie beispielsweise Roggen, verschiedene Kohlarten, Raps und Rüben sind heterozygot und ergeben deshalb bereits in der F_1 -Generation eine vielfältige Aufspaltung in verschie-



Kastrationsarbeiten bei Tomaten (links: Entfernen der Staubgefäße, rechts: Eintüten der kastrierten Blüte)



dene Typen. Auch hier werden im Verlaufe mehrerer Generationen jeweils nur die besten Nachkömmschaften ausgelesen. Bei den selbstbestäubenden Pflanzen besteht das Ziel, reinerbige Linien zu entwickeln. Bei Fremdbestäubern muß darauf geachtet werden, daß Populationen verschiedener Genotypen mit einem hohen Heterozygotiegrad erhalten bleiben. Diese müssen aber dennoch eine gewisse Gleichförmigkeit im äußeren Erscheinungsbild besitzen, wie es der Sortencharakter verlangt.

Bei den als Klone vermehrten Pflanzen (z. B. Kartoffeln, Obstgehölze, Erdbeeren) werden aus den jeweiligen F₁-Kreuzungspopulationen die dem Züchtungsziel entsprechenden Formen ausgelesen und in weiteren Nachbaugenerationen (A, B, C... -Klon) auf Ertrags-, Qualitäts- und Resistenzeigenschaften geprüft (Abb. S. 150). Jede Pflanze eines Klones entspricht dem gleichen Genotyp. Bei Obstgehölzen und Rosen werden neue Sorten durch Pfropfen von Reisern (Veredeln), bei Erdbeeren durch Ausläufer in die Praxis eingeführt. Eine Kartoffelsorte besteht aus den Nachkommen eines Sämlings, der über viele Jahre hinweg vegetativ vermehrt wurde. So gelangt eine neue Kartoffelsorte erst nach etwa 12 Jahren züchterischer Arbeit zum Anbau in die Praxis.

Einige Untersuchungs- und Auslesem Merkmale während der Züchtung

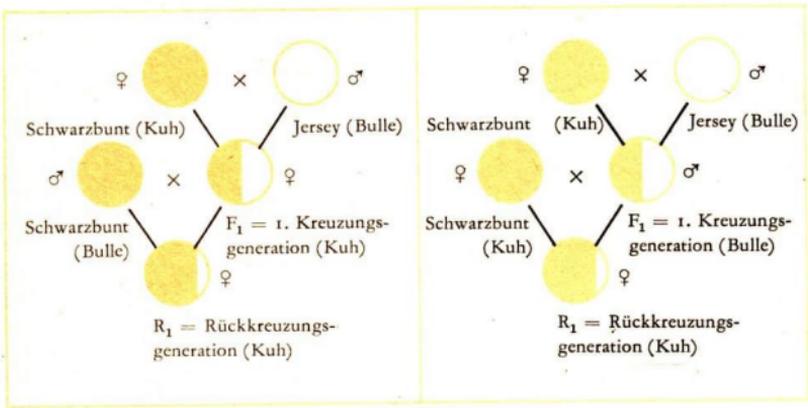
Jahr im Zuchtbetrieb		Ertrag	Reifezeit
1	Kreuzung ♀ × ♂		
2	Sämlinge		
3	A-Klone (10 Stauden)		Resistenz: Fäulnis, Virus, Nematode, Krebs, Schorf
4	B-Klone (60 Stauden)		Qualitäts- und Inhalts- stoffe: Stärkegehalt, Eiweißgehalt, Speise- qualität, Verfärbung (im rohen und gekochten Zustand)
5	C-Klone (200 Stauden)		
6	D-Klone (800 Stauden)		Untersuchung über die Eignung der Zuchtstämme unter den Bedingungen sozialistischer Großbetriebe
7 bis 12	Erhaltungszüchtung und Vermehrung		
ab 13	Sortenzulassung und Anbau in der Praxis		

Vereinfachtes Schema über die Züchtung einer Kartoffelsorte



Kreuzungszüchtung bei Tieren

Der Tierzüchter versteht unter Kreuzung die Paarung von Tieren verschiedener Rassen mit dem Ziel, eine vorhandene Rasse durch weitere wertvolle Eigenschaften einer anderen Rasse zu verbessern. Die Nachkommen der Kreuzungstiere spalten wegen der Ungleichartigkeit der beiden Elternpartner sehr stark in verschiedene Typen auf. Es muß stets eine strenge Auslese auf Genotypen, die dem Zuchtziel nahekommen, erfolgen, um dann entsprechende weitere Paarungen vorzunehmen. In der Regel sind mindestens 5 bis 6 Generationen erforderlich, um die durch die Kreuzung beabsichtigte Typenveränderung herbeizuführen und in einer neuen Rasse zu festigen.



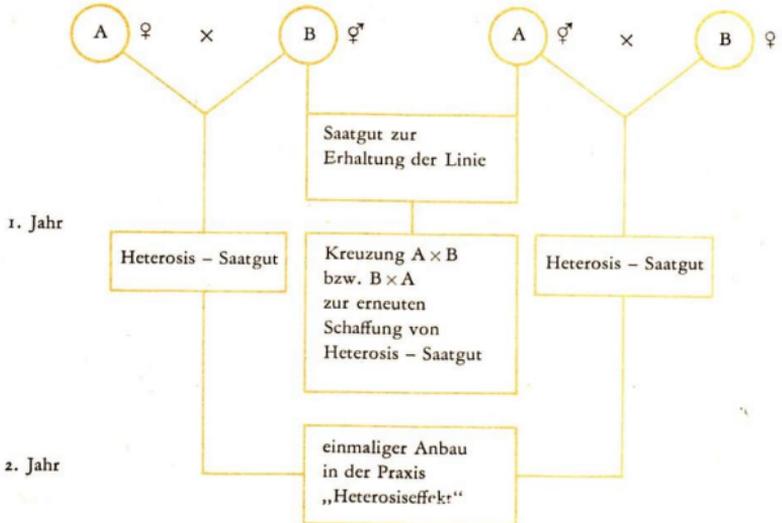
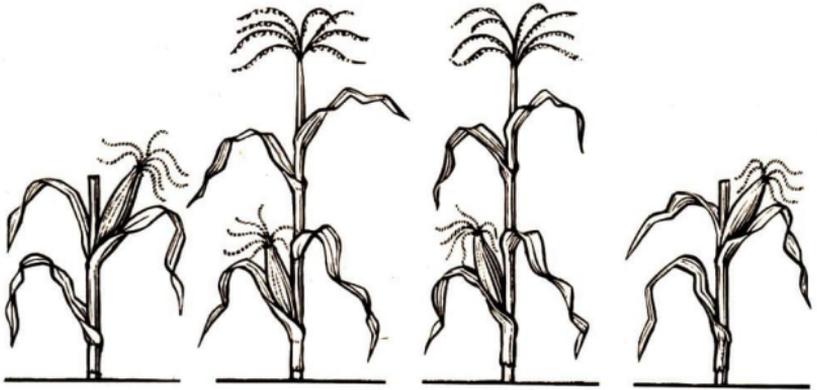
Einkreuzung von Jersey-Bullen in das „Deutsche Schwarzbunte Rind“ zur Verbesserung des Milchfettgehaltes

* Je nach dem zu verfolgenden Zuchtziel – entweder eine *vorhandene Rasse* durch eine neue völlig *zu ersetzen* (Verdrängungskreuzung), nur einige Eigenschaften der Rasse zu verbessern (Veredelungskreuzung) oder durch Kombination der besten Eigenschaften mehrerer Rassen (Kombinationskreuzung) eine neue Rasse zu züchten – werden besondere Züchtungsverfahren unterschieden. Beispielsweise soll auf dem Wege der Dreirassenkreuzung (Deutsches Schwarzbuntes Rind, Jersey und Holstein-Friesian) eine neue Rasse, das Schwarzbunte Milchrind der DDR gezüchtet werden. *



Heterosiszüchtung bei Pflanzen und Tieren

Sowohl in der Pflanzenzüchtung als auch in der Tierzüchtung wurden bei der Kreuzung bestimmter Rassen oder Sorten Leistungssteigerungen festgestellt, die über die beider Eltern hinausgehen. Diese als *Heterosis* bezeichnete allgemeine Leistungszunahme wird für die Züchtung neuer, hoch ertragsreicher Sorten ausgenutzt. Es



Erzeugung von Heterosissaatgut durch Einfachkreuzung



zeigte sich aber sehr bald, daß dieser Heterosiseffekt nur in den F_1 -Nachkommen der Kreuzungen bei Pflanzen oder Tieren auftritt und im weiteren Nachbau beziehungsweise der weiteren Nachzucht wieder abklingt. Das erfordert, daß stets erneut durch Kreuzungen entsprechendes Saatgut beziehungsweise entsprechende tierische Nachkommen mit dem Heterosiseffekt gezüchtet werden müssen.

Bei der Heterosizüchtung wird durch umfangreiche Testkreuzungen festgestellt, welche Kreuzungsnachkommen eine besonders hohe Leistungssteigerung (Heterosis) ergeben. Die geeigneten Partner werden dann in ausreichender Menge gekreuzt, um beispielsweise entsprechendes Saatgut für einen einmaligen Anbau zu erzeugen (Abb. S. 152). In der Pflanzenzüchtung wird die Heterosis seit langem angewendet. Ein hoher Anteil des insgesamt erzeugten Maissaatgutes in der Welt beispielsweise wird unter Ausnutzung der Heterosis gewonnen. Aber auch bei anderen Kulturpflanzen werden in zunehmendem Maße Heterosissorten erzeugt (z. B. bei Zuckerrüben, Kohl, Zwiebeln, Tomaten, neuerdings auch bei Getreide).

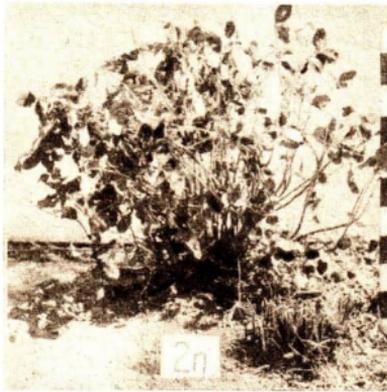
Um umfangreiche Kastrationsarbeiten zu ersparen und technische Schwierigkeiten zu überwinden, die bei der manuellen Entfernung der Staubgefäße auftreten, werden als Kreuzungspartner auch männlich steril gezüchtete Pflanzen verwendet.

In der Tierzüchtung wird besonders bei Schweinen, Hühnern (Broiler) und Kaninchen (Broiker) die Leistungssteigerung durch Heterosis wegen ihres wirtschaftlichen Wertes als sogenannte „Gebrauchskreuzung“ ausgenutzt. Nach entsprechenden vorherigen Tests werden Tiere verschiedener Rassen miteinander gepaart, um leistungsstarke, schnellwüchsige Gebrauchstiere zu erhalten. Ähnlich wie bei der Pflanzenzüchtung wird die F_1 -Generation nicht zur weiteren Zucht verwendet.

Mutationszüchtung

Polyloidie bei Pflanzen

Die bei der Zellteilung (Mitose und Meiose) sich differenzierenden Chromosomen sind die Träger der Erbanlagen (s. S. 26 ff). Der Genotyp einer Pflanze oder eines Tieres besitzt eine bestimmte in der Nachkommenschaft reproduzierbare Chromosomenzahl. Während des Wachstums und der Entwicklung der Pflanzen und Tiere sowie bei der geschlechtlichen Fortpflanzung bleiben die Erbanlagen in der Regel konstant erhalten. Im Verlaufe der Evolution der Kulturpflanzen sind jedoch auch Formen entstanden, bei denen sich die ursprünglich vorhandene Chromosomenzahl vervielfachte. Es entstanden *Polyploide*, das sind Pflanzen, bei denen die ursprüngliche Anzahl der Chromosomensätze vervielfacht wurde. Die Mehrzahl der heutigen Kulturpflanzen sind natürliche Polyploide (z. B. Weizen, Kohl, Raps, Kartoffel). Sie zeigen eine besonders gute Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen und sind häufig ertragsreicher als die diploiden Ausgangsformen (Abb. S. 154 f.).



Größere Massenwüchsigkeit und höhere Ertragsleistung von tetraploidem gegenüber diploidem Klee

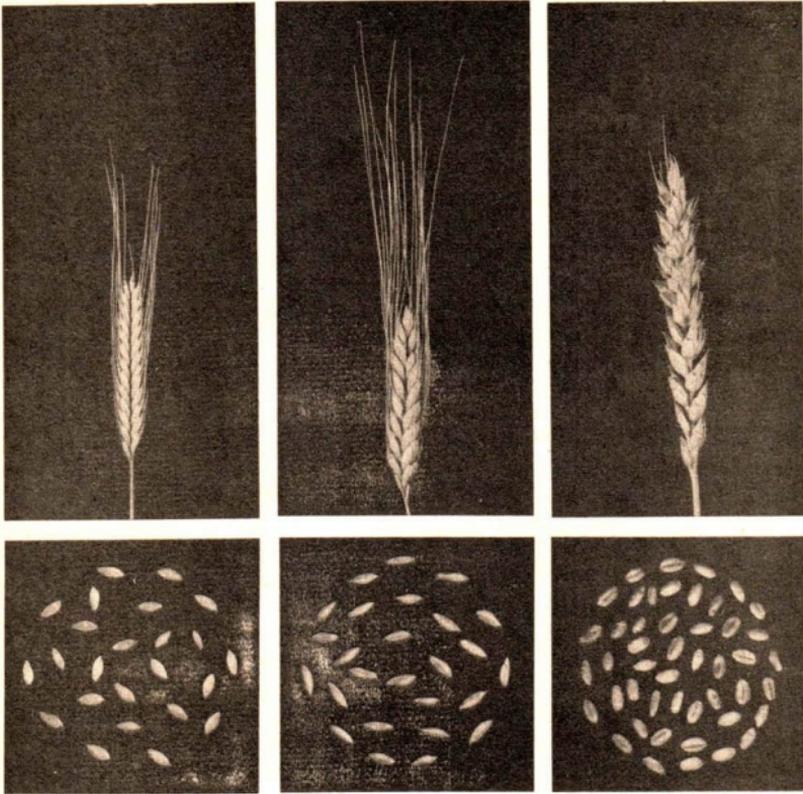
Durch Kreuzungen oder durch die Behandlung der Samen oder der vegetativen Organe mit Kolchizin, dem giftigen Alkaloid der Herbst-Zeitlose, ist es dem Züchter heute möglich, diese zur Polyploidie führenden Prozesse in wenigen Jahren, also in erheblich kürzerer Zeit ablaufen zu lassen. Die Polyploidie hat unter anderem zu sehr ertragsreichen Sorten bei Zuckerrüben, Gräsern und Kleearten geführt (Abb. S. 154 f.). In der Tierzucht ist ein solches Verfahren bisher nicht anwendbar. Unter den Haustieren kommen auch keine Polyploiden vor.

Gen-Mutationen

Spontan auftretende Mutationen haben wesentlich zur Ausbildung der Formenmannigfaltigkeit der Flora und Fauna geführt.

In der Pflanzenzüchtung werden Methoden entwickelt, die es gestatten, unter kontrollierten Bedingungen Mutationen auszulösen. Am gebräuchlichsten ist dabei die Anwendung energiereicher Strahlen (z. B. Röntgen-, Gamma-, Beta-, Alpha- und Neutronenstrahlen). In letzter Zeit wurde festgestellt, daß verschiedene chemische Verbindungen ähnlich mutagen wie die genannten Strahlenarten wirken. Sie finden in zunehmendem Maße Anwendung zur Auslösung von Mutationen.

