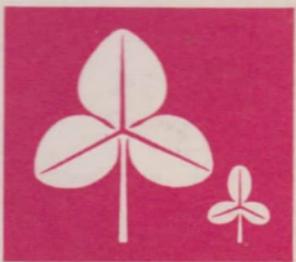
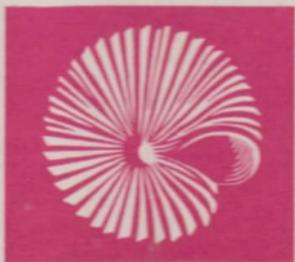
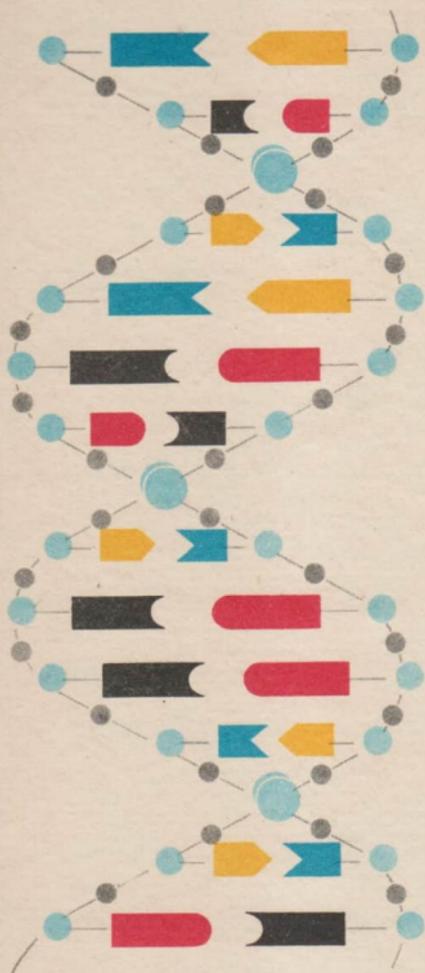


BIOLOGIE

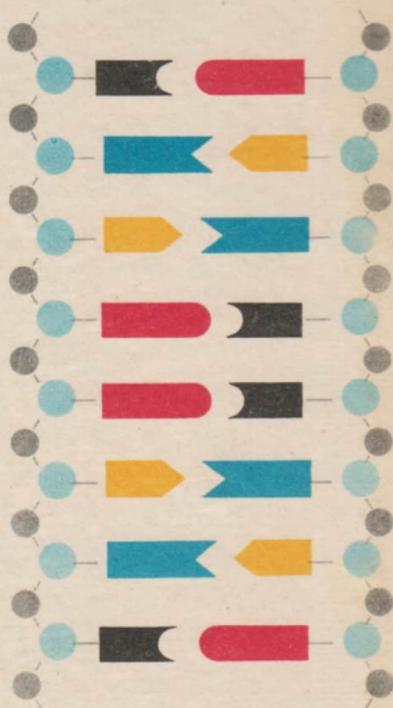
Vorbereitungsklassen



DNS-Doppelstrang



Aufbau der DNS (DNS-Faden)



● Phosphorsäure

● Desoxyribose

■ Thymin

■ Adenin

■ Cytosin

■ Guanin

Identische Reproduktion
der DNS



Modell der DNS-Spirale
nach Watson-Crick



BIOLOGIE

Lehrbuch für Klasse 10 · Vorbereitungsklassen



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1968

Autoren:

Dr. habil. Herbert Bach, Dr. Dieter Bernhardt, Gertrud Kummer, Dr. Irmtraut Meincke, Dr. Klaus Müntz, Dr. habil. Helmut Nestler, Heinz Reinicke, Dr. Dietrich Rothacker, Prof. Dr. habil. Gerhard Schmidt, Prof. Dr. habil. Georg Uschmann

Der Abschnitt „Faktoren der stammesgeschichtlichen Entwicklung“ wurde aus 01 10 01 „Die Entwicklung der Organismen“ übernommen und von der Redaktion stark überarbeitet.

Der Abschnitt „Tierzüchtung und Tierhaltung“ wurde aus 01 10 01 „Die Entwicklung der Organismen“ übernommen und von Dr. Werner Schulze überarbeitet.

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

1. Auflage

Ausgabe 1968

Lizenz Nr. 203 · 1000/68 (E)

ES-Nr. 11 H

Redaktion: Manfred Gemeinhardt und Gertrud Kummer

Einband: Günther Wolff und Karl-Heinz Wieland

Vorsätze: Karl-Heinz Wieland

Typografische Gestaltung: Atelier Volk und Wissen, Berlin

Gesetzt aus der Mediäval

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

Redaktionsschluß: 31. Januar 1968

Bestell-Nr. 01 10 59-1 · Preis: 3,20

Inhaltsverzeichnis

Genetik	5
Gesetzmäßigkeiten der Vererbung	6
Mendelsche Gesetze	6
Die Zelle als Träger und Überträger der Erbanlagen	16
Feinbau der Zelle	17
Teilung der Zelle	18
Anzahl und Bau der Chromosomen	20
Befruchtung und Meiose	21
Die Natur und Wirkungsweise der Erbanlagen	24
Eiweißsynthese	26
DNS – alleiniger Träger von Erbanlagen	27
Modifikation und Mutation	28
Humangenetik	33
Abstammungslehre	37
Faktoren der stammesgeschichtlichen Entwicklung	38
Mutation	38
Selektion	39
Das Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren	40
Evolution und Ontogenese	44
Homologie und Analogie	47
Homologe Organe	47
Analoge Organe	50
Rudimentäre Organe	51
Der fossile Befund	53
Die Fossilien und ihre Entstehung	53
Die Gliederung der Erdgeschichte	54
Übergangsformen	57
Entwicklungsreihen	61
Abstammung und Entwicklung des Menschen	64
Die Stellung des Menschen im Organismenreich	64
Fossile Zeugnisse der Menschwerdung	68
Die heutigen Menschenrassen	74

Stammesgeschichte und System der Organismen	78
Das natürliche System der Organismen	78
Die binäre Nomenklatur.	79
Stammbaum und System	79
Zur Geschichte der Abstammungslehre	80
Die Entstehung des Lebens auf der Erde	89
Das Wesen des Lebens	89
Die Entstehung des Lebens	92
Tier- und Pflanzenzüchtung als Weiterführung der Evolution durch den Menschen	102
Die Züchtung neuer Sorten – ein gesellschaftlicher Auftrag	102
Die Entstehung und die Herkunft der Kulturpflanzen	102
Die wesentlichen Methoden der Pflanzenzüchtung	105
Auslesezüchtung	106
Kombinationszüchtung	107
Polyploidiezüchtung	109
Mutationszüchtung	111
Organisation der Pflanzenzüchtung in der DDR	112
Tierzüchtung und Tierhaltung	115
Methoden der Züchtung	116
Die Organisation der Züchtung	117
Die Biosphäre und der Mensch	119
Die Biosphäre als besondere Hülle der Erde	119
Die Geosphäre der Erde	119
Wechselbeziehungen in der Biosphäre	120
Die Dichte des Lebens	122
Ökosysteme und Nahrungsketten am Beispiel des Weltmeeres	123
Zonierung, Grenzen des Lebens	125
Die Veränderung der Erde unter dem Einfluß der Biosphäre – ein Evolutionsprozeß	126
Die Rolle des Menschen in der Biosphäre	127
Der Mensch als Schöpfer der Noosphäre	127
Der technisch-zivilisatorische Fortschritt und seine Folgen	127
Bedeutung der Ökosysteme, Naturschutz – eine vordringliche Aufgabe	128
Die Aufgaben der biologischen Wissenschaft für die menschliche Zukunft	130
Aufgaben und Fragen	133
Anhang	137
Übersicht über das System der Organismen	137
Wörterklärungen	143
Literaturhinweise	156
Register	157

Zeichenerklärung

① Aufgabe oder Frage

Genetik

Die Lebewesen haben die Fähigkeit, bestimmte Merkmale und Eigenschaften auf die Nachkommen zu übertragen, so daß beispielsweise beim Roggen oder beim Rind die Nachkommen in allen wesentlichen Merkmalen den Eltern gleichen. Diese biologische Ähnlichkeit zwischen Eltern und Nachkommen wird durch die Vererbung bedingt. Die **Vererbung** ist also die bei der Fortpflanzung von Generation zu Generation erfolgende Weitergabe von Anlagen zur Ausbildung von Merkmalen.

Die Genetik ist die Wissenschaft von den Gesetzen und den materiellen Grundlagen des Vererbungsgeschehens und der Variabilität im Organismenreich. Sie erklärt scheinbar widersprüchliche Erscheinungen in der Natur: einmal die Ähnlichkeit von verwandten Organismen, also beispielsweise der Nachkommen und ihrer Vorfahren, und zum anderen die Verschiedenheit der einzelnen Organismen innerhalb einer Entwicklungsreihe, wenn man diese über mehrere Generationen und über längere Zeiträume hinweg vergleichend betrachtet.

Die Erkenntnisse der Genetik sind für viele Gebiete der Biologie von Bedeutung. In der Pflanzen- und Tierzucht werden sie praktisch angewendet.

Unsere Kenntnisse von den Gesetzmäßigkeiten der Vererbung wurden durch Versuche an verschiedenen Tieren, Pflanzen und vor allem an Mikroorganismen gewonnen. Da in derartigen Vererbungsversuchen stets eine große Anzahl von Individuen geprüft werden muß, werden dafür bevorzugt solche Lebewesen verwendet, die sich leicht vermehren lassen; also viele Nachkommen und eine schnelle Generationsfolge haben.

Die Aufzucht und Haltung von Haustieren beispielsweise erfordert einen wesentlich höheren Aufwand als die Zucht von Hunderttausenden von Fruchtfliegen (*Drosophila*), die nur wenig, außerdem billige Nahrung benötigen und in Glasflaschen gehalten werden können. Um 1 Milliarde Getreidepflanzen zu kultivieren, müßte man mehr als 500 ha Ackerboden bebauen; dagegen können in einer einzigen Petrischale von etwa 10 cm Durchmesser auf geeignetem Nährboden innerhalb weniger Stunden einige Milliarden Bakterien heranwachsen. Die Wahl der Untersuchungsobjekte erfolgt also durchaus nicht zufällig.

Sind die Erkenntnisse, die beispielsweise an Bakterien gewonnen wurden, auch für alle höheren Lebewesen gültig? Zweifellos haben die höheren Lebewesen und damit auch unsere landwirtschaftlich genutzten Pflanzen und Tiere Besonderheiten, die berücksichtigt werden müssen. Grundsätzliche Unterschiede bestehen jedoch nicht. Die an der Fruchtfliege, an Mäusen und Bakterien erkannten allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Vererbung sind sowohl für die landwirtschaftlich genutzten Pflanzen und Tiere als auch für uns Menschen gültig.

Gesetzmäßigkeiten der Vererbung

Durch die Versuche des Augustinermönches Johann Gregor MENDEL Mitte des 19. Jahrhunderts wurde eine wissenschaftliche Arbeits- und Betrachtungsweise in die Genetik eingeführt. Bereits vor Mendel beschäftigte man sich mit Problemen der Vererbung, ihm jedoch gelang es, den richtigen Ansatzpunkt für seine Untersuchungen zu finden, die Ergebnisse mathematisch auszuwerten und dadurch wesentliche Zusammenhänge zu erkennen, ohne Kenntnisse über die Träger der Erbanlagen zu besitzen. 1865 veröffentlichte er die von ihm erkannten Gesetze.

Mendels Arbeiten wurden von seinen Zeitgenossen wenig beachtet, ihre Bedeutung wurde nicht erkannt.

Um 1900 entdeckten unabhängig voneinander CORRENS (1864 bis 1933), DE VRIES (1848 bis 1935) und TSCHERMAK (1871 bis 1962) die gleichen Gesetzmäßigkeiten der Vererbung wie MENDEL, dem zu Ehren man sie als Mendelsche Gesetze bezeichnet.

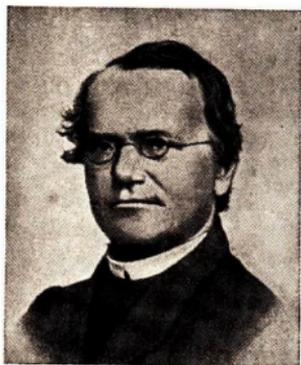


Abb. 6/1 Johann Gregor Mendel

JOHANN GREGOR MENDEL wurde am 22. 7. 1822 in Heinzendorf in Mähren als Sohn armer Eltern 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. Er trat 1843 in ein Kloster ein. In seinem Lebenslauf erklärt er, daß er diesen Schritt nur tat, um sorgenfrei studieren zu können. Mendel wurde als Lehrer für Naturwissenschaften in einer Realschule in Brünn (jetzt Brno/ČSSR) eingesetzt. Im Klostergarten führte er seine Kreuzungsversuche mit Pflanzen durch. Er setzte sich sehr für die Belange des Klosters und der Stadt ein. MENDEL starb 1884.

MENDEL ging bei seinen Versuchen von **einzelnen** bestimmten Merkmalen aus, während seine Vorgänger stets die **Gesamtheit** der Merkmale eines Organismus bewerteten und deshalb zu keinen klaren Ergebnissen kommen konnten. In seinen Kreuzungsversuchen erkannte er gewisse Regelmäßigkeiten bei der Vererbung einzelner Merkmale.

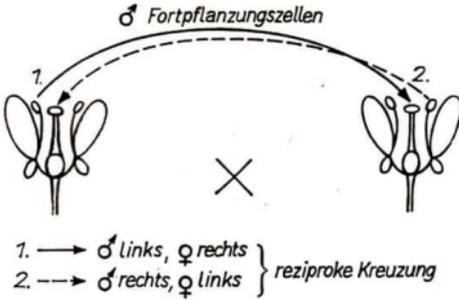
Auf Grund seiner Beobachtungen stellte er drei Erbgesetze auf, die auch heute noch in Kreuzungsexperimenten bestätigt werden können.

Die Mendelschen Gesetze besitzen aber nur Gültigkeit für solche Merkmale, die durch das Erbgut des Zellkerns bedingt sind. Eine Reihe von Merkmalen wird durch das Plasma bestimmt; für deren Vererbung gelten andere Gesetzmäßigkeiten.

Mendelsche Gesetze

MENDEL führte seine ersten und grundlegenden Versuche mit Erbsen durch und bestätigte die Ergebnisse durch Versuche mit Bohnen.

Die folgenden Grundbegriffe der Vererbungsforschung muß man zum Erkennen der Gesetzmäßigkeiten beherrschen: Die Forscher arbeiten bei ihren Versuchen mit der Kreuzung (Bastardie-



zung, Hybridisation) und verwenden dabei das Zeichen x. Sie übertragen von einem ausgewählten männlichen (♂) Elternteil die Gameten (= die Fortpflanzungszellen im Pollen oder im Sperm) auf den mütterlichen (♀) Elternteil, die Eizelle. Die Kerne verschmelzen. Die Kreuzungspartner der Elterngeneration (= Parentalgeneration = P) müssen in dem zu untersuchenden Merkmal reinerbig sein. Die Nachkommenschaft (Tochtergeneration, Filialgeneration = F) ist dann mischerbig. Die Einzelorganismen der F-Generation sind Mischlinge, Bastarde oder Hybriden in dem Untersuchungsmerkmal, dessen Ausprägung sehr unterschiedlich erfolgen kann. Die aufeinander folgenden F-Generationen werden mit F₁, F₂ usw. bezeichnet. Eine reziproke Kreuzung wird bei zwitterigen Organismen durch den gegenseitigen Austausch der ♂-Gameten durchgeführt; in der F₁ entstehen dann gleichartige Nachkommen (Abb. 7/1).

- ①
- ②
- ③

Das äußere Erscheinungsbild, d. h. die Summe aller Merkmale eines Individuums, wird als Phänotypus bezeichnet. Demgegenüber steht der Idiotypus, der sich aus der Gesamtheit der in der Zelle lokalisierten Erbanlagen (Erbbild, Erbgut) manifestiert. Die Mendelschen Gesetze gelten nur für die im Zellkern liegenden Erbanlagen, die als Genotypus bezeichnet werden.

1. Mendelsches Gesetz. Nach der Kreuzung eines weißblühenden Garten-Löwenmauls mit einer rotblühenden Form treten in der F₁-Generation einheitlich rosa Blüten auf. Der Phänotypus der F₁ steht zwischen den Phänotypen der P-Generation. Er nimmt auf Grund des mischerbigen Genotypus – jeder Elternteil steuert bei der Befruchtung einen Teil bei – eine Mittelstellung zwischen den Elternformen ein (s. Abb. 7/2). In diesem Falle spricht man von einer intermediären Vererbung. Weit häufiger wird das (rezessive) Merkmal des einen Elters durch das entsprechende (dominante) Merkmal des anderen Elters überdeckt. Bei der Kreuzung einer gelbsamigen Erbse mit einer grünsamigen beispielsweise bildet die F₁-Generation einheitlich gelbe Samen aus. Auch hier ist die F₁-Generation einheitlich gestaltet, trägt aber

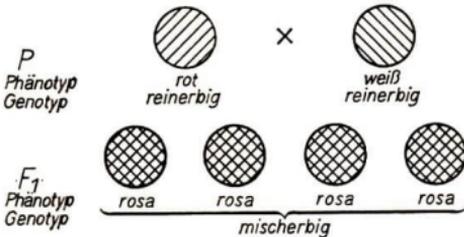


Abb. 7/2 Schematische Darstellung der Kreuzung einer weißblühenden mit einer rotblühenden Form des Garten-Löwenmauls (intermediärer Erbgang: schematisch)

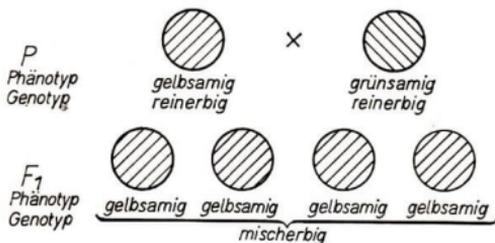


Abb. 8/1 Schematische Darstellung der Kreuzung einer gelbsamigen mit einer grünsamigen Erbse (dominant-rezessiven Erbgang)

die Erbanlagen der Eltern zu gleichen Teilen in sich. Die Erbanlage Gelb ist stärker als die für Grün, es überdeckt die Farbe des anderen Partners, es dominiert in diesem Falle die gelbe Samenfarbe über die grüne Färbung. Dies bezeichnet man als dominant-rezessiven Erbgang (s. Abb. 8/1).

Beim intermediären und auch beim dominant-rezessiven Erbgang ist die F₁-Generation einheitlich (uniform) gestaltet. Aus diesen Tatsachen leitet sich das 1. Mendelsche Gesetz, das Uniformitäts- oder Gleichförmigkeitsgesetz, ab:

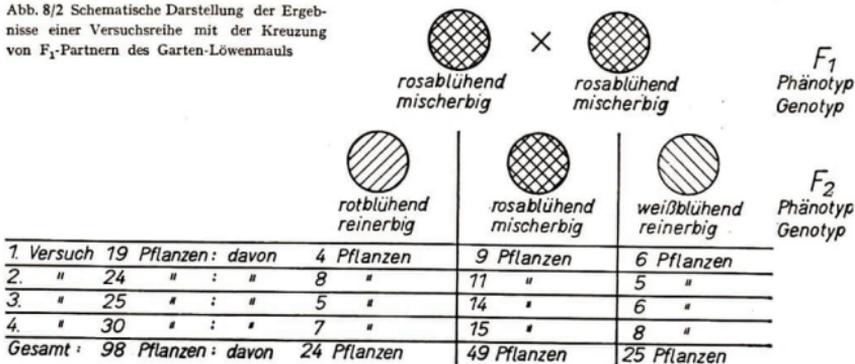
Werden zwei reinerbige, in bezug auf ein oder mehrere Merkmalspaare unterschiedliche Organismen gekreuzt, so sind bei gleichen äußeren Bedingungen die Nachkommen in der F₁-Generation einheitlich (uniform) im Phänotypus gestaltet.

Es ist dabei gleichgültig, welche der beiden Elternformen als Mutter und welche als Vater verwendet wurde.

2. Mendelsches Gesetz. Kreuzt man die rosablühenden Pflanzen der F₁-Generation des Garten-Löwenmauls untereinander oder findet eine Selbstbefruchtung statt, so treten in der F₂-Generation drei verschiedene Blütenfarben auf. Neben den Blütenfarben der beiden Elternformen Weiß und Rot ist wiederum die rosa Blütenfarbe der F₁-Generation vorhanden. Eine Versuchsreihe zeigte folgendes Bild (Abb. 8/2).

Eine Auszählung der Blütenfarben Rot, Rosa und Weiß ergibt ein angenähertes 1:2:1-Verhältnis (rotblühend 24 Pflanzen, rosablühend 49 Pflanzen, weißblühend 25 Pflanzen, insgesamt 98 Pflanzen). Eine auf diese Art und Weise gewonnene Gesetzmäßigkeit nennt man ein statistisches Gesetz. Dieses läßt sich erst durch größere Versuchsreihen belegen, wobei aber stets nur Annäherungswerte erreicht werden.

Abb. 8/2 Schematische Darstellung der Ergebnisse einer Versuchsreihe mit der Kreuzung von F₁-Partnern des Garten-Löwenmauls



Es ist das Verdienst MENDELS, diese Gesetzmäßigkeit aufgedeckt zu haben. Bei seinen Erbsenversuchen arbeitete er mit dominant-rezessivem Erbgang.

Aus 34 Erbsensorten wählte er 22 mit konstanten Merkmalen aus, die er zuerst auf ihre Reinerbigkeit überprüfte. Zu seinen Versuchen verwendete er die folgenden Merkmalspaare, wobei die dominanten zuerst genannt sind:

1. runde Samen – runzlige oder kantige Samen,
2. gelbe Keimblätter – grüne Keimblätter,
3. weiße Samenschale – graue Samenschale,
4. einfach gewölbte Hülsen – eingeschnürte Hülsen,
5. grün gefärbte unreife Hülsen – gelb gefärbte unreife Hülsen,
6. achsenständige Blütenstellung – endständige Blütenstellung,
7. lange Blütenachse – kurze Blütenachse.

Alle Kreuzungen wurden reziprok durchgeführt, wobei in der F_1 -Generation die zuerst genannten Merkmale fast vollkommen dominierten. In der F_2 -Generation traten neben den dominierenden auch die rezessiven Merkmale in folgenden Verhältnissen wieder rein auf:

1. Versuch: 5474 runde Samen,	Verhältnis
1850 runzlige Samen	2,96 : 1
2. Versuch: 6022 Samen mit gelben Keimblättern,	
2001 Samen mit grünen Keimblättern	3,01 : 1
3. Versuch: 705 Samen mit grauer Samenschale,	
224 Samen mit weißer Samenschale	3,15 : 1
4. Versuch: 882 Pflanzen mit einfach gewölbten Hülsen,	
299 Pflanzen mit eingeschnürten Hülsen	2,95 : 1
5. Versuch: 428 Pflanzen mit grün gefärbten unreifen Hülsen,	
152 Pflanzen mit gelb gefärbten unreifen Hülsen	2,82 : 1
6. Versuch: 651 Pflanzen mit achsenständigen Blüten,	
207 Pflanzen mit endständigen Blüten	3,14 : 1
7. Versuch: 787 Pflanzen mit langer Blütenachse,	
277 Pflanzen mit kurzer Blütenachse	2,84 : 1

Werden die Ergebnisse aller Versuche zusammengefaßt, so ergibt sich ein Verhältnis von 2,98 : 1, das entspricht annähernd 3 : 1.

Bei weiteren Versuchen mit einer F_3 -Generation zeigt sich, daß die dominierenden Merkmale der F_2 -Generation zu einem Drittel reinerbig und zu zwei Dritteln Hybride sind, die in gleichem Verhältnis 3 : 1 wieder aufspalten. Die rezessiven Merkmale der F_2 -Generation bleiben in den folgenden Generationen reinerbig (Abb. 10/1).

Damit tritt auch im dominant-rezessiven Erbgang in der F_2 -Generation das gleiche Aufspaltungsverhältnis wie im intermediären Erbgang auf; denn von den dominierenden Merkmalen sind $\frac{1}{3}$ reinerbig, das entspricht $\frac{1}{4}$ aller Versuchsergebnisse, $\frac{2}{3}$ der dominierenden Merkmale sind mischerbig, das entspricht $\frac{1}{2}$ der Gesamtergebnisse, $\frac{1}{3}$ sind reinerbig rezessiv, das entspricht $\frac{1}{4}$ aller Ergebnisse, also auch 1 : 2 : 1. Aus der Spaltung der F_2 -Generation in ganz bestimmte Zahlenverhältnisse ergibt sich das 2. Mendelsche Erbgesetz, das Spaltungsgesetz:

Werden Organismen der F_1 -Generation miteinander gepaart, so ist die F_2 -Generation in dem betreffenden Merkmal nicht einheitlich, sondern spaltet nach bestimmten Zahlenverhältnissen auf.

Bei der Vererbung werden nicht Merkmale, sondern entsprechende Anlagen an die

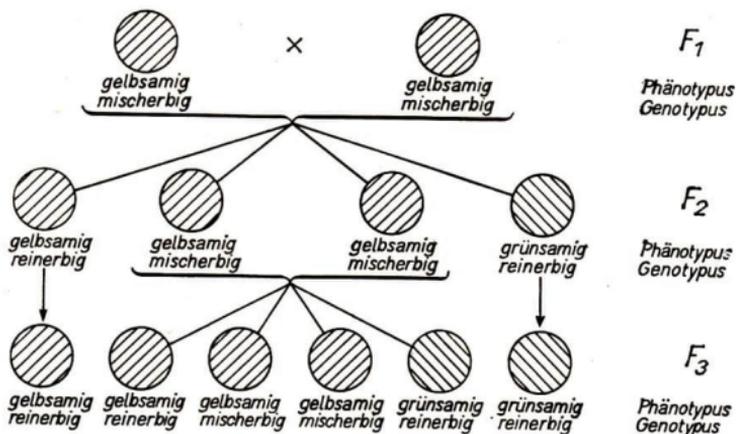


Abb. 10/1 Schematische Darstellung eines Beispiels für einen dominant-rezessiven Erbgang (Erbsen)

Nachkommen weitergegeben. Das geschieht auch beim dominanten Erbgang, obwohl in der F_1 -Generation nur das Merkmal eines Elters ausgeprägt ist. Das andere Merkmal erscheint in der F_2 -Generation wieder, also müssen die Individuen der F_1 beide Anlagen tragen.

Zum besseren Verständnis des Erbganges hat schon MENDEL für die einzelnen Erbanlagen Symbole (Buchstaben) benutzt. Für die dominanten Merkmale verwendete er große Buchstaben, für die entsprechenden rezessiven kleine. Auch bei intermediärem Erbgang werden in der Regel nur kleine Buchstaben benutzt. In reinerbigen Ausgangsformen schreibt man die Erbformel für diese Merkmale mit zwei gleichen Buchstaben (AA oder aa). Die Abbildung 10/2 zeigt, wie man sich die Verteilung der Erbanlagen bei der Kreuzung einer gelb- und einer grünsamigen Erbse im dominanten Erbgang vorstellen kann. Hier kommt es jedoch nicht zu einer intermediären Farbausstellung, da das Merkmal für gelbe Farbe (Aa) das Merkmal für grüne Farbausstellung (aa) überdeckt. Es werden zwei genotypisch verschiedene gelb-

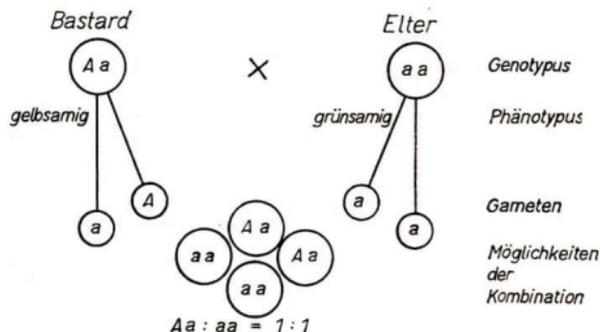


Abb. 10/2 Schematische Darstellung einer Rückkreuzung (Erbsen)

Keimzellen des Bastards

*Keimzellen des
rezessiven Elters*

	A	a
a	a A	a a
a	a A	a a

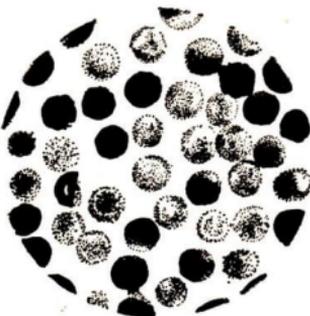


Abb. 11/1 Erbgang bei der Rückkreuzung des Bastards mit dem rezessiven Elter

Abb. 11/2 Nachweis der Spaltung unter den Pollenkörnern eines Bastards der Hirse (Sorghum-Bastard)

samige Formen gebildet, die phänotypisch nicht zu unterscheiden sind. Die genotypische Zusammensetzung der gelbsamigen Formen der F_1 läßt sich daher nur durch Überprüfung der Nachkommen aufklären. Bei der Keimzellenbildung eines mischerbigen Bastards (F_1 -Pflanze) wurde die Annahme zugrunde gelegt, daß Keimzellen von der genotypischen Konstitution A und a in gleicher Häufigkeit ausgebildet werden. Bedient man sich der Rückkreuzungsmethode, läßt sich diese Annahme im Experiment beweisen. Bei der Rückkreuzung eines Bastards Aa mit dem rezessiven Elter aa müssen die dominierenden und rezessiven Typen im 1:1-Verhältnis auftreten, wenn beide Keimzellsorten im gleichen Verhältnis gebildet werden (Abb. 10/2 u. 11/1).

Schon MENDEL führte diesen Beweis durch, indem er den Erbsenbastard aus der Kombination gelbsamig x grünsamig mit dem grünsamigen rezessiven Elter rückkreuzte. Er erhielt ein Verhältnis von 104 gelbsamigen zu 104 grünsamigen Formen (Abb. 10/2). Dieses Verhältnis läßt sich auch beim Pollen bestimmter Pflanzenarten anschaulich demonstrieren. Es gibt verschiedene Hirsearten, die sich durch unterschiedliche Reservestoffe im Pollen auszeichnen. Einige Formen enthalten Stärke, andere dagegen ein Kohlenhydrat, das nicht mit Jod reagiert. Werden derartige Formen miteinander gekreuzt, und wird der Pollen der Bastardpflanzen mit Jod angefärbt, so färben sich alle Pollen, die Stärke enthalten, blauschwarz, während die anderen Pollen farblos bleiben (Abb. 11/2). Auszählungen der farblosen und gefärbten Pollenkörper ergeben immer ein eindeutiges 1 : 1-Verhältnis.

Für Tiere gelten die gleichen Gesetze wie für Pflanzen. Als Beispiel sei hier die Kreuzung von Hühnerrassen mit intermediärem Erbgang gegeben (Abb. 12/1).

3. Mendelsches Gesetz. Bei den bisher behandelten Kreuzungsbeispielen unterscheiden sich die Elternformen nur in einem Merkmalspaar. Aus der F_2 -Generation ist zu ersehen, daß keine Neukombination möglich ist, es treten nur die bei den Eltern schon vorhandenen Eigenschaften wieder in Erscheinung. Die intermediäre Farbausprägung kann nicht als Neukombination bezeichnet werden, denn sie tritt nur in dem mischerbigen Zustand auf und kann nie reinerbig gezüchtet werden. Für die praktische Züchtung sind erst Kreuzungen von Bedeutung, bei denen Eltern mit mindestens zwei unterschiedlichen Merkmalspaaren gepaart werden. Hier treten unter den Nachkommen Individuen auf, die Erbanlagen in neuer Kombination besitzen. Als Beispiel für die Kreuzung mit zwei verschiedenen Merkmalspaaren betrachten wir die Vererbungsvorgänge bei zwei Meerschweinchenrassen. Die eine Rasse ist braun (AA) und besitzt ein glattes Fell (bb), die andere Rasse ist weiß (aa) und hat

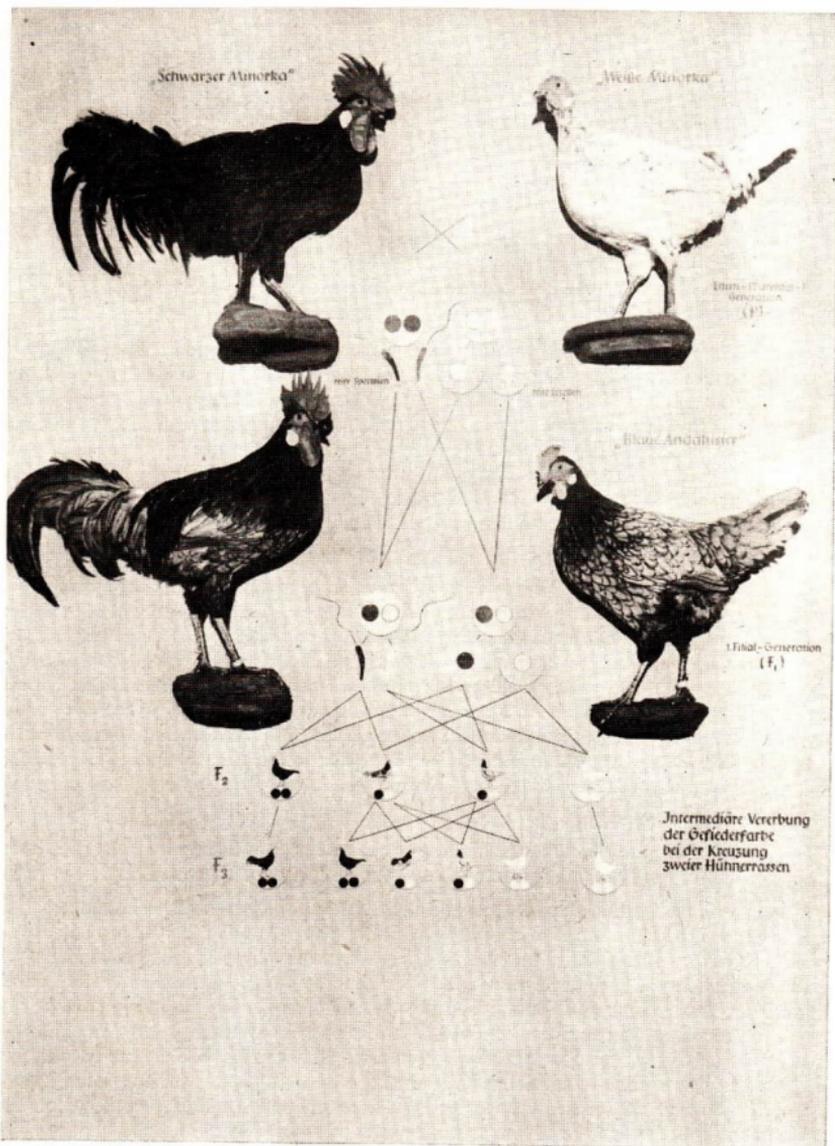


Abb. 12/1 Intermediäre Vererbung der Gefiederfarbe bei der Kreuzung zweier Hühnerrassen (s = schwarz, w = weiß feingesprenkelt)

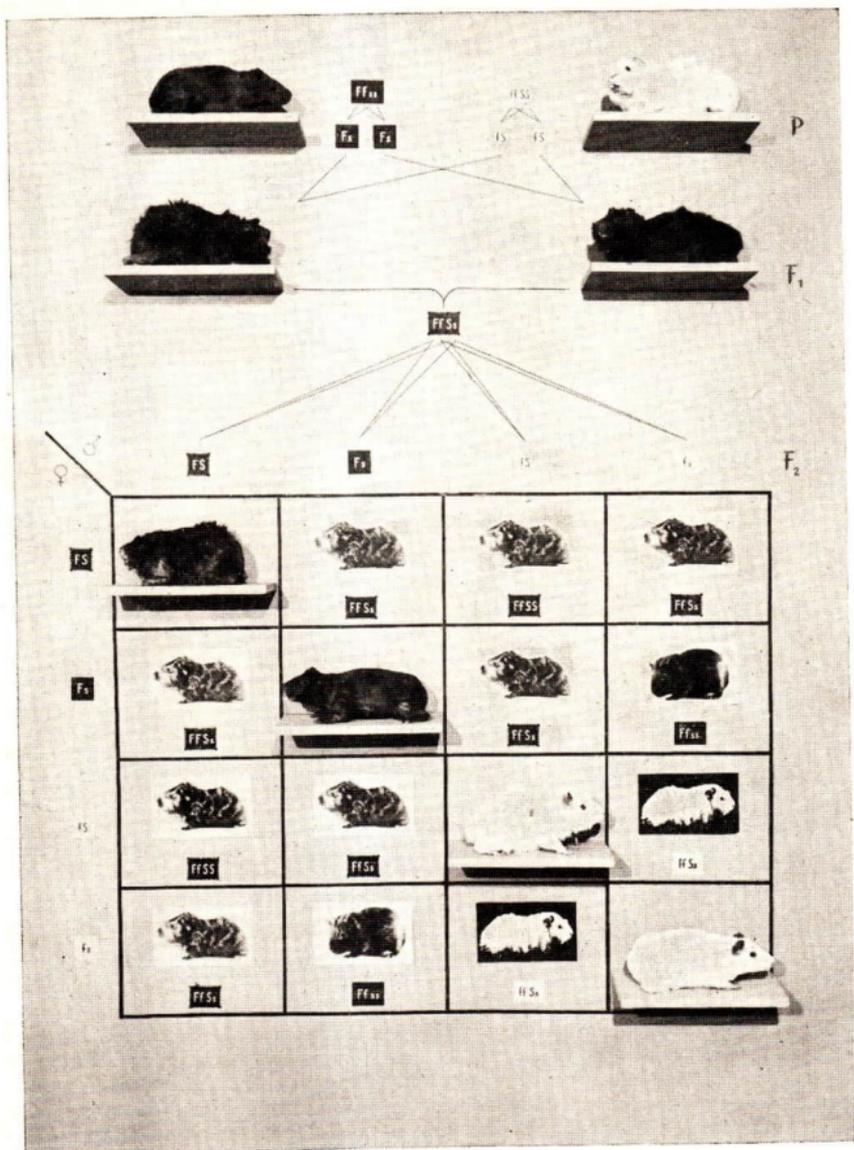


Abb. 13/1 Schematische Darstellung der Kreuzung zweier Meerschweinchenrassen, die sich in zwei Merkmalen (Fellfarbe F = braun, f = weiß und Fellstruktur S = struppig, s = glatt) unterscheiden

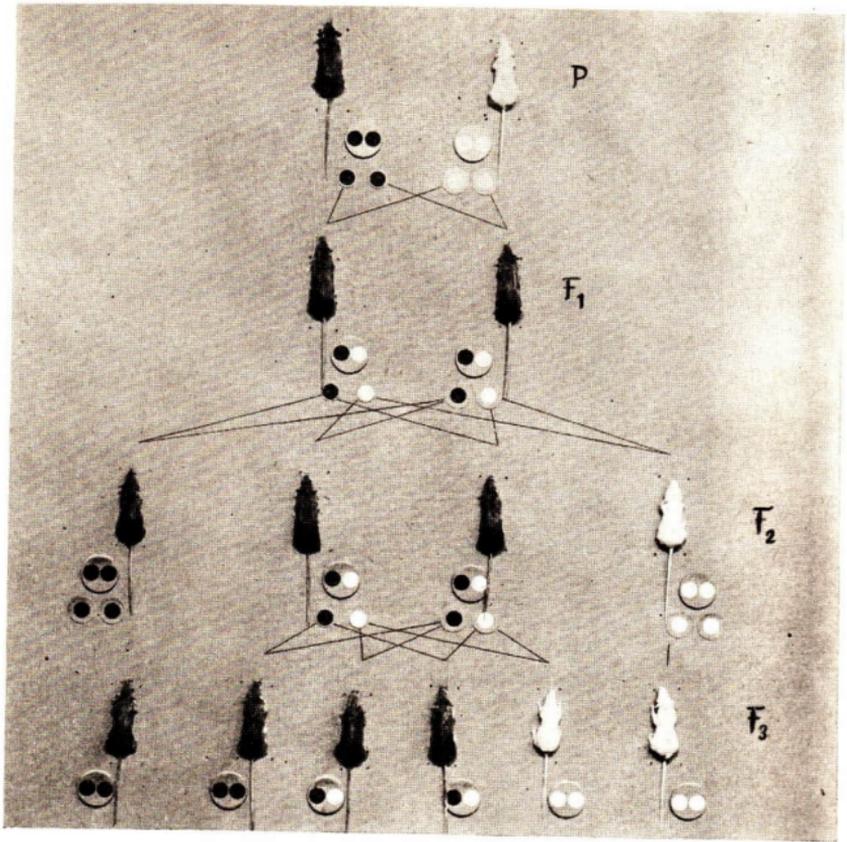


Abb. 14/1 Dominierende Vererbung der schwarzen Fellfarbe bei der Kreuzung einer schwarzen mit einer weißen Mäuserasse

ein struppiges Fell (BB). Es werden also in der P-Generation die Merkmale $AAbb \times aaBB$ gekreuzt (Abb. 13/1). Die Gameten der P-Generation enthalten also einmal die Merkmale Ab und zum anderen aB, daraus ergibt sich für die F₁ im Genotypus die Kombination AaBb, im Phänotypus sieht die F₁ braun-struppig aus.

Die F₁-Generation bildet aber vier verschiedene Gameten aus (AB, Ab, aB, ab), die bei Kreuzungen von F₁-Partnern miteinander kombiniert werden können. In der F₂-Generation treten neben glatt-braunen und struppig-weißen nun auch glatt-weiße und struppig-braune Formen auf. Neben den beiden Elternformen entstanden die zwei zuletzt genannten Formen durch Neukombinationen der entsprechenden Merkmale der Eltern. Aus diesen Vererbungsvorgängen leitet sich das 3. Mendelsche Gesetz, das Unabhängigkeitsgesetz ab:

Nach der Kreuzung von Individuen, die sich in mehr als einem Merkmal voneinander unterscheiden, treten in der F_2 -Generation Neukombinationen auf. Jedes Merkmal wird dabei nach dem Spaltungsgesetz vererbt, und die Merkmale werden unabhängig voneinander auf die Nachkommen verteilt. Die Aufspaltungsverhältnisse ergeben sich entsprechend der Zahl der Merkmalspaare (s. Abb. 15/1).

Merkmalspaare im Genotypus	Zahl der neuauftretenden Phänotypen	Aufspaltungsverhältnis der F_2
1	—	3 : 1
2	2	9 : 3 : 3 : 1
3	6	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
4	14	81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1
n	$2^n - 2$	$(3 + 1)^n$

Abb. 15/1 Tabelle: Aufspaltungsverhältnisse bei den Merkmalspaaren im dominant-rezessiven Erbgang

Wenn in den Bastarden ein oder mehrere Merkmale intermediär vererbt werden, ist die Anzahl der Erscheinungsformen (Phänotypen) in der F_2 größer. Als Beispiel ist auf Abb. 16/1 die Kreuzung zweier Rassen des Garten-Löwenmauls (*Antirrhinum majus*) gegeben. Bei der einen Rasse sind die Blüten rot (r) und bilateral-symmetrisch gebaut (B), die zweite Rasse besitzt blaß-gelbe (g) Farbe und radialsymmetrischen Bau (b). Das Farbmerkmal wird intermediär, die Blütenform dominant-rezessiv vererbt.

Für eine Annäherung an die erwarteten Spaltzahlenverhältnisse in solchen Kreuzungen sind natürlich hohe Nachkommenzahlen Voraussetzung. Bei langsamwüchsigen Formen oder bei Organismen mit geringer Nachkommenzahl ist deshalb eine statistische Absicherung der Kombinationsmöglichkeit entweder nur bei vielen Parallelversuchen oder im Verlauf langer Zeiträume möglich.

Mit steigender Zahl der Merkmalspaare schwindet auch die Möglichkeit der statistischen Absicherung, so daß zwar in der Theorie die Zahl der Kombinationen bekannt ist, in der Realität aber der Zufall eine große Rolle spielt.

Kreuzt man beispielsweise zwei Weizensorten, die sich in 20 Erbfaktoren unterscheiden, benötigt man ungefähr das Zweieinhalbfache der Weizenanbaufläche der DDR (sie beträgt etwa 400000 ha), um alle möglichen neuen Merkmalskombinationen entstehen zu lassen.

Noch schwieriger wird das Problem, wenn wir die Vererbung der Merkmale beim Menschen verfolgen wollen. Man hat für die Art Mensch (*Homo sapiens*) etwa 5 bis 6 Millionen Merkmale errechnet, von denen allerdings viele zu Gruppen gekoppelt vererbt werden. Dennoch weiß man, daß beispielsweise Haut-, Haar- und Augenfarbe, Haarform, Ohrform, Lippenform, Körpergröße, gewisse Form- und Größenverhältnisse von Gesicht und Schädel und andere Merkmale „mendeln“ und sich unabhängig voneinander neu kombinieren. Besonders die Kreuzungen zwischen den Menschenrassen zeigen sehr deutlich, daß das ursprünglich eine Menschenrasse kennzeichnende Erbgefüge durch die Kreuzung aufgelöst wird und daß in den Bastardnachkommen ein buntes Bild von Neuzusammenstellungen von Merkmalen entsteht.

Es gibt keine hoch- oder minderwertigen Menschenrassen, wie eine faschistische Rassenideologie auch unter Mißbrauch des Namens von MENDEL behauptet, denn es gibt mehr Gemeinsamkeiten als Verschiedenheiten zwischen den Menschen der Erde.

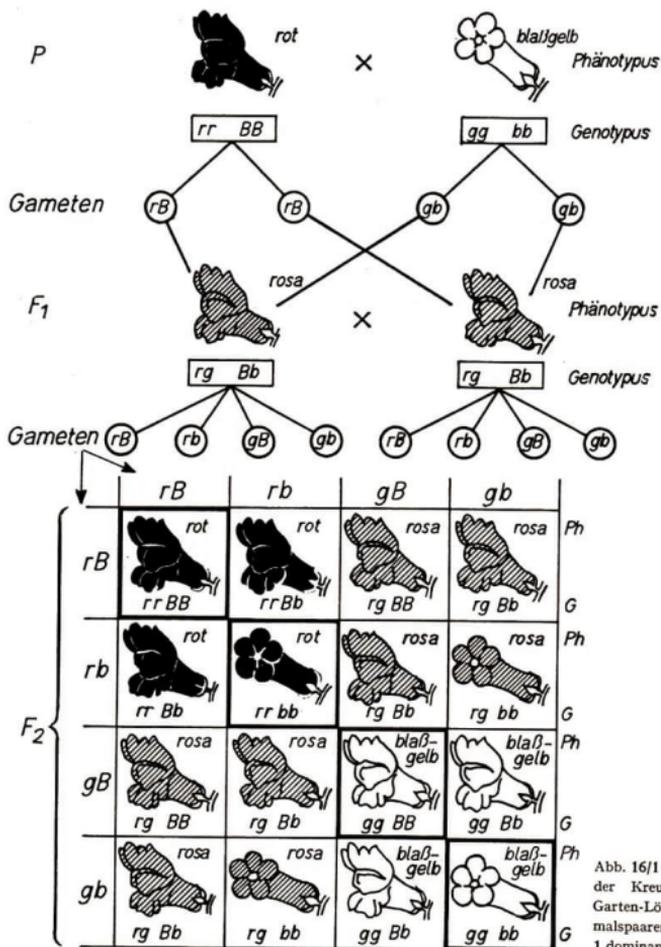


Abb. 16/1 Schematische Darstellung der Kreuzung von Formen des Garten-Löwenmauls mit 2 Merkmalspaaren, davon 1 intermediär, 1 dominant-rezessiv

Die Zelle als Träger und Überträger der Erbanlagen

Alle Organismen sind aus Zellen aufgebaut. Das ist uns bekannt, seit 1839 THEODOR SCHWANN und MATTHIAS SCHLEIDEN ihre Materialien über mikroskopische Untersuchungen veröffentlichten. Das Wort „Zelle“ gebrauchte ROBERT HOOKE 1667 zum ersten Male (cells). 1855 stellte RUDOLF VIRCHOW den auch heute noch uneingeschränkt gültigen Satz auf: Alle Zellen entstehen aus Zellen. Seitdem haben ungezählte Forscher zur stürmischen Entwicklung der Zellenlehre (Zytologie) beigetragen.

Die Zellenlehre bedient sich bei der Erforschung der Struktur der Zellen direkter und indirekter Methoden. Die Entwicklung des Elektronenmikroskops hat in den letzten Jahrzehnten den Blick für die submikroskopische Ebene geöffnet.

5

Die Untersuchung lebender Strukturen der Zelle ist vorläufig nur mit dem Lichtmikroskop möglich, da einmal bei der Vorbereitung der Objekte für die Elektronenmikroskopie sehr dünne Schnitte (0,1 mm) angefertigt werden müssen und zum anderen durch die Einwirkungen der Elektronenstrahlen das organische Präparat verändert wird. Die Aussichten auf echte Lebenduntersuchungen mit dem Elektronenmikroskop sind sehr gering. Deshalb sind auch Bewegungsstudien nicht möglich, sondern nur Momentaufnahmen vom Zeitpunkt der Fixierung des Objekts.

6

Feinbau der Zelle

Die Zellen (Abb. 17/1) sind die lebenden Bausteine aller Organismen. In ihnen laufen alle für die Erhaltung und Entwicklung der Lebewesen notwendigen Reaktionen ab. Das gilt in gleicher Weise für Einzeller (Bakterien, Algen usw.) wie auch für höher organisierte Pflanzen und Tiere, die aus vielen Millionen Zellen aufgebaut sein können. Das Wachstum höherer Organismen oder die vegetative Vermehrung einzelliger Lebewesen erfolgt durch die Zellteilung. Dabei entstehen neue Zellen nur durch die Teilung einer Mutterzelle, deren Erbanlagenbestand von den zur Selbstvermehrung fähigen Zellbestandteilen auf die Tochterzellen übertragen wird. Für die Vererbungs-forschung sind also die Leistungen der selbstvermehrungsfähigen Zellstrukturen besonders interessant.

Die Zellmembran umschließt das Protoplasma, das aus dem Zellplasma (Zytoplasma) und dem Zellkern (Nukleus) besteht. Dieser ist von einer porösen Kernmembran umgeben und enthält das Kernplasma, die Chromosomen (meist als Chromatingerüst) und ein oder mehrere Kernkörperchen (Nukleolus). Das Chromatin und die Nukleoli enthalten Kernsäuren (Nukleinsäuren), die durch Chemikalien leicht anfärbbar sind und deshalb lichtmikroskopisch sichtbar gemacht werden können. Durch die Kernmembran erfolgt ein Stoffaustausch zwischen Kernplasma und Zell-

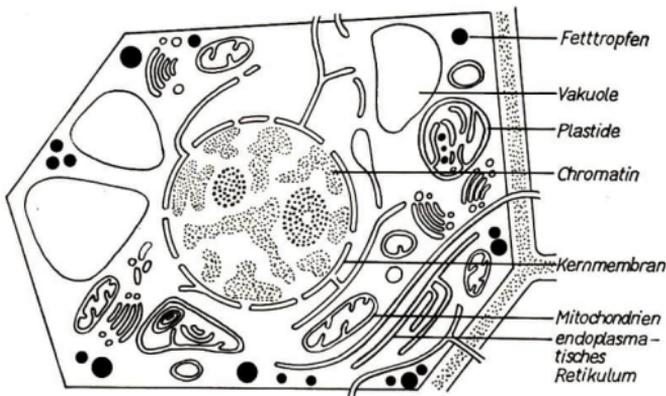


Abb. 17/1 Schematische Darstellung einer Pflanzenzelle (elektronenmikroskopische Beobachtung)

plasma. Das Protoplasma besteht aus dem farblosen Zellplasma, in das verschiedene Zellorganellen eingelagert sind. Dazu gehören beispielsweise:

Plastiden (Chloroplasten, Chromoplasten, Leukoplasten). Je nach der Funktion der Zelle sind die einzelnen Formen ausgebildet.

Mitochondrien als Atmungsorganellen (Kraftwerke) der Zellen.

Zentralkörperchen (Zentrosome), aus ihnen entsteht die Teilungsspindel bei Zellteilung.

Endoplasmatisches Retikulum, ein System von Bläschen und Kanälchen, das den größten Teil des Zellplasmas fast aller Zellen durchzieht.

Ribosomen als kugelige Partikel von etwa 15 nm Durchmesser, entweder frei im Plasma oder an der Außenwand des endoplasmatischen Retikulums, bestehen aus Nukleinsäuren und Eiweißen und sind die Orte der Eiweiß- (Protein-)Synthese.