Mit Hilfe dieser mutagenen chemischen und physikalischen Einwirkungen wird bei hochwertigen Sorten und Zuchtstämmen versucht, durch die Veränderung einzelner Erbfaktoren eine Verbesserung bestimmter Eigenschaften zu erzielen. So ist es beispielsweise gelungen, in Getreidearten frühreifere, standfestere, gegen Krankheiten widerstandsfähigere Sorten mit besserer Backfähigkeit zu entwickeln.



Ploidieformen bei Getreide. Von links nach rechts: Ähren und Körner einer diploiden, einer tetraploiden und einer hexaploiden Form des Weizens

Mutanten haben selten positiven Auslesewert. Deshalb muß eine große Anzahl von Individuen mit entsprechenden Stoffen behandelt werden, um möglicherweise die gewünschten Veränderungen finden zu können.

In der Tierzüchtung ist die künstliche Erzeugung von Mutationen bisher nicht angewendet worden. Es treten aber unter Wildtieren sowie auch unter Haustieren in einem bestimmten Umfang spontane Mutationen auf. Sehr häufig sind diese erblichen Veränderungen von negativem Auslesewert und können die Ursache von Mißbildungen sein. Darüber hinaus treten aber auch gelegentlich positiv zu bewertende Mutationen auf, die bei den Haustieren zu neuen Rassen mit teilweise durchaus wirtschaftlichem Wert geführt haben (z. B. Kaninchenrassen, Mutationsnerze).



Zusammenfassung

Vor etwa 10 000 Jahren begannen die Menschen der Urgesellschaft mit dem Anbau von Getreide. Sie begannen auch, Tiere zur Deckung ihres Fleischbedarfs zu halten. Mit dem Erreichen der Entwicklungsstufe der Ackerbauern und Viehzüchter wurden vorwiegend solche Pflanzen angebaut, bei denen die genutzten Teile besonders groß waren, einen guten Geschmack hatten und die sich gut anbauen und ernten ließen. Durch diese *unbewußte Auslese* sammelten die Menschen Erfahrungen, durch die sie zu einer *bewußten Auslese* befähigt wurden. Unter den sich stets verbessernden acker- und pflanzenbaulichen Bedingungen bildeten sich „Landsorten“ heraus, die eine mittlere Leistung und gute Anpassung an das Verbreitungsgebiet besaßen und ein wertvolles Ausgangsmaterial für die heutigen Kultursorten darstellten.

Die Anzahl der Rassen und Sorten nahm weiter zu, als die Menschen bewußt Kreuzungen bei Nutzpflanzen und Haustieren vornahmen und die geeigneten Nachkommen zur Weiterzucht ausgelesen wurden.

Großen Einfluß auf die Tier- und Pflanzenzüchtung hatten die Arbeiten von Ch. DARWIN (s. S. 95 ff.). Die von ihm gezogenen Schlußfolgerungen haben zum Teil auch heute noch Gültigkeit.

Im 19. Jahrhundert wurden wesentliche Kenntnisse über die Blütenbiologie der Sproßpflanzen gewonnen. Darauf aufbauend, konnte MENDEL zu allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten über das Vererbungsgeschehen kommen (s. S. 30 ff.). Damit wurde der Grundstein zur wissenschaftlichen Genetik, einer wesentlichen Voraussetzung für die Züchtung, gelegt. Durch die Anwendung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ist es heute möglich, weitere Fortschritte in der Züchtung zu erzielen. Die Erkenntnisse der Molekularbiologie werden mit Sicherheit in absehbarer Zeit auch bei der Züchtung leistungsfähigerer Pflanzensorten und Tierrassen Anwendung finden. Die biologischen Wissenschaften sind im 20. Jahrhundert zu einer wesentlichen Produktivkraft geworden.

Die Stammesentwicklung der Organismen vollzog sich in etwa 2 Millionen Jahren. In der relativ kurzen Zeit von nur 10 000 Jahren gelang es dem Menschen, Kulturpflanzen und Haustiere zu entwickeln.

Die Züchtung kann als angewandte Evolutionsforschung bezeichnet werden. Es gelang, bei der Züchtung die Evolutionsfaktoren in zunehmendem Maße bewußt und zielgerichtet auszunutzen. Es kommt darauf an, diese Faktoren immer wirkungsvoller und zielstrebig zum Wohle der Menschheit einzusetzen.

Wiederholung – Systematisierung – Ausblick





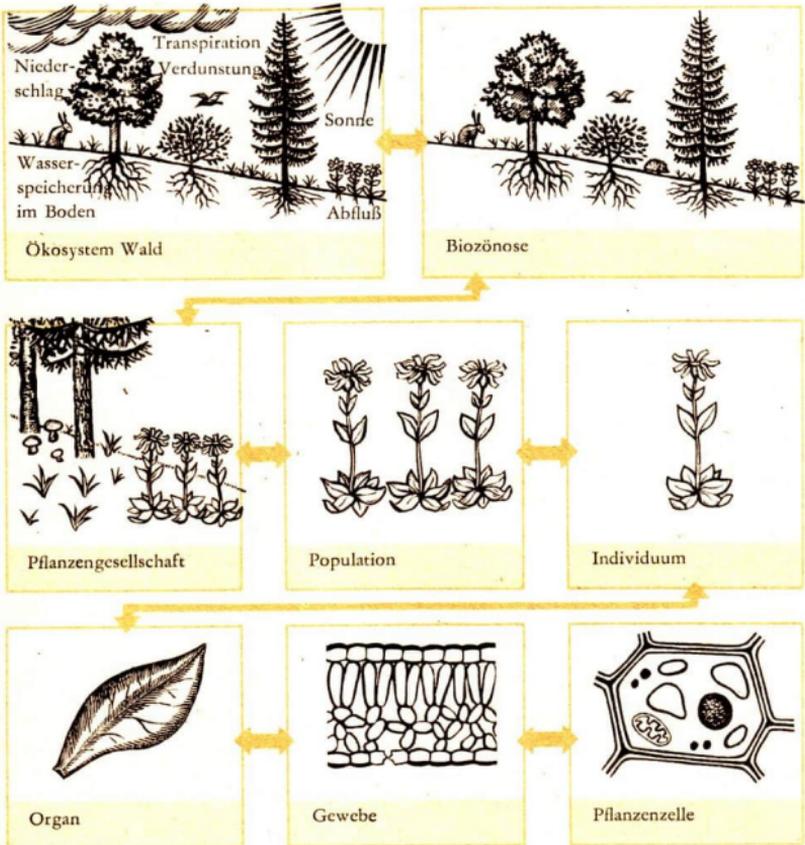
Zelle – Lebewesen – Population – Biozönose – Biosphäre

Der Stufenaufbau der lebenden Materie

Organismen benötigen für ihre Existenz Lebensstätten, die ihnen zusagende ökologische Bedingungen bieten und mit denen sie eine Einheit bilden. Diese Einheiten werden als Ökosysteme bezeichnet. Ökosysteme sind durch enge wechselseitige Beziehungen zwischen den Organismen untereinander sowie zwischen den Organismen und der abiotischen Umwelt gekennzeichnet.

Durch das Zusammenwirken zahlreicher abiotischer und biotischer Faktoren entstehen in einem Ökosystem unterschiedliche Lebensbedingungen, denen die Organismen mehr oder weniger angepaßt sind. Der gesamte Raum der Erde, der von Organismen besiedelt werden kann, ist die Biosphäre. Dieser Raum läßt sich nach großklimatischen Faktoren in Bioregionen (z. B. Tundra, Steppe, Wüste) gliedern. Ein Biotop (z. B. Auwald, Moor, Bach, See) ist Teil einer Bioregion; er ist in seiner Beschaffenheit relativ einheitlich und gegenüber seiner Umgebung eindeutig abgrenzbar. Jeder Biotop ist Lebensstätte einer auf ihn abgestimmten Organismengemeinschaft (Biozönose), mit der er ein Ökosystem bildet. Eine Biozönose ist durch das Zusam-

Beziehungen in der Natur	
System	Elemente
Biozönose	Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen verschiedener Arten
Pflanzen- oder Tiergesellschaft	verschiedene Pflanzen- oder Tierarten mit engen wechselseitigen Beziehungen
Population	alle Individuen einer Art in einem räumlich begrenzten Gebiet
Organismus	Organsysteme
Organsystem	Organe
Organ	Gewebe
Gewebe	Zellen
Zelle	Plasma, Zellkern, Zellorganellen



Beziehungsgefüge bei lebenden Systemen

menleben vieler verschiedener Pflanzen- und Tierarten gekennzeichnet, wobei sich die Einzelarten zu Pflanzen- oder Tiergemeinschaften zusammenschließen. Innerhalb der Gemeinschaften gibt es die Populationen, die aus vielen Individuen der gleichen Art bestehen. Das einzelne Individuum setzt sich aus Organsystemen und Organen und diese aus Geweben zusammen. Die niedrigste Strukturstufe ist die Zelle.

Jede Stufe besteht also aus einem bestimmten System, das durch eine Reihe von Elementen und die Beziehungen zwischen diesen Elementen gekennzeichnet ist.

Jedes dieser Systeme ist durch bestimmte Merkmale ausgezeichnet, die sich erst aus dem Zusammenwirken und den Wechselbeziehungen zwischen den Elementen er-

1



geben und die Struktur des Systems bestimmen. So spielt zum Beispiel im System Pflanzengemeinschaft die Konkurrenz zwischen den Arten eine große Rolle. Die spezifische Zusammensetzung einer Pflanzengesellschaft ergibt sich beispielsweise aus gleichen oder sich ergänzenden ökologischen Ansprüchen ihrer Arten (Merkmale der Elemente), aber vor allen Dingen aus der gegenseitigen Beeinflussung der Arten untereinander. Diese Merkmale können bei der Betrachtung der isolierten Einzelart nicht festgestellt werden. Die Elemente sind in einem System die kleinsten Einheiten.

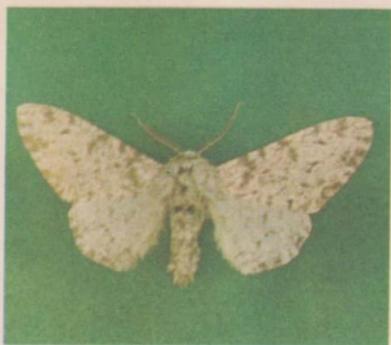
Die Zelle

Zellstrukturen von pflanzlichen und tierischen Zellen		
	Pflanzenzelle	Tierzelle
Zytoplasma	Grundplasma endoplasmatisches Retikulum	Grundplasma endoplasmatisches Retikulum
Zellorganellen	Plastiden Mitochondrien Ribosomen	Mitochondrien Ribosomen
Kern	Kern mit Chromatin und Kernkörperchen	Kern mit Chromatin und Kernkörperchen
	Vakuolen häufig	Vakuolen selten
	Zellwand	

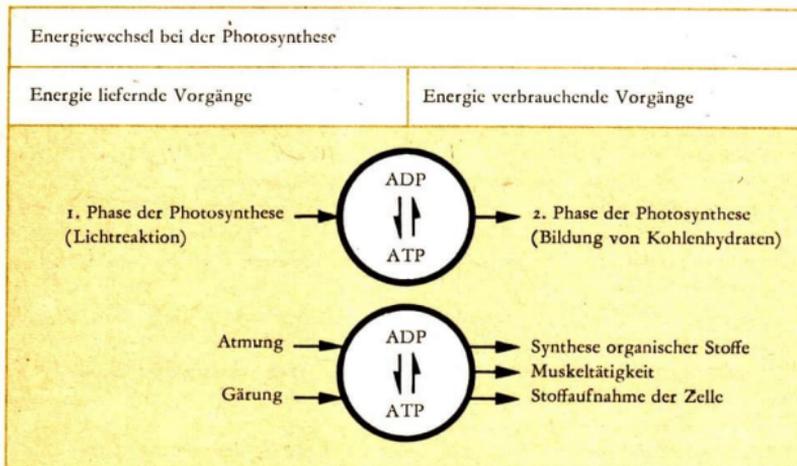
Die Zelle ist der Grundbaustein aller Organismen. Selbständiges Leben ohne Zellstruktur gibt es nicht. Trotz der großen Mannigfaltigkeit der Formen und Funktionen stimmen die Organismen im Grundaufbau und in den Grundfunktionen ihrer Zellen weitgehend überein. Die wesentlichen Strukturelemente wie Plasma, Kern, Membransysteme und Zellorganellen sind bei allen Lebewesen ähnlich. Auch die Grundprozesse wie Stoff- und Energiewechsel, Regulation, Informationsübertragung und Zellteilung zeigen ebenso wie das mikroskopische Bild pflanzlicher und tierischer

TAFEL 10 Primitivformen (links von oben nach unten Przewalskipferd, rückgezüchtetes, urähnliches Rind, Bankivahuhn) und Kulturformen (rechts) einiger Haustiere





TAFEL 11



Zellen keine wesentlichen Unterschiede. Diese Einheitlichkeit hat ihren Ursprung in der Abstammung aller Lebewesen von gemeinsamen Urformen (Tab. S. 160).

Alle Zellen sind stofflich und energetisch offene und zugleich geschlossene Systeme. Obgleich sie ständig aus der Umwelt Stoffe und Energie aufnehmen und beides auch wieder an die Umwelt abgeben, bleiben die wesentlichen Merkmale der Zelle unverändert. Das ist auf die vielseitige Wirkung der Biokatalysatoren (Enzyme) in den Zellen zurückzuführen. Sie ermöglichen durch Steuerung des Stoffwechsels, des Wachstums, der Reizerscheinungen, Bewegungen und Alterungsprozesse eine Selbstregulierung des Systems.

Viele Energieumwandelungsprozesse in den Zellen sind an das ADP/ATP-System gebunden. Durch die Anlagerung eines Phosphatrestes speichert ADP als energiereiche Verbindung Energie und kann sie bei erneuter Umwandlung in ADP freisetzen. Die ADP/ATP-Reaktion läuft zum Beispiel bei der Photosynthese, der Atmung und der Gärung ab. Sie ist ein charakteristisches Merkmal aller Lebewesen (Abb. S. 161).

Jede lebende Zelle besitzt Nukleinsäuren als Träger der genetischen Information. Diese befinden sich entweder im Zellkern oder bei Bakterien in einem kernähnlichen Gebilde (Kernäquivalent). Die identische Reproduktion der DNS bei der Zellteilung, die Weitergabe der Erbinformation der DNS an die RNS und die Bildung spezifischer Eiweißstoffe entsprechend der gegebenen Erbinformation sind für alle lebenden Zellen charakteristisch und damit ein Kennzeichen des Lebens.

TAFEL 11 Beispiele für Angepaßtheit an bestimmte Umweltbedingungen



Der Organismus

Während es bei den Zellen aller Organismen noch sehr viele übereinstimmende Merkmale gibt, verfügen die Organismen selbst bereits über zahlreiche besondere Merkmale. Diese ergeben sich aus der Anordnung der Zellen in Geweben, dem Zusammenschluß von Geweben zu verschiedenen Organen und Organsystemen und deren unterschiedlichem Bau und unterschiedlichen Funktionen.

Es werden einzellige und mehrzellige Lebewesen unterschieden. Einzeller sind dadurch gekennzeichnet, daß eine Zelle mit Hilfe von Zellorganellen alle Lebensfunktionen ausübt, die bei Vielzellern von spezialisierten Geweben und Organen übernommen werden.

Einzellige und vielzellige Organismen unterscheiden sich in einer Reihe wesentlicher Merkmale (Tab. S. 162).

Es gibt pflanzliche und tierische Einzeller. Sie unterscheiden sich durch das Fehlen oder Vorhandensein von Plastiden und Zellwand sowie in der Art der Assimilation der Nährstoffe.