Bei aller Vielfalt der Zellen in bezug auf ihren Bau und ihre Funktion gleichen sich die submikroskopischen Strukturen der Pflanzen- und Tierzellen genau so, wie die Vererbungs- und Stoffwechselprozesse auf gleicher Ebene verlaufen.

Teilung der Zelle

Zellen werden niemals neu gebildet, sondern je zwei Zellen entstehen durch die Teilung einer Mutterzelle. Die Zellteilung (Abb. 18/1 u. 19/1) beginnt meist mit der Kernteilung. Viele Jahre der Forschung waren für die Entwicklung von Methoden notwendig, die ein klares Bild der Vorgänge im Augenblick der Kernteilung geben. Ein sich teilender Kern (Teilungskern) weicht in seiner Form von dem Kern zwischen den Zellteilungen ab.

Die einfache Kernteilung oder Mitose wird durch einen komplizierten Mechanismus bewirkt. Zunächst sind Veränderungen am Chromatingerüst zu beobachten. Es erfolgt eine zunehmende Spiralisierung der Chromosomen, bis sie schließlich als stäbchen- oder schleifenförmige Gebilde sichtbar werden. Wegen ihrer Schleifenform werden diese Fadenstücke Kernschleifen, wegen ihrer starken Färbbarkeit Chromosomen genannt. Während dieser Vorgänge löst sich die Kernmembran in kleinere Membranabschnitte auf, die sich gegen die Pole der Zelle zurückziehen.

Die beiden Zentrosomen haben sich getrennt und sind zu den Zellpolen gewandert, wobei sich zwischen ihnen eine Faserspindel, die Teilungsspindel, gebildet hat.

Die Chromosomen haben sich vorher in der Mittelebene (Äquatorialebene) der Zelle angeordnet und zeigen einen Längsspalt, durch den sie in zwei Längshälften (Chromatiden) geteilt werden. Je eine Chromatide wird an einen Pol der Zelle gezogen.

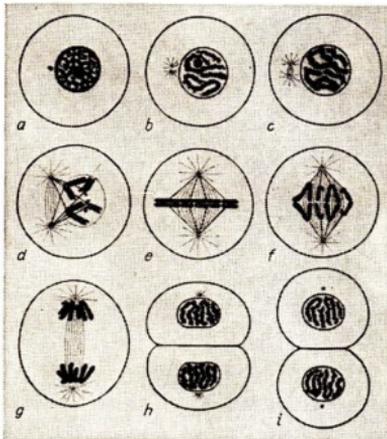
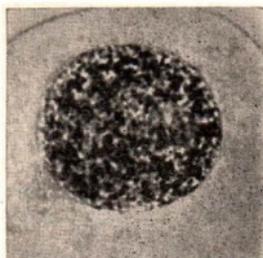
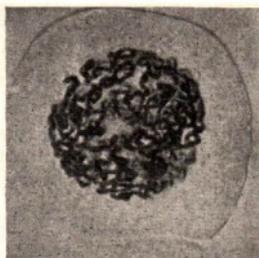


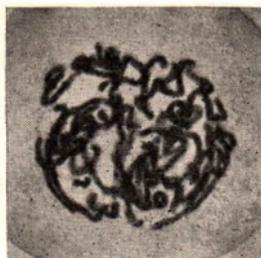
Abb. 18/1 Mitose (schematische Darstellung)



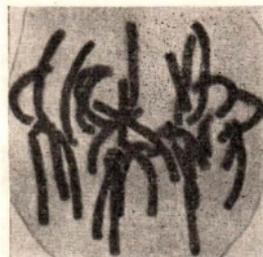
a



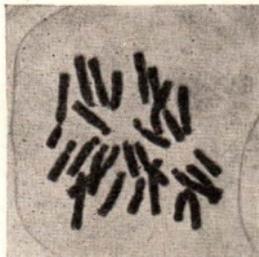
b



c



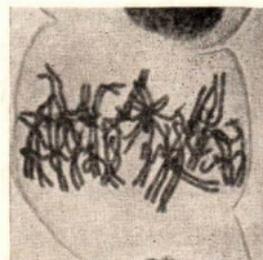
d



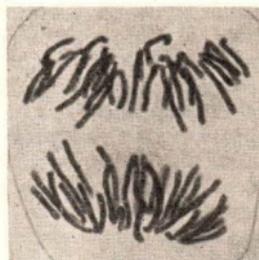
e



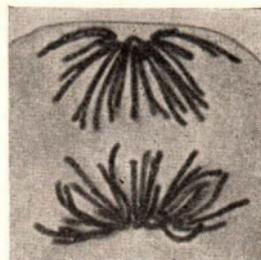
f



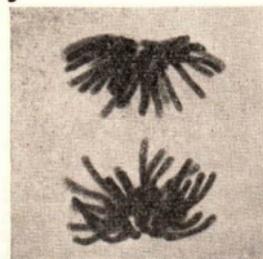
g



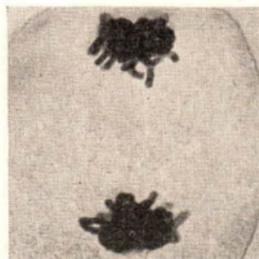
h



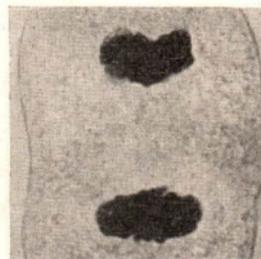
i



k



l



m

Abb. 19/1 Mitose

Sobald die Tochterchromosomen an den Polen angelangt sind, entspiralisieren sie sich wieder, bis ein Chromatingerüst zu erkennen ist.

Zwischen den beiden Tochterkernen bildet sich im Zellplasma im Bereich der Äquatorialebene eine Zellwand, die die beiden Kerne trennt. Es sind zwei neue Zellen mit je einem Kern entstanden. Bei der Mitose erhält jeder Tochterkern ebenso viele Chromosomen, wie sie der Mutterkern besaß. Die Substanz jedes Chromosoms wird durch die Längsteilung gleichmäßig auf die beiden Tochterkerne verteilt. Deshalb sind die Kerne aller Zellen eines Organismus untereinander sehr ähnlich, obwohl die Zellen selbst in Aufbau und Aussehen vielfach unterschiedlich sind (Abb. 18/1 und 19/1).

Anzahl und Bau der Chromosomen

Die bei der Kernteilung sichtbar werdende Anzahl der Chromosomen ist für die einzelne Art stets gleich und daher für die Art kennzeichnend. Aus der Anzahl, der Form und der Anordnung der Chromosomen kann der Forscher auf die Zugehörigkeit der untersuchten Zelle zu einem bestimmten Organismus schließen.

Im Zellkern einer Körperzelle sind jeweils zwei Chromosomen einander gleich (homologe Chromosomen). Die Zellen bezeichnet man deshalb als diploid, je eines der homologen Chromosomen stammt von Vater und Mutter. Die Chromosomen sind im allgemeinen außerordentlich klein, so daß man selbst mit dem besten Mikroskop kaum Einzelheiten ihres Baues feststellen kann. In den Speicheldrüsenzellen der Fruchtfliege (*Drosophila*) jedoch wurden Chromosomen gefunden, die 100- bis 200mal größer sind als die der gewöhnlichen Zellen (Riesenchromosomen). Sie ließen viele neue Beobachtungen und damit eine Erweiterung unserer Kenntnisse über den Feinbau der Chromosomen zu (Abb. 20/1).

In den Chromosomen liegen in einer Hülle, der Matrix, stark färbare Abschnitte, die Chromomeren, auf schwächer färbaren Fäden. Die Chromomeren enthalten hauptsächlich Nukleinsäuren, während die Fadenteile vorwiegend aus Eiweißen bestehen. Die in Chromomeren enthaltenen Nukleinsäuren sind die Träger von Erbanlagen. Da die Chromomeren untereinander verschieden sind, kann nur durch eine Längsteilung eine gleichmäßige Verteilung ihrer Substanz auf die beiden Tochterkerne erfolgen. Dort ergänzen sich die Chromosomen unmittelbar nach der Zellteilung. Die fehlende Längshälfte wird erneuert. Erst nach dieser Verdoppelung der

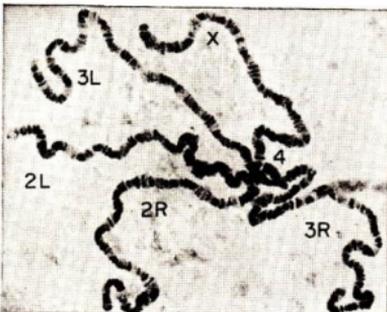


Abb. 20/1 Riesenchromosomen aus der Speicheldrüse einer weiblichen Larve der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*). Die beiden homologen Chromosomen sind in einem Strang vereinigt. Deshalb ist nur die haploide Anzahl sichtbar. X erstes oder X-Chromosom, 2 L und 2 R linker und rechter Schenkel des zweiten Chromosoms, 3 L und 3 R linker und rechter Schenkel des dritten Chromosoms, 4 viertes Chromosom

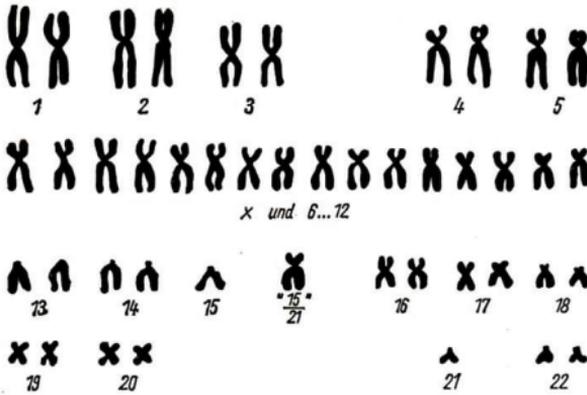


Abb. 21/1 Chromosomenkarte eines Menschen mit diploidem Chromosomensatz. (Das Chromosom $\frac{15}{21}$ zeigt eine Abweichung.)

Kernsäuren ist die neue Zelle zur nächsten Teilung fähig. Wir können nun verstehen, weshalb bei vegetativer Vermehrung die Nachkommen in erblicher Hinsicht der Ausgangsform völlig gleichen (Abb. 21/1).

Befruchtung und Meiose

Bei der Befruchtung dringt der Spermakern in das Ei ein und vereinigt sich mit dessen Zellkern (Abb. 21/2). Dies geschieht, indem sich die Kernwände auflösen und die Chromosomen zusammentreten. Die homologen Chromosomen verschmelzen aber nicht miteinander, sondern bleiben unverändert nebeneinander bestehen. Bei der Befruchtung erfolgt demnach eine Verdoppelung der Chromosomenzahl. Der Kern der Zygote enthält stets doppelt so viele Chromosomen ($2n =$ diploider Chromosomensatz, alle Chromosomen liegen paarig vor) wie zuvor der Kern von Ei- und Samenzelle ($n =$ haploider Chromosomensatz, von jedem Chromosomenpaar ist nur ein Partner vorhanden).

Wenn die Anzahl der Chromosomen nicht in jeder Zygote gegenüber den Zellen der Eltern verdoppelt werden soll, dürfen die Gameten nur jeweils einen halben (haploiden) Chromosomensatz enthalten. Bei der Bildung der Ei- und Samenzellen trennen sich deshalb die homologen Chromosomen voneinander und verteilen sich gleichmäßig auf die beiden Tochterzellen. Dies wird durch die Meiose bei der Reduk-

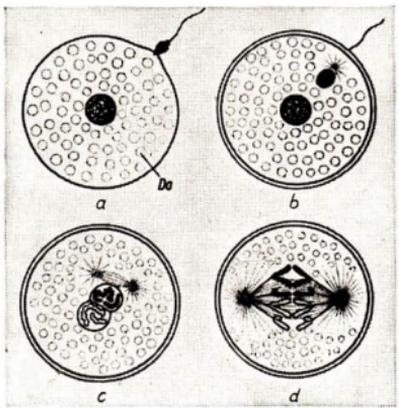
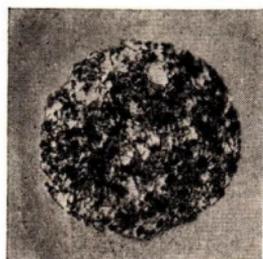
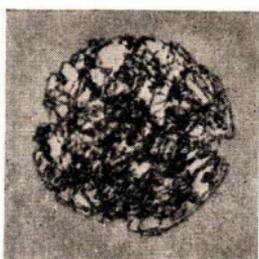


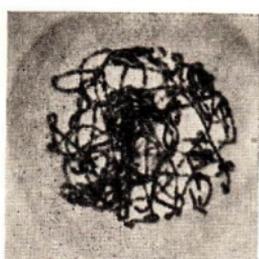
Abb. 21/2 Befruchtungsvorgang; Do Dotter



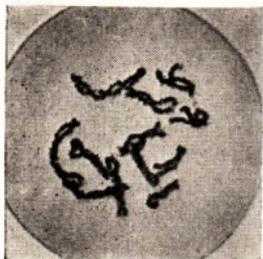
a



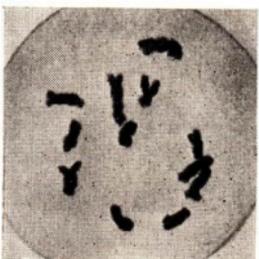
b



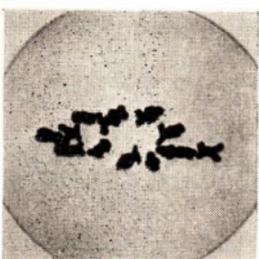
c



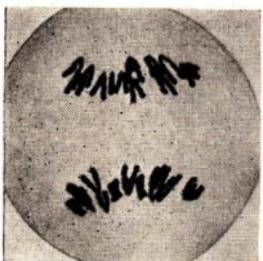
d



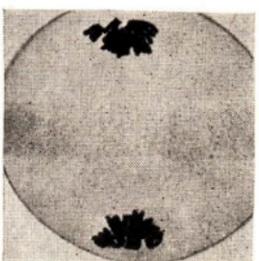
e



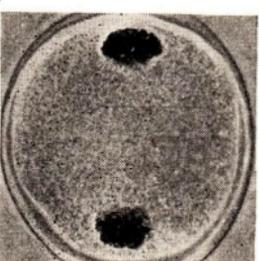
f



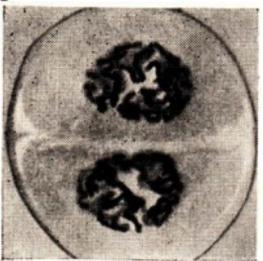
g



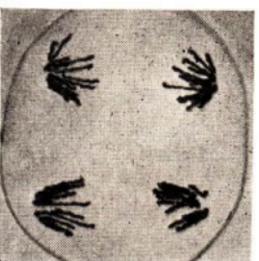
h



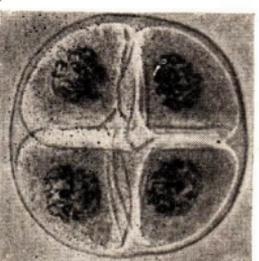
i



k



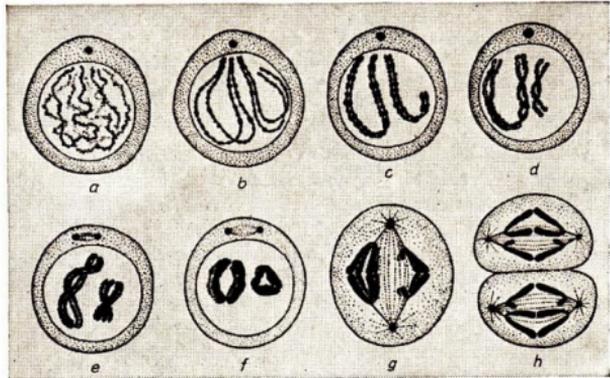
l



m

Abb. 22/1 Meiose

Abb. 23/1 Meiose
(schematische Darstellung)



tionsteilung bewirkt. Die Meiose bringt in zwei Teilungsschritten vier Tochterzellen mit haploidem Chromosomensatz hervor (Abb. 22/1 u. 23/1). Sie beginnt mit einer starken Vergrößerung des Kernes. Dann werden lange Chromosomen sichtbar. Bei der Wanderung zur Zellmitte verkürzen sich die Chromosomen. Im Gegensatz zu den Vorgängen bei der Mitose wandert nun je eines der homologen Chromosomen zu den Polen, so daß jedem Tochterkern die Hälfte der vorhandenen Chromosomen zufällt (Abb. 22/1 u. 23/1). Damit ist die Chromosomenzahl um die Hälfte der Ausgangszahl reduziert. Die Chromosomen liegen nicht mehr paarweise vor, sondern sind einzeln auf die

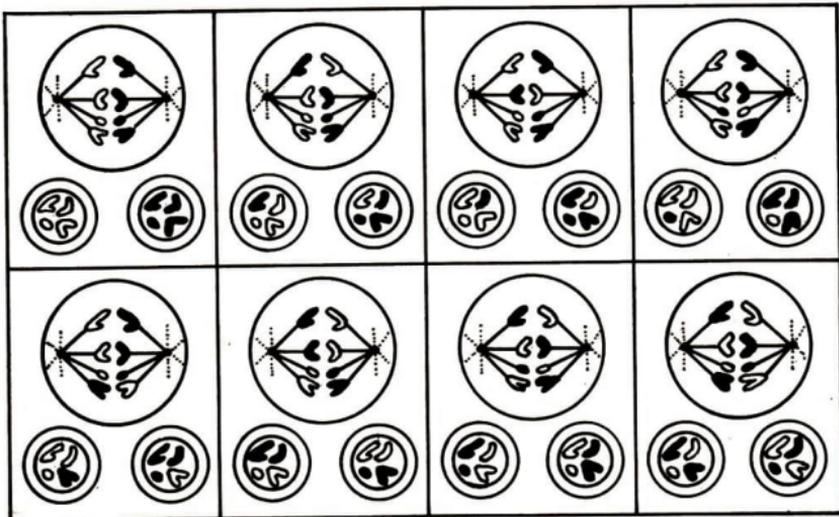


Abb. 23/2 Möglichkeiten der Verteilung der Chromosomen bei der Reduktionsteilung (schwarz = väterliche, weiß = mütterliche Chromosomen)

- ⑧ Tochterkerne verteilt. Die so entstandene haploide Zelle wird zur Mutterzelle für den folgenden Teilungsschritt (Abb. 22/1 u. 23/2).
- ⑨ Bei der Trennung der homologen Chromosomen während der Reduktionsteilung bleibt es dem Zufall überlassen, welches Chromosom an den jeweiligen Pol gezogen wird.

⑩

⑪ Die Mendelschen Gesetze gelten nur für den Genotypus. Durch den ständigen Zyklus Reduktionsteilung – Befruchtung ergeben sich die verschiedensten Möglichkeiten des Mendelns, wie man das Auftreten der Merkmale nach den Mendelschen Gesetzen nennt. Die im Plasmotypus enthaltenen Erbanlagen sind zum Teil sehr schwer zu erfassen. Doch hat die Forschung auch auf diesem Gebiet viel Beweismaterial zusammengetragen. Die im Chromosom liegende Erbinformation ist jedoch leichter erfassbar. Durch die auffälligen Teilungsfiguren der Nukleinsäuren hat sich die Forschung auch länger und deshalb intensiver mit der Chromosomenstruktur beschäftigt und kann deshalb auch wesentlich mehr über die Struktur und Funktion der Vererbungssubstanz im Kern aussagen, als über die im Protoplasma lokalisierte.

Die Natur und Wirkungsweise der Erbanlagen

Die Frage nach der Materialität der Erbanlagen hat die Vererbungsforschung immer wieder beschäftigt. Während MENDEL noch von Erbmerkmalen im allgemeinen sprach, konnten später auf Grund der Ergebnisse der zytologischen Forschung die Anlagen genauer im Zellkern und im Chromosom lokalisiert werden. Damit wurde die Chromosomentheorie der Vererbung begründet. Es gelang sogar, die Lage einzelner Erbanlagen im Chromosom festzustellen, was zur Aufstellung von Chromosomenkarten führte (s. Abb. 21/1). Dabei erkannte man, daß die einzelnen Faktoren linear angeordnet sind. Jede Anlage wurde als Gen bezeichnet, die Gesamtheit aller Gene des Kerns als Genotypus.

Erst die verfeinerten physikalischen und chemischen Untersuchungsmethoden der letzten Jahrzehnte, insbesondere die Ergebnisse der Untersuchungen an Viren, Bakterien und Pilzen, führten zur Aufklärung der Struktur der Erbanlagen. Träger der Erbanlagen sind die Nukleinsäuren, die eine große Einfachheit im Bau zeigen.

Nukleinsäuren sind fädige Makromoleküle, die sich aus einer großen Anzahl sogenannter Nukleotide zusammensetzen. Ein Nukleotid besteht aus einem Zucker, einer Phosphorsäure und einer organischen Base. Man unterscheidet zwei verschiedene Nukleinsäuren: eine, die im Zellkern in den Chromosomen lokalisiert ist, die Desoxyribonukleinsäure (DNS) und die Ribonukleinsäure (RNS), welche sich vornehmlich im Zytoplasma, aber auch im Zellkern befindet. Beide Nukleinsäuren sind einander sehr ähnlich gebaut.

Die DNS-Moleküle bestehen aus zwei sich umwindenden Nukleotidketten, die durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden sind (s. vordere innere Umschlagseite). Die Teilstränge können sich jedoch nur dann vereinigen, wenn der Base Adenin (A) des einen Stranges die Base Thymin (T) des anderen Stranges und der Base Guanin (G) die Base Cytosin (C) gegenüberliegt. Da in der Längsrichtung des DNS-Moleküls alle vier Basen beliebig abwechseln können, muß jeder Strang ein streng entsprechendes (komplementäres) Gegenstück seines Partners sein (s. vordere innere Umschlagseite). Besitzt eine Kette zum Beispiel die Basenanordnung

-T-A-C-G-C-C-T-A-, so muß die komplementäre Kette die Basenfolge -A-T-G-C-G-G-A-T- haben. Diese Reihenfolge wird als Basenfolge (Basensequenz) bezeichnet.

Diese komplementären Basenverbindungen sind Voraussetzungen für die Funktion der Nukleinsäuren.

Die Unterschiede im Bau der beiden Nukleinsäuretypen veranschaulicht folgende Tabelle:

	DNS	RNS
Phosphorsäure	Phosphorsäure	Phosphorsäure
Zucker	Desoxyribose	Ribose
organische Basen	Adenin (A) Guanin (G) Cytosin (C) Thymin (T)	Adenin (A) Guanin (G) Cytosin (C) Uracil (U)

Die einzelnen Bausteine der Nukleinsäurekette, die Nukleotide, sind über die Phosphorsäure miteinander verbunden (s. vordere innere Umschlagseite).

Das Modell der DNS-Spirale (s. vordere innere Umschlagseite) entwickelten 1953 der Engländer CRICK und der Amerikaner WATSON, die dafür im Jahre 1962 gemeinsam mit dem Engländer Wilkins mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden.

Jede aus der Zellteilung hervorgehende Zelle muß eine genaue Kopie der DNS als dem Träger der Erbanlagen enthalten. Die DNS muß also im Verlaufe der Entwicklung der Zelle reproduziert werden. Dieser Vorgang der Verdoppelung (Reproduktion) der DNS vollzieht sich zwischen zwei Zellteilungen. Die Doppelstränge der DNS weichen auseinander, und an die beiden Einzelstränge lagern sich wieder komplementäre Basen unter Bildung von Wasserstoffbrücken an. Auf diese Weise bilden sich zwei neue identische Nukleinsäureketten (identische Reproduktion, s. vordere innere Umschlagseite).

Die DNS als materielle Grundlage der Gene wird nach ihrer identischen Reproduktion als genetisches Material von Zelle zu Zelle und von Individuum zu Individuum unverändert auf die folgenden Generationen weitergegeben, außerdem steuert sie den Stoffwechsel der Zelle.

Die DNS hat keinen unmittelbaren Anteil an den Stoffwechselfvorgängen, enthält aber die Information für die Synthese der Enzymeiweiße und Struktureiweiße. Diese Information ist in der Anordnung (Basen-Sequenz) der Nukleotide der DNS verschlüsselt niedergelegt. Entscheidend war, den Schlüssel (Kode) zu finden, nach dem die Informationen aufgezeichnet sind. In den letzten Jahren ist es Wissenschaftlern vieler Länder gelungen, diesen Schlüssel zu finden. Die DNS hat ihre Information in der Folge von nur vier Nukleotiden verschlüsselt. Damit muß die Anordnung von 20 verschiedenen Aminosäuren im Eiweißmolekül bestimmt werden. Wir haben gewissermaßen vier Buchstaben: A, G, C, T, die das Alphabet bilden, aus dem die Kodeworte zusammengesetzt sind. Würde ein Kodewort aus zwei Zeichen bestehen, so hätten wir bei unseren vorhandenen vier verschiedenen Basen $4^2 = 16$ verschiedene Kombinationsmöglichkeiten.

Der genetische Code

(Alle 64 möglichen Code-Tripletts, 20 Aminosäuren als Eiweißbausteine)

Triplet Aminosäuren T		A	T	A	T	A
UUU } Phenylalanin UUC } Phe UUA } UUG } Leucin Leu	CUU } CUC } Leucin Leu CUA } CUG }		AUU } Isoleucin AUC } Ileu AUA } AUG } Methionin Meth		GUU } GUC } Valin Val GUA } GUG }	
UCU } UCC } Serin Ser UCA } UCG }	CCU } CCC } Prolin Pro CCA } CCG }		ACU } ACC } Threonin Thr ACA } ACG }		GCU } GCC } Alanin Ala GCA } GCG }	
UAU } Tyrosin Tyr UAC } UAA } „Ende“ UAG } „Ende“	CAU } Histidin His CAC } CAA } CAG } Glutamin GluN		AAU } Asparagin AspN AAC } AAA } Lysin Lys AAG }		GAU } Asparaginsäure GAC } Asp GAA } Glutaminsäure GAG } Glu	
UGU } Cystein Cys UGC } UGA } ? UGG } Tryptophan Try	CGU } CGC } Arginin Arg CGA } CGG }		AGU } Serin Ser AGC } AGA } AGG } Arginin Arg		GGU } GGC } Glycin Gly GGA } GGG }	

Nukleotidsequenzen der RNS - Codonen

Abb. 26/1 Tabelle des genetischen Codes (Kodes) der RNS

Das ist offensichtlich zuwenig, denn die Eiweiße bestehen ja aus 20 verschiedenen Aminosäuren. Mit drei Zeichen kommen wir auf $4^3 = 64$ Möglichkeiten, mehr als genug, um jeder der 20 Aminosäuren ein Kodewort zu geben. Um eine Aminosäure zu kodieren, sind von den vier Basen drei gleichzeitig notwendig. Die Basen bilden jeweils Dreiergruppen (Tripletts). Nach den heutigen Kenntnissen reichen die durch die vier Basen gegebenen Kombinationsmöglichkeiten aus, um alle für die Steuerung des Stoffwechsels erforderlichen Verbindungen zu bilden.