Pflanzliche Einzeller ernähren sich autotroph, tierische heterotroph. Unterschiede in der Zellform oder der Bewegungsart sind unwesentlich (Tab. S. 162). Es gibt jedoch auch einzellige Organismen, die sich in Abhängigkeit von den Umweltverhältnissen autotroph oder heterotroph ernähren können (z. B. *Euglena*). Sie zeigen, daß die Entwicklung von gemeinsamen Urformen ausgegangen ist und der Übergang zur autotrophen Ernährungsweise erst zu einem späteren Zeitpunkt in der Entwicklungsgeschichte der Organismen erfolgte.

Im Bereich der mehrzelligen Pflanzen und Tiere gibt es zwischen beiden Organismenreichen wesentliche Unterschiede, die zu der großen Mannigfaltigkeit der Organismen beigetragen haben.

Vergleich von Einzellern und Vielzellern			
Organismus	Stoffwechselbeziehungen zur Umwelt	Zellteilung	Zellfunktion
Einzeller	direkt	zur Fortpflanzung	alle Grundfunktionen des Lebens
Vielzeller	durch Gewebe und Organe	zur Fortpflanzung und zum Wachstum	jeweils auf eine oder wenige Funktionen spezialisiert



Vergleich von Sproßpflanzen und Wirbeltieren		
Merkmal	Sproßpflanzen	Wirbeltiere
Lage der Organe	überwiegend nach außen gerichtet	meist im Innern des Körpers
Anzahl der verschiedenen Organe	wenige	zahlreiche
Ernährungsweise	autotroph	heterotroph
Bewegung	keine Ortsbewegung Wachstums- und Turgorbewegungen	freie Ortsbewegung
Reizbarkeit	keine Sinnesorgane	Sinnesorgane
Erregungsleitung	von Zelle zu Zelle „langsam“	über das Nervensystem „sehr schnell“

Die Population

Alle Organismen leben immer in näherer oder weiterer Gemeinschaft mit Lebewesen der gleichen Art im gleichen Raum mit weitgehend gleichen Umweltbedingungen. Jeder Organismus ist Glied einer Population (Abb. S. 159).

Trotz Artgleichheit sind die Glieder der Population in den genetischen Anlagen nicht völlig identisch. Durch Mutation und Kombination von Genen weichen einzelne Glieder der Population ab. In der Population beginnt bei sich verändernden Umweltbedingungen die natürliche Auslese als Faktor der stammesgeschichtlichen Entwicklung.

4

Die Biozönose

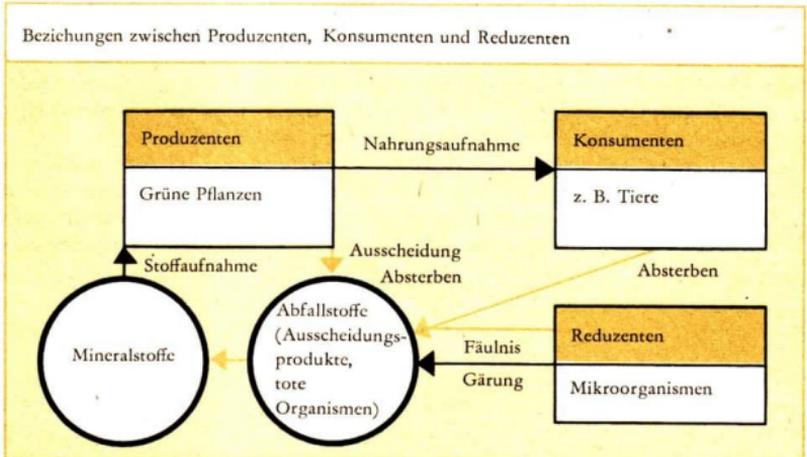
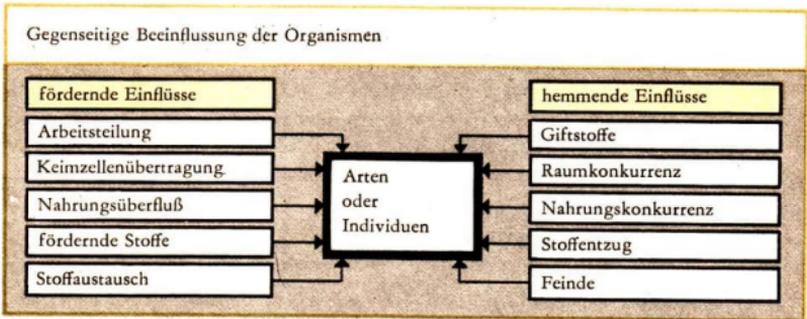
Populationen verschiedener Arten vereinigen sich unter gleichen Umweltbedingungen zu Biozönosen. Auf der Stufe der Biozönose gelten nicht nur Gesetzmäßigkeiten der niederen Stufen, sondern es treten neue hinzu, die sich vor allen Dingen aus den



Wechselbeziehungen der verschiedenen Arten untereinander ergeben. So kann beispielsweise das Wachstum der Glieder einer Biozönose nicht als die Summe des Wachstums einzelner isolierter Organismen aufgefaßt werden. Unter dem Einfluß der Konkurrenz und der gegenseitigen Förderung zeigen beispielsweise manche Organismen ein erhöhtes Wachstum, andere einen kümmerlichen Wuchs (Abb. S. 164 oben).

5

Die Biozönose ist durch ein ökologisches Gleichgewicht gekennzeichnet. Trotz ständiger Stoff- und Energiezufuhr von außen bleibt das Gefüge der Lebensgemeinschaft über längere Zeit erhalten. Hier wird wieder der dialektische Widerspruch zwischen dem offenen und zugleich geschlossenen Charakter des Systems deutlich, wie er auch bei Zellen und Organismen auftritt (Abb. S. 162). Das Gleichgewicht in der Biozönose wird durch das Zusammenwirken von Produzenten, Konsumenten und Reduzenten eingestellt.





Die Biosphäre

Alle Biozönosen und Ökosysteme sind auf der Erde an einen verhältnismäßig engen Raum gebunden. Dieser schmale Bereich, der als eine um die gesamte Erde gelegte Kugelschale denkbar ist, wird Biosphäre genannt (Tab. S. 165).

Die Biosphäre umfaßt die Hydrosphäre völlig, sie reicht in der Erdkruste bis etwa zu einer Tiefe von 3 km und in der Atmosphäre bis an die untere Grenze des Ozonschirmes in einer Höhe von 22 km. Die untere Grenze der Biosphäre ist durch die zu hohen Temperaturen des Erdinneren, die obere Grenze durch den kosmischen Strahlungsgürtel bedingt.

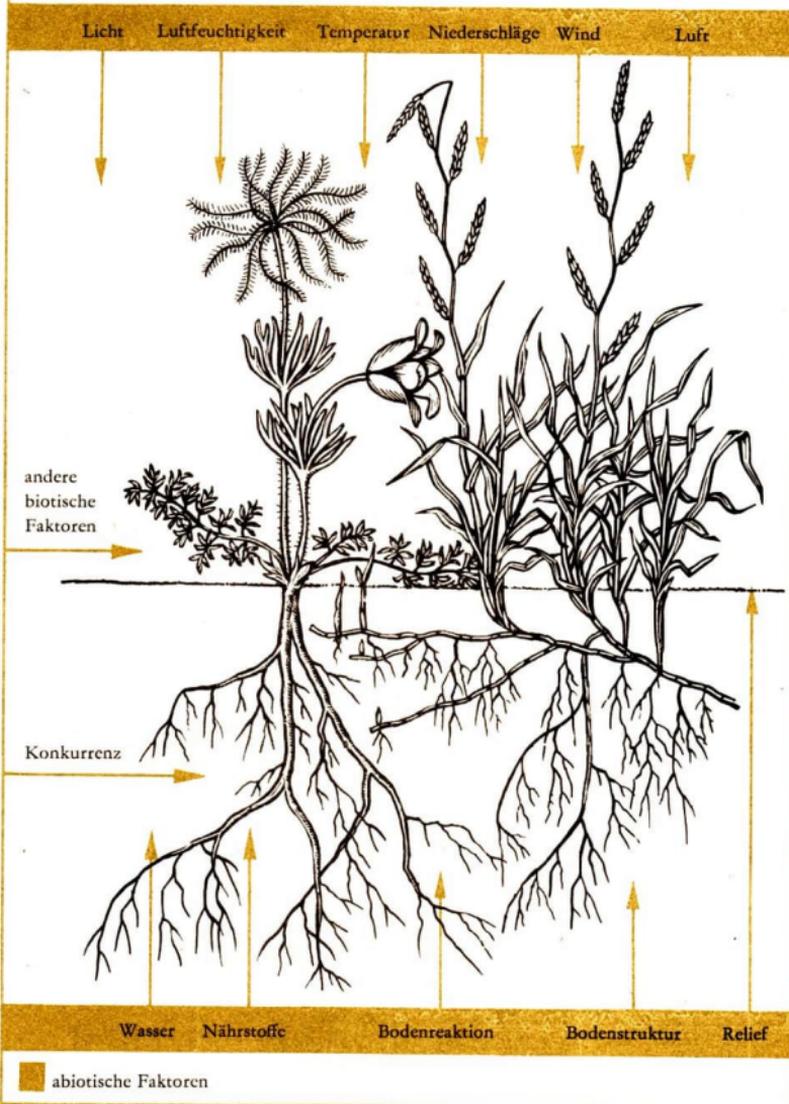
Das Leben ist an die abiotische Umwelt gebunden und ohne sie nicht denkbar (Abb. S. 166). Die Hauptenergiequelle für alles Leben stellt die Sonnenenergie dar. Im Jahr werden $1,26 \cdot 10^{24}$ cal der Erde zugestrahlt. Diese Strahlungsenergie wäre für das Leben viel zu hoch, wenn die Erde nicht durch den Ozonschirm vor den für Lebewesen gefährlichen ultravioletten und anderen kosmischen Strahlen geschützt wäre. Von der eingestrahelten Sonnenenergie werden 42 % reflektiert, 58 % von der Atmosphäre und dem Boden aufgenommen. Ein Teil der Sonnenenergie wird durch die Photosynthese der grünen Pflanzen genutzt. Durch deren Stoffwechselleistung steht den heterotrophen Organismen die Sonnenenergie in Form von energiereichen organischen Nährstoffen zur Verfügung. Die Kohlenlagerstätten, die gegenwärtig noch einen großen Teil der Energievorräte der Erde darstellen, sind durch die Photosyntheseleistung der Pflanzen vor Jahrmillionen entstanden und stellen gespeicherte Sonnenenergie dar.

Sphären der Erde		Mächtigkeit
Bezeichnung		
Lithosphäre	untere Schicht Sima	10 bis 40 km
	obere Schicht Sial	20 bis 40 km
Hydrosphäre		3 bis 11 km
Atmosphäre	untere Schicht	15 km
	Troposphäre Stratosphäre darin Ozonschirm Ionosphäre	100 km (22 bis 60 km) 500 km

BIOSPHERE

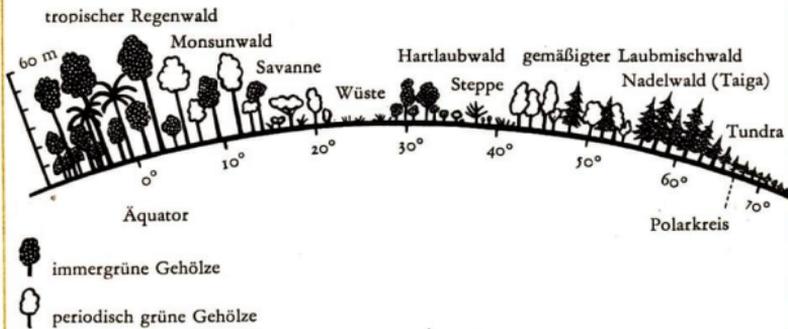


Umweltfaktoren der Pflanze





Die Vegetationsgürtel der Erde (schematisch)



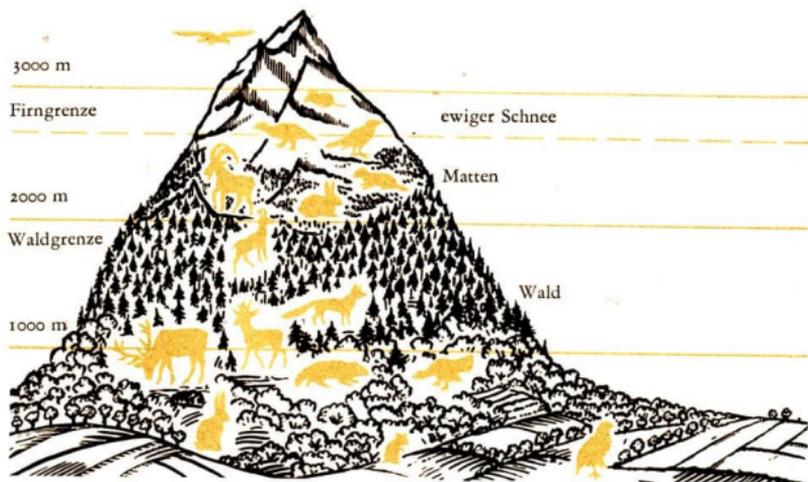
Artenzahl in den Waldgürteln der Erde

Waldgürtel	Artenzahl	Höhe der Bäume
tropischer Regenwald	8000	70 bis 90 m
Monsun- und Lorbeerwälder	3000	bis 50 m
Laubmischwälder	2000	35 bis 50 m
Nadelwälder	1000	bis 30 m
Tundra	500	Krüppelwuchs

In den 2 Milliarden Jahren, in denen Leben auf der Erde besteht, hat sich die Biosphäre in ihrem Umfang ständig erweitert. Lebewesen haben auch zunächst scheinbar unzugängliche Bereiche besiedelt. Die Dichte der lebenden Substanz nimmt ständig zu.

Von den Polen zum Äquator läßt sich eine Zunahme der Anzahl der Organismen feststellen, da die Umweltfaktoren Temperatur und Feuchtigkeit in polnahen Gebieten nicht optimal sind. Eine ähnliche Zonierung, wie sie von den Polen zum Äquator der Erde besteht, läßt sich auch in vertikaler Hinsicht in den Gebirgen erkennen. Auch bei den Höhengürteln wirken die abiotischen Umweltfaktoren bestimmend auf die Zonierung ein (Abb. S. 168).

Von der Ebene ins Gebirge aufsteigend, trifft man nach einer landwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaft auf die untere Laubwaldstufe, die in den Gebirgsnadelwald übergeht. Oberhalb der Waldgrenze schließt sich die Krummholzzone an. Sie



Die Höhenzonen der Alpen und deren Tierwelt

Kulturland: Feldhase, Hamster, Rebhuhn; Bergwaldzone: Edelhirsch, Reh, Dachs, Birkhuhn; Krummholz- und Mattenregion: Steinbock, Gemse, Schneehase, Murmeltier; obere alpine Region und Gebiete des ewigen Eises: Alpendohle, Schneehuhn, Schneemaus, Steinadler

wird von alpinen Matten abgelöst. Schließlich folgen der Schnee- und Gletscherrand und das kahle Gestein.

Die Lebewesen in der Biosphäre sind durch sehr vielfältige wechselseitige Beziehungen untereinander und mit der nicht lebenden Umwelt verbunden. Diese Wechselbeziehungen äußern sich in Stoffkreisläufen in der Natur, beispielsweise in den Kreisläufen des Sauerstoffs, des Kohlenstoffs, des Stickstoffs und des Wassers.