Die Genetiker haben den Code in den letzten Jahren immer besser lesen gelernt. Das Aufdecken dieses Geheimnisses der Natur ist eine der Großtaten der Menschheit, deren Folgen heute noch nicht in vollem Umfang abzuschätzen sind.

Eine sehr wesentliche Erkenntnis der Molekulargenetik ist die Tatsache, daß der genetische Code für alle Organismenbereiche der Natur gleiche Gültigkeit besitzt. Damit ist auch auf molekularer Ebene die Einheitlichkeit der organischen Natur bewiesen.

Eiweißsynthese

Orte der Eiweißsynthese in der Zelle sind mikroskopisch kleine Teilchen, die Ribosomen. Da die Informationen zur Bildung bestimmter Eiweiße in der DNS verschlüsselt sind, muß es einen Vermittlerstoff geben, der die Information von der DNS im Zellkern zu den Ribosomen im Zellplasma bringt. Diese Rolle übernimmt die Boten-RNS. Sie unterscheidet sich in ihrem Aufbau von der DNS durch das Zuckermolekül (Ribose statt Desoxyribose) und durch den Einbau der Base Uracil anstelle von Thy-

min. Bei der Informationsübertragung weicht der Doppelstrang der DNS auseinander (s. vordere innere Umschlagseite). An einem Strang bildet sich durch komplementäre Basenanlagerung der Boten-RNS-Strang. Es wird gewissermaßen eine Matrize der DNS hergestellt. Nach Ablösen der Boten-RNS, die jetzt die notwendige Information enthält, vereinigen sich die beiden Einzelstränge der DNS wieder zu einem Doppelstrang. Die Boten-RNS gelangt auf eine bisher ungeklärte Weise zu den Ribosomen im Zellplasma. An den Ribosomen kann immer nur dann die Eiweißsynthese stattfinden, wenn sie mit Boten-RNS beladen sind.

Gehen wir davon aus, daß sich die Eiweißsynthese an den Ribosomen vollzieht, dann muß eine Substanz vorhanden sein, die die von der Boten-RNS zu den Ribosomen gebrachte Information lesen kann. Sie muß die entsprechende Aminosäure anlagern und an die richtige Stelle transportieren. Diese Aufgabe erfüllt die Transport-RNS. Für jede der 20 verschiedenen Aminosäuren ist mindestens eine spezifische Transport-RNS erforderlich. Nach dem uns schon bekannten Prinzip der komplementären Basenpaarung lagert sich die Transport-RNS an die Boten-RNS so an, daß jeweils eine Gruppe von drei Nukleotiden (Triplet) der Boten-RNS durch eine spezifische Paarung mit einem entsprechenden Triplet der Transport-RNS die endständige Aminosäure in die zur Verknüpfung geeignete Position gebracht wird. Nacheinander werden so aufeinanderfolgende Triplets der Boten-RNS in Aminosäurefolgen der Eiweiße übersetzt.

DNS - alleiniger Träger von Erbanlagen

Den eindeutigen Beweis, daß die DNS normalerweise einziger Träger der genetischen Information ist, erbrachten Versuche mit Mikroorganismen, zum Beispiel mit Bakterien und Bakteriophagen.

Bakteriophagen sind Viren, die sich nur in Bakterien als Wirtszelle vermehren können und die Bakterienzelle dabei zerstören.

Bakteriophagen bestehen aus einem Kopf, der von einer Eiweißhülle umschlossen wird, und einem Schwanz, der aus verschiedenen Eiweißen besteht, die eine Rolle bei der Anheftung an die Bakterienzelle spielen. Der Inhalt des Kopfes besteht aus DNS. Der Phage heftet sich mit dem Schwanz an die Bakterienzelle an und injiziert die DNS durch den Schwanz in die Zelle. Ein auf diese Weise infiziertes Bakterium wird nach etwa 20 Minuten zerstört und bringt über 100 neue Phagen hervor, die sich in nichts von dem infizierenden Phagen unterscheiden. Daß bei der Infektion des Bakteriums tatsächlich nur die DNS in die Zelle injiziert wird und die Eiweißhülle draußen bleibt, konnte mit Hilfe radioaktiver Markierung gezeigt werden. Die eingedrungene DNS bewirkt also eine Umlenkung des Stoffwechsels der Bakterienzelle. Die Bakterienzelle reproduziert jetzt, statt ihre eigenen Eiweiße und Nukleinsäuren zu produzieren, diejenigen des Phagen. Hierbei sei betont, daß die Bakterienzelle das Phageneiweiß auf Grund der mit der DNS aufgenommenen Information herstellt. Damit wird bewiesen, daß die DNS Träger der Erbanlagen ist.

Nur bei einigen Virusarten (z. B. Tabakmosaikvirus) erfüllt die RNS eine der DNS entsprechende Aufgabe.

Modifikation und Mutation

Variabilität. Wir beobachten unter den uns umgebenden Organismen eine Fülle verschiedener Arten. Es wird uns nicht schwer fallen, Weizen von Hafer zu unterscheiden. Genauso ordnen wir die Tiere nach Merkmalen, die immer in typischer Ausprägung auftreten. Es ist uns auch ganz selbstverständlich und natürlich, daß die Nachkommen den Vorfahren in allen wesentlichen Merkmalen gleichen. Die Ähnlichkeit zwischen Vorfahren und Nachkommen beruht also auf der Weitergabe der Erbanlagen. Wachsen Pflanzen beispielsweise unter extremen klimatischen Bedingungen auf (z. B. relativ hohe Temperaturen und starker Wassermangel), so reagieren sie mit einer Verringerung der Blattzahl und -größe, der Sproßlänge und einer Verkürzung der Vegetationszeit. Die Transpirationsfläche wird als Schutz gegen übermäßigen Wasserverlust eingeschränkt, und alle verfügbaren Nährstoffe dienen der frühzeitigen Entwicklung der reproduktiven Organe (= Fortpflanzungsorgane) der Pflanzen. Die Nachkommen von Hochleistungstieren bringen nur dann die von ihnen

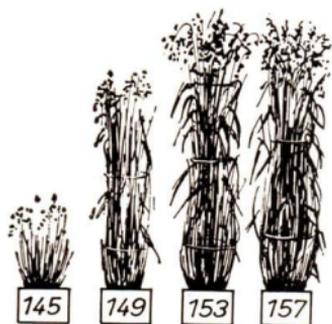


Abb. 28/1 Wirkung unterschiedlicher Stickstoffgaben auf das Wachstum von Haferpflanzen mit gleichen Erbanlagen

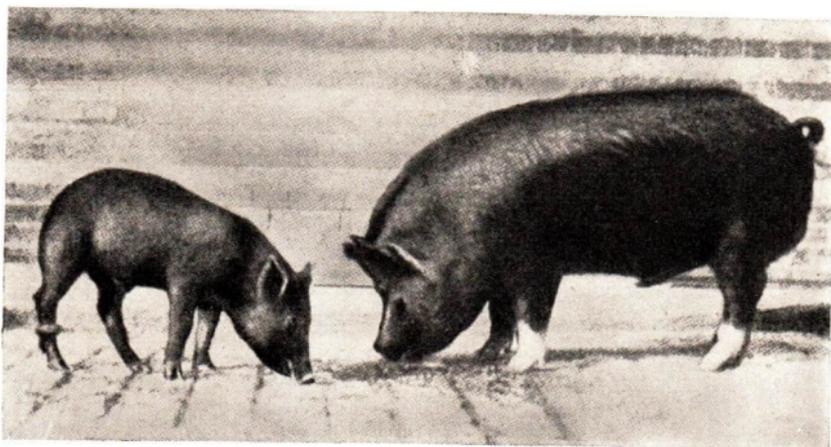


Abb. 28/2 Zwei Berkshireschweine aus dem gleichen Wurf. Links drei Monate bei Hungerration, rechts im gleichen Zeitraum bei Mastration gehalten



Abb. 29/1 Lecksucht beim Rind durch Kupfermangel im Futter



Abb. 29/2 Einfluß verschiedener Lichtqualität auf den Phänotyp einer Pflanze. Teile einer Kuckblumenpflanze (*Taraxacum officinale*)

a) in der Ebene und b) im Gebirge aufgenommen



Abb. 29/3 Einfluß unterschiedlicher Tageslichtlängen auf die Entwicklung der Hirse. Die linke Pflanze wurde im Kurztag (12 Stunden), die rechte Pflanze im Langtag (18 Stunden) kultiviert

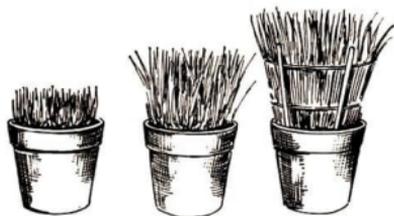


Abb. 29/4 Einfluß der Temperatur auf das Wachstum von Haferkeimlingen. Links 8 Tage bei 8 °C, Mitte bei 15 °C und rechts bei 25 °C gehalten

zu erwartenden Leistungen, wenn der Mensch durch entsprechende Haltungs- und Pflegemaßnahmen die Voraussetzung dafür schafft. An der Merkmalsausbildung bei den Organismen sind also sowohl Erbanlagen als auch Umweltfaktoren beteiligt (Abb. 28/1, 28/2, 29/1, 29/2, 29/3, 29/4).

Modifikation. Solche umweltbedingten Anpassungsreaktionen werden als Modifikationen bezeichnet. Diese Abänderungen sind nicht erblich; in den folgenden Gene-

- ⑫ rationen entwickeln sich die Nachkommen der modifizierten Lebewesen unter anderen Umwelteinwirkungen wieder der veränderten Situation entsprechend. Die Organismen können sich also innerhalb der von der genetischen Information festgelegten Grenzen während ihrer individuellen Entwicklung wechselnden Umweltbedingungen so anpassen, daß die Entwicklung möglichst abgeschlossen und damit die Erhaltung der Art gesichert wird. Besonders extreme Bedingungen führen zum Tode des Organismus. Modifikationen sind nur innerhalb gegebener Grenzen möglich (Modifikationsbreite). Diese Modifikationsbreite ist vom Idiotypus des Organismus festgelegt. Sie wird als Reaktionsnorm bezeichnet. Es werden also keine fertigen Merkmale von den Eltern auf die Nachkommen vererbt, sondern nur die Fähigkeit, das betreffende Merkmal unter bestimmten Umweltbedingungen in einer bestimmten Form auszubilden.

Wenn man Versuchstiere oder -pflanzen, die in reiner Linie gezüchtet wurden, unter gleichen Umweltbedingungen hält, so sind die Nachkommen trotzdem nicht in allen Fällen gleich. Mißt man beispielsweise etwa 1000 geerntete Samen einer Bohnensorte, so ergibt sich, daß Samen mit einer mittleren Länge am häufigsten vorkommen und die Häufigkeit bei Abweichungen über oder unter den Mittelwert regelmäßig abnimmt (Abb. 30/1).

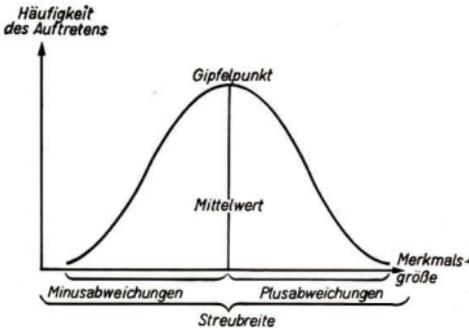


Abb. 30/1 Häufigkeitskurve bei Bohnensamen unterschiedlicher Länge (Modifikation)

Mutationen. Zuweilen werden bei Pflanzen und Tieren Merkmalsänderungen beobachtet, die erblich sind. Solche spontan auftretenden Veränderungen nennt man **Mutationen**. Die Individuen, die mutierte Merkmale aufweisen, werden **Mutanten** genannt. Für die natürliche Entwicklung der Organismen und für die praktische Züchtung, die als eine vom Menschen gelenkte Evolution bezeichnet werden kann, haben Mutationen große Bedeutung. Mutationen beruhen auf einer Veränderung der Erbsubstanz.

Auf Grund der Ergebnisse der Mutationsforschung werden drei Mutationstypen unterschieden:

1. Die Zellkerne der Zellen einer Art besitzen eine bestimmte Anzahl von Chromosomen (Chromosomensatz). Bei manchen Mutationen findet eine Vermehrung oder Verminderung der sonst konstanten Chromosomenzahl statt. Es kann sowohl eine Vermehrung beziehungsweise Verminderung einzelner Chromosomen als auch ganzer Chromosomensätze erfolgen. Eine Vervielfachung ganzer Chromosomensätze wird als Polyploidie bezeichnet.

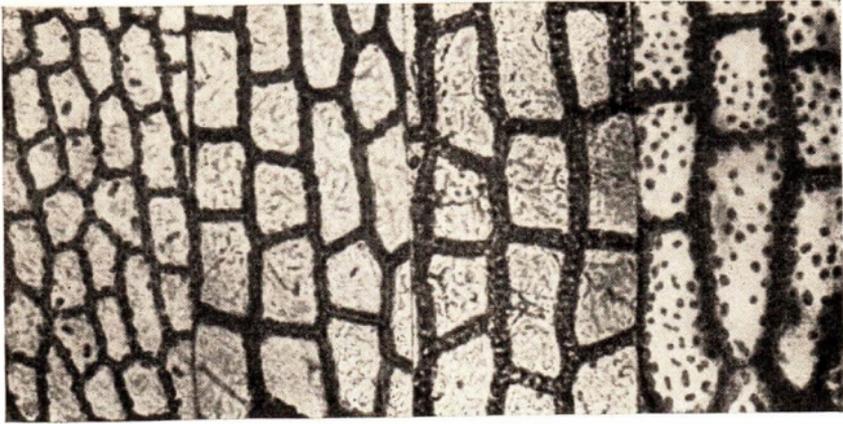


Abb. 31/1 Vergrößertes Blattgewebe von Moospflanzen. Links außen die Zelle mit einfacher Chromosomenzahl und nach rechts die Zellen mit 2-, 3- und 4facher Chromosomenzahl

In der Natur und bei den Kulturpflanzen sind Serien polyploider Arten verhältnismäßig häufig.

In der Regel führt eine Vervielfachung der Chromosomensätze zu einer Zunahme der Zellgröße (Abb. 31/1) und damit auch zu einer Organvergrößerung. Die Blütenblätter, Laubblätter und auch die einzelnen Triebe sind bei polyploiden Pflanzen meist größer und stärker entwickelt als bei den normalen diploiden Ausgangsformen.

Polyploidie wird von der praktischen Züchtung insbesondere bei solchen Kulturpflanzen künstlich hervorgerufen, deren vegetative Organe genutzt werden (z. B. Futterpflanzen). In der Grünmasseleistung übertreffen die polyploiden Futterpflanzen meist die Ausgangsformen beträchtlich (Abb. 31/2). Allerdings darf nicht übersehen werden, daß der prozentuale Trockensubstanzgehalt geringer ist, die Pflanzen gegen Trockenheit empfindlicher sind und meist auch die Samenproduktion stark herabgesetzt ist.

Andere Formen dieser Mutation bestehen in der Verdoppelung oder dem Ausfall einzelner Chromosomen. Solche Mutationen führen meist zu Störungen im Phänotyp, wenn nicht gar zum Tode des Organismus.

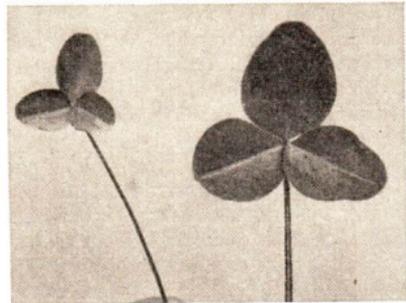


Abb. 31/2 Blatt einer diploiden (links) und einer tetraploiden (rechts) Pflanze des Schweden-Klees

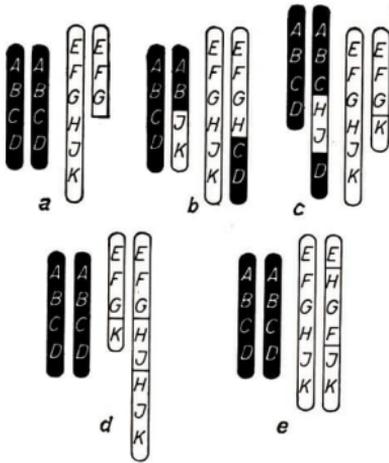


Abb. 32/1 Schema verschiedener Mutationen an Chromosomen
 a) Bruchstückverlust, b) wechselseitige Chromosomenstückverlagerungen, c) einseitige Chromosomenstückverlagerungen, d) Verdopplung eines Chromosomenabschnittes im gleichen Chromosom, e) Umkehrung eines Chromosomenabschnittes

Bruchstückverlusten, indem einige Bruchstücke nicht mit anderen Chromosomen verschmelzen, sondern bei der Kernteilung verloren gehen. Solche Mutationen treten verhältnismäßig selten spontan auf. Sie bewirken oft eine Veränderung der Erbsubstanz, die auch im Phänotyp des späteren Lebewesens sichtbar wird. Sie setzen außerdem die Lebensfähigkeit und Fruchtbarkeit in der Regel stark herab und haben kaum praktische Bedeutung.

3. Außerdem gibt es Veränderungen innerhalb der Erbanlagen, die nicht mikroskopisch sichtbar sind.

Durch Bestrahlung oder durch den Einfluß von Chemikalien (z. B. bei Versuchen im Labor) kann in der DNS eine Base durch eine andere ersetzt werden. Dadurch wird die Anordnung der Nukleotide und damit der Informationsgehalt des Nukleinsäureabschnittes verändert. Das bewirkt, daß nicht mehr das ursprüngliche Eiweiß, sondern ein etwas verändertes Eiweiß gebildet wird.

Die meisten derartigen Veränderungen führen zum Verlust der biologischen Aktivität. Manche führen aber zur Entstehung neuer, lebensfähiger Mutanten (z. B. beim Tabakmosaikvirus).

Solche Versuche liefern eine Modellvorstellung für das Entstehen von Mutationen, die eine Veränderung der Gene bewirken.

Sie bestätigen auch erneut die Theorie, daß die Anordnung der Nukleotide in der DNS verantwortlich ist für die genetischen Eigenschaften der Organismen.

Durch Röntgen-, Gamma- und Neutronenstrahlen sowie durch die Einwirkung von Chemikalien wird die Anzahl von Mutationen stark erhöht. Dabei hat man festgestellt, daß die induzierten Mutationen von der gleichen Art wie die natürlichen Mutationen sind. Es ist bisher noch nicht gelungen, Mutationen gerichtet hervorzubringen, doch

Hervorgerufen werden diese Mutationen durch Störungen bei der Zellteilung. Experimentell lassen sie sich durch Temperaturschocks (z. B. von 5 auf 25 °C) oder mit Kolchizin hervorrufen. Es unterbleibt dabei die Aufteilung der Chromosomen beziehungsweise der Chromatiden auf die Tochterzellen und die Bildung der trennenden Zellwand. Es entsteht also eine Tochterzelle mit diploidem (bei der Mitose) oder tetraploidem (bei der Meiose) Chromosomensatz.

2. Bei anderen Mutationen erfolgen mikroskopisch sichtbare Strukturveränderungen an einzelnen oder mehreren Chromosomen (Abb. 32/1). Voraussetzung dafür ist das Auftreten eines oder mehrerer Chromosomenbrüche. Wenn sich solche Bruchstücke vereinigen, kann der Normalzustand wieder hergestellt werden. Es kann aber auch ein Austausch von Chromosomenstücken sowie eine Umkehrung oder Verdopplung bestimmter Chromosomenabschnitte erfolgen. Häufig kommt es auch zu

wurden einzelne Mutanten mit verbesserten Leistungen gefunden. So gelang es, aus Schimmelpilzen, die zur Produktion von Antibiotika gezüchtet werden, Mutanten auszulesen, die den hundertfachen Ertrag der Wildform bringen. Genauso wird in der Kulturpflanzenforschung mit künstlichen Mutationen erfolgreich gearbeitet.

Mutationen können also durch äußere und innere Faktoren spontan entstehen und in stark erhöhter Anzahl durch Chemikalien und vor allem durch Strahleneinwirkung hervorgerufen werden. Sie können sowohl in Körperzellen als auch in Geschlechtszellen auftreten, wobei nur die Mutationen der genetischen Substanz der Keimzellen weitervererbt werden können. Körperzellenmutationen können nur durch vegetative Vermehrung weitergegeben werden.

Die furchtbare Wirkung radioaktiver Strahlung auf lebende Organismen kennen wir seit den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki, sowie durch Unfälle beim Umgang mit radioaktiven Substanzen. Die Auswirkung auf die genetische Substanz erleben wir jetzt noch – über 20 Jahre nach den Explosionen – in Japan. Die Schäden zeigen sich nicht nur bei den unmittelbar Betroffenen, sondern bereits in der nächsten Generation, die zur Zeit der verbrecherischen Abwürfe noch gar nicht geboren war.

Deshalb werden zum Schutze der Menschen, die mit radioaktiven Substanzen arbeiten müssen (z. B. in Atomreaktoren und in medizinischen Einrichtungen) sehr strenge Maßnahmen zur Verhinderung von Strahlenschäden ergriffen. Darüber hinaus ist es selbstverständlich, daß alle erforderlichen Vorkehrungen getroffen werden müssen, um den Menschen noch mehr Leid zu ersparen. Auf Drängen der friedliebenden Menschheit wurden überirdische Atombombenversuche durch internationale Vereinbarungen verboten, denn schon durch die bis jetzt stattgefundenen Atombombentests war die Erdatmosphäre bis an die Grenze der erträglichen Strahlenbelastung verseucht, und es dauert noch geraume Zeit, bis diese Gefahr auf natürlichem Wege abgebaut ist.

Wir können bis jetzt noch nicht ermessen, in wieweit die vorliegende radioaktive Strahlung bereits mutagen gewirkt hat.

Wir wissen aber wohl, daß die weitaus größte Zahl der Mutationen zum Tode oder zu verringerter Lebensfähigkeit der Organismen führt. Die wenigsten Mutationen sind positiv zu bewerten, und doch treten solche auf. Auf ihnen beruhen die Fortschritte in der Evolution und bei der Entstehung und Züchtung unserer Kulturformen.

Wegen der außerordentlichen Bedeutung der Mutationen für das Verständnis der Evolution, für die Pflanzen- und Tierzüchtung, für die Medizin, wird an der Aufklärung der komplizierten, dem Mutationsvorgang zugrunde liegenden biophysikalischen und biochemischen Prozesse in vielen Laboratorien der Welt intensiv gearbeitet.

Humangenetik

Die Aufklärung des Erbgeschehens beim Menschen ist aus mancherlei Gründen besonders schwierig. Nur in beschränktem Umfang bietet uns die Beobachtung von Erbgängen in Familien für die planmäßige Durchführung von Versuchen einen Ersatz. Die Nachkommenanzahl ist gering, die Generationsfolge ist langsam, die äußeren Einflüsse während der Entwicklung sind schwer zu übersehen.

Trotzdem können wir auch über das Erbgeschehen des Menschen schon in gewissem

Umfange Aussagen machen. Das beruht darauf, daß die Grundgesetze der Vererbung allgemeingültige biologische Gesetze sind, die für alle Organismen gelten, sowohl für Einzeller als auch für den höchstorganisierten Vielzeller. Daher lassen sich aus Versuchen an anderen Lebewesen auch Schlüsse auf den Menschen ziehen, welche es erlauben, Beobachtungen über den Erbgang bestimmter Merkmale in Familien vererbungswissenschaftlich zu erklären. Über die Vererbungsvorgänge von Bau- und Leistungsmerkmalen des Menschen, die Besonderheiten seiner Säugernatur sind, können Versuche mit Kleinsäugetern (Mäuse, Ratten, Meerschweinchen u. a.) Aufschluß gewähren. So stellen für die Aufklärung der Vererbungserscheinungen beim Menschen, seinen Nutztieren und -pflanzen die Experimente Modellversuche dar, welche in großem Ausmaß an kleinen und an sich ganz bedeutungslosen, aber als Versuchsobjekte geeigneten Tieren und Pflanzen durchgeführt werden.

Einige Versuchstiere und -pflanzen, in jüngster Zeit auch Bakterien und Viren, sind durch ihre besondere Eignung für die Lösung bestimmter Vererbungsfragen schon klassisch geworden. Die Vertauschbarkeit der Modelle für die Ermittlung von Teilercheinungen des Erbgeschehens zeigt am eindrucksvollsten, daß die Genetik allgemeingültige biologische Gesetze enthüllt. Die Erkenntnis der Erbbedingtheit des menschlichen Wesens ist uns besonders interessant. Allerdings ist es oft schwierig, den wahren Anteil von erblich- und umweltbedingten Faktoren zu erkennen. Um diese Erkenntnis zu gewinnen, müssen Genetik, Medizin und Psychologie eng zusammen arbeiten.

Die Natur gibt uns einen Ansatzpunkt, den Anteil des Erbgefüges und den der Umweltbedingungen an den Verschiedenheiten in der Ausbildung der menschlichen Persönlichkeit studieren zu können. Eineiige Zwillinge sind vollkommen erbgleiche Menschen. Sie entstehen durch Teilung der Zygote in einem sehr frühen Keimstadium. Jede Hälfte der Eizelle wird zu einem selbständigen Organismus, der die gleiche genetische Information in sich trägt wie der andere Organismus. Damit haben beide Organismen die gleiche Reaktionsnorm und sind gleichgeschlechtlich. Daraus ergeben sich sehr viele Übereinstimmungen in Körpermaßen und -formen, in körperlichen und geistigen Leistungen, ja sogar in Lebensschicksalen (Auftreten und Verlauf bestimmter Krankheiten, Lebensdauer). Wenn eineiige Zwillinge in unterschiedlichen Lebensbedingungen aufwachsen, lassen sich die Merkmale erfassen, die umweltbedingt ausgebildet werden. Ähnliche Versuchsergebnisse erhält man bei der vergleichenden Betrachtung von eineiigen und zweieiigen Zwillingen unter gleichen Lebensumständen. Zweieiige Zwillinge haben eine unterschiedliche genetische Information, besitzen also auch eine unterschiedliche Reaktionsnorm, sie können auch verschiedenen Geschlechts sein. Sie sind den normal geborenen Geschwistern vollkommen gleichzustellen, mit der Ausnahme, daß sie in ihrer Entwicklung meist gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Auf Grund der verschiedenen Reaktionsnormen kann man das Verhalten in gleichen Lebensverhältnissen studieren. So untersuchte man den Erbeeinfluß auf die Krankheitsbereitschaft bei Gleichheit in Zeit und Ort des Auftretens (Abb. 35/1).