6



Die Bedeutung der Biologie für die Gesellschaft

Über Jahrtausende vollzog sich die Erkenntnis der lebenden Natur im Prozeß der gesellschaftlichen Produktion von Lebensgütern auf der Grundlage des Erkennens von Einzelprozessen und -erscheinungen, also durch das Sammeln von Erfahrungen. Im Zuge der gesellschaftlichen Arbeitsteilung entstand die Wissenschaft als systematische Forschung. Sie führt zur Verallgemeinerung der durch Erfahrung gewonnenen Erkenntnisse, zum Vordringen zu den Gesetzmäßigkeiten, zum Wesen der Erscheinungen und Prozesse. Der Mensch begann die Vielfalt der Organismen zu systematisieren. Er erkannte allgemeine, wesentliche und notwendige Zusammenhänge der lebenden Natur, die unter bestimmten Bedingungen immer wieder gültig sind und den Ablauf der biologischen Prozesse bestimmen. Diese Erkenntnisse wurden als Grundlagen für den Ackerbau, die Viehzucht, die Medizin genutzt. Verschiedene Industriezweige, die pflanzliche und tierische Rohstoffe verarbeiten oder in ihrer Produktion biologische Prozesse anwenden (z. B. Gärungs- und Nahrungsmittelindustrie, Abwasseraufbereitung), gehen ebenfalls von diesen Erkenntnissen aus.

Das im Biologieunterricht vermittelte Wissen ist ein wesentlicher Teil des im Verlaufe eines langen historischen Prozesses durch die Menschen gewonnenen Wissens über die lebende Natur.

★ Der Biologieunterricht vermittelte Kenntnisse über die historische Entwicklung der Arbeitstechniken und Methoden der Forscher, über die praktische Nutzung biologischer Kenntnisse und über den Zusammenhang von Biologie und Weltanschauung.

Der Biologieunterricht führte zu Einsichten in den Aufbau und die grundlegenden Lebensvorgänge von Pflanze, Tier und Mensch und über Beziehungen der Pflanzen und Tiere untereinander und zu ihrer nichtlebenden Umwelt. Gegenstand der Betrachtung waren die Vielfalt der Pflanzensippen und Tiergruppen und ihre stammesgeschichtliche Verwandtschaft, die Vorgänge der Vererbung und die Ursachen der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Lebewesen sowie die Tatsache, daß sich der Mensch aus dem Tierreich entwickelt hat. Es wurde deutlich, daß die räumlichen Ausdehnungen, mit denen es die Biologie zu tun hat, von den Atomen, Ionen und Molekülen bis zu dem die Erde als Biosphäre umspannenden System des Lebenden reicht und in der lebenden Natur zeitliche Prozesse von wenigen millionstel Sekunden im Bereich der Moleküle bis zu Milliarden von Jahren im Bereich der Entwicklung der Organismen ablaufen. ★

Dieses Wissen ist die Grundlage für ein tieferes Eindringen in noch nicht erkannte



Bereiche der lebenden Natur, und es gibt der menschlichen Gesellschaft die Möglichkeit zur Aneignung und planmäßigen Nutzung der lebenden Natur. Von den gesellschaftlichen Verhältnissen hängt es in erster Linie ab, ob die Menschen tiefer in die Probleme eindringen, in welche Richtung vorgestoßen wird und in wessen Interesse die bisherigen und künftigen Ergebnisse der biologischen Forschung genutzt werden.

Über die Bedeutung der Biologie für die Gesellschaft herrscht nur Klarheit, wenn diese Wissenschaft und die durch sie gegebenen Möglichkeiten der Anwendung nie isoliert von der gesellschaftlichen Entwicklung betrachtet werden.

Biologie und Gesellschaft

Die biologische Wissenschaft wird vom Menschen zum Zwecke der Erkenntnis, Beherrschung und Nutzung der lebenden Natur betrieben. Sie bedarf entsprechend ihrer Entwicklung wachsender technischer, finanzieller und personeller Voraussetzungen, die durch die Gesellschaft geschaffen werden müssen.

Dieser Prozeß der Entwicklung der Wissenschaft vollzieht sich stets unter bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen. Folglich unterliegt die Biologie wie jede andere Wissenschaft in ihrer Entwicklung sowohl den allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen als auch den spezifischen Interessen der jeweils herrschenden Klasse und den Bedingungen der bestehenden Gesellschaftsordnung. Zugleich beeinflusst die Biologie mit ihren Ergebnissen die Entwicklung der Produktivkräfte und die Gestaltung der biologischen Lebensgrundlagen der Gesellschaft.

Der Beginn der kapitalistischen Produktionsweise löste eine beachtliche Entwicklung der Naturwissenschaften aus, die auch zur Entfaltung der Biologie führte.

Aus der Geschichte der Biologie könnte bei bloßer Betrachtung ihrer Entwicklungsschritte der Eindruck entstehen, daß sie sich etwa vom 15. Jahrhundert an kontinuierlich und im allgemein menschlichen Interesse entfaltet hat.

In seiner progressiven, revolutionären Phase hatte das Bürgertum ein Interesse daran, die gesamte Naturwissenschaft rasch zu entwickeln. Das geschah, weil die Bourgeoisie als damals revolutionäre Klasse am sozialen Fortschritt interessiert war. Mit fortschreitender Entwicklung der kapitalistischen Produktionsweise führte jedoch das Profitinteresse der Kapitalisten zu einer sehr ungleichmäßigen Entwicklung der einzelnen Naturwissenschaften und der Nutzung ihrer Ergebnisse. Immer mehr wurden jene Zweige gefördert, deren Ergebnisse große und schnell zu realisierende Gewinne versprachen oder durch ihre militärische Verwendbarkeit die Macht der Bourgeoisie stärkten. So erfuhr die Biologie bis in das 20. Jahrhundert hinein eine weitaus geringere Förderung und Entwicklung als die Mathematik, Physik, Chemie und die technischen Wissenschaften.

Die Biologie weist einige Besonderheiten auf, die mit dem Profitinteresse der



Kapitalisten und den zunehmend antihumanistischen Zügen der kapitalistischen Gesellschaftsordnung in Widerspruch stehen.

Da die Biologie in ihrer Entfaltung in gewissem Umfang von der Entwicklung der anderen Naturwissenschaften abhängig ist, dauert es länger, bis ihre Ergebnisse direkt in profitbringende Produktion zu überführen sind. Sie mußte sich daher bis ins 20. Jahrhundert hinein mit den geringen staatlichen Zuwendungen für die Universitätsinstitute oder mit den Privatmitteln der Gelehrten begnügen, während die anderen Naturwissenschaften bereits starke industrielle Förderung genossen.

Die Biologie liefert als Wissenschaft vom Leben Ergebnisse, die bei konsequenter gesellschaftlicher Anwendung allgemeine soziale und den Profit mindernde Maßnahmen erfordern, wie beispielsweise Aufforstung im richtigen Verhältnis zum Holzschlag; Rekultivierung von Bergbauödländereien; Wasserregulierungsmaßnahmen; Steigerung der Nahrungsmittelproduktion durch volle Anwendung biologischer Erkenntnisse und eine Preisgestaltung, die diese Produkte allen zufließen läßt; Maßnahmen der Arbeits-, Siedlungs- und Ernährungshygiene; kontrollierte Medikamentenproduktion und kostenlose Gesundheitsfürsorge; Verzicht auf Produktion biologischer Waffen.

Die Biologie liefert durch ihre Einsichten in die Lebensprozesse und in die biologischen Existenzgrundlagen des Menschen Erkenntnisse, die humanistisches Denken unterstützen und den antihumanistischen Charakter des kapitalistischen Systems mit seinem Raubbau an der Natur, mit seiner Ruinierung der Gesundheit der Werktätigen und mit seiner militärischen Bedrohung der Menschheit entlarven.

Die Biologie hat sich trotz der hemmenden Einflüsse der kapitalistischen Verhältnisse entwickelt, und sie erfährt in den letzten Jahrzehnten auch in kapitalistischen Staaten eine stärkere Beachtung.

Die Ursachen dafür sind darin zu suchen,

- daß die Beherrschung und Nutzung der Natur auf die Dauer nicht einseitig auf physikalisch-chemisch-technischer Basis ohne Beachtung der Auswirkungen der Industrialisierung auf die biologischen Lebensgrundlagen des Menschen erfolgen kann,
- daß viele industrielle Prozesse selbst auf der Verwertung biologischer Rohstoffe oder der Anwendung biologischer Prozesse beruhen,
- daß mit der wachsenden Erdbevölkerung, mit der Konzentration der Menschen in industriellen Ballungszentren, mit der Veränderung der Lebensweise der Menschen biologische, medizinische, landwirtschaftliche und hygienische Probleme entstehen, die auch von der Ausbeuterklasse nicht völlig ignoriert werden können und von denen sie selbst mit betroffen ist,
- daß die Biologie zunehmend produktiv verwertbare Ergebnisse liefert,
- daß viele Forschungsergebnisse für den Imperialismus an militärischer Bedeutung gewinnen,
- daß bedeutende Wissenschaftler die Weltöffentlichkeit auf die Folgen einer nur vom Profit bestimmten Nutzung der Natur und den damit verbundenen Gefahren für die biologischen Existenzbedingungen der Menschheit aufmerksam machten,
- daß die Arbeiterklasse, die übrigen werktätigen Schichten, die bisher kolonialen,



- 1
- 2
- 3
- 4

vom Imperialismus ausgebeuteten und unterdrückten Völker Forderungen nach Verbesserung ihrer sozialen Lage (z. B. Sicherung ausreichender Ernährung, Verbesserung der medizinischen Betreuung) stellen und zum Teil durchgesetzt haben,

– daß die wissenschaftlich-technische Revolution in der Epoche des Überganges vom Kapitalismus zum Sozialismus erfolgt und die Imperialisten in dieser Auseinandersetzung gezwungen sind, der auf die allseitig zum Wohle der Werktätigen orientierten Nutzung der Biologie in den sozialistischen Ländern in gewissem Umfang Rechnung zu tragen.

Biologie als Produktivkraft

Die Biologie ist heute dabei, die Herrschaft über das Leben auf der Erde einschließlich der Lebensvorgänge im menschlichen Organismus in die Hand des gesellschaftlichen Menschen zu legen, so wie ihm die Physik die Kräfte des Atoms erschlossen hat. Damit wird eine qualitativ neue Epoche gesellschaftlicher Naturbeherrschung eröffnet, die unabschbare Möglichkeiten in sich birgt. Das erfordert auch qualitativ neue gesellschaftliche Bedingungen, um diese Möglichkeiten im Interesse aller Menschen voll auszuschöpfen. Im Rahmen einer kapitalistischen Profitwirtschaft ist das nicht möglich.

In der sozialistischen Gesellschaft ist die Natur nicht mehr Objekt kapitalistischer Ausbeutung, sondern Ursprung materiellen Reichtums und Quell der Gesundheit und Lebensfreude aller Menschen. Die Biologie hat in der sozialistischen Gesellschaft zusammen mit ihren Anwendungsmöglichkeiten (z. B. Medizin, Landwirtschaft, Ernährungswissenschaft) die Voraussetzungen zu schaffen, um die Gesundheit der Menschen zu erhalten und zu erhöhen, die Nahrungsproduktion und die Produktion von Industrierohstoffen aus der lebenden Natur bis zum Überfluß für kommunistische Lebensformen zu entwickeln und die Erhaltung der biologischen Lebensgrundlagen zu sichern. Im Sozialismus und Kommunismus kann die Biologie ihre Potenzen als Produktivkraft voll ausschöpfen, weil es eine humanistische, das Leben hütende und fördernde Gesellschaft ist.

Die sozialistische Gesellschaft ermöglicht es, die biologische Forschung wohlproportioniert, planmäßig und im Rahmen der sozialistischen Völkergemeinschaft aufeinander abgestimmt voranzutreiben, die Ergebnisse auszutauschen, in die Praxis zu überführen und ausschließlich zum Wohle des Menschen wirksam werden zu lassen. Die biologische Forschung entwickelt sich hier in Forschungsgruppen auf der Basis der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit. Sie besitzt in der marxistisch-leninistischen Philosophie eine solide weltanschauliche, ethische, erkenntnistheoretische und methodologische Grundlage, die auf die Anwendung ihrer Ergebnisse für die sozialistische Menschengemeinschaft orientiert.

Die Ernährung der rasch wachsenden Erdbevölkerung, die Veränderung der biologischen Lebensgrundlagen des Menschen durch die Industrialisierung, die Erhaltung und Förderung der Gesundheit unter den sich entwickelnden modernen Arbeits- und



5

6

Lebensverhältnissen und die fortschreitende Umwandlung der Naturlandschaft in eine Kulturlandschaft bringen Probleme mit sich, die ohne die Mitwirkung der biologischen Wissenschaft nicht lösbar sind. Zugleich werden alle Erkenntnisse der Biologie für die Menschheit nur optimal nutzbar, wenn durch den Übergang zur sozialistischen Gesellschaft die Befriedigung der materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Menschen zum Ziel der gesellschaftlichen Arbeit wird.

Biologie und Nahrungsmittelproduktion

Durch die Verringerung der Sterblichkeitsrate infolge verbesserter medizinischer Betreuung in vielen Ländern der Erde und durch einen Geburtenüberschuß wächst die Erdbevölkerung in einem Jahrzehnt um 20 bis 25 %. Nach vorläufigen Berechnungen werden auf der Erde im Jahr 2000 etwa sechs Milliarden Menschen leben. Da von den heute lebenden Menschen etwa ein Drittel unzureichend ernährt ist und eine halbe Million Menschen chronischen Hunger leidet, erfordert dieser Bevölkerungszuwachs mehr als eine Verdoppelung der gegenwärtigen Nahrungsmittelerzeugung, um eine ausreichende Ernährung der Menschheit im Jahre 2000 zu sichern.

8

9

Eine ebenso kritische Situation gibt es bei der Erzeugung biologischer Rohstoffe (z. B. Holz, Baumwolle, Wolle). Die zu erwartende Entlastung durch die Produktion synthetischer Stoffe ist bei Rohstoffen etwas größer, bleibt aber bei Nahrungsmitteln noch ohne entscheidende Bedeutung. Trotzdem ist das Problem der Versorgung der Welt lösbar. Heute wäre bei voller Anwendung der Wissenschaft und Agrotechnik die Produktion von 15 Tonnen Trockensubstanz je Hektar möglich. Für die ausreichende Ernährung der heutigen Weltbevölkerung würden bei einer solchen Produktivität etwa 310 Millionen Hektar Kulturboden benötigt, das sind 2,2 % des Festlandes der Erde und knapp ein Viertel der heute im Weltdurchschnitt landwirtschaftlich bearbeiteten Fläche. Die künftig erreichbare Hektarleistung liegt jedoch um fünf- bis sechsmal höher, und der Anteil der Ackerfläche kann nach Auffassung von Fachleuten auf 16 bis 17 % des Festlandes (gegenwärtig 10 %) steigen.

Umfangreiche Nahrungsreserven, die bisher der Nutzung noch nicht erschlossen

Eiweißgewinnung aus dem Meer

Thailand	71%
Japan	63%
USA	5%
Afrika	3%
Zur Zeit Anteil am Verzehr im Weltmaßstab	12%
bis zum Jahre 2 000 Steigerung im Weltmaßstab auf	20%

Abnahme der organischen Substanz innerhalb einer Nahrungskette

Algen	10 000	kg
Zooplankton	1 000	kg
Hering	100	kg
Makrele	10	kg
Thunfisch	1	kg
menschliche Körpersubstanz	0,1	kg



wurden, liegen in den Weltmeeren. Durch wirtschaftliche Verwendung der Meerespflanzen beispielsweise könnte das Eiweiß- und Kohlenhydrataufkommen im Weltmaßstab wesentlich erhöht werden. Produkte des Meeres können vom Menschen direkt als Nahrung oder als Futtermittel in der Tierhaltung genutzt werden. Meeresbiologie ist deshalb auch ein Forschungsschwerpunkt in der DDR.

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert internationale kollektive Anstrengungen zur Hebung der Produktivität der pflanzlichen und tierischen Produktion durch die volle Ausnutzung biologischer, agrotechnischer und anderer Erkenntnisse. Sie erfordert auch Schluß zu machen mit der Vernichtung von Nahrungsmitteln, mit der vom Profitinteresse gesteuerten Drosselung der Nahrungsmittelproduktion und der Zurückhaltung von Nahrungsmitteln und biologischen Rohstoffen in den imperialistischen Staaten zum Zwecke der Profitsteigerung.

Von 1967 bis 1972 wurde das Internationale Biologische Programm (IBP) durchgeführt, an dem auch Wissenschaftler der DDR mitwirkten. Das IBP hat das Ziel, die biologische Produktivität der verschiedenen Organismengruppen und Ökosysteme auf der Erde quantitativ abzuschätzen und grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Verteilung, des Wachstums, des Jahreszuwachses und der Regeneration einzelner biologischer Systeme aufzudecken. Zur weltweiten, uneingeschränkten Umsetzung der Erkenntnisse wird es einer Welt ohne Ausbeutung und Unterdrückung, ohne Imperialismus und Krieg bedürfen.

Aus der Fülle der von der Biologie geschaffenen Grundlagen zur Lösung dieser Aufgabe seien hier einige Beispiele genannt. Mit Hilfe der Ergebnisse der Erforschung des Zellstoffwechsels, der Photosynthese und anderer physiologischer Prozesse ist es heute möglich, den optimalen Wasserbedarf, die notwendigen Nährstoffe und Nährstoffmengen, ihre für die Aufnahme im jeweiligen Entwicklungsstadium günstigsten chemischen Verbindungen sowie die optimalen Formen und Termine ihrer Verabreichung für viele Kulturpflanzen zu bestimmen.

Mit Hilfe des Phytotrons (Abb. S. 157) und der Anwendung zahlreicher neuer Forschungsmethoden gelang die Aufklärung der Ansprüche der Pflanze an solche wichtigen Wachstumsfaktoren wie Wasser, Temperatur, Licht (Intensität und Zusammensetzung) und des Einflusses der Bodenstruktur, des Windes und der Mikroorganismen. Der Nutzungsgrad der einfallenden Sonnenenergie durch die Pflanze ist recht gut bekannt. Während er beispielsweise auf natürlichen Standorten nur 1% beträgt, erreicht er auf Kulturflächen 2 bis 3% und bei Kulturen mit entsprechender Bestandsdichte und richtiger Düngung sogar 5%.

Wo diese Erkenntnisse bei der Bewässerung, dem Anbau unter Glas mit Zusatzbelichtung, der Regelung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Nährstoffmenge, der Sicherung entsprechender Bestandsdichte, der Bodenbearbeitung, einer zeitlich quantitativ und qualitativ genau dosierten Düngung beachtet werden, ist eine vielfache Ertragssteigerung möglich. So erreichten Agrarwissenschaftler der DDR bei Kartoffelsorten, die in regulären Landwirtschaftsbetrieben Ernten von 200 bis 250 dt/ha bringen, durch Beachtung der genannten Erkenntnisse Erträge von 400 dt/ha. In Frankreich ergaben Versuche des Umbruchs von Dauergrünland in



Kulturweiden eine Steigerung der Produktion um das Zehnfache. In der Sowjetunion konnten durch Anwendung von Lichtquellen mit günstiger Wellenlänge die Entwicklungszeiten vom Auspflanzen bis zur Reife bei Tomaten auf 60 Tage (sonst 72 bis 75 Tage), bei Gurken auf 37 Tage (sonst 57 bis 60 Tage) verkürzt werden. Eine weitere bedeutende physiologische Quelle zur Ertragssteigerung stellen die in den letzten zwei Jahrzehnten entdeckten Wuchsstoffe (z. B. Gibberellin, Auxin) dar. Die Untersuchungen über den Ablauf der Ontogenese der Pflanzen, der Embryonal- und Jugendentwicklung der Tiere brachten Erkenntnisse über Wachstums- und Entwicklungsstadien. Sie sind die Grundlage für eine Produktivitätssteigerung durch entsprechend diesen Stadien eingesetzte Bodenbearbeitungs-, Bewässerungs-, Belichtungs-, Dünge-, Ernährungs- und Pflegemaßnahmen.



Einsatz von Flugzeugen beim Düngen (Beladen des Flugzeuges)

Die Erforschung der physiologischen Prozesse und der Nerventätigkeit der Nutztiere veränderte die über Jahrhunderte geübte Praxis der Haltung und Fütterung.

Sauerstoffreiche, lichtreiche, schädlingsfreie Haltung, streng eingehaltener Tagesrhythmus mit Wechsel von Aktivität und Ruhe, Verabreichung von leicht aufschließbarem Eiweiß, Zugabe von Vitaminen (A, B 12) und Antibiotika sind neben der Züchtung hochwertiger Rassen mit günstigen Genkombinationen die Grundlage für solche Leistungen wie 7000 bis 8000 Liter Milch bei 4 bis 5 % Fettgehalt je Kuh und Jahr, 250 bis 300 Eier je Legeperiode und Huhn, 5 bis 6 Monate Mastzeit bei Schweinen. Die Genetik verschaffte Aufklärung über die Vererbungsprozesse, die



Struktur und Funktion der Gene, die Reduplikation der Nukleinsäuren und ihre Beziehungen zur Synthese der Struktur- und Enzymeiweiße (s. S. 10 ff.). Damit stehen der Tier- und Pflanzenzüchtung Erkenntnisse zur Verfügung, die sie bei der Kreuzung, bei der künstlichen Erzeugung von Mutanten und ihrer Auslese zur Erzielung leistungsfähiger Sorten und Rassen verwenden kann (s. S. 145). Ein bedeutender Teil der pflanzlichen und tierischen Produktion (etwa 30 % im Weltmaßstab) wird gegenwärtig noch durch Schädlinge verschiedenster Art (vor allem Viren, Bakterien, Pilze, Insekten, Nager) vernichtet. Physiologische, parasitologische, immunbiologische und ökologische Untersuchungen sind die Grundlage für die Herstellung von chemischen Schädlingsbekämpfungsmitteln und von Impfstoffen. Wissenschaft und Industrie entwickelten Mittel, die spezifisch auf den Schädling wirken, ohne die Leistungen des befallenen pflanzlichen oder tierischen Organismus zu mindern oder auf den Menschen und nützliche Tierarten (z. B. Bienen, Raubinsekten, insektenfressende Vögel) wesentlich nachteilig zu wirken. Durch Anwendung der verschiedenen Pflanzenschutzmittel (Fungizide, Herbizide, Insektizide) gingen zum Beispiel in Mitteleuropa die Ernteverluste auf 15 bis 20 % zurück. Problematisch bleibt trotz der Fortschritte auf diesem Gebiet die Gefahr nachteiliger Nebenwirkungen bei Menschen und Tieren, insbesondere durch die Aufnahme von Giftrückständen (z. B. von DDT-Mitteln) mit der pflanzlichen Nahrung. Ökologie und Populationsgenetik liefern die theoretischen Grundlagen zur Steuerung der Biozöosen. Fruchtfolgen und Pflanzenkombinationen in der Land- und Forstwirtschaft, Eingriffe in die Flora und Fauna der Meere und Gewässer, Maßnahmen des Naturschutzes und der Landeskultur sowie die Gestaltung der biologischen Schädlingsbekämpfung müssen sich auf den Grundlagen der Ökologie vollziehen, wenn sie effektiv sein sollen. Aus der Kenntnis der Grenzen und Nachteile der chemischen Schädlingsbekämpfung gewinnt die biologische Schädlingsbekämpfung, das heißt die bewußte Herstellung und Aufrechterhaltung des biologischen Gleichgewichtes (z. B. zwischen pflanzenfressenden Insekten und insektenfressenden Tieren) wieder mehr an Bedeutung. Schaffung entsprechender Lebensverhältnisse für Schädlingsvernichter (z. B. Nistplätze für bestimmte Vogelarten, Förderung von Raubinsekten, schonende chemische Bekämpfungsmittel), Einsatz schädlingsvernichtender Viren, Resistenzzüchtung und anderes mehr unterstützen diesen Kampf.

An der Nahrungsmittelproduktion sind auch industrielle Zweige beteiligt. Die Mikrobiologie schafft hier wesentliche Voraussetzungen für die hochwertige Aufbereitung der biologischen Rohstoffe (z. B. Gärungsindustrie) sowie die verlustarme Verarbeitung und Lagerung der Nahrungsmittel (z. B. Sterilisation). Die Ernährungswissenschaft kann aus den Erkenntnissen über die menschlichen Stoffwechselprozesse Maßnahmen für eine gesundheitsfördernde Zusammensetzung der Nahrung beziehungsweise für eine den Nährwert erhaltende Verarbeitung ableiten.

Die Möglichkeit zur Überwindung des Hungers und zur besseren materiellen Befriedigung der Menschheit sind durch die biologische Wissenschaft beträchtlich erweitert worden. Ob und wie weit diese Möglichkeiten genutzt werden, hängt von den gesellschaftlichen Verhältnissen in dem betreffenden Land ab.



Biologie und menschliche Gesundheit

So wie die Biologie im Dienste der Nahrungsmittelproduktion zu einer Befreiung der Menschheit vom Hunger beitragen kann, so soll sie im Dienste der Medizin den Menschen von Krankheiten befreien und zur Erhöhung seiner Lebenserwartung beitragen. Die Lösung dieser Aufgabe ist ebenfalls von der Schaffung der sozialistischen Gesellschaft abhängig, weil allein hier, wie es im Programm der SED heißt, „die Sorge um die Gesundheit, um die harmonische geistige, moralische und körperliche Entwicklung jedes einzelnen zur Sache des ganzen Volkes“ wird. Es gibt dafür wohl kaum einen besseren Beweis als die Erfolge der DDR im Kampf gegen die Kinderlähmung. Seit 1963 existiert ein so wirksamer Impfschutz, daß kein Fall von Kinderlähmung (Poliomyelitis) auftrat.

Gleichermaßen intensiv ist der Kampf gegen die Tuberkulose, gegen Diphtherie, gegen Keuchhusten und seit 1969 auch der Kampf gegen die Masern. Im kapitalistischen System wird die Medizin von der Medikamentenproduktion bis zur ärztlichen Betreuung zum Geschäft, das vom Einkommen und der sozialen Stellung desjenigen bestimmt wird, der der medizinischen Betreuung bedarf. Das wird in den hochentwickelten kapitalistischen Ländern infolge der durch den Kampf der Arbeiterklasse erzwungenen Fortschritte und des relativen Interesses der Kapitalisten an einem nicht durch Massenerkrankungen gestörten Produktionsprozeß nicht immer so deutlich wie heute bei den ehemals kolonialen und den vom Imperialismus abhängigen ausgebeuteten Völkern.

Die Biologie gab der Medizin die Grundlagen zur Erkenntnis der Erreger aller bedeutsamen Infektionskrankheiten (z. B. Cholera, Pocken, Tuberkulose, Diphtherie). Das allein genügte nicht. Es war notwendig, die Mittel zur Bekämpfung und Wege zur Vernichtung der Infektionserreger zu finden. PASTEUR legte dafür mit seinen Arbeiten über bakterielle Prozesse die Grundlage. Desinfektion und Sterilisation wurden zu den wesentlichen Mitteln der Verhinderung von Infektionen und damit auch zur Voraussetzung der erfolgreichen Entwicklung der Chirurgie und Geburtshilfe. Mit der Entwicklung der Insektizide während des zweiten Weltkrieges konnte man dann auch gegen Krankheiten übertragende Insekten vorgehen. Die

Erfolge bei der Tbk-Bekämpfung in der DDR				
Röntgen		Heilstätten		
Jahr	Untersuchungen (abgerundet)	Jahr	Einrichtungen	Betten
1960	10 221 000	1969	51	9 879
1965	11 029 000	1970	45	9 095
1972	12 829 000	1972	38	7 827



Heilung von Infektionskrankheiten war lange Zeit noch auf traditionelle Mittel beschränkt (z. B. Chinin) und erreichte erst mit der Entdeckung chemischer und biologischer antibakterieller Mittel (z. B. Sulfonamide, Antibiotika) in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg bessere Möglichkeiten. Die Immunbiologie klärte viele Probleme der passiven und aktiven Immunisierung, auf denen die heutigen Schutzimpfungsverfahren aufbauen.

Die Virusforschung schuf die Voraussetzungen für die Bekämpfung der Virusinfektionen. Aus der Aufklärung des Zellstoffwechsels, des Hormonalsystems, der Funktionen des Blutes, seiner Struktur sowie der Blutgruppen, der Geweberegeneration, der Organsysteme und ihrer Wechselbeziehungen ergaben sich weitere Möglichkeiten, um unter Einsatz chemischer und biochemischer Mittel sowie medizinischer Maßnahmen und Eingriffe (einschließlich der Transfusion und Transplantation) Krankheiten zu heilen oder die Funktionsfähigkeit des Organismus mindestens zu erhalten.

Heute stehen vor der Medizin drei große Aufgabengruppen:

1. Aufdeckung der Ursachen und erfolgreiche Bekämpfung der vom Menschen noch nicht beherrschten Krankheiten (an erster Stelle: Krebskrankheiten, ferner einige Viruserkrankungen, Kreislaufkrankungen und die Erbkrankheiten).
2. Überwinden negativer Folgen, die für den Menschen aus umfangreichen Eingriffen in die Natur und aus dem Produktionsprozeß entspringen (z. B. Lärmbelastung, Luftverunreinigung, Arbeitsbelastung, Nervenbelastung, Kreislaufschäden).
3. Die Schaffung eines Systems der Prophylaxe sowie der aktiven und bewußten Gestaltung einer gesunden Lebensweise (Erhöhung der menschlichen Widerstandsfähigkeit gegen Infektionen, Verlängerung des Lebens).

Diese Aufgaben können mit Hilfe der Biologie nur unter sozialistischen Verhältnissen zum Wohle aller Menschen gelöst werden.

Die dritte Aufgabe ist dabei, vom Standpunkt der Zukunft der sozialistischen Gesellschaft aus betrachtet, die wichtigste und aussichtsreichste. Die sozialistische Gesellschaft kann im Gegensatz zu den kapitalistischen Ländern eine wissenschaftlich begründete Lebensweise des Menschen zur Sache der ganzen Gesellschaft machen. Alle erforderlichen biologischen Kenntnisse können vermittelt, alle nötigen materiellen Voraussetzungen in wachsendem Maße gegeben werden (z. B. Freizeit, Urlaub, Sport, Gesundheitswesen).

Mit der Erhöhung der Lebenserwartung gewinnt auch die biologisch-medizinische Altersforschung an Bedeutung. Sie hat Probleme der Erhaltung der Schaffenskraft, der Einordnung des alten Menschen in den gesellschaftlichen Prozeß, der physischen und psychischen Prozesse des Alterns zu klären.

7



Naturschutz und Landeskultur

Die Natur ist für den Menschen die Quelle der materiellen Güter. Mit der raschen Entwicklung der Produktivkräfte werden die Naturreichtümer immer stärker durch die Gesellschaft genutzt. Damit ihre Inanspruchnahme mit höchstem gesellschaftlichem Effekt auf lange Sicht erfolgen kann und nicht zur Verwüstung und Vernichtung der natürlichen Existenzgrundlagen des Menschen führt, ist es nötig, die in ihr wirkenden Gesetze zu kennen und beim Einwirken auf die Natur zu beachten! Die natürlichen Lebens- und Produktionsgrundlagen sind zu schützen. Für eine ausreichende Regeneration der Produktivität der lebenden Natur ist zu sorgen.