Es zeigte sich, daß in jedem Fall ein (größerer oder geringerer) Einfluß des Erbgutes vorliegt (bei Keuchhusten ist allerdings die gegenseitige Infektion die Ursache).

Die Zwillingsforschung beweist, daß bestimmte Unterschiede in der körperlichen und geistigen Gesamtverfassung der Individuen durch Verschiedenheiten in den Erbanlagen und durch Umwelteinwirkungen in verschiedenem Grade bedingt werden.

Eine besondere Rolle in der Genetik kommt den menschlichen Erbkrankheiten zu.

1. Vergleich im Auftreten von Krankheiten bei Zwillingen aus gleicher Umwelt
(Angaben in %)

	Eineiige Zwillinge		Zweieiige Zwillinge (gleichgeschlechtlich)	
	übereinstimmend	unterschiedlich	übereinstimmend	unterschiedlich
Keuchhusten	96	4	94	6
Blinddarmenzündung	29	71	16	84
Tuberkulose	69	31	25	75
Diabetes	84	16	37	63
Gleiche Art von Tumoren	59	41	24	76

2. Häufigkeit (in%) der Erkrankung des anderen Zwillingpartners für den Fall, daß der erste bereits erkrankt ist.

	Hasen- scharte	Klump- fuß	Angabore- lerand. d. Schließmusk.	Diabetes mellitus	Schizo- phrenie	Manisch- depress. Psychose	Schwach- sinn (Idiotie)	Tuber- kulose	Masern	Pneuy- monie	Diph- therie	Mumps	Keuch- husten
eineiige Zwillinge	33	32	68	65	69	96	97	68	98	58	50	82	97
zweieiige Zwillinge	5	3	3	18	10	19	37	23	94	43	38	74	93

Abb. 35/1 Krankheitshäufigkeit bei Zwillingen

Wenn bei der Meiose einzelne Chromosomenpaare sich nicht trennen und dann die Tochterzellen ein Chromosom zuviel oder zuwenig erhalten, so kann es geschehen, daß von den 23 Chromosomenpaaren des Menschen das 21. in der Zygote und in den Nachkommenzellen in 3 Exemplaren (3 x Chromosom 21) vorliegt. Eine solche „Trisomie“ führt zu Schwachsinn und körperlichen Mißbildungen. Die Trisomie des 16. Chromosomenpaares führt zu schweren Skelettdefekten. Da jedes Chromosom einen bestimmten Teil der genetischen Information enthält, die im geregelten Zusammenwirken (Reaktionsnorm) zum gesunden Organismus führt, ist es völlig verständlich, daß sowohl die Trisomie als auch das Fehlen eines Chromosoms zu schweren Schädigungen des menschlichen Organismus führt. In den meisten Fällen kommen diese Störungstypen auf Grund der Entwicklungsanomalien gar nicht zur Embryonalentwicklung und sterben vorzeitig ab.

Bei zytologischen Untersuchungen von Zellen erkrankter Menschen konnte man auch Anomalien bei der Verteilung der Geschlechtschromosomen feststellen. Der Mensch besitzt 22 Paar homologe Chromosomen. Das 23. Paar besteht beim Mann aus einem größeren, dem x-Chromosom, und einem kleineren, dem y-Chromosom, bei der Frau aus zwei x-Chromosomen. Damit wird bei der Befruchtung das Geschlecht festgelegt. Unter den Erkrankten treten nun Fälle auf, die ein x-Chromosom zuviel besitzen. Bei der Reduktionsteilung der Eizelle ist die Auftellung der x-Chromosomen unterblieben, dadurch entstehen bei der Befruchtung Zygoten vom Typ xxx oder xxy. Beide Organismustypen sind intellektuell unterentwickelt.

Betreffen die Mutationen die Struktur der Geschlechtschromosomen, so kann das sehr unterschiedliche Folgen haben. Da das x-Chromosom neben seiner geschlechtsbestimmenden Funktion auch noch Informationen zur Ausbildung anderer Merkmale enthält, kommt es bei der Mutation in seiner DNS zu Störungen, die mit der Geschlechtsausbildung nichts zu tun haben. So wird ein rezessives Allel für die Bluterkrankheit im x-Chromosom übertragen. Dieses Allel kommt in xy-Zellen zur Auswirkung, da das y-Chromosom dem x-Chromosom nicht gleichwertig ist, in xx-Zellen wird das rezessive Allel vom normalen dominanten Allel unterdrückt. Daraus erklärt sich, daß nur Männer an der Bluterkrankheit erkranken und Frauen die Krankheit verdeckt weitergeben. Nur im homozygoten Zustand erkranken auch Frauen.

Bis jetzt sind etwa 500 Krankheiten des Menschen bekannt, die auf Störungen der Erbstruktur beruhen. In manchen Fällen werden falsche Signale in den Stoffwechsel gegeben, die Folgen sind entweder unrichtige oder gar keine biochemischen Reaktionen. Im Verlauf weiterer Stoffwechselprozesse ergeben sich dann störende phänotypische Merkmale.

Als gutes Beispiel hierfür kann die Phenylketonurie dienen. Hier wird ein rezessives Allel im homozygoten Zustand wirksam. Es wird ein Stoffwechselschritt unterbunden, durch den die Aminosäure Phenylalanin in Tyrosin umgewandelt wird. Der Körper baut die nicht abgebaute Aminosäure statt dessen in die giftige Phenylbrenztraubensäure um. Im Harn ist die Säure leicht nachweisbar. Wenn man den „Fehler“ im Säuglingsalter bereits erkennt, kann man mit entsprechender Diät helfen. Geschieht das nicht, so führt die Phenylketonurie zum Schwachsinn. Deswegen führt man als vorbeugende Maßnahme in den Entbindungskliniken einen Windeltest durch, um die Erkrankung frühzeitig zu erkennen.

Eine andere Veränderung der Chromosomenstruktur führt zur Sichelzellanämie, die in tropischen und subtropischen Gebieten gehäuft auftritt. Ein rezessives Allel führt dabei zu einer Veränderung des Blutfarbstoffes, wobei in der Information nur ein Nukleotid verändert ist. Die heterozygoten Träger dieses Allels besitzen eine erhöhte Resistenz gegen Malaria, im homozygoten Zustand tritt eine schwere Anämie auf.

Auch die Krebserkrankungen werden auf Störungen der Erbinformationen der Zelle zurückgeführt, woraus dann auch der unregelmäßige Stoffwechselverlauf zu erklären ist. Aber es ist noch nicht gelungen, den Krankheitsverlauf in seinen tiefsten Ursachen zu erkennen, weshalb auch die medizinische Wissenschaft diese Krankheit als einen Schwerpunkt ihrer Forschungsarbeit betrachtet.

Abstammungslehre

Die Frage nach der Ursache und dem Verlauf der Entwicklung der Organismen ist eine der Grundfragen der Biologie. Sie beschäftigt die Menschheit bereits seit Jahrtausenden. Der Auffassung von einer Entwicklung der Arten standen lange Zeit andere Auffassungen gegenüber. Viele Gelehrte nahmen an, daß alle Lebewesen einmal von einem höheren Wesen geschaffen worden seien und bis heute unverändert erhalten blieben. Diese Lehre von der Konstanz der Arten war bis ins 19. Jahrhundert weit verbreitet. Funde und Beobachtungen, die dieser Lehre widersprachen, wurden bekämpft oder der Konstanztheorie untergeordnet. Das beweisen am besten die Ansichten CUVIERS (s. S. 82). Er fand viele Fossilien von Formen, die zu seiner Zeit nicht mehr existierten. Die Unterschiede zwischen ausgestorbenen und rezenten Formen erkannte CUVIER jedoch nicht als Beweis für eine Entwicklung der Arten, er nahm vielmehr an, daß durch Katastrophen die Lebewesen vernichtet und die Räume danach durch andere Organismen wieder besiedelt wurden.

Mit fortschreitender Artenkenntnis, mit der Erforschung ferner Länder und ihrer Lebewesen wurde die Lehre von der Konstanz der Arten immer zweifelhafter. Mit der Veröffentlichung von DARWINS „Entstehung der Arten“ (1859) begann sich der Entwicklungsgedanke unter ständigen Kämpfen mit den Vertretern der Konstanztheorie immer mehr zu verbreiten. Heute hat sich die Entwicklungslehre überall durchgesetzt.

Der Beweis, daß im Pflanzen- und Tierreich im Verlaufe der Erdgeschichte eine Entwicklung von niederen zu höheren Lebewesen stattgefunden hat, ist von der Paläontologie, der vergleichenden Anatomie und Embryologie und, soweit es den Menschen betrifft, von der Anthropologie erbracht worden. Entwicklungslinien, wie beispielsweise die der Wirbeltiere, des Pferdes und des Menschen oder der nackt- und bedecktsamigen Pflanzen, sind durch Funde in den verschiedenen geologischen Formationen ständig ergänzt worden. Die Lücken zwischen den einzelnen Gliedern einer Entwicklungsreihe sind groß, und die zum Teil erheblichen Merkmalsänderungen zwischen den bisher gefundenen Tier- und Pflanzenformen können nur mit der Annahme vieler bisher noch unbekannter Zwischenformen erklärt werden.

Der Ablauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Organismen in vergangenen erdgeschichtlichen Epochen ist experimentell nicht zu erforschen. Einmal sind die Zeiträume zu groß, in denen sich Veränderungen von Bedeutung vollzogen haben (für den Erwerb des aufrechten Ganges des Menschen wird allein mit 400 000 bis 600 000 Generationen gerechnet), zum anderen ist die Entwicklungsgeschichte nicht umkehrbar, einmal abgelaufene Evolutionsprozesse lassen sich nicht wiederholen.

Die Evolution der Organismen ist noch nicht abgeschlossen. Auch wenn im Zeitraum vieler menschlicher Generationen die Tier- und Pflanzenwelt scheinbar unverändert bleibt, wirkt die Evolution ständig und unaufhaltsam weiter. Deshalb versucht man, bei den gegenwärtig lebenden Tieren und Pflanzen die Ursachen und den Verlauf der Entwicklung zu ergründen. Das haben viele Biologen seit über 100 Jahren getan. Aber erst die Erkenntnisse der Vererbungsforschung haben uns genauere Vorstellungen über die Faktoren der Evolution vermittelt.

Faktoren der stammesgeschichtlichen Entwicklung

Mutation

Mutationen sind als der primäre Evolutionsfaktor erkannt worden. Die Umwelt entscheidet über das Bestehen oder Vergehen von Organismen in der Evolution, sie kann evolutive Veränderungen erregen, bedingen und begrenzen, sie entscheidet aber nicht, welche Veränderungen primär entstehen und auch nicht exakt, welche Veränderungen erhalten bleiben. Denn solange die allgemeine Lebensseignung einer Population hoch genug bleibt, können genetische Veränderungen ohne erkennbare Zweckbestimmung eintreten. Diese Tatsache ergibt sich aus dem richtungslosen Charakter der Mutation.

Rezessive Mutationen können sich in Wildpopulationen lange unentdeckt erhalten, da sie nur selten homozygot und damit erkennbar werden.

Mutationen können auch induziert werden (s. S. 33). Untersuchungen ergaben, daß die im Laboratorium erzeugten Mutationen mit denen aus Wildpopulationen phänotypisch und genotypisch übereinstimmen. Mutationen, die in einer bestimmten Umwelt einen negativen Selektionswert besitzen, können in einer anderen Umwelt durchaus positiv sein.

Hierfür ein Beispiel, welches gleichzeitig die Übereinstimmung von künstlich hervorgerufenen und spontanen Mutationen demonstriert. Bei Insekten mutieren beispielsweise Gene, die die Ausbildung der Flügel steuern, wie in Versuchen mit *Drosophila* festgestellt wurde (Abb. 38/1). Stummelflügelige oder riemenflügelige Mutanten sind gegenüber den normalflügeligen Fliegen in Mitteleuropa stark benachteiligt. In einer Umwelt mit ständigen starken Stürmen aber, wie auf den am Rande der Antarktis gelegenen Kerguelen-Inseln, können solche Mutationen vorteilhaft sein.

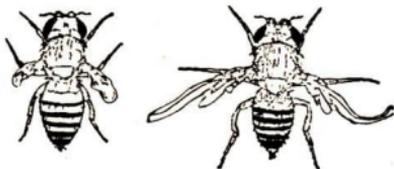


Abb. 38/1 Die Mutation „stummelflügelig“ und „riemenflügelig“ bei der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*)

Durch Untersuchungen an vielen Pflanzen und Tieren ist gezeigt worden, daß erbliche Unterschiede zwischen geographischen und ökologischen Rassen einer Art oder zwischen kreuzbaren „Arten“ auf Unterschieden in mehr oder weniger zahlreichen Genen beruhen. Scheinbar bedeutungslose Unterschiede in Färbungs- und

Musterungsmerkmalen können mit der Lebensseignung unter bestimmten Klimabedingungen, die im einzelnen nicht bekannt sind, zusammenhängen.

Das Entstehen von Rassen, die neuen Umweltbedingungen besser angepaßt sind, kann ständig beobachtet werden. Zur Ausrottung von Insektenplagen wurden chemische Substanzen (z. B. DDT) entwickelt, die für Insekten schon in so niedriger Konzentration giftig wirken, daß sie für den Menschen oder höhere Tiere nicht gefährlich sind. Die ständige Anwendung solcher Insektizide hat beispielsweise bei der Stubenfliege zur Selektion von Mutanten geführt, die gegenüber dem DDT resistent sind. Solche resistenten Stubenfliegen sind in verschiedenen Teilen der Welt aufgetreten, und bald hat sich an vielen Orten die Anwendung des DDT zur Bekämpfung der Stubenfliege als nutzlos erwiesen.

Auch Chromosomenveränderungen können für die Rassenbildung innerhalb einer Art von Bedeutung sein. In der Sowjetunion durchgeführte Untersuchungen an verschiedenen Populationen von Fruchtfliegen (*Drosophila funebris*) sind hierfür ein gutes Beispiel. Im Zentrum Moskaus hatten 88,1% der untersuchten Fliegen eine Veränderung an einem Chromosom, in weniger zentral gelegenen Stadtteilen 55,5%, am Stadtrand 42,1% und auf Dörfern nur 18%. 200 bis 500 km nördlich der Stadt fand man diesen Chromosomenmutationstyp überhaupt nicht mehr. In anderen Städten traten solche Mutationstypen ebenfalls gehäuft auf. Die Häufigkeit solcher Typen steht also in einer physiologisch bisher noch nicht erkannten Beziehung zur Industrialisierung, das heißt, zu den durch diese hervorgerufenen speziellen Umweltbedingungen. Mit diesen Untersuchungen wurde die Bildung geographischer Rassen auf kleinstem Raum erklärt.

Für die Beteiligung der Mutationen, die eine Veränderung der Chromosomenzahl bewirken, bei der Artbildung im Pflanzenreich liegt ein umfangreiches Untersuchungsmaterial vor. Etwa 50% der höheren Pflanzenarten sind Polyploide oder stammen von polyploiden Arten ab.

Die Mutationen sind bisher als einzige Quelle der Evolution erkannt worden. Durch sie kommt die Mannigfaltigkeit der Genotypen und Phänotypen innerhalb von Rassen, Arten und Gattungen zustande, aus der die Umwelt die Formen mit der besten Lebensseignung ausliest.

Selektion

Vor mehr als 100 Jahren (1859) schrieb DARWIN: „Es kann gesagt werden, daß die natürliche Auslese täglich und stündlich auf der ganzen Welt jede Variation prüft, selbst die geringfügigste; sie merzt alles aus, was schlecht ist und bewahrt und sammelt alles, was gut ist; sie arbeitet in der Stille und unmerklich, wann und wo immer sich ein Vorteil bietet, an der Verbesserung eines jeden organischen Wesens in Beziehung zu seinen organischen und anorganischen Lebensbedingungen.“ Diese Feststellung ist auch heute noch ohne Einschränkung gültig. Die Wechselwirkung zwischen dem Organismus und seiner Umwelt in der natürlichen Auslese muß als die treibende Kraft der Evolution angesehen werden.

In der Mehrzahl der Fälle bewirkt die natürliche Auslese oder Selektion eine verbesserte Lebensseignung eines Organismus in einer bestimmten Umwelt. Die Wechselwirkungen zwischen Organismus und Umwelt können aber nur dann zu wirklich besser angepaßten Lebewesen führen, wenn die Selektion an einer gewissen Anzahl erblich verschiedener Pflanzen oder Tiere einer Art wirksam werden kann. Viele An-

gehörige einer Art, wie beispielsweise die Feldmaus (*Microtus arvalis*), die Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*), die Küchenschelle (*Anemone pulsatilla*) oder das Darmbakterium *Escherichia coli*, müssen in einem mehr oder weniger großen zusammenhängenden Areal als Population zusammenleben. Es muß ferner unter ihnen eine freie Kreuzbarkeit geben. Verschiedene Arten einer Gattung sind durch eine mehr oder weniger ausgeprägte, oft geschlechtliche Isolierung voneinander getrennt. Sie können entweder gar nicht miteinander gekreuzt werden oder ergeben, wie nach der Kreuzung zwischen Pferd und Esel, gewöhnlich unfruchtbare Bastarde. Dabei ist die Einteilung in Arten vom Menschen ursprünglich nur zur Ordnung des Organismenreiches nach möglichst deutlichen morphologischen Unterschieden vorgenommen worden. Erst die moderne Systematik bemüht sich, die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Arten, Gattungen, Familien und so weiter widerzuspiegeln.

Durch die Selektion sind Organismen entstanden, die niedrige Temperaturen in der Arktis ertragen oder in der feuchten Hitze des tropischen Regenwaldes leben können oder in Wüsten gegen Austrocknung weitgehend geschützt sind. Alle diese Tiere und Pflanzen sind an die verschiedenen Lebensräume ausgezeichnet angepaßt und besitzen durch eine hohe Vermehrungsrate oder andere zweckmäßige Merkmale Schutz-einrichtungen gegen Angehörige anderer Arten, ihre natürlichen „Feinde“, um die Erhaltung ihrer Art sicherzustellen. Diese oft sehr „sinnvollen“ Anpassungsmerkmale sind durch die Wechselwirkung zwischen den Populationen einer Art und ihrer Umwelt entstanden. Die Individuen, die den jeweils herrschenden Umweltbedingungen am besten angepaßt waren, hatten einen höheren Selektionswert als ihre Artgenossen, das heißt, sie besaßen eine größere Chance zu überleben und sich fortzupflanzen. Die Selektion geeigneter Genotypen aus einer Population würde aber bald ein Ende haben, wenn nicht innerhalb der Population ständig neue erbliche Veränderungen (Mutationen) auftreten würden, die der Selektion immer wieder neues Material bieten. Ohne Mutationen würde die Population immer einheitlicher und ihre Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen immer geringer, was schließlich zu ihrem Aussterben führen müßte.

Das Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren

Die Kenntnisse über die Vorgänge bei der Übertragung der Erbanlagen und das Wissen über die Veränderlichkeit des Erbanlagenbestandes aller Organismen haben zum Erkennen der Evolutionsfaktoren und ihrer Wirksamkeit geführt. Die Übertragung der Erbanlagen von Generation zu Generation und ihre Modifizierbarkeit im Rahmen der Reaktionsnorm erklärt die relative Konstanz der Arten über Jahrtausende. Das spontane, relativ seltene und richtungslose Auftreten der verschiedenen Mutationstypen bewirkt die Mannigfaltigkeit der Genotypen in einer Population, die durch die freie Kreuzbarkeit noch gesteigert wird. Nur durch Mutationen können neue Merkmale entstehen.

Durch ständige Selektion bekommt die stammesgeschichtliche Entwicklung ihre Richtung, das heißt, von ihr werden die veränderten Phänotypen einer Population ausgeselen, deren Lebensseignung gegenüber den Artgenossen verbessert ist. Die Art der Veränderungen, die zu einer besseren Anpassung führen, wird dagegen von der Selektion nicht exakt bestimmt. Sonst gäbe es keine Mannigfaltigkeit der Organismen unter gleichen Umweltbedingungen.

Die Selektion erfolgt unabhängig von den zukünftigen Anforderungen an eine lebensfähige Population. Es werden alle augenblicklich geeignetsten Individuen ausgewählt. Den Beweis hierfür liefern die vielen im Verlauf der Erdgeschichte ausgestorbenen Arten und Gattungen von Tieren und Pflanzen.

Die verschiedenen Evolutionsfaktoren wirken bei der Differenzierung von Rassen und Arten zusammen. Da sie aber in verschiedenem Ausmaß wirksam werden können, kann die Art- und Rassenbildung auf verschiedenen Wegen zustande kommen, wobei dieser oder jener Evolutionsfaktor bestimmend hervortritt.

Die teilweise erheblichen Lücken in den durch Funde belegten Entwicklungsreihen vieler Organismen haben zu der häufig geäußerten Ansicht geführt, daß die Bauplanänderungen, die zu verschiedenen Gattungen, Familien oder Stämmen führten, nicht durch Mutationen im üblichen Sinne erklärbar sind.

Zur Ausbildung eines neuen Organs ist das Zusammenwirken zahlreicher Erbanlagen erforderlich, deren gleichzeitiges mutatives Entstehen und harmonisches Zusammenwirken nicht wahrscheinlich ist. Die Unvollständigkeit der paläontologischen Überlieferung beweist keineswegs ein Auftreten großer „Sprünge“ in der stammesgeschichtlichen Entwicklung. Die Lücken in den Entwicklungsreihen können auf der Nichtablagerung von Schichten und damit ihrer Leitfossilien beruhen oder auch durch Zuwanderung von Tieren oder Pflanzen entstehen, die in dem betreffenden Gebiet vorher nicht lebten. Wenn solche Lücken oft auch recht groß sind, so gibt es doch keinen paläontologischen Beleg dafür, daß die Bauplanänderungen der verschiedenen Organe nicht kontinuierlich verlaufen sind. Im Gegenteil, durch neue Funde werden immer wieder Zwischenformen erkannt, und bei gut untersuchten Entwicklungsreihen (z. B. Pferd), kann an einer kontinuierlichen Entwicklung nicht gezweifelt werden.

Wenn auch die Bauplanänderungen kontinuierlich entstanden sind, so ist die stammesgeschichtliche Entwicklung doch nicht in allen Zeiten gleichmäßig verlaufen.

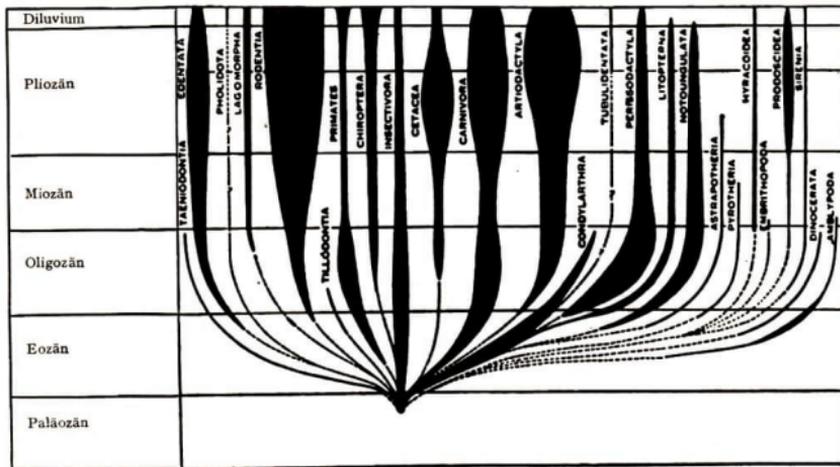


Abb. 41/1 Die Entfaltung der Säugetiere in der Tertiärzeit. Die Breite der Äste entspricht der jeweiligen Formenmannigfaltigkeit der Ordnung

Paläontologische Funde von Säugetieren zeigen zum Beginn der Braunkohlenzeit eine „explosive“ Formenaufspaltung (Abb. 41/1). Die Geschichte der Säugetiere beginnt in der Triaszeit mit Formen, die den Übergang von den Reptilien noch deutlich erkennen lassen. Bis zur Wende von Kreide- und Tertiärzeit, also über eine Zeitspanne von rund 120 Millionen Jahren, verläuft ihre Entwicklung langsam und unauffällig. Am Ende der Kreidezeit zeigen aber schon die Blütenpflanzen (Angiospermen) eine erhebliche Ausbreitung und bieten eine Fülle neuer Nahrungsquellen. Das Entstehen neuer Nahrungsquellen kann eine der Ursachen für die beschleunigte Formenbildung der Säugetiere gewesen sein. Ausgehend von den insektenfressenden Urplazentatieren kommt es in relativ kurzer Zeit (einige Millionen Jahre!) zur Ausbildung der meisten Ordnungen der Säugetiere. Die Breite der Äste des Stammbaumes (s. Abb. 41/1) entspricht der Formenmannigfaltigkeit der verschiedenen Ordnungen.

Während der stammesgeschichtlichen Entwicklung hat eine Höherentwicklung vieler Organismengruppen stattgefunden. Darunter versteht man die zunehmende Differenzierung von Bau und Funktion der Lebewesen. Bestimmte Organe höherer Pflanzen übernehmen verschiedene Lebensfunktionen (z. B. die Wurzeln, die Sprosse und die Blüten) im Gegensatz zu den einzelligen Algen, bei denen noch alle Lebensprozesse in einer Zelle ablaufen. Während der Höherentwicklung ändern sich aber auch die Beziehungen der Lebewesen zur Umwelt. Die Organismen sind nicht mehr auf das ständige Vorhandensein bestimmter Umweltbedingungen angewiesen. Sie werden reaktionsfähiger gegen wechselnde Umweltbedingungen.

Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Pflanzen über die Psilophyten, Farne und Nacktsamer zu den Bedecktsamern (Abb. 43/1) und bei den Tieren über die primitiven Kiefermäuler, Knorpelfische, Knochenfische, Lurche und Reptilien zu den Säugetieren demonstrieren die Höherentwicklung im Pflanzen- und Tierreich, wobei der Gesamtorganismus umgestaltet wurde. Daß die Umgestaltung oder Veränderung einzelner Organe die Gesamtentwicklung entscheidend beeinflussen kann, zeigt uns sehr eindrucksvoll der Erwerb des aufrechten Ganges und die Vergrößerung des Gehirnvolumens bei der Menschwerdung.

Deutliche Fortschritte in der Höherentwicklung der Pflanzen sind beispielsweise die Ausbildung des Leitungssystems, der Epidermis und der Spaltöffnungen. Sie ermöglichen den höheren Pflanzen, das Festland zu besiedeln, während die gleichzeitige Entstehung der Samenanlagen und später des Pollenschlauches auch den Befruchtungsvorgang vom Vorhandensein des Wassers unabhängig machten.

Bei den Tieren waren die Herausbildung und Weiterentwicklung des Zentralnervensystems, die Aufgliederung und Differenzierung des Darmtraktes (Mundhöhle, Magen, verarbeitende und aufnehmende Darmabschnitte), erhöhte Reaktionsfähigkeit durch vielseitigere und beweglichere Gliedmaßen solche Anzeichen einer Höherentwicklung. Auch die zunehmende Fähigkeit des Auges zu Nah- und Fernsicht bei den Wirbeltieren und die relative Unabhängigkeit von der Außentemperatur durch den Erwerb einer gleichmäßigen Körpertemperatur sind in gleicher Weise zu bewerten.

Während der Höherentwicklung der Organismen ist es durch spezielle Anpassungen von Pflanzen und Tieren zu einer zunehmenden Spezialisierung gekommen. Die Nachkommen einer höherentwickelten, anpassungsfähigeren Organisationsgruppe breiten sich aus und passen sich besonderen Umweltbedingungen an.

Die Schutzeinrichtungen der Pflanzen gegen Trockenheit, starken Salzgehalt des Bodens, ständige Beschattung oder die sehr verschiedenen Einrichtungen für die

Verbreitung von Samen sind auf ganz bestimmte Umweltbedingungen eingestellte Anpassungsmerkmale. Sie bedeuten für die Organismen eine Einschränkung der Möglichkeiten für die Weiterentwicklung. Eine Veränderung ihres Lebensraumes kann zur Veränderung oder zum Aussterben solcher stark spezialisierter Arten führen.

Organe, die infolge anderer Lebensweisen nicht mehr benutzt wurden, bildeten sich zurück (rudimentäre Organe, z. B. mehrere Zehen bei Huf-tieren).

Die Höherentwicklung geht meist nicht von den jüngeren und spezialisierten Vertretern der Ausgangsgruppe aus, sondern von deren älteren, primitiveren. Die Nacktsamer entstanden aus primitiven Urformen, die Bedecktsamer aus primitiven Nacktsamern (s. Abb. 43/1). Im gleichen Sinne stammen die Amphibien nicht von den höheren Knochenfischen ab, sondern von urzeitlichen Quastenflossern und die Reptilien von den primitivsten Amphibien, den Panzerlurchen.

Höherentwicklung und Spezialisierung werden häufig auch von der Rückbildung einzelner Organe oder bestimmter Organsysteme begleitet.

Höherentwicklung, Spezialisierung und Rückbildung sind Erscheinungen in der stammesgeschichtlichen Entwicklung, die in engster Wechselbeziehung zueinander ablaufen und nur als Anpassungen der Organismen an ihre Umwelt zu deuten sind. Die Lamarcksche Hypothese, daß die stammesgeschichtliche Entwicklung durch Vererbung erworbener Eigenschaften (insbesondere durch Erblichwerden individueller Anpassungen) zustande kommt, hat trotz oft wiederholter Versuche bisher noch keine experimentelle Bestätigung gefunden. Dauermodifikationen sind nicht beständig. Die Reaktionsnorm kehrt nach dem Aufhören der modifizierenden Bedingungen nach einer kürzeren oder längeren Reihe von Generationen wieder zur ursprünglichen Merkmalsausbildung zurück. Die Stammesgeschichte kann sich nur durch die stufenweise Umbildung des Erbgütes einzelner Arten vollziehen haben. Populationsgenetik und Evolutionsforschung haben die Wechselbeziehungen der Organismen innerhalb von Populationen und ihrer Umwelt aufgezeigt und im verschiedenartigen Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren den Verlauf der Rassen- und Artbildung erkannt. Die stammesgeschichtliche Entwicklung ist nicht umkehrbar und kann experimentell nicht wiederholt werden. Die Selektionstheorie läßt mit einem hohen Grad an Wahrscheinlichkeit den Schluß zu, daß die stammesgeschichtliche Entwicklung in den vergangenen Zeiten der Erdgeschichte ebenso abgelaufen ist, wie es für die Gegenwart nachgewiesen wurde.

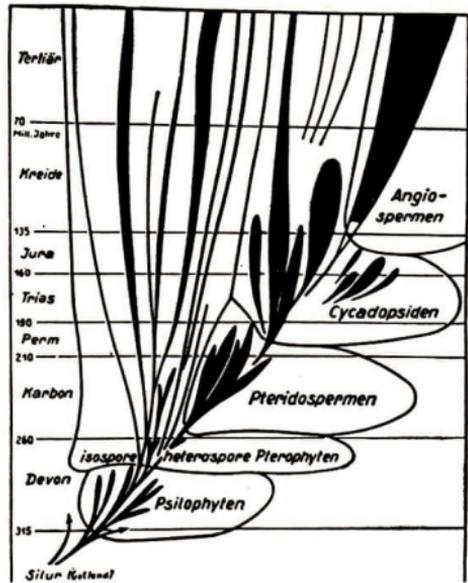


Abb. 43/1 Der Stammbaum der Angiospermen. Die fünf Hauptstufen auf dem Weg zu den Angiospermen sind hervorgehoben

Evolution und Ontogenese

Bis der tierische Organismus voll erwachsen und funktionstüchtig ist, durchläuft er verschiedene Stadien. Von der Befruchtung der Eizelle bis zum Verlassen der Eihülle dauert die Embryonalentwicklung; sie wird von der Embryologie untersucht und beschrieben. Das aus der Eihülle schlüpfende Lebewesen gleicht in vielen Fällen noch nicht dem erwachsenen, bewohnt vielfach besondere Lebensräume und hat besondere Lebensgewohnheiten. Wir sprechen dann von einem Larvenstadium. Indem man nun bestimmte Entwicklungsstadien bei verschiedenen Tieren miteinander vergleicht, kann man vielfach Rückschlüsse auf die Stammesgeschichte ziehen.

Embryonalstadien wurden bereits am Anfang des vorigen Jahrhunderts zur Beurteilung von Verwandtschaftsbeziehungen herangezogen. ERNST HAECKEL formulierte dann 1866 die Biogenetische Grundregel, in der er sagt, daß die Entwicklung des Einzelwesens (Ontogenese) eine verkürzte Wiederholung der Stammesentwicklung (Phylogenese) ist.

Für die Frühstadien der Embryonalentwicklung führte HAECKEL die Ausdrücke Morula (Maulbeerkeim), Blastula (Blasenkeim) und Gastrula (Becherkeim) ein, Abbildung 44/1. In der Gastrula sah er zugleich eine Ahnenform der vielzelligen Tiere, die alle ein solches Stadium durchlaufen. Gewisse niedere Tiere (Polypen, Schwämme) haben sich nicht wesentlich über diese Urformen („Gastrula“) hinaus entwickelt. Die Theorie Haeckels hat der Forschung fruchtbare Anregungen gegeben und erklärt auch heute noch die Abstammung der Vielzeller am besten.

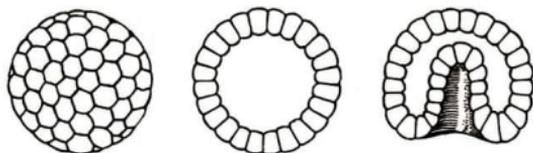


Abb. 44/1
Schematische Darstellung von Morula,
Blastula und Gastrula

Viele Besonderheiten im Entwicklungsgang von Tieren lassen sich mit Hilfe dieser Regel erklären.

Die kleine Kaulquappe erinnert in verschiedener Weise an Fischvorfahren; so besitzt sie neben den Kiemenspalten auch ein den Fischen weitgehend ähnliches Blutkreislaufsystem. Ihr Schwanz entspricht ebenfalls etwa dem Ruderschwanz der Fische. Der Frosch durchläuft also in seiner Entwicklung deutlich erkennbar zwei Entwicklungsstufen, die auch in der Stammesgeschichte von entscheidender Bedeutung sind: die Stufe des kiemenatmenden Wassertieres und die Stufe des Landtieres mit Lungenatmung.

Bei Vogelembryonen tritt vorübergehend ein Schwanz mit getrennten Wirbeln auf, wie ihn die Reptilienvorfahren besaßen (embryonaler „*Archaeopteryx*-Schwanz“). Bei den Embryonen von Bartenwalen, also von zahnlösen Säugetieren, konnte man in den Kiefern Zahnanlagen nachweisen. Diese verschwinden, ehe es zur Ausbildung von Zähnen kommt. Das gleiche gilt für die Schneidezahnanlagen im Oberkiefer von Rindern und anderen Wiederkäuern.

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

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

Nicht nur das in mehr oder weniger starker Form ausgeprägte Auftreten von Kiemenspalten verbindet die Embryonen aller Wirbeltiere; sie gleichen sich bis zu einer bestimmten Entwicklungsstufe weitgehend in ihrem gesamten Körperbau. Sie zeigen die gleiche Aufeinanderfolge der Ausbildung bestimmter Strukturen, wie des Nervenrohres und seiner Abkömmlinge (Gehirn, Augen), der Rückensaite (*Chorda dorsalis*), der Wirbelsäule und der Gliedmaßenanlagen. Je jünger die Entwicklungsstadien der Embryonen sind, um so größere Ähnlichkeit besitzen sie untereinander (Abb. 45/1).

14

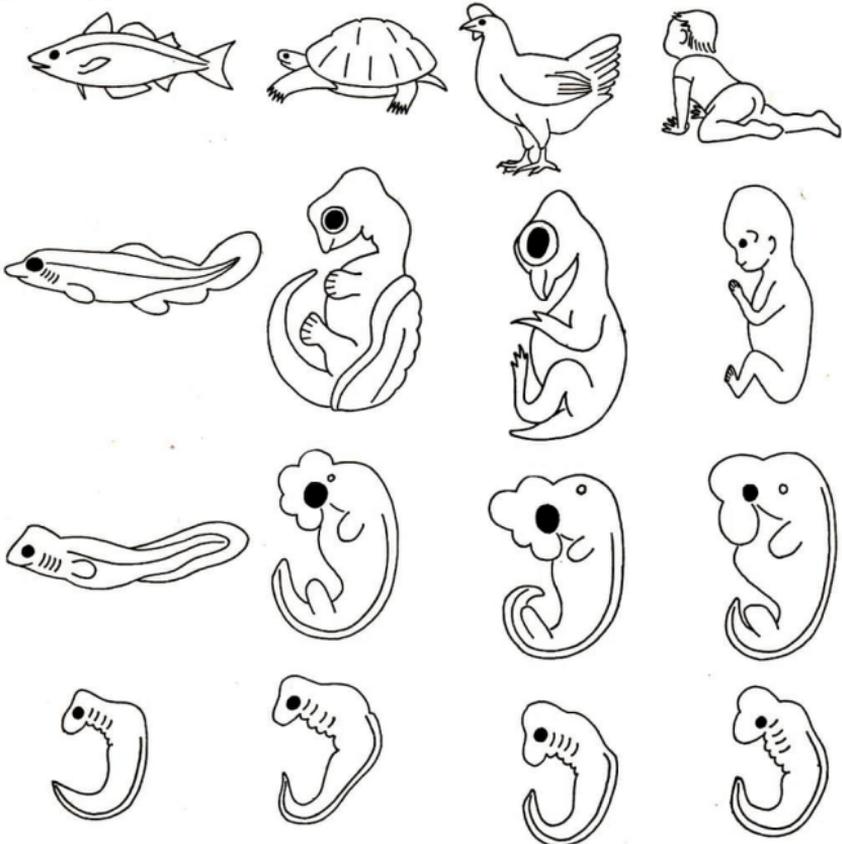


Abb. 45/1 Embryonen verschiedener Wirbeltiere auf vergleichbaren Entwicklungsstufen. Von links nach rechts: Fisch, Schildkröte, Vogel, Mensch. In der untersten Reihe die jüngsten Stadien der Körpergrundgestalt des jeweiligen Wirbeltieres. Sie zeigen hochgradige Übereinstimmung zwischen Landwirbeltieren und Fischen. Auf den darüberstehenden späteren Stadien erfolgt allmählich die Ausbildung der charakteristischen Formen der verschiedenen Wirbeltiere

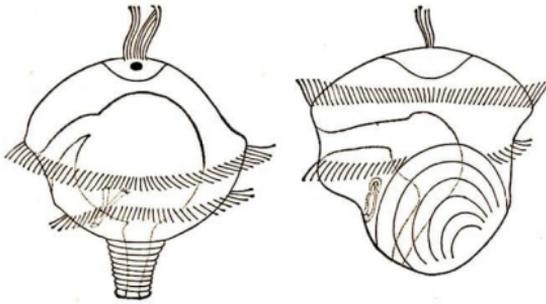


Abb. 46/1 Vergleich der Larven von Ringelwürmern und Weichtieren.

Der Entwicklungsgang beider Tiergruppen verläuft bis zu dieser Stufe im wesentlichen gleich. Beide Larven besitzen einen doppelten Wimperkranz, eine Scheitelplatte und einfache Ausscheidungsorgane. An der Larve der Ringelwürmer (links) erkennt man die aussprossenden Körperringe, an der Weichtierlarve (rechts) die Anlage der Schale

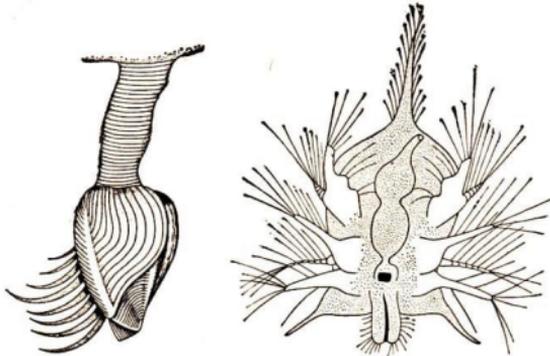


Abb. 46/2 Die etwa 10 cm lange Enten-„muschel“ (links) ist ein Rankenfüßkrebse wie die von der Ostsee her bekannte Seepocke. Beide wurden ursprünglich als Weichtiere angesehen, bis ihre Entwicklungsgeschichte Klarheit in die verwandtschaftliche Zuordnung brachte.

Die mikroskopisch kleine Larve der Enten-„muschel“ (rechts) stimmt bis in letzte Einzelheiten mit den Nauplius-Larven anderer niederer Krebse überein. Diese Tatsache wurde zum Beweis für die systematische Einordnung der Rankenfüßer als Klasse der Krebse herangezogen

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

Auch bei Wirbellosen hat die Biogenetische Grundregel manche Deutung von Verwandtschaftsbeziehungen ermöglicht. So werden die sehr großen Übereinstimmungen im Bau der Larven von Ringelwürmern und Weichtieren als deutliche Hinweise darauf angesehen, daß beide Tiergruppen durch gemeinsame Abstammung miteinander verbunden sind (Abb. 46/1).

Im Verlaufe der Ontogenese werden jedoch nie alle Stadien der Stammesentwicklung durchlaufen, zum Beispiel treten bei den Vogelembryonen keine Zähne auf, obwohl Versteinerungen von Vogelarten mit Zähnen erhalten sind (z. B. *Archaeopteryx*, s. Abb. 58/1 u. 59/1).

Andererseits sind manche Erscheinungen der Keimes- und Jugendentwicklung nicht historisch zu deuten.

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

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

Homologie und Analogie

Homologe Organe

Wichtige Hinweise auf die Abstammung der Organismen und ihre Verwandtschaftsverhältnisse liefert die vergleichende Anatomie.

15

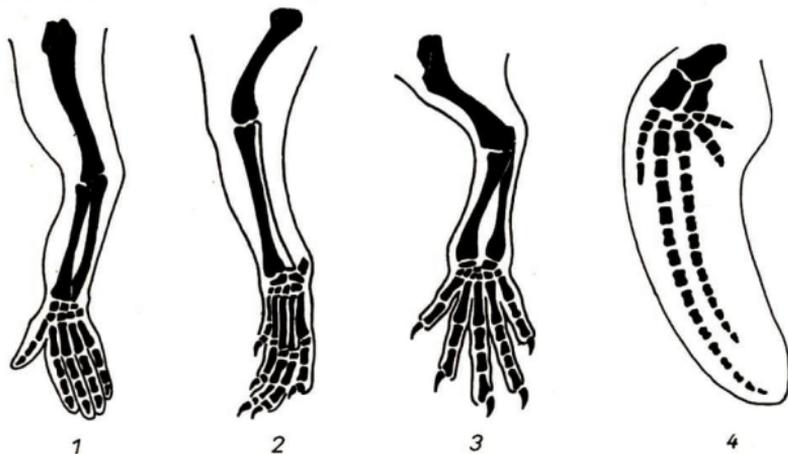
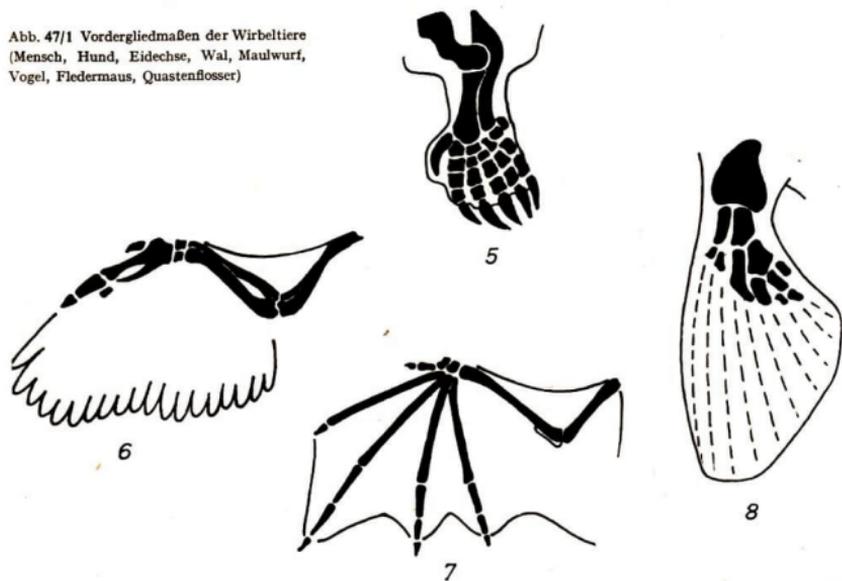


Abb. 47/1 Vordergliedmaßen der Wirbeltiere
(Mensch, Hund, Eidechse, Wal, Maulwurf,
Vogel, Fledermaus, Quastenflosser)



16

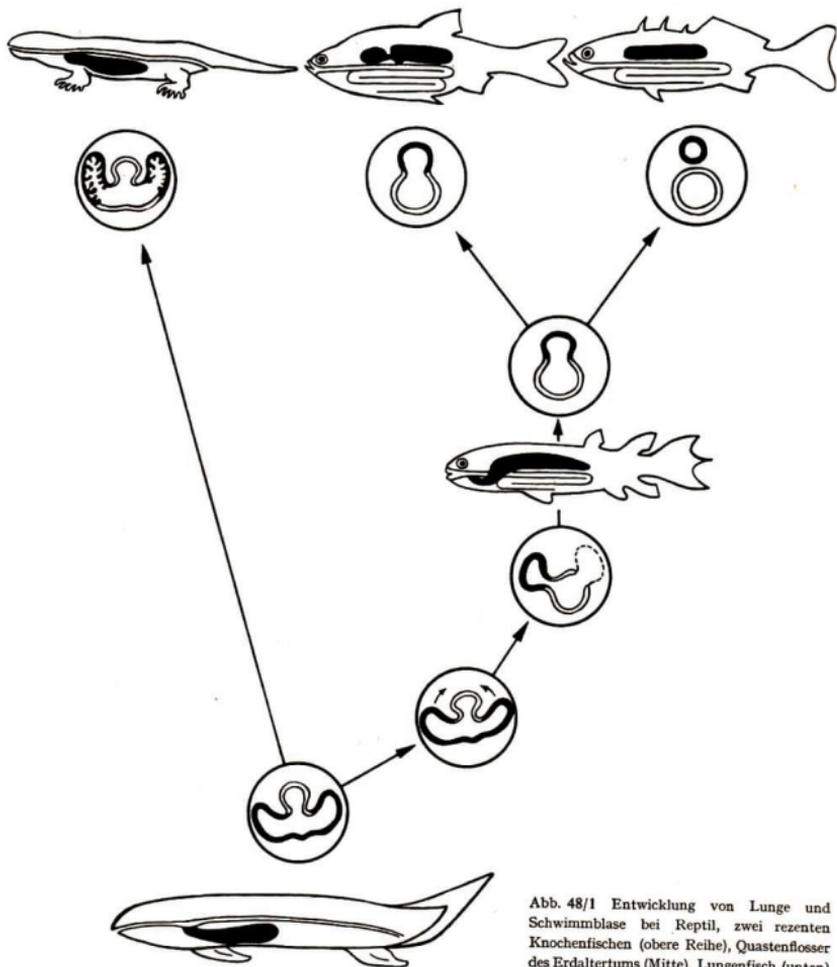


Abb. 48/1 Entwicklung von Lunge und Schwimmblase bei Reptil, zwei rezenten Knochenfischen (obere Reihe), Quastenflosser des Erdalters (Mitte), Lungenfisch (unten)

Wenn man verschiedene Tier- und Pflanzenarten in ihrem äußeren und inneren Bau vergleicht, so erkennt man oft äußerlich so große Unterschiede, daß man zunächst keine Verwandtschaft zwischen den Organismen annimmt.

So haben die Vordergliedmaßen verschiedener Wirbeltiere oft sehr unterschiedliches Aussehen. Sie werden von den Organismen auch in sehr unterschiedlicher Weise benutzt. Der Mensch arbeitet mit seinen Händen und Armen, der Hund gebraucht die Vordergliedmaßen zum Laufen auf dem Boden, die Eidechse dagegen kriecht mit den kurzen Beinen. Der Wal rudert mit den Vorderflossen im Wasser, während der Maulwurf mit den Grabschaufeln in der Erde seine Gänge gräbt. Vögel erheben sich mit den

zu Flügeln umgebildeten Vordergliedmaßen in die Luft, ebenso unterstützen bei der Fledermaus die Vordergliedmaßen das Fliegen. Betrachtet man den inneren Bau dieser sehr verschieden gestalteten Vordergliedmaßen, so erkennt man trotz zahlreicher Unterschiede in Anzahl, Größe und Form der Knochen einen gleichen Grundbau. Alle Tiere besitzen einen Oberarmknochen, zwei Unterarmknochen, die Handwurzel-, Mittelhand- und Fingerknochen (Abb. 47/1).

Bei allen landlebenden Wirbeltieren gehen die Vordergliedmaßen aus höckerartigen Vorwölbungen im vorderen Teil des Embryos hervor (vgl. Abb. 45/1). Erst im Verlaufe der weiteren Entwicklung differenzieren sich diese ursprünglich völlig gleichgestalteten Wülste zu ihrer späteren Gestalt beim erwachsenen Tier.

Alle Organe, die den gleichen Ursprung und den gleichen Grundbau aufweisen, sind homologe Organe. Sie können verschiedenen Funktionen dienen und in Anpassung an diese Funktion Abwandlungen von ursprünglich gleichem Bau aufweisen.

Wir wissen aus paläontologischen Funden, daß die ersten Landwirbeltiere (ursprüngliche Lurche) bereits ein den heute lebenden Wirbeltieren ähnliches Glied-

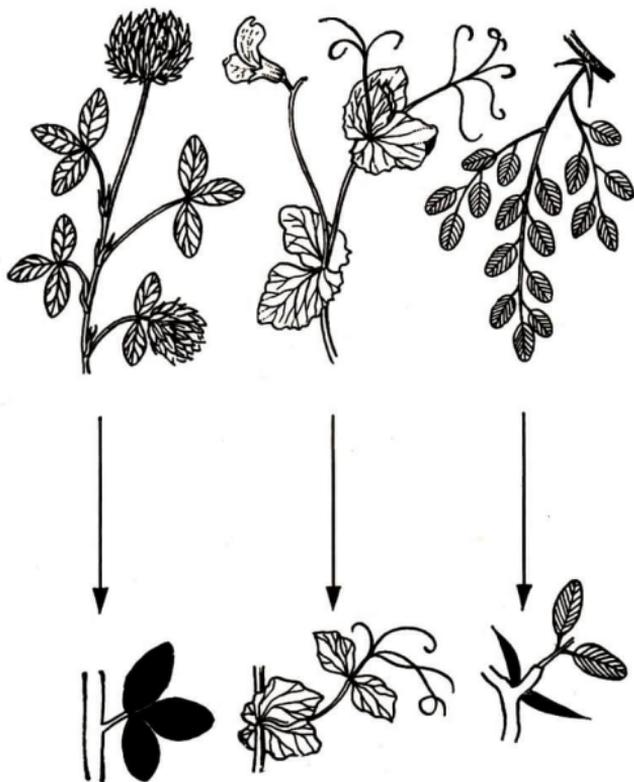


Abb. 49/1
Homologe Organe bei
Pflanzen

maßenskelett besaßen. Selbst die Quastenflosser, die den Übergang vom Wasser zum Land in der Entwicklung der Tierwelt vollzogen (s. S. 60), besaßen einen Oberarmknochen, zwei Unterarmknochen und die Handwurzelknochen (Abb. 47/1).

Die Schwimmblase der Fische und die Lunge der landlebenden Wirbeltiere sind ebenfalls homologe Organe. Sie sind Ausstülpungen des Vorderarms, haben einen gleichen Ursprung, aber völlig verschiedene Funktionen; sie weisen auf die stammesgeschichtliche Verwandtschaft der Wirbeltiere hin (Abb. 48/1).

Auch bei Pflanzen treten homologe Organe auf (Abb. 49/1).