Naturschutz bedeutet daher nicht Einschränkung der Herrschaft des Menschen über die Natur, sondern Überwindung jener Spontanität ihrer Nutzung, die für die kapitalistische Produktionsweise typisch ist und zur Verwüstung führt.

In allen industriell entwickelten Ländern vollziehen sich tiefgehende Veränderungen der Beschaffenheit von Boden, Luft und Wasser durch staubförmige, flüssige oder gasförmige Produktionsabfälle, die Pflanzen, Tiere und Menschen schädigen. Ständig wird mehr Ackerfläche zum Beispiel für industrielle Zwecke, Siedlungsgebäude, Transportwege entzogen, als neu gewonnen wird (DDR jährlich 10 000 Hektar). Es wird auf der Erde mehr Holz geschlagen als nachwächst. Das stört den Wasserhaushalt der Erde und führt zur Vernichtung des Bodens durch Erosion und zur Gefährdung der Mikrofauna und -flora.

Die Gewässerverunreinigung durch Industrieabfälle hat zur Vernichtung der Fauna und Flora vieler Flüsse und Seen geführt. So macht beispielsweise ein Liter Öl eine Million Liter Süßwasser unbrauchbar. Die Weltmeere sind besonders durch Schiffskatastrophen von Öltankern bedroht. Die Ölpest führte in vielen Fällen zum Massensterben von Seevögeln.

Nicht minder bedrohlich ist die Verunreinigung der Luft durch Abgase und Staub. Ruß, Staub aus Zementwerken, Schwefeldioxid aus der Kohleverbrennung, Fluorwasserstoff aus Aluminiumwerken, Abgase der Kraftfahrzeuge mit hohem Kohlenmonoxid-Gehalt und anderes mehr führen zu ernstesten Gefährdungen der biologischen Lebensbedingungen.

Die chemische Schädlingsbekämpfung trägt zwar zur Sicherung der menschlichen Ernährung bei, bewirkt aber gleichzeitig ein Ansteigen schädigender Rückstände im Organismus (etwa 6 Milligramm DDT je Kilogramm Fett) und über die natürliche Auslese die Entwicklung resistenter Schädlinge. Die radioaktive Strahlung nimmt zwar seit dem Moskauer Teststoppabkommen von 1963 langsamer zu, aber sie wächst durch die Entwicklung der Kernkraftwerke und die Arbeit mit radioaktivem Material ständig.

Die durch Industrie, Verkehr und die Konzentration von Menschen wachsende Lärmbelastung ist in ihrer Auswirkung auf den menschlichen Kreislauf und sein Nervensystem sowie auf die Einschränkung der Lebensgebiete vieler Tierarten nicht zu unterschätzen. Alle diese Faktoren gefährden jedoch nicht nur Struktur und Produktivität der lebenden Natur. Sie führen zugleich zur Behinderung vieler indu-



strieller Prozesse und zur Verringerung der Erholungsmöglichkeiten des Menschen durch Freude und Entspannung in einer gesunden Natur.

Es wäre völlig falsch, aus diesen durchaus ernststen Problemen abzuleiten, daß Technik und Industrie mit Notwendigkeit zur biologischen Katastrophe auf der Erde führen und die menschliche Existenz vernichten. Ebenso abwegig ist es, in der Biologie den „Lebensretter“ der Menschheit zu sehen und anzunehmen, sie allein könne „reparieren“, was die Technik zerstört.

Die Biologie allein kann diese Probleme nicht lösen, sie kann nur mit dazu beitragen. Entscheidend ist die Schaffung von gesellschaftlichen Verhältnissen, in denen alle Beziehungen des Menschen zur Natur immer von gesamtgesellschaftlichen Interessen und nicht von denen der Ausbeuterklasse bestimmt sind. Ein umfassender Naturschutz und die Lösung der genannten Probleme ist nur in der sozialistischen Gesellschaft möglich, weil allein sie durch das sozialistische Eigentum an Produktionsmitteln und durch die sozialistische Planwirtschaft die dazu nötigen Grundlagen besitzt.

Aus dem unter kapitalistischen Verhältnissen von einzelnen oder von Vereinen betriebenen Schutz der Natur *vor* den Menschen wird im Sozialismus ein umfassender Schutz der Natur *für* und *durch alle* Menschen.

Das beweist die Praxis der sozialistischen Staaten. So sorgte sich LENIN nach der Oktoberrevolution persönlich um die Einführung von Naturschutzmaßnahmen. Bereits 1918 unterzeichnete er das auf Grund seiner Initiative entstandene „Grundgesetz über den Wald“, 1919 den Beschluß der Sowjetregierung über den „Schutz der Tiere“.

In den über 50 Jahren der Sowjetmacht sind beispielsweise große Naturschutzgebiete entstanden und kühne Projekte zur Nutzung und Mehrung der natürlichen Reserven durch Bewässerung, Aufforstung und Neulandgewinnung verwirklicht worden. Durch den Artikel 15 der Verfassung der DDR und durch das 1970 von der Volkskammer beschlossene Landeskulturgesetz wurde der Schutz der Natur zum verbindlichen Auftrag für den Staat, die Gesellschaft, die Betriebe und jeden Bürger.

Durch die in der DDR verwirklichten und eingeleiteten Maßnahmen zur Regelung des Wasserhaushaltes, der Errichtung von Naturschutz-, Landschaftsschutz- und Erholungsgebieten, der Aufforstung von Bergbauländereien, der Hebung der Bodenfruchtbarkeit wurden bereits viele der uns vom Kapitalismus hinterlassenen Schädigungen der Natur und Landschaft beseitigt. Probleme der Gewässer- und Luftreinigung, der Lärmdämmung und Müllbeseitigung liegen als Aufgabe noch weitgehend vor uns. Da der Mensch im Sozialismus im Mittelpunkt steht, müssen und werden sie im Rahmen unserer wachsenden ökonomischen Möglichkeiten gelöst werden.

10 Durch Kenntnis und weitere Erforschung ökologischer, populationsgenetischer, mikrobiologischer, physiologischer und anderer Zusammenhänge dabei zu helfen,
11 ist eine Verpflichtung der biologischen Wissenschaft gegenüber der sozialistischen Gesellschaft.



Die Zukunft der Biologie

Die Zukunft der Biologie wird nicht nur von ihr selbst bestimmt. Sie ist infolge des gesellschaftlichen Charakters der Wissenschaft in erster Linie abhängig von der Bewältigung des Überganges vom Kapitalismus zum Sozialismus und Kommunismus. Nur dann wird die allseitige, friedliche und humanistische Nutzung ihrer Ergebnisse gesichert sein. Nur dann wird eine planmäßige Entwicklung aller Wissenschaften die Einzeldisziplinen zur vollen Entfaltung bringen.

Die Biologie wird zur Lösung des Nahrungsmittelproblems beitragen, indem sie durch weitere Erforschung der physiologischen Prozesse der Stoffproduktion, der Lebensprozesse der Mikroorganismen, der Kausalzusammenhänge der Ökosysteme usw. eine optimale Leistungsfähigkeit der herkömmlich genutzten Pflanzen und Tiere fördert. Als neue Nahrungsquellen werden vor allem die Meeresorganismen, die Süßwasseralgen, die Proteinerzeugung durch Mikroorganismen aus Erdöl und anderen Stoffen erschlossen (so nutzt z. B. die Alge *Chlorella* die Sonnenenergie bis zu 20 % aus und produziert ein Vielfaches an Eiweiß, Fetten und Kohlenhydraten im Vergleich zu den Sproßpflanzen). Die weitere Aufklärung der Photosynthese wird in einigen Jahrzehnten zur künstlichen, industriellen Verwertung der Sonnenenergie bei der Produktion organischer Substanz führen.

Die Züchtung von Pflanzen und Tieren muß ihre traditionelle Basis des Suchens nach geeigneten natürlichen Mutanten und deren Kreuzung, Auslese und Vermehrung durch ein revolutionierendes Verfahren ergänzen. Die Genetik liefert allmählich die Grundlagen für eine Erzeugung von Mutanten mit gewünschten Eigenschaften (gerichtete Mutation). Die Aufklärung der Struktur der Eiweiße und ihrer Synthese bietet die Möglichkeit der gezielten Veränderung von Eiweißen im Körper, so daß genetisch nicht kodierte Eiweiße in den Körper eingebracht werden und diese sich dann identisch reproduzieren können.

Biologie und Medizin haben den Menschen von vielen Infektionskrankheiten befreit. Die Biologie der Zukunft muß das Problem des Krebses, der Erbkrankheiten, des Alternsprozesses und des Organersatzes lösen. Es ist zu lernen, wie nervlich-seelische Störungen vorbeugend heilend zu behandeln sind. Noch weitgehend unerforscht sind die mit kosmischen Flügen verbundenen biologischen Probleme. In gleicher Weise offen ist die Klärung des Einflusses des Magnetfeldes auf den Organismus. Eines der erregendsten Ereignisse der Biologie dürfte in den nächsten Jahrzehnten die Erzeugung primitiver Formen des Lebens werden.

Die Biologie wird noch auf vielen einzelnen Gebieten in Neuland vorstoßen. Immer wird sie sich auf diesem Weg mit anderen Wissenschaften verbinden, zunehmend auch mit der Mathematik, und stets muß sie davon ausgehen, daß ihre Entwicklung von den bestehenden Gesellschaftsverhältnissen wesentlich bestimmt wird. Die Zukunft wird kein „biologisches Zeitalter“, sondern ein kommunistisch-wissenschaftliches Zeitalter sein, in dem die Biologie einen bedeutenden Platz einnimmt.

12

13

14



Aufgaben und Fragen

- 1 Charakterisieren Sie die geschlechtliche und die ungeschlechtliche Fortpflanzung! Nennen Sie Organismen, die sich geschlechtlich, und solche, die sich ungeschlechtlich vermehren!
- 2 Begründen Sie, weshalb die DNS als genetisches Material geeignet ist!
- 3 Erläutern Sie den Begriff Triplet-Kode!
- 4 Warum sind Triplets als Kennwörter zur Verschlüsselung der genetischen Information geeignet?
- 5 Erklären Sie den Begriff Gen!
- 6 Erläutern Sie, welche Beziehung zwischen der Anzahl der Aminosäuren in einem Polypeptid und der Länge des entsprechenden Gens besteht!
- 7 Begründen Sie, wodurch sich Organismen, die einer Art angehören, genetisch unterscheiden können!
- 8 Erklären Sie das Prinzip der Verdopplung der DNS!
- 9 Erläutern Sie, welche Bedeutung die Ribosomen für die Organismen besitzen!
- 10 Begründen Sie, weshalb Viren als Untersuchungsobjekte der Genetik besonders geeignet sind!
- 11 Im Jahre 1952 wurde nachgewiesen, daß bei einer Bakteriophageninfektion nur DNS in die Bakterienzelle gelangt. Überlegen Sie, warum dieser Nachweis für die Genetik sehr bedeutsam war!
- 12 Nennen Sie anhand der Abbildung auf Seite 22 die wichtigsten Ihnen bekannten Zellbestandteile und erläutern Sie deren Funktionen!
- 13 Erläutern Sie anhand der Abbildungen auf Seite 26 ff. Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Mitose und Meiose! Kennzeichnen Sie die Bedeutung der Meiose!
- 14 Worin sehen Sie die Ursachen dafür, daß die wissenschaftliche Leistung Gregor Mendels in seiner Zeit nicht erkannt wurde?
- 15 Erläutern Sie, weshalb Gregor Mendel als Begründer der modernen Genetik bezeichnet werden kann! Stellen Sie dar, welche Überlegungen für den Erfolg seiner Arbeit ausschlaggebend waren!
- 16 Definieren Sie die Begriffe Genotyp und Phänotyp! Führen Sie dazu einige Beispiele an!
- 17 Erläutern Sie anhand einer schematischen Darstellung an einem Beispiel das 1. Mendelsche Gesetz!



- 18 Stellen Sie anhand einer Zeichnung dar, welche vier Arten von haploiden Zellen bei der Meiose einer diploiden Zelle entstehen können, die die Allele Aa und die Allele Bb hat!
- 19 Angenommen, die diploide Zelle des Beispiels von Aufgabe 18 ist aus der Vereinigung zweier haploider Zellen mit den Genotypen AB bzw. ab entstanden. Welche der vier durch Meiose gebildeten Zellen zeigen Elterntypen, welche nicht? Stellen Sie dazu ein Schema auf!
- 20 Die Kreuzung von reinerbig rotblühendem und reinerbig weißblühendem Garten-Löwenmaul (Allelpaare rr und ww) führt in der F₁-Generation zur Ausbildung von rosa gefärbten Blüten (intermediärer Erbgang). Stellen Sie den Vorgang mit den verschiedenen Nachkommen in der F₁- und F₂-Generation schematisch dar!
- 21 Erläutern Sie, auf welche Weise Kreuzungen zu einer Neukombination von Erbanlagen führen können!
- 22 Nennen Sie verschiedene Mutationstypen und erläutern Sie deren Unterschiede!
- 23 Erklären Sie, wie Mutationen entstehen können!
- 24 Ein durch Mutation entstehendes Allel ist meist rezessiv gegenüber dem noch vorhandenen Normalallel. Überlegen Sie, warum das so ist!
- 25 Erläutern Sie, unter welchen Bedingungen rezessive Mutantenallele zur Auswirkung gelangen!
- 26 Erklären Sie, warum sich die meisten Mutationen nachteilig für den betreffenden Organismus auswirken!
- 27 Geben Sie an, wodurch sich Mutationen von Modifikationen unterscheiden!
- 28 Nennen Sie Beispiele dafür, daß sich die Lebewesen in verschiedenem Maße an veränderte Umweltbedingungen anzupassen vermögen!
- 29 Suchen Sie in Ihrer Umgebung Beispiele für Modifikationen einer Art! Begründen Sie diese Erscheinung!
- 30 Erklären Sie, weshalb sich die Blutgruppenmerkmale sehr gut für erbbiologische Untersuchungen eignen!
- 31 Ein Neugeborenes hat die Blutgruppe AB. Welche Blutgruppen können die Eltern haben?
- 32 Erklären Sie den Unterschied zwischen einer Erbkrankheit und einer Infektionskrankheit! Nennen Sie Beispiele!
- 33 Begründen Sie, warum Erbkrankheiten, die auf ein rezessives Mutantenallel zurückzuführen sind, verbreiteter sind, als solche, die auf einem dominantem Mutantenallel beruhen!
- 34 Erläutern Sie, weshalb Ehen zwischen nahen Verwandten aus genetischen Überlegungen abzulehnen sind!
- 35 Begründen Sie die Notwendigkeit humangenetischer Forschung, und erläutern Sie an Beispielen ihre Methoden!



- 1 Erläutern Sie, wie „zweckmäßige“, der Umwelt gut angepaßte Arten (z. B. Wüstenpflanzen) entstanden sein können!
- 2 Versuchen Sie anhand der Abbildung Seite 61 die Ursachen für das Auftreten von vier Fliegenfängerunterarten zu erklären!
- 3 Erklären Sie, weshalb an Nord- und Südhängen von Gebirgen verschiedene, aber nahe miteinander verwandte Arten vorkommen können!
- 4 Nennen Sie die Klassen der Wirbeltiere und ihre charakteristischen Merkmale! Stellen Sie die Gemeinsamkeiten aller Wirbeltierklassen heraus!
- 5 Vergleichen Sie den Bau der Lungen mit Hilfe der Abbildung Seite 63! Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Bau und Leistungsfähigkeit!
- 6 Benennen Sie die Nervensystemtypen! Sprechen Sie über ihre Leistungsfähigkeit!
- 7 Vergleichen Sie die Ausbildung des Gehirns innerhalb der Wirbeltierklassen (s. Abb. S. 64)! Berücksichtigen Sie besonders das Großhirn, das Kleinhirn und das verlängerte Mark! Äußern Sie sich über den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion!
- 8 Vergleichen Sie die Abbildungen auf Seite 65 miteinander! Erläutern Sie die Gewebedifferenzierung als Ausdruck der Höherentwicklung! Äußern Sie sich über die Bedeutung der Gewebedifferenzierung für die Organismus-Umweltbeziehungen der Moose, Farne und Samenpflanzen!
- 9 Sammeln Sie Blüten von Pflanzen verschiedener Pflanzensippen! Präparieren Sie die Blüten sorgfältig und herbarisieren Sie sie! Ordnen Sie die präparierten Blüten nach der Bestäubungsart!
- 10 Erläutern Sie an Skelettpräparaten verschiedener Wirbeltiere die Spezialisierung der Gliedmaßen! Betrachten Sie dazu auch die Abbildungen auf Seite 70 f.!
- 11 Stellen Sie Bau und Funktion der verschiedenen Vordergliedmaßen der Wirbeltiere gegenüber (s. Abb. S. 70 f.)! Welche Beziehungen schlußfolgern Sie daraus?
- 12 Nennen Sie die wichtigsten chemischen Stoffe, die in der Natur am Aufbau von Gehäusen, Panzern und Skeletten beteiligt sind!
- 13 Nennen Sie Möglichkeiten für die Bildung von Fossilien! Geben Sie jeweils mindestens ein Beispiel dazu an! Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse aus der Klasse 9 (Geographie)!
- 14 Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über den Prozeß der Inkohlung aus dem Chemie- und Biologieunterricht!
- 15 Stellen Sie fest, welche Fossilien sich im Heimat- oder Naturkunde-Museum Ihrer Stadt befinden! Ordnen Sie die ausgestellten Fundstücke zeitlich richtig in die Systemtabelle (s. S. 87) ein!
- 16 Nennen Sie Beispiele für die Einbettung von Hartteilen aus Ihren Beobachtungen an Seen, Flüssen und am Meeresstrand!
- 17 Erläutern Sie anhand der Abbildungen auf Seite 82 und 83, welche Lebensräume die Saurier besiedelten und welche Lebensformtypen dabei ent-



- standen! Vergleichen Sie diese Erscheinungen mit parallelen Entwicklungen bei der Säugerentfaltung! Nennen Sie entsprechende Formen von Reptilien und Säugern!
- 18 Erläutern Sie an einem Beispiel den Begriff Übergangsform!
- 19 Vergleichen Sie die Vogel- und Reptilienmerkmale des Urvogels mit Hilfe der Abbildung auf Seite 88!
- 20 Versuchen Sie zu begründen, weshalb die heute im Meer lebenden Quastenflosser keine höhere Entwicklungsstufe erreichen können!
- 21 Begründen Sie, warum Übergangsformen für den Beweis der Richtigkeit der Abstammungslehre große Bedeutung besitzen!
- 22 Suchen Sie anhand der Systemtabelle auf Seite 87 nach weiteren altertümlichen Formengruppen unter den rezenten Organismen!
- 23 Betrachten Sie die Abbildungen auf Seite 84 f. und 101! Erläutern Sie, welche Aussagen Sie den Stammbaumdarstellungen entnehmen können!
- 24 Erläutern Sie an Leben und Werk Darwins und dessen Bedeutung die Zusammenhänge zwischen gesellschaftlicher Entwicklung und der Entwicklung der Wissenschaft!
- 25 Nennen Sie die wesentlichsten Thesen Darwins für die Evolution der Arten und erläutern Sie, warum dadurch die wissenschaftliche Abstammungslehre begründet wurde!
- 26 Nennen Sie die Ursachen für den Widerstand, der aus verschiedenen Kreisen der Durchsetzung der Abstammungslehre entgegengesetzt wurde! Charakterisieren Sie die verschiedenen Gruppen der Gegner dieser Lehre!
- 27 Erläutern Sie die Bedeutung, die die wissenschaftliche Abstammungslehre für die Entwicklung der materialistischen Weltanschauung in der Arbeiterklasse hatte!
- 28 Stellen Sie eine Übersicht der wichtigsten in Lebewesen vorkommenden chemischen Elemente und organischen Verbindungen zusammen!
Benutzen Sie zu Ihrer Information die Lehrbücher Biologie Klasse 8 und Klasse 9 sowie „Chemie in Übersichten“!
- 29 Erläutern Sie die Vorgänge des Stoff- und Energiewechsels! Beschränken Sie sich jeweils auf das Prinzip! Kennzeichnen Sie die entsprechenden chemischen Reaktionen!
- 30 Geben Sie einen Überblick über die verschiedenen Formen der Fortpflanzung (Tabelle oder schematische Darstellung)!
- 31 Auf welche Fakten gründet sich die materialistische Auffassung von der natürlichen Entstehung des Lebens?
- 32 Nennen Sie die beiden wichtigsten wissenschaftlichen Hypothesen über die Entstehung des Lebens auf der Erde! Kennzeichnen Sie die Übereinstimmungen und Unterschiede zwischen ihnen!
- 33 Erläutern Sie, wodurch die Entwicklung des Menschen aus dem Tierreich bewiesen werden kann! Zählen Sie die verschiedenen biologischen Merkmale und fossilen Funde auf!



- 34 Begründen Sie, weshalb der Mensch im System der Organismen der Klasse
der Säugetiere innerhalb der Unterordnung Wirbeltiere zugeordnet wird!
- 35 Erläutern Sie, welche Merkmale den Menschen gegenüber allen anderen
Lebewesen als gesellschaftliches Wesen kennzeichnen!
- 36 Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Körperbau des Men-
schen und der Menschenaffen! Betrachten Sie dazu auch die Abbildungen auf
den Seiten 117 ff.!
- 37 Erklären Sie die Ursachen der Unterschiede im Körperbau zwischen Mensch
und Menschenaffen!
- 38 Beschreiben Sie einige Merkmale wichtiger fossiler Gruppen des Menschen!
39 Betrachten Sie auf Tafel 6 die Darstellung des Stammbaums des Menschen!
Achten Sie dabei besonders auf den Zeitpunkt des Auftretens der verschie-
denen Menschenformen! Stellen Sie Beziehungen zur Entwicklung der Werk-
zeuge her!
- 40 Zeichnen Sie eine vereinfachte Darstellung des Stammbaumes des Menschen!
Achten Sie dabei besonders auf das zeitliche Auftreten der verschiedenen
Menschenformen und Menschenaffenarten!
- 41 Erläutern Sie die stammesgeschichtlichen Zusammenhänge zwischen den Fos-
silgruppen und den heutigen Menschen!
- 42 Durch welche Faktoren haben sich in zunehmendem Maße die Beziehungen
der Individuen zueinander und der vergesellschafteten Individuen (Horde,
 Sippe, Stamm) zur Natur entwickelt?
- 43 Erläutern Sie, welche Beziehungen zwischen der Arbeit, der ständigen Ver-
besserung der Werkzeuge und der Menschwerdung bestehen!
- 44 Belegen Sie anhand von Beispielen das Auftreten gesellschaftlicher Geset-
zmäßigkeiten bei der Entwicklung des Menschen aus tierischen Vorfahren!
- 45 Begründen Sie, weshalb alle Menschen, gleich welcher Hautfarbe, zur Art
Homo sapiens gehören! Welche Schlußfolgerungen ergeben sich daraus für
das Zusammenleben der Menschen?
- 46 Erläutern Sie, wie es zur Herausbildung der verschiedenen Menschengrup-
pen (Rassenkreise) gekommen ist!
- 47 Führen Sie Beispiele dafür an, daß der Rassismus noch immer als Mittel zur
Erhaltung der imperialistischen Klassengesellschaft genutzt wird! Denken
Sie dabei an politische Ereignisse der jüngsten Zeit!
- 48 Was verstehen Sie unter Rassismus? Weshalb ist der Rassismus menschen-
feindlich? Belegen Sie Ihre Meinung durch Beispiele!



- 1 Belegen Sie durch Beispiele die Auseinandersetzungen um die wissenschaftliche Abstammungslehre!
 - 2 Nennen Sie Beispiele, die die Stammesentwicklung der Organismen beweisen!
 - 3 Erläutern Sie, warum die Entwicklung nicht umkehrbar ist und warum es generell keine Rückentwicklung geben kann!
 - 4 Nennen Sie Beispiele für Höherentwicklung und Spezialisierung von Lebewesen!
 - 5 Begründen Sie, weshalb hochspezialisierte Formen nicht Ausgangspunkt einer weiteren Entwicklung sein können! Nennen Sie einige Beispiele!
 - 6 Erläutern Sie die Bedeutung der Abstammungslehre für die wissenschaftliche Weltanschauung!
 - 7 Begründen Sie auf Grund Ihrer Kenntnisse über die Stammesentwicklung des Menschen die Gleichheit aller Menschenrassen! Leiten Sie daraus Ihre Einstellung zu den Rassenaueinandersetzungen in Amerika ab!
-

- 1 Begründen Sie, weshalb mit dem Beginn des Ackerbaues ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Menschheit begann!
 - 2 Erläutern Sie die Bedeutung der Arbeiten Mendels für die Weiterentwicklung der Züchtung!
 - 3 Verfolgen Sie aufmerksam Veröffentlichungen in den Ihnen zugänglichen Zeitschriften über die Anwendung von Erkenntnissen der Biologie, insbesondere der Molekularbiologie, in der Züchtung!
 - 4 Informieren Sie sich über die Arbeit des Pflanzenzüchters! Besuchen Sie ein Züchtungsinstitut, ein Versuchsfeld oder einen Landwirtschaftsbetrieb, der Vermehrungsanbau betreibt!
 - 5 Nennen Sie Beispiele für züchterische Erfolge in der DDR! Stellen Sie Beziehungen zu den Produktionsverhältnissen in der Landwirtschaft und zur Organisation der Züchtung her!
 - 6 Erkundigen Sie sich nach den Zuchtzielen, die gegenwärtig in der Tierzüchtung realisiert werden! Stellen Sie in einer Tabelle wichtige Beispiele zusammen! Begründen Sie diese Zuchtziele!
-

- 1 „Das Element ist die kleinste Einheit eines Systems, aber zugleich auch ein System“. Erläutern Sie diese Aussage an dem Schema auf Seite 159!
- 2 Wiederholen Sie an einem Beispiel die ADP/ATP-Reaktion!
- 3 Orientieren Sie sich an den Abbildungen auf Seite 15 über Struktur und Wirkungsweise der DNS und RNS!
- 4 Stellen Sie am Beispiel der räumlichen Trennung einer Population dar, wie die Isolation zur Artbildung führen kann!



- 5 Erläutern Sie mit Hilfe des Schemas auf Seite 164 an konkreten Beispielen die gegenseitige Beeinflussung von Organismen untereinander!
- 6 Stellen Sie den Kreislauf der Stoffe in der Natur an einem Beispiel schematisch dar!
-
- 1 Erklären Sie am Beispiel der Entwicklung der Biologie den Einfluß der gesellschaftlichen Verhältnisse auf die Entwicklung der Wissenschaft!
- 2 Begründen Sie, warum sich die Biologie nur im Sozialismus und Kommunismus voll als Produktivkraft zum Nutzen der Gesellschaft entfalten kann!
- 3 Weisen Sie den menschenfeindlichen Mißbrauch der Biologie im Imperialismus nach!
- 4 Begründen Sie, warum im 20. Jahrhundert auch kapitalistische Staaten gezwungen sind, die biologische Wissenschaft zu fördern!
- 5 Erläutern Sie, warum sich die Biologie zu einer unmittelbaren Produktivkraft entwickelt, und welche Aufgaben sie dabei gegenwärtig zu lösen hat!
- 6 Zeigen Sie an ausgewählten Beispielen, wo und wie Ergebnisse der Biologie in der Produktion materieller Güter angewendet werden!
- 7 Informieren Sie sich über die Entwicklung der medizinischen Versorgung der Bevölkerung in Ihrem Kreisgebiet seit der Gründung der DDR! Stellen Sie die Ergebnisse graphisch dar!
- 8 Informieren Sie sich über die Nutzung biologischer Erkenntnisse zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion in den landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften, volkseigenen Gütern und Gärtnereibetrieben Ihres Kreises!
- 9 Diskutieren Sie die Beziehungen chemischer und biologischer Schädlingsbekämpfung sowie Resistenzzüchtung unter Beachtung ökologischer Faktoren für die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion!
- 10 Begründen Sie die Notwendigkeit des Natur- und Landschaftschutzes! Erläutern Sie dabei die Unterschiede des Naturschutzes in kapitalistischen und sozialistischen Ländern! Nennen Sie die Ursachen dieser Unterschiede!
- 11 Welche Aufgaben stellen der Artikel 15 der Verfassung der DDR und das Landeskulturgesetz vom Mai 1970, und wie können Sie zur Lösung dieser Aufgaben beitragen?
- 12 Welche Aufgaben wird die Biologie in den nächsten Jahrzehnten zu bewältigen haben?
- 13 Begründen Sie, warum nicht die Biologie allein nachteilige Folgen technischer Prozesse zu beseitigen hat, also nicht die Funktion eines „Lebensretters“ der Gesellschaft einnimmt!
- 14 Begründen Sie, warum das kommende Zeitalter kein biologisches, sondern ein allseitig wissenschaftliches und kommunistisches Zeitalter ist!



Anhang

Wörterklärungen

abiogene Entstehung: Entstehung von Lebewesen aus nichtlebenden anorganischen oder organischen Stoffen

Allel: Zustandsform eines → Gens. Allele sind in homologen Chromosomen am gleichen Ort lokalisiert

Analogie: Übereinstimmung von Organen hinsichtlich ihrer Funktion, unabhängig von ihrem Ursprung und ihrer Struktur (→ Homologie)

Bastard, Hybride: durch Kreuzung genetisch unterschiedlicher Eltern entstandene Nachkommen (→ Heterosis)

dichotom: gabelförmig, zweiteilig; dichotomer Bestimmungsschlüssel – Schlüssel, der auf jeweils zwei unterschiedlichen Merkmalen aufbaut

dominant: sind → Allele beziehungsweise Merkmale eines Elters, die im → Bastard die rezessiven Allele oder Merkmale des anderen Elters an der Ausprägung hindern (→ rezessiv)

empirisch: aus Erfahrung gewonnen, auf Erfahrung begründet, erfahrungsgemäß

ethisch: sittlich, der philosophischen Lehre von den Grundlagen und Forderungen sittlichen Verhaltens der Menschen untereinander und gegenüber der Gesellschaft entsprechend

Filialgeneration (F): Tochtergeneration, Nachkommen der → Parentalgeneration

fossil: aus vergangenen geologischen Zeiten erhalten (z. B. versteinert) (→ rezent)

Gen: Abschnitt des genetischen Materials (z. B. der DNS), in dem durch eine spezifische Folge

von Basen(paaren) die Information für die Synthese eines bestimmten Genproduktes (z. B. eines Enzyms) gegeben wird.

Genotyp: Gesamtheit der in den Chromosomen liegenden Erbanlagen (Gene) eines Individuums

Herdbuchzucht: organisierte Tierzucht mit gesunden leistungsfähigen Tieren bekannter Abstammung zur Verbesserung der Viehbestände. Besondere Angaben und Merkmale sowie die Ergebnisse der regelmäßig durchgeführten Leistungskontrollen werden im Herdbuch vermerkt.