Analoge Organe

Es gibt Organe, die im äußeren Bau sehr ähnlich sind, so daß man zunächst bei vergleichender Betrachtung eine Verwandtschaft der Organismen vermuten könnte. Die vorderen Gliedmaßen des Maulwurfs und der Maulwurfsgrille zeigen äußerlich große Ähnlichkeiten (Abb. 50/1). Die Tiere sind aber nicht verwandt. Der Maulwurf ist ein Säugetier, die Maulwurfsgrille ein Insekt. Ihre Gliedmaßen haben einen völlig verschiedenen Ursprung. Die Maulwurfshand ist ein Teil des Skeletts, die Grabschaufel der Maulwurfsgrille eine Hautausstülpung. Ihre äußerliche Ähnlichkeit ist auf die Anpassung an gleiche Umweltverhältnisse und gleiche Funktionen zurückzuführen. Beide Tiere leben in der Erde und graben mit den Gliedmaßen Gänge. Durch diese Funktion wurde die bei den Vorfahren des Maulwurfs ausgebildete fünfstrahlige Vorderextremität im Verlaufe der Evolution umgebildet. Aus der Funktion ist auch die Ausbildung des schaufelförmigen Endabschnittes am Vorderbein der Maulwurfsgrille zu erklären.

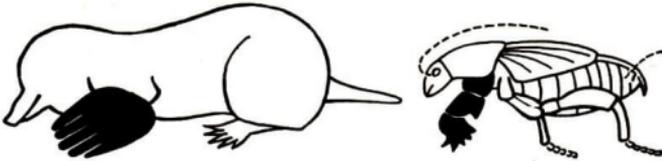


Abb. 50/1 Vergleich der Vordergliedmaßen bei Maulwurf und Maulwurfsgrille

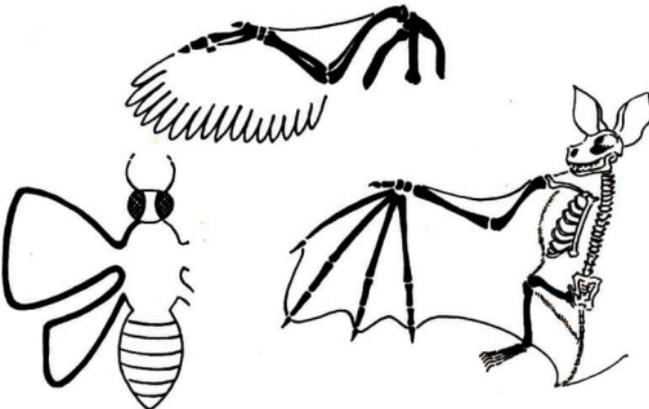
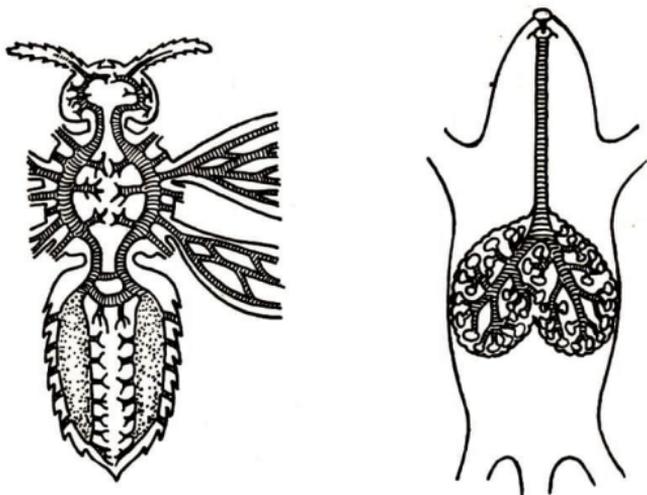


Abb. 50/2 Flügelbildungen verschiedener Tiere

Abb. 51/1
Vergleich der Tracheen
und Lungen



Organe, die auf Grund gleicher oder ähnlicher Funktionen oder als Angepaßtheit an gleiche Umweltbedingungen eine ähnliche äußere Gestalt aufweisen, aber verschiedenen Ursprung haben, sind analoge Organe. (17)

Aus dem Vorhandensein analoger Organe kann man keine stammesgeschichtliche Verwandtschaft der Organismen ableiten. Analoge Organe zeigen hingegen, welchen Einfluß die Umwelt auf den Organismus im Verlaufe seiner stammesgeschichtlichen Entwicklung ausgeübt hat.

Ein weiteres Beispiel für analoge Organe sind die Flügelbildungen verschiedener Tiergruppen (Abb. 50/2). (18)

Bei Insekten, Vögeln und Fledermäusen dienen die Flugflächen der Fortbewegung in der Luft. Sie sind als Anpassung an die Funktion des Fliegens in Form einer Tragfläche gestaltet. Ihrem Ursprung nach gehen sie aber aus völlig verschiedenen Anlagen hervor. (19)

Auch die Atmungsorgane der Insekten und der landlebenden Wirbeltiere sind analoge Organe (Abb. 51/1).

Analoge Organe treten auch bei Pflanzen auf. Die Ranken verschiedener Pflanzen sind oft analog. Sie können aus der Sproßachse (Wein), aus Nebenblättern (Platt-erbse) oder Blatteilen (Saat-Erbse) entstehen.

Rudimentäre Organe

Oft bilden sich bei Tieren und Pflanzen im Verlaufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung einzelne Organe teilweise oder gänzlich zurück und sind nur noch als Rest vorhanden. Solche Organreste nennt man rudimentäre Organe (Rudimente).

Sie zeigen die Abstammung von solchen Tier- oder Pflanzensippen an, bei denen die Organe noch vollständig erhalten sind.

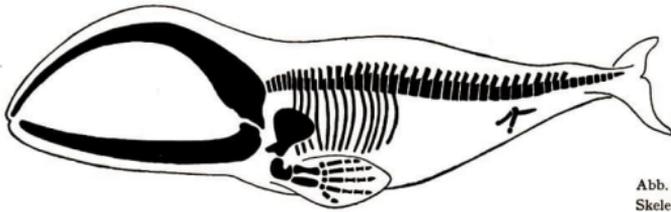


Abb. 52/1
Skelett eines Grönlandwals

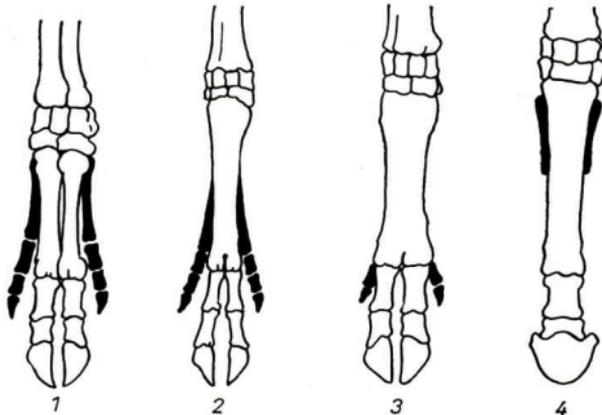


Abb. 52/2 Fußskelette
(1 = Schwein, 2 = Reh,
3 = Schaf, 4 = Pferd)

- 20 Die Blindschleiche bewegt sich schlängelnd ohne Gliedmaßen fort. 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.
- 21 Wale besitzen keine Hintergliedmaßen, aber im Skelett sind Reste der Beckenknochen vorhanden (Abb. 52/1). Diese rudimentären Organe zeigen, daß 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 bezeugen (Abb. 52/2).

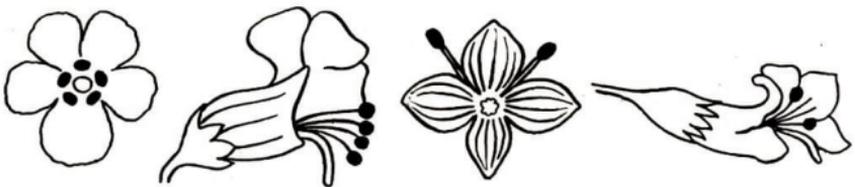


Abb. 52/3 Staubblattentwicklung verschiedener Braunwurzgewächse (Königskerze, Löwenmaul, Ehrenpreis, Gnadenkraut)

Ähnliche Verhältnisse sind auch bei Pflanzen bekannt. Die Braunwurzgewächse beispielsweise zeigen Rückbildungen der Staubblätter und das Auftreten von Rudimenten (Abb. 52/3).

Der fossile Befund

Die Fossilien und ihre Entstehung

Seit etwa 2 Milliarden Jahren gibt es auf der Erde Lebewesen. Ein besonderer Zweig der Naturwissenschaften, die Paläontologie, die eine Mittelstellung zwischen der Biologie und der Geologie einnimmt, erforscht die Spuren der Lebewesen vergangener Zeitalter. Der Paläontologe ist bei seinen Untersuchungen auf Reste dieser Lebewesen angewiesen, die meist mehrere Millionen Jahre alt sind. Diese Reste genügen jedoch, daraus die einstigen Lebewesen zu rekonstruieren. Anhand der zeitlichen Abfolge solcher Funde erhalten die Paläontologen einen immer vollständigeren Überblick über die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten.

Tote Tiere und Pflanzen werden durch die Tätigkeit anderer Organismen, vor allem durch die Bakterien, schnell zerstört. Unter besonderen Bedingungen jedoch können Knochen, Schalen und sogar Weichteile erhalten bleiben, die dann im Gestein gefunden werden können. Diese Zeugen eines ehemaligen Lebens bezeichnet man als **Fossilien**. Fossilien mit erhaltenem Weichkörper gehören zu den größten Seltenheiten.

Im sibirischen Eis fand man **Mammulleichen**. Sie waren durch niedrige Temperaturen konserviert worden. An anderer Stelle entdeckte man ein vollständig erhaltenes wollhaariges Nashorn. Das Konservierungsmittel durchtränkte den Körper und bewirkte seine Erhaltung. Kleinere Lebewesen, besonders Insekten, sind oft im Bernstein eingeschlossen und wie in einem Glassarg erhalten (Einschlüsse).

Knochen, Zähne und andere **Hartteile** bleiben zuweilen erhalten, ohne daß nennenswerte chemische Veränderungen vor sich gegangen sind. Weitaus häufiger verändert sich jedoch im Verlaufe der Jahrmlionen ihre chemische Zusammensetzung (Kalk kann z. B. durch Kieselsäure ersetzt werden) oder die Hohlräume in den Hartteilen (z. B. bei ausgelaugten Knochen) werden von Fremdmaterial ausgefüllt (Versteinerungen). Je nach dem abgeschiedenen Material sprechen wir dann beispielsweise von verkieselten oder vererzten Fossilien (Abb. 53/1 u. 54/1).

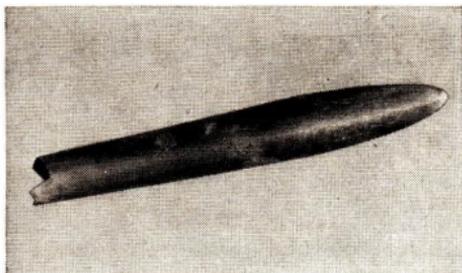


Abb. 53/1 Donnerkeil
Rest des Kalkskeletts der Belemniten

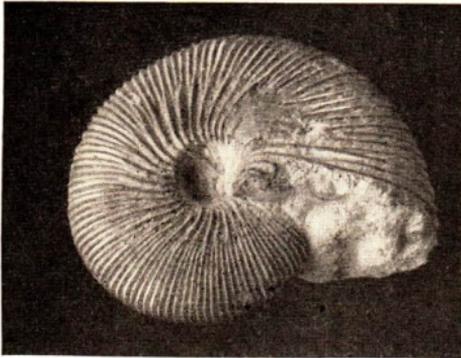
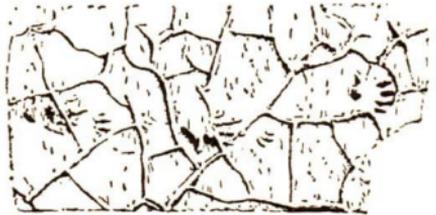


Abb. 54/1 Die Ammoniten lebten in den Meeren des Erdaltertums und des Erdmittelalters. Sie schieden ein kalkiges Außenskelett ab, das spiralförmig aufgerollt und durch Kammerscheidewände gegliedert war. Sie gehören zu den Kopffüßern, zu denen wir auch die heute noch lebenden Tintenfische zählen

Abb. 54/2 Fährte eines Sauriers (*Chirotherium*) im Sandstein des Trias



Von Organismen, die keine Hartteile besitzen, sind manchmal Abdrücke erhalten geblieben. Diese Organismen wurden, bevor sie völlig zerstört waren, vom Schlamm überdeckt, der sich nachträglich verfestigte. So entstand von ihnen eine Negativform, die auch erhalten blieb, nachdem der abgeformte Körper bereits zerstört war. Auch von Hartteilen sind derartige Abdrücke bekannt. Besonders interessant sind Abdrücke, die von sich fortbewegenden Tieren erzeugt wurden. So kennen wir fossile Fährten von den verschiedensten Tiersippen, die uns Auskunft über deren Lebensweise geben können (Abb. 54/2).

23

Die Gliederung der Erdgeschichte

Schon sehr früh hat man damit begonnen, die viele Millionen Jahre umfassende Erdgeschichte in bestimmte Zeitabschnitte, in **Systeme**, zu gliedern. Diese Systeme wurden einerseits zu **Zeitaltern** zusammengefaßt, andererseits in noch kleinere Zeitabschnitte untergliedert (Abb. 55/1). Jeder Zeitabschnitt ist durch besondere Fos-

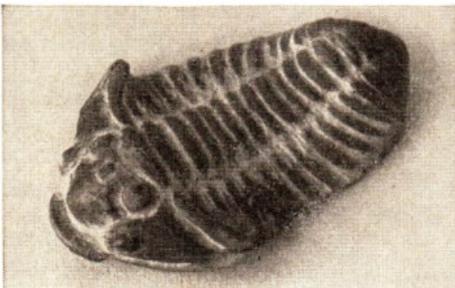


Abb. 54/3 Trilobit (Dreilapper)
Die Trilobiten sind ausgestorbene Gliederfüßer (*Arthropoda*) des Erdaltertums. Ihr Körper wurde von einem Skelett umgeben. Es zeigt eine deutliche Gliederung in Kopfschild, Rumpf und Schwanzschild (Name!)

Erdneuzeit	Quartär (1)						Erstes Auftreten des Menschen.
	Tertiär (70)					Säugetiere	Bedecksamer und Nachtsamer herrschen vor. Säugetiere und Vögel entfalten sich sehr stark.
Erdmittelalter	Kreide (135)					Vögel Säugetiere	Die ersten sicheren Bedecksamer treten auf. Am Ende der Kreide erlöschen die Riesensaurier. Von den Wirbellosen erlöschen die vorher reich entfaltenen Ammoniten und Belemniten.
	Jura (180)	Kieferlose				Kriechtiere	Die reiche Pflanzenwelt wird vor allem von Nachtsamern gebildet. Unter den Weichtieren der Meere großer Formenreichtum. Die Kriechtiere erobern Land, Wasser und Luft (Abb. 56/1). Unter ihnen entwickeln sich gewaltige Riesensaurier. Aus den Kriechtieren entwickeln sich die ersten Vögel.
	Trias (220)			Amph.			Die Nachtsamer entwickeln sich weiter. In den Meeren sind Kalkalgen weit verbreitet. Unter den Kriechtieren Formen mit Säugetierähnlichkeiten. Von diesen leiten sich die ersten, nur rattengroßen Säugetiere in der Trias ab.
Erdaltertum	Perm (270)			Lurche			Höhere Sporenpflanzen gehen zurück. Unter den Nachtsamern erlangen die Ginkgogewächse und die Nadelhölzer Bedeutung. Eine Reihe altzeitlicher wirbelloser Tiere stirbt aus. Die Kriechtiere entfalten sich weiter.
	Karbon (350)		Panzerfische Knorpelfische Knochenfische				Große Formenmannigfaltigkeit der höheren Sporenpflanzen. Aus ihnen entstehen die ersten Nachtsamer. Aus den Lurchen entwickeln sich primitive Kriechtiere.
	Devon (400)						Aus den Nachtsprossern entstehen höhere Sporenpflanzen: Schachtelhalme, Farne und Bärlappe. Knorpel- und Knochenfische erscheinen erstmalig. Von den Knochenfischen erobern die Quastenflosser das Festland. Auftreten der ersten Lurche.
	Silur (430)						Pflanzen (Nachtsprosser, Urlandpflanzen; Abb. 57/1) und Tiere (Tausendfüßer und Skorpione) erobern das Festland, sind aber noch auf schmale Küstenstreifen beschränkt. Erstes Auftreten von Panzerfischen.
	Ordovizium (490)						Grün- und Rotalgen im Meer. Neben reich entwickelter Wirbelloser-Fauna erscheinen die ersten Wirbeltiere in Form der Kieferlosen, von denen die Rundmäuler (z. B. Neunauge) noch heute vorkommen.
	Kambrium (600) ^x						Pflanzen und Tiere auf das Meer beschränkt. Verschiedene Algen und alle Stämme der wirbelloser Tiere entwickelt. Im Gegensatz zur Erdfrühzeit zahlreiche Fossilien.

Erdfrühzeit (älteste Gesteine ~ 3400)
Erdurzeit (Sternzeitalter der Erde) •

Alter des Lebens etwa 2 Milliarden Jahre. Aus der Erdfrühzeit nur wenige fossile Reste bekannt, sicher aber schon verschiedene wirbellose Stämme und niedere Pflanzen vorhanden.

Abb. 55/1 Systemtabelle (x in Mill. Jahren)

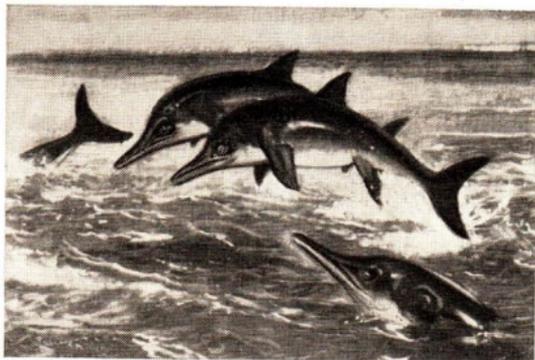
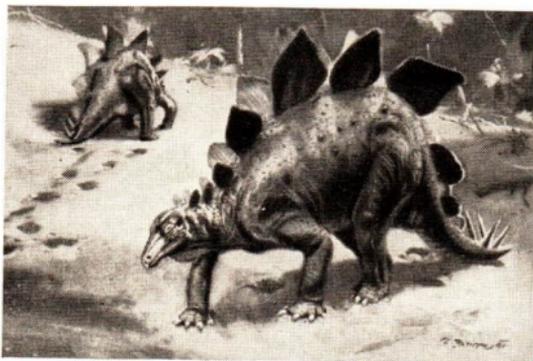


Abb. 56/I Saurier

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

Die meisten Entwicklungslinien der Saurier erlöschten an der Grenze Erdmittelalter/Erdneuzeit. Über die Ursachen dieses Aussterbens ist noch wenig bekannt. Örtlich begrenzte Einflüsse können dafür nicht in Frage kommen, da die Saurier verschiedene Lebensräume der ganzen Erde besiedelt haben. Heute sucht man die Ursachen zum Teil in kosmischen Strahlungen.

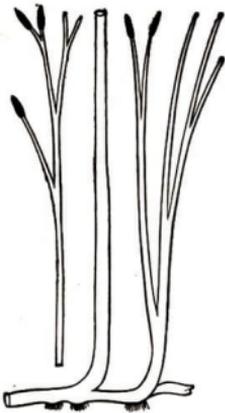
Wasserbewohner: Viele Saurier waren an das Wasserleben angepaßt, beispielsweise der *Stenopterygius*. Der schlanke, tropfenförmige Körper dieser Form erinnert an den heutigen Delphin. Dieser Körper fand im Wasser nur wenig Widerstand.



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.



Flugsaurier: Mehrere Gattungen der Saurier bevölkerten auch den Luftraum. Bei *Rhamphorhynchus* spannte sich die Flughaut zwischen den Vordergliedmaßen (die je einen stark verlängerten Finger besaßen) und dem Körper aus. Der lange Schwanz trug an seiner Spitze ein kleines Segel, das zur Steuerung benutzt wurde.



silien gekennzeichnet. Dadurch ist der Paläontologe in der Lage, auf Grund der im Gestein eingeschlossenen Fossilien Aussagen über das Alter der Gesteine und ihres Fossilinhalts zu machen. Die zu den Gliederfüßern gehörenden Dreilapper (Trilobiten) kommen beispielsweise nur im Erdaltertum (Paläozoikum) vor (Abb. 54/3). Im Erdmittelalter treten die ersten primitiven Säugetiere auf. Finden wir also Säugetierknochen in einer Gesteinsschicht, dann kann diese Schicht nicht vor dem Erdmittelalter (Mesozoikum) gebildet worden sein. Tierische und pflanzliche Fossilien, die in einem verhältnismäßig engbegrenzten Zeitabschnitt der Erdgeschichte auftreten, nennt man **Leitfossilien**. Ihre Zahl geht in die Tausende, und immer wieder werden neue ermittelt.

(25)

(26)

Abb. 57/1 Rhynia. Eine Urandpflanze aus dem Devon

Übergangsformen

Die Fossilien unterscheiden sich oft beträchtlich von den heute lebenden (rezenten) Organismen. Zuweilen finden wir in einer Form Merkmale vereinigt, die heute nur bei verschiedenen Organismengruppen vorkommen (z. B. Kriechtier- und Vogelmerkmale). Dabei handelt es sich um Zwischen- oder Übergangsformen, die, wenn auch außerordentlich selten, für die Stammesgeschichte von größter Bedeutung sind. Sie belegen die Phasen der Entwicklung, in denen ein neuer Bauplan aus einem alten entstanden ist.

Die Urvögel

In der Umgebung von Solnhofen werden Plattenkalke des Oberjura für Bauzwecke abgebaut. Diese Kalke sind reich an schönen Fossilien. Nachdem man bereits 1860 in den Kalken eine fossile Vogelfeder gefunden hatte, wurden 1861, 1877 und 1956 je ein Abdruck eines Urvogels gefunden. Der Fund von 1877 befindet sich im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität Berlin (Abb. 58/1) und wurde seinerzeit für 20 000 Mark angekauft.

Die Urvögel (Gattung *Archaeopteryx*) haben bereits ein Federkleid besessen, das ihre Zuordnung zu den Vögeln sichert. Daneben treten aber auch Merkmale auf, die den heutigen Vögeln fehlen. Im Unter- und Oberkiefer dieser Tiere saßen kegelförmige Zähne, während bei keinem lebenden Vogel Zähne entwickelt sind (Abb. 59/1). Alle Knochen der Vordergliedmaßen sind bei unseren heutigen Vögeln mit in die Flügel einbezogen (s. Abb. 47/1). Die *Archaeopteryx* besaß dagegen am Flügelvorderrand noch 3 freibewegliche Finger, die vermutlich als Greiforgan beim Klettern benutzt wurden. Der Schwanz unserer Vögel wird durch lange Schwanzfedern nur vortäuscht (z. B. Fasan). *Archaeopteryx* besaß einen echten, aus 20 bis 21 Wirbel bestehenden Schwanz, an dem beiderseits Federn angesetzt waren (Abb. 58/1 u. 59/1).

Diese Eigenheiten im Bau der Urvögel sind Merkmale, die wir ähnlich ausgebildet bei den Kriechtieren (*Reptilia*) wiederfinden. Die Vorfahren der *Archaeopteryx* waren

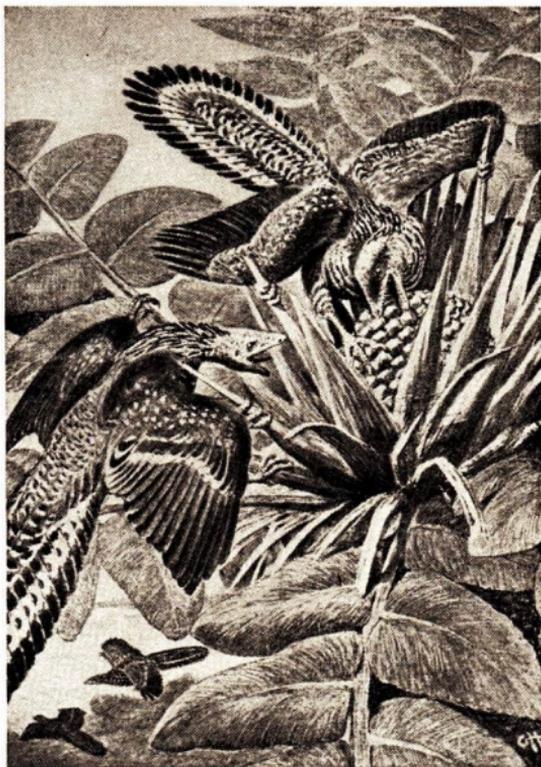


Linke Seite:

Abb. 58/1 Dieser Abdruck des Urvogels *Archaeopteryx* wurde 1877 in den Solnhofener Plattenkalken gefunden. Er befindet sich heute im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin

Rechts:

Abb. 59/1 Der Urvogel *Archaeopteryx* in seinem Lebensraum



echte Kriechtiere. Sie waren klein und zierlich, mit Schuppen bedeckt und liefen aufrecht auf den Hinterbeinen. Ihr Lebensraum waren felsige Gebiete der Jurazeit. In der weiteren Entwicklung haben sich die Schuppen zu Federn umgewandelt. *Archaeopteryx* lebte im Astwerk der Bäume. Sie war sicher kein guter Flieger. Ihre Fortbewegung im Luftraum war ein Flatterflug. Die Befiederung, die Ausbildung der Hintergliedmaßen (s. Abb. 59/1), die Kopfform und die zum Teil hohlen Knochen geben uns den Hinweis, daß die *Archaeopteryx* bereits ein echter Vogel war. Die Kriechtiermerkmale erinnern an die direkten Vorfahren.

27

Der Übergang vom Fisch zum Landwirbeltier

Fische sind uns aus vielen Ablagerungen des Erdaltertums bekannt. Die Skelettmerkmale der ersten Landwirbeltiere, der Lurche, deuten einwandfrei darauf hin, daß sie sich aus bestimmten fossilen Fischen entwickelt haben.