Heterosis: Bastardwüchsigkeit, üppigeres Wachstum von → Bastarden bestimmter Rassen oder Sorten gegenüber ihren (reinerbigen) Eltern. Der Heterosiseffekt tritt maximal nur in der ersten Nachkommengeneration (F_1) auf

Heterozygotie: Ungleicherbigkeit, auf Vereinigung von Keimzellen zurückzuführen, die sich in Qualität und Quantität oder Anordnung ihrer → Gene unterscheiden

Homologie: Übereinstimmung von Organen hinsichtlich ihrer Lage, Struktur und Entwicklungsgeschichte (→ Analogie)

Homozygotie: Gleicherbigkeit von Keimzellen mit sich nicht unterscheidenden → Genen

Hypothese: noch unbewiesene, als Hilfsmittel der wissenschaftlichen Erkenntnis benutzte Annahme; Vermutung

Individualität: Gesamtheit der Eigentümlichkeiten eines Einzelwesens

Kastration: operatives Entfernen oder Unterbrechen der Funktionsfähigkeit der Fortpflanzungsorgane; bei Pflanzen Entfernung der



Staubgefäße zur Verhinderung der Selbstbefruchtung

Klon: durch ungeschlechtliche Vermehrung entstandene Nachkommenschaft von einem Ausgangsindividuum. Alle Individuen eines Klons haben den gleichen → Genotyp (z. B. alle Pflanzen einer Kartoffelsorte).

Koazervation: Ansammlung organischer Flüssigkeiten in kolloidaler Form, eine Stufe der Entstehung des Lebens auf der Erde (→ kolloidale Lösungen)

kolloidale Lösungen: Verteilung von festen, flüssigen oder gasförmigen Teilchen bestimmter Größe (10^{-5} bis 10^{-7} cm) in einer Flüssigkeit. Im Vergleich zu echten Lösungen haben kolloidale Lösungen nur einen geringen osmotischen Druck.

komplementär: ergänzend (z. B. komplementäre Basen der DNS)

Konstanz: Unveränderlichkeit, Beständigkeit

Matrize: Abformung von einem Schriftsatz oder Drucksatz zur Herstellung von Druckplatten oder Druckstöcken. In der Genetik als Vergleich für die Funktion der DNS-Einzelstränge bei der identischen Reduplikation

monophyletisch: einstämmig; Abstammung einer Organismengruppe von gemeinsamen Ahnen bzw. aus einer gemeinsamen Urform (→ polyphyletisch)

Morphologie: Lehre von der Körpergestalt und dem Aufbau der Organismen

Mutagene: chemische und physikalische Faktoren, die Gen- und Chromosomenmutationen auslösen können [chemische Mutagene: z. B. Kolchizin, Nitrite, Methan, Formaldehyd, Peroxide; physikalische Mutagene: z. B. ionisierende Strahlen (Röntgenstrahlen, β -Strahlen, γ -Strahlen), UV-Licht, Temperaturschocks]

ökologische Ansprüche: Ansprüche der Organismen an bestimmte abiotische und biotische Umweltfaktoren. Die ökologischen Ansprüche können je nach Artzugehörigkeit und Entwicklungsstand eines Organismus unterschiedlich sein.

Ontogenese (Individualentwicklung): Entwicklung eines Organismus von der befruchteten Eizelle bis zum Tod

Parentalgeneration (P): Elterngeneration, z. B. bei Kreuzungen in der Pflanzen- und Tierzucht sowie bei genetischen Untersuchungen
Pbänotyp: Erscheinungsbild, Gesamtheit aller Merkmale eines Individuums, durch → Genotyp und Umwelteinflüsse geprägt

Phylogenese: Stammesentwicklung, historische Entwicklung der Generationenfolge der Organismen

Phytotron: Klimakammer zur Kultur von Pflanzen unter kontrollierten und unabhängig voneinander regulierbaren Umweltfaktoren (z. B. Licht, Temperatur, Luftfeuchtigkeit) für physiologische Untersuchungen

polyphyletisch: vielstämmig; Abstammung einer Organismengruppe von unterschiedlichen Ahnen bzw. von verschiedenen Urformen (→ monophyletisch)

Population: Gesamtheit der Individuen einer Art, die in einem natürlich oder künstlich abgegrenzten Lebensraum lebt (z. B. alle Kiefernspanner eines Kiefernwaldes)

rezent: in der geologischen Jetztzeit lebende Organismen (→ fossil)

rezessiv: → Allel, das sich im Gegensatz zum entsprechenden dominanten Allel in Heterozygoten nicht oder kaum ausprägt (→ dominant; → Heterozygotie)

Sterilisation: Entkeimung, Keimtötung mit physikalischen Methoden; auch unfruchtbar machen (→ Kastration)

System: Gesamtheit miteinander in Beziehung stehender Elemente, die ein Ganzes bilden:

materielle Systeme (z. B. Lebewesen), ideale Systeme (z. B. natürliches System der Organismen, Periodensystem der chemischen Elemente), offene Systeme – geschlossene Systeme, kybernetische Systeme usw.

Transplantation: Gewebeverpflanzung, Pfropfung



Register

*Abbildungshinweis

- ADP/ATP – System 161
Allel 13, 14*, 16, 32 ff.
Altmenschen 126*
Aminosäure 8 ff., 41, 52, 107
Anpassungserscheinungen 67, 161*
Archaeopteryx 64*, 88 f.
Art 58, 61 f.
Auslese 59 ff., 97 ff., 123, 126, 134, 147, 151, 156, 176, 179, 181
Auslesezüchtung 147
- Bakteriophagen 19 ff., 21*, 48* f.
Bastarde 35, 152*
Biogenetisches Grundgesetz 63, 100
Biokatalysatoren 103, 161
Bioregionen 158
Biosphäre 75, 158, 165, 167 f.
Biotop 158
Biozönose 158, 163 ff., 176
Bluterkrankheit 55
Breitnasenaffen 114, 115*
- Chromatin 22*, 23, 25
Chromosomen 11, 13 f., 18 f., 22 ff., 23*, 28*, 29 ff., 42*, 44, 52* f., 153
Chromosomensatz 23, 29, 40 ff., 52 f., 153
Crick, Francis 10, 30*
Cuvier, Georges 93*
- Darwin, Charles 92 ff., 97*, 98 f., 132, 140, 156
Differenzierung 63, 65*, 66, 77, 86, 122
DNS 10 ff., 15*, 40 f., 104, 109, 161
Domestikation 140
dominant 32, 35, 39, 50, 53
- Drosophila* 14*, 16, 23*, 32 f., 42
- Einschlüsse 77
Eiweiße 10, 13, 18, 109
Elterngeneration (Parental-generation) 33, 34*
Enzyme 8, 13, 16 f.
Erbanlagen 13, 22, 31 f., 39, 43, 55 f., 98, 144, 149, 153
Erbinformation 9 ff., 15*, 17*, 41, 98, 161
Erbkrankheiten 43, 49 ff., 176, 181
Erdaltzeit 77, 87
Erdmittelzeit 80 f., 87
Erdneuzeit 80, 81*, 86 f.
Erdzeitalter 77 ff., 87
Erhaltungszüchtung 142
Evolution 60, 75, 101, 130 ff., 153
- Familienanalysen (Familienstammbäume) 56
Fortpflanzung 41, 103 f.
Fossilien 63, 74 ff., 90 ff., 113, 124 f.
Frühmenschen 125* f.
- Gen 12 f., 16, 18, 19, 31 ff., 47 ff., 99, 103, 163, 176
Genetische Information 16, 40, 44, 49, 161
Genotyp 33 f., 35, 39, 45 f., 48 f., 58 ff., 99, 131, 149 ff.
Geschlechtschromosomen 24, 29, 53 ff.
Gibbon 116, 117* ff.
Gorilla 116, 117*, 119* f.
- Haeckel, Ernst 63, 97*, 100
Halbaffen 113*, 114, 122
Haustiere 40*, 134 f., 140, 156, 160*
- Heterosis 152* f.
Hirnschädel 120*, 121, 124 ff.
Höherentwicklung 63* ff., 73, 75, 86, 104, 130, 132
Homologie 68* ff., 73
- Identische Reproduktion 109
Immunisierung 47, 176, 178
Individualentwicklung 62
intermediär 39
Isolation 60 ff., 61*, 127
- Katastrophentheorie 93
Keimentwicklung 63
Keimzellen 16, 25 ff., 38, 41, 53
Klone 150*
Koazervate 107* ff.
Koazervathypothese 107 ff.
Kode, genetischer 12
Kombinationszüchtung 149
Konstanz 8, 92, 99
Kreuzung 31 ff., 37*, 97, 148 ff., 150* ff., 176, 181
Kreuzungszüchtung 148
Kulturform 137*, 139*, 144* f., 147, 160*
- Lamarck, Jean-Baptiste 93*, 94 f.
Landeskultur 176, 180
Lebenserwartung 177 f.
Leitfossilien 94
Linné, Carl v. 94
- Meiose 25, 26* ff., 29, 41, 153
Mendel, Johann Gregor 30*, 31, 99, 154
Mendelsche Gesetze 34* ff., 36* f., 48, 49*, 145
Mensch 112 ff., 118*, 119*, 120*, 169
Menschenaffen 113, 116, 117* ff., 120 ff.



- Menschenrassen 56, 127, 128* f.
Menschenvorfahren 122 ff.,
124* f.
Menschwerdung 99, 123 ff.
Merkmalsausbildung 31 ff., 58
Merkmalskombination 128
Mikroorganismen 42
mischerbig 32 f., 34, 38, 49 f.
Mitose 26* ff., 29, 41, 153
Modifikation 40, 44 ff., 45*
Molekularhypothese 107, 109 f.
Mutation 40* ff., 99, 111, 126,
132, 154 f., 163
Mutationszüchtung 153, 154* f.

Nahrungsmittelproduktion
173, 176 f.
Naturschutz 176, 180
Nukleinsäure 10, 109 f., 161,
176
Nukleotid 10 ff., 41, 52
Nutzpflanzen 144* f., 156

ökologisches Gleichgewicht
164
Ökosystem 158, 165, 181
Oparin, Alexander Iwanowitsch
105, 107*, 109
Orang-Utan 116, 117*, 119

Paläontologie 74* ff.
Pasteur, Louis 105, 177
Pflanzenzüchtung 140 ff., 144*,
152, 154, 176

Phänotyp 35, 38 ff., 58, 149
Phenylketonurie 50, 53, 56
Phytotron 6, 157*, 174
Polypeptide 10, 13, 15*, 16, 18
Polyploidie 153 f.
Population 58 ff., 98 f., 122,
124, 131, 150, 159, 163
Primates 113 ff., 122 f.
Primitivform 137* ff., 144*, 160*

Rassenkreise 127, 128*
Reduplikation, identische 16 f.,
176
reinerbig 32, 34, 38, 149
Reinzucht 148
Rekombination 29
rezessiv 32, 35, 50, 53
Ribosom 17 ff., 19*, 22*, 160
RNS 10, 15*, 18 f., 109, 161
Rotgrünblindheit 54* f.
Rudimentation 69, 72* f., 131

Saurier 57*, 82* f.
Schmalnasenaffen 114 ff., 122* f.
Schimpanse 116, 117*, 118*,
119*, 120*
Sichelzellanämie 50, 51*
Spaltungsgesetz 34*, 35 f., 37*
Spezialisierung 67*
Spitzhörnchen 113*, 114
Stammbaum 84 f., 101*
Stammesentwicklung 62, 74 f.
Stammesgeschichte 63, 67, 69,
73 f., 121

Tieraffen 115*, 116, 118*
Tierzüchtung 140, 142 f., 152,
155, 176
Tochtergeneration 33
Trilobiten 77, 78*
Triplett 12, 15*, 41, 52

Übergangsformen 86, 90, 131
Umweltbedingungen 44, 46,
74, 131 f., 161*
Umweltfaktoren 16, 166*, 167
Unabhängigkeitsgesetz 38 f.
Uniformitätsgesetz 34*, 35,
37*, 38
Uratmosphäre 77, 106, 110
Urmenschen 124 f.
Urozean 106 ff.
Urvogel 64*, 88* f.

Variabilität 44, 58*, 97 f.
Vererbung 40, 53, 103 f.
Versteinerung 64*, 75* ff.
Viren 19 ff., 21*

Watson, James Dewey 10, 30*
Wildformen 136, 137*, 140,
145
Wuchsstoffe 175

Zuchtwahl 97 f., 140
Züchtung 133*, 145, 149, 150*,
156, 181
Züchtungsziele 141, 145, 151
Zwillingsforschung 56

Abbildungsnachweis

Zeichnungen: Hans-Joachim Behrendt, Grünheide, und Ingrid Schäfer, Berlin (nach Vorlagen)
Fotos: G. Budich, Berlin, S. 113 (1), 117 (1); Haackel-Museum, Jena, S. 97 (1); Institut für Kulturpflanzenforschung Groß-Lüsewitz, S. 154; Museum für deutsche Geschichte Berlin, S. 126; Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität Berlin, S. 76 (2), 80 (2), 81 (2), 83 (2), 89 (2), Tafel 3 (1), 4 (2); P. Noppens, Berlin, S. 175; F. W. Richter, Jena, S. 107 (1); L. E. Schwedt u. a., Tafel 2 (oben); Szilag, Gülzow-Güstrow, S. 147 (links); H. Theuerkauf, Gotha, S. 45 (2), S. 57, 65 (3), 66, 67 (6), 68 (6), 69 (3), 71 (7), 76 (4), 78 (4), 79 (2), 81 (2), 82 (3), S. 89 rechts Mitte, 113 (1), 115 (2), 117 (3), 118 (4), 120 (9), 133 (1), 137 (3), 138 (12), 139 (2), 149 (2), 155 (6), Tafel 2 (unten), 2, Tafel 8 bis 11 (24); VEB Carl Zeiss, Jena, S. 7 (1); Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Archiv, S. 93 (3); Zentralbild Tafel 1 (unten) und S. 128
Reproduktionen: S. 82 (1) und 89 (1) Augusta/Burian, Tiere der Urzeit: Tafel 2 (Mitte) D. Bierwolf, Viren – Das geborgte Leben, Leipzig, Jena, Berlin 1970; S. 19 Bresch, Klassische und molekulare Genetik; S. 147, 157 Der Mensch und das Leben Bd. 8, Leipzig, Jena, Berlin 1967; S. 23 N. P. Dubinin, Molekulargenetik, Jena 1965; S. 125 (links) Grahmann, Urgeschichte der Menschheit, Stuttgart; Tafel 1 (oben); S. 119 W. K. Gregory, Evolution emerging vol. II, New York; A. K. Kleinschmidt u. a., Bioch. biophys. Acta (1962); S. 26/27 Mo Leish and Suwad, Looking at Chromosomes, London 1958; S. 107 A. I. Oparin, Die Entstehung des Lebens auf der Erde; S. 89 (1) Traité de Zoologie – Anatomie – Systematique – Biologie, Paris 1958; S. 101 (2) Ushmann, in Gesammelte Vorträge über moderne Probleme der Abstammungslehre, Jena 1967; S. 21 Wissenschaft und Fortschritt Heft 4/69
Wir danken Frau Dr. Jahn, Herrn Prof. Dr. Daber und Herrn Dr. Helms im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität, Berlin; Herrn Dr. Lehmann, Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, und Herrn Prof. Dr. Ushmann, Haackel-Museum, Jena, für die Unterstützung bei der Bereitstellung von Originalen und Vorlagen für zahlreiche Fotos.