Der Übergang vom Wasser- zum Landleben wurde vor allem durch Änderungen im Bau der Atmungsorgane sowie der Gliedmaßen ermöglicht. An die Stelle der Kiemenatmung trat die für das Landleben der Wirbeltiere unerläßliche Lungen-

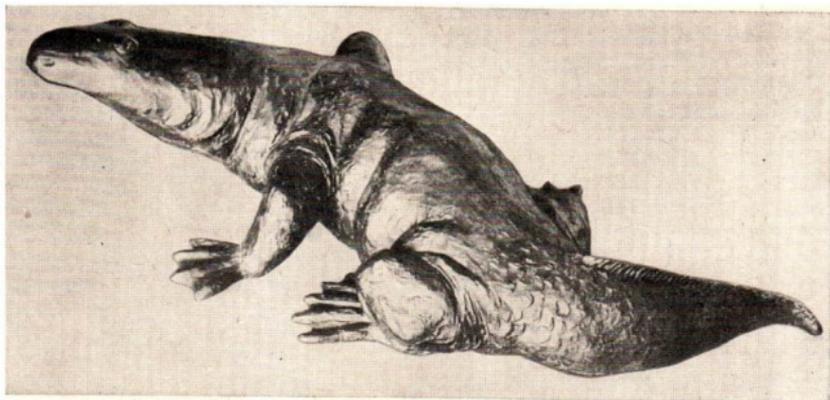


Abb. 60/1 Rekonstruktion eines urtümlichen Lurchs

atmung; die Brust- und Bauchflossen bildeten sich in Gliedmaßen um, die eine Fortbewegung auf dem Lande ermöglichten (Abb. 60/1).

Als Vorfahren der Lurche können wir eine bestimmte Fischgruppe, die Quastenflosser, ansehen (Abb. 60/2 u. 61/1). Ihren Namen verdanken sie ihren eigenartigen, quastenförmigen Flossen. Beim Vergleich des Flossenskeletts der Quastenflosser mit den Gliedmaßen der Landwirbeltiere finden wir Ähnlichkeiten (s. Abb. 47/1). Ein einzelner, kräftiger Knochen steht mit dem Schultergürtel in Verbindung; ihm entspricht der Oberarmknochen der Landwirbeltiere. Zwei weitere Knochen entsprechen Elle und Speiche. Auf diese Längsachse folgt eine Reihe von Knochenstrahlen, die einzeln zwar nicht den Handknochen der Landwirbeltiere entsprechen, deren gesetzmäßige Anordnung aber bereits die Weiterentwicklung zum strahligen Hand- oder Fußskelett der Landwirbeltiere andeutet. Auch die Anordnung der Schädelknochen bei den urtümlichen Lurchen verrät deutlich ihre Herkunft von den Quastenflossern.

Wenn durch starke Sonneneinstrahlung und Mangel an Niederschlägen die Binnengewässer, in denen die Quastenflosser lebten, austrockneten, mußten die Tiere ersticken. Ein Teil von ihnen

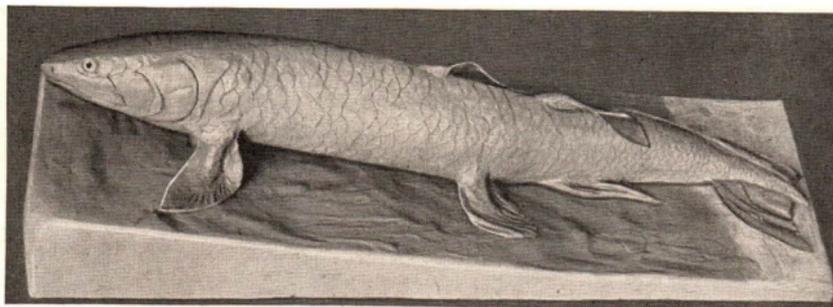
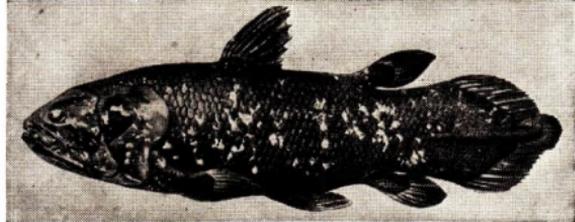


Abb. 60/2 Rekonstruktion eines Quastenflossers. Die Flossen ermöglichen bereits eine Fortbewegung auf dem Land

war jedoch in der Lage, mit Hilfe von Ausstülpungen des Vorderdarms vorübergehend atmosphärische Luft zu atmen. Ihre kräftigen paarigen Flossen gaben ihnen außerdem die Möglichkeit, auf dem Festland an neue Wasseransammlungen zu gelangen. Diese Wanderungen über das Land waren vermutlich die Ursache dafür, daß sich die Flossen zu Gehwerkzeugen umbildeten.

Bis vor nicht allzu langer Zeit nahm man an, daß die Quastenflosser bereits in der Oberkreide vollkommen ausgestorben seien. Umso überraschter war man, als man 1938 im Indischen Ozean an der südafrikanischen Küste einen 1,50 m langen rezenten Quastenflosser erbeutete. Inzwischen sind noch weitere Exemplare hinzugekommen (Abb. 61/1). Nunmehr können die Erkenntnisse, die man an den fossilen Formen gewonnen hat, an lebenden Formen ergänzt und überprüft werden.

Abb. 61/1
Heute lebender Quastenflosser
aus dem Indischen Ozean



Entwicklungsreihen

Die Entwicklung des Pferdes

Die Pferde bilden eine Tiergruppe, deren Geschichte von den Paläontologen sehr genau erforscht werden konnte. Die heute wild lebenden Pferde sind ausgezeichnet an ihre Umwelt angepaßt. Das können wir an der Lebensweise des Zebras, eines Verwandten des Hauspferdes, erkennen. Das Hauspferd selbst wollen wir in unsere Betrachtungen nicht einbeziehen, da seine Umwelt von Menschen geformt wird. Im Körperbau weisen Pferde und Zebras keine wesentlichen Unterschiede auf. Die Zebras besiedeln die weiten Steppengebiete Afrikas. Ihre Nahrung besteht aus harten Steppengräsern. Hohe Zahnkronen und eine Einfaltung des Zahnschmelzes wirken der mit der Nahrung verbundenen schnellen Abnutzung der Zähne entgegen. Seinen Feinden entzieht sich das Zebra durch die Flucht. In Anpassung an das schnelle

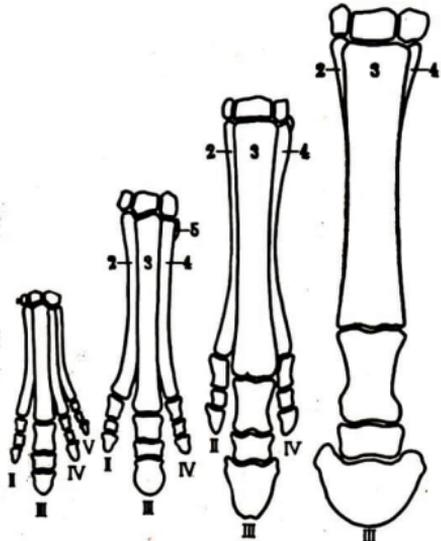
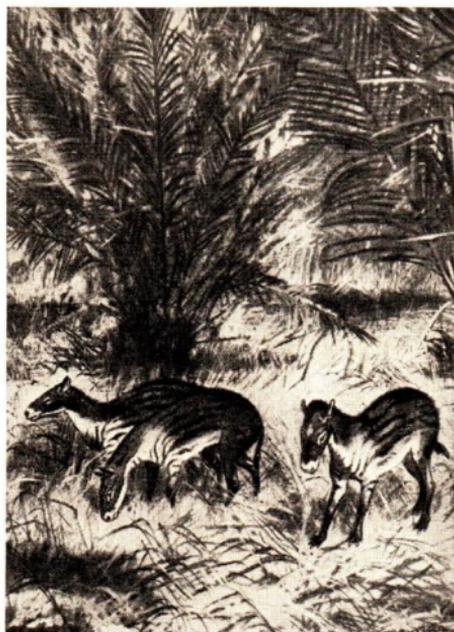


Abb. 61/2 Entwicklungsreihe des Pferdefußes. Links Fußskelett der ältesten Form (*Hyracotherium*), rechts Fußskelett unseres Hauspferdes. Die arabischen Ziffern bezeichnen die Mittelfußknochen, die römischen Ziffern die Zehen. Beim Hauspferd sind von den Mittelfußknochen 2 und 4 nur noch Reste als „Griffelbeine“ erhalten geblieben

Laufen ist die Berührungsfläche zwischen Fuß und Erdboden besonders klein. Nur noch die Spitze einer Zehe berührt den Boden (Abb. 61/2).

Das heute lebende Pferd hat eine Geschichte von vielen Millionen Jahren. In den Ablagerungen der Tertiärzeit fand man in Nordamerika und Europa Knochen und vollständige Skelette von Vorfahren der Pferde. Man konnte feststellen, daß sich das Pferd im Verlaufe seiner Entwicklung stark verändert hat. Kurz nach Beginn der Erdneuzeit gab es in Nordamerika ausgedehnte Sumpfwälder mit saftigen Pflanzen. Hier lebte ein kleiner, nur 25 cm hoher Vorfahre unseres heutigen Pferdes (Abb. 62/1). Dieses „Urpferdchen“ fraß weiches, saftiges Laub. Es nutzte sein Gebiß kaum ab. Die Backenzähne besaßen eine nur niedrige Krone. Die Vorderfüße berührten noch mit vier Zehen, die kleine Hufe trugen, den Boden. Die fünfte Zehe war stark verkümmert. Die Hinterfüße berührten nur noch mit drei Zehen den Boden. Die Weiterentwicklung dieses „Urpferdchens“ ist durch viele Fossilien belegt. Deutlich ist eine Größenzunahme zu erkennen (Abb. 63/1). Die Rückbildung der Zehen schreitet weiter fort. Über dreizehige Formen führt die Entwicklung zu einer immer weiteren Rückbildung der beiden Seitenzehen. Die Mittelzehe trägt die Hauptlast des Körpers. Übrig bleiben schließlich nur noch die kräftig behuften Mittelzehen und, wie wir es an unserem Hauspferd beobachten können, die als „Griffelbeine“ bezeichneten Reste der zweiten und vierten Zehen (Abb. 61/2).

28 Nur ein Teil der Laubfresser stellte sich auf die härtere Grasnahrung um. Ein anderer Teil blieb bei der Laubnahrung. Diese Formen existierten mindestens noch 25 Millionen Jahre, um erst gegen Ende des Tertiärs auszusterben (Abb. 63/1).



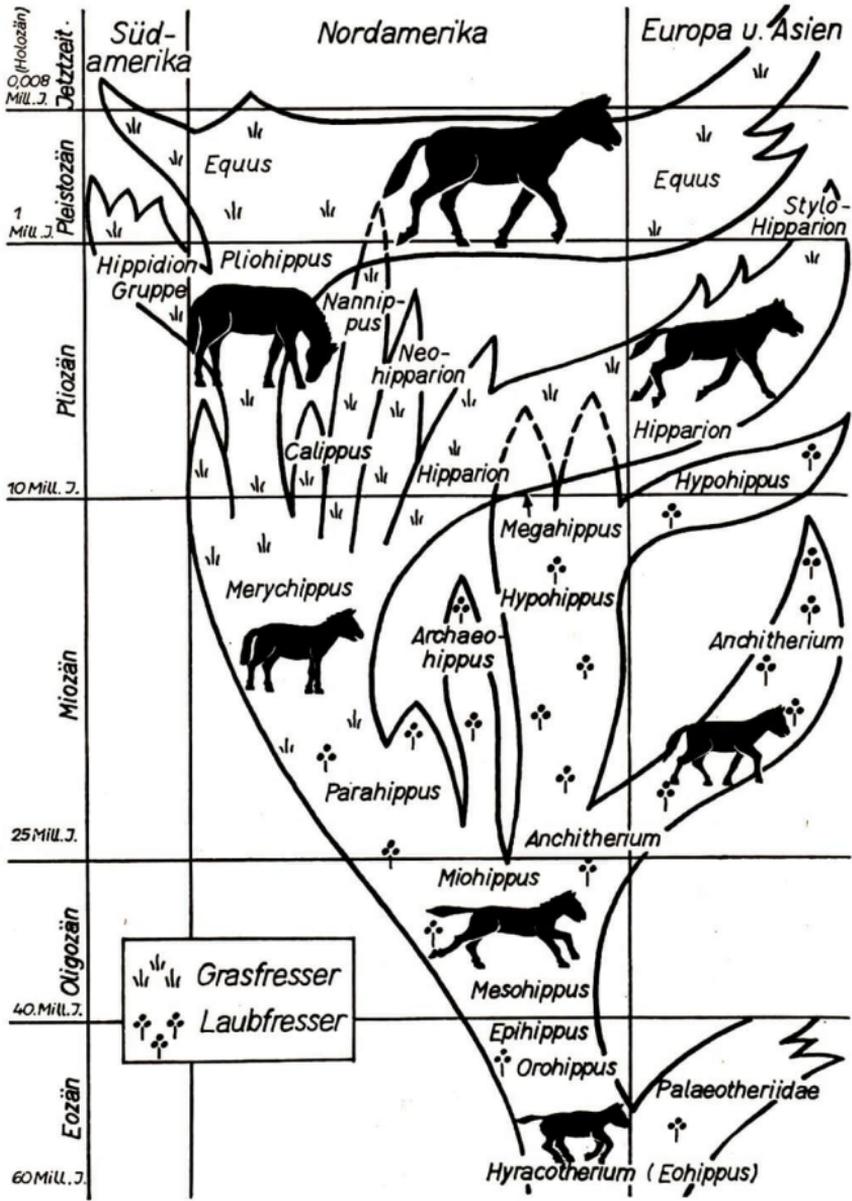
Die Größenzunahme in der Pferdereihe ist nicht als außerordentlich zu bezeichnen; auf die Dauer des Tertiärs umgerechnet, ist sie nicht sonderlich groß. Die Zunahme der Körpergröße des Menschen von der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis heute beträgt mehr als das 50000fache im Vergleich zur Größensteigerung in der Pferdereihe.

Links:

Abb. 62/1 Das „Urpferdchen“ *Hyracotherium*

Rechte Seite:

Abb. 63/1 Stammbaum des Pferdes



Abstammung und Entwicklung des Menschen

Zahlreiche Fossilfunde sowie eingehende Vergleiche zwischen dem Menschen und den heute noch lebenden Tieren lassen eindeutig erkennen, daß der Mensch nicht plötzlich durch einen Schöpfungsakt auf die Erde gekommen sein kann. Nach dem heutigen Stand der anthropologischen Forschung kann auch nicht mehr angenommen werden, daß sich der Mensch völlig unabhängig vom Tierreich entwickelt habe. 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 heute zwischen dem Menschen und den Tieren bestehen, lassen nur eine Erklärung zu: Der Mensch hat sich aus dem Tierreich heraus entwickelt.

Die Stellung des Menschen im Organismenbereich

Im zoologischen System gehört der Mensch zur Ordnung der Herrentiere (*Primates*). Diese ist ein Teil der Klasse der Säugetiere (*Mammalia*), des Unterstammes der Wirbeltiere (*Vertebrata*) und des Stammes der Chordatiere (*Chordata*). Diese systematische Zuordnung entspricht auch der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen. Unsere nächsten tierischen Verwandten haben wir demnach unter den Primaten zu suchen.



Abb. 64/1 Spitzhörnchen (Halbaffe)

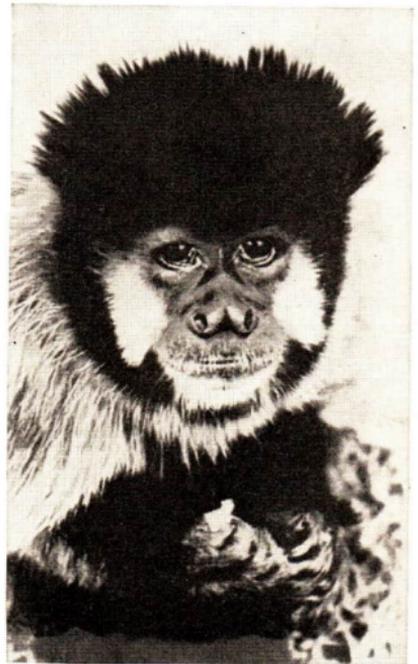
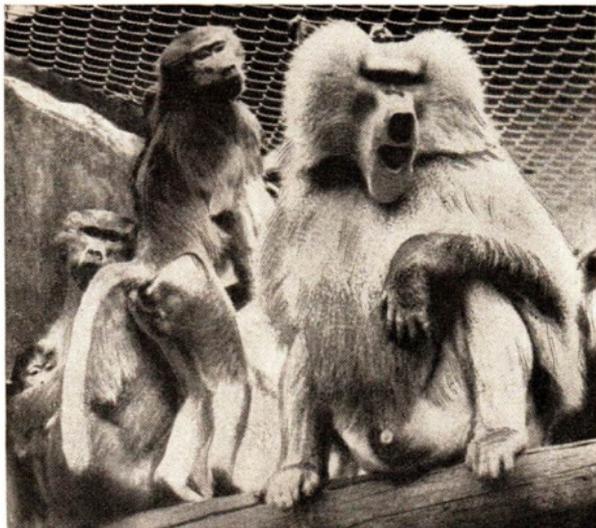


Abb. 64/2 Kapuzineraffe (Plattnasenaffe)



Von den Primaten haben sich im frühen Tertiär zunächst die Halbaffen aus insektenfresserartigen Säugetieren entwickelt. Noch heute leben in Indien, Indochina und China die unserem Eichhörnchen ähnlichen Spitzhörnchen (Abb. 64/1), die sowohl Merkmale der Insektenfresser als auch der Halbaffen aufweisen. Im Verlaufe der weiteren Entwicklung sind aus den Halbaffen (*Prosimiae*) die echten Affen (*Anthropoidea*) hervorgegangen.

Die echten Affen werden in Neuwelt- oder Plattnasenaffen und in Altwelt- oder Schmalnasenaffen unterteilt. Die Plattnasenaffen, zu denen unter anderen der Brüllaffe und der Kapuzineraffe (Abb. 64/2) gehören, besitzen eine breite Nasenscheidewand, und die Nasenlöcher sind nach der Seite gerichtet. In jeder Hälfte des Ober- und Unterkiefers haben sie drei Vormahlzähne. Bei den Schmalnasenaffen dagegen ist – wie beim Menschen – die Nasenscheidewand schmal, und die Nasenlöcher sind nach unten gerichtet. In jeder Kieferhälfte stehen zwei Schneidezähne, ein Eckzahn, zwei Vormahl- und drei Mahlzähne. Die Plattnasenaffen haben sich im tropischen Amerika entwickelt. Sie kommen als Vorfahren des Menschen nicht in Betracht. Dagegen bestehen enge Verwandtschaftsbeziehungen zwischen dem Menschen und den Schmalnasenaffen.

Die Schmalnasen werden im zoologischen System in die Tier- oder Hundsaften und in die Menschenaffen und Menschen (*Hominioidea*) unterteilt. Die Tieraffen, zu denen die Paviane (Abb. 65/1), Meerkatzen, Makaken und Rhesusaften 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 heute in Europa keine Affen mehr in freier Wildbahn.

Die heute am höchsten entwickelten Primaten sind die drei Menschenaffen (Abb. 66/2) und der Mensch. Die in den Wäldern Indonesiens lebenden, extrem langarmigen Gibbons gehören nur im weiteren Sinne zu den Menschenaffen, da sie sich in mancher Hinsicht von ihnen unterscheiden. Zu den Menschenaffen werden der auf Borneo und Sumatra heimische Orang Utan sowie der Schimpanse (Abb. 66/1) und der Gorilla gezählt,

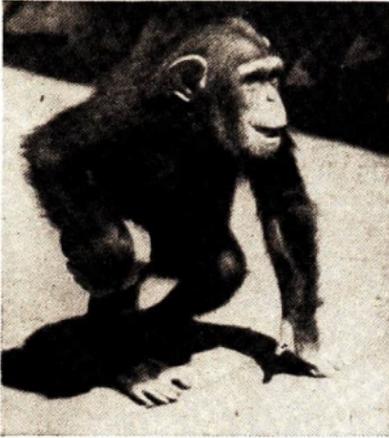
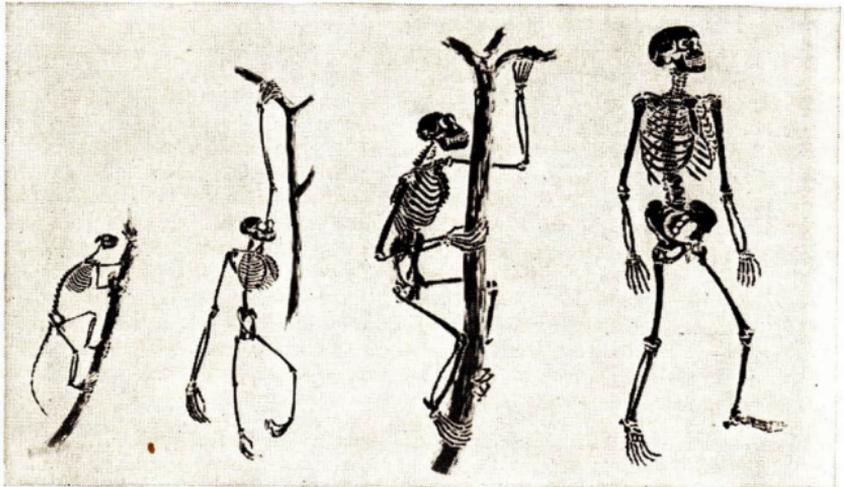


Abb. 66/1 Schimpanse (Menschenaffe)

die beide in Äquatorialafrika leben. Obwohl von allen Primaten die Menschenaffen in ihrem Körperbau die meisten Übereinstimmungen mit dem Menschen aufweisen, sind die heute lebenden Menschenaffen nicht die Vorfahren des Menschen. Die Menschenaffen und der Mensch haben sich aus einer gemeinsamen Ahnenform entwickelt. Ein genauer Vergleich des Menschen mit den heute lebenden Tieren und die ausführliche Untersuchung der fossilen Primatenfunde ergeben, daß in diesem Sinne ein enges Verwandtschaftsverhältnis vorliegen muß. Die ursprüngliche Übereinstimmung wurde nach der stammesgeschichtlichen Trennung der zu den heutigen Menschenaffen und zum Menschen führenden Entwicklungslinien im Verlaufe der Zeit bis zu einem gewissen Grade aufgehoben, indem die gleichen Merkmale in ver-

29) schiedene Richtungen abgewandelt und verschiedene neue charakteristische Merkmale ausgebildet worden sind.

Besonders deutlich erkennt man diesen Prozeß, wenn man den Skelettbau des Menschen mit dem eines Menschenaffen (Abb. 66/2) vergleicht. So weist zum Beispiel die Wirbelsäule der Menschenaffen nur eine einfache Krümmung auf. Beim Menschen



Halbaffe

Gibbon

Schimpanse

Mensch

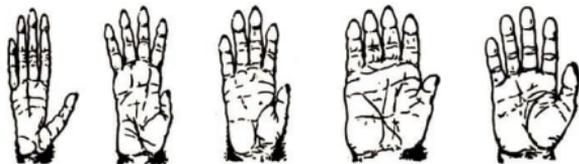
Abb. 66/2 Primatenskelette

ist sie doppelt S-förmig gekrümmt; dadurch wird ihre Elastizität 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 sie zusammen mit dem Kreuzbein einen schüsselähnlichen Ring bilden. Die unteren Extremitäten der Menschenaffen sind im Knie nach vorn und nach der Seite geknickt. Dadurch entstehen 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 infolge ihrer Anpassung an das Baumleben eine mehr oder weniger weitgehende Spezialisierung durchgemacht, die vor allem in einer Verlängerung der Hand und einer Rückbildung des Daumens besteht (Abb. 67/1). Im Zusammenhang mit den langen Armen wird die Hand dadurch zu einem sehr brauchbaren hakenartigen Kletterorgan, das sich hervorragend für eine schwingkletternde Fortbewegungsweise eignet. 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. 67/1).

30

Abb. 67/1 Hand von Gibbon, Orang, Schimpanse, Gorilla, Mensch (von links nach rechts)



Die biologischen und gesellschaftlichen Faktoren der Menschwerdung

Trotz der hochgradigen Anpassung der Menschenaffen an das Baumleben einerseits und der Ausbildung des aufrechten Ganges während der Stammesgeschichte des Menschen andererseits, ist im Körperbau der gemeinsame Grundbauplan im Prinzip erhalten geblieben, wie man unschwer bei einem Vergleich der Skelette eines Menschen und eines Menschenaffen erkennen kann. Zur gleichen Erkenntnis kommt man, wenn man andere Organe oder Organsysteme vergleichend untersucht. Immer wieder wird man dabei grundsätzliche Übereinstimmungen feststellen können, die sich teilweise sogar bis in feinste und komplizierteste Strukturen der Eiweißkörper erstrecken. Sie beweisen eindeutig die enge Verwandtschaft zwischen dem Menschen und den Menschenaffen, da es nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen unmöglich ist, anzunehmen, daß eine solche Vielzahl von hochkomplizierten Merkmalen und Strukturen in verschiedenen Organismengruppen völlig unabhängig voneinander mehrmals entstanden ist. Die zwischen dem Menschen und den Menschenaffen bestehenden Unterschiede ergeben sich zwangsläufig daraus, daß sich ihr ursprünglich gemeinsamer Entwicklungsweg vor etwa 20 bis 30 Millionen Jahren in zwei von da ab voneinander isolierte Entwicklungslinien

getrennt hat. Die für den Menschen entscheidenden Entwicklungsschritte, die sich seit dieser Zeit vollzogen haben, waren das Erwerben der aufrechten Körperhaltung und das damit im Zusammenhang stehende Freiwerden der Hände von der Fortbewegungsfunktion, die beträchtliche Größenzunahme und Höherdifferenzierung des Gehirns, die Verlängerung der individuellen Kindheits- und Jugendphase, die zu einer Verlängerung der intensivsten Lernperiode im Leben des Menschen führte, die Herausbildung der Sprache und schließlich die zunehmende gesellschaftliche Arbeitsteilung und Differenzierung. Durch das dialektische Zusammenwirken dieser Faktoren entwickelte sich in zunehmendem Maße die Fähigkeit zur produktiven Arbeit, die es dem Menschen ermöglichte, unter den verschiedensten Umweltbedingungen zu existieren und immer aktiver und planmäßiger auf die ihn umgebende Natur einzuwirken. Der Mensch als gesellschaftliches und kulturschöpferisches Lebewesen unterscheidet sich qualitativ von allen anderen Organismen; sein Dasein wird nicht mehr allein von biologischen, sondern in hohem Maße außerdem von gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten bestimmt. Der Mensch hat sich zwar aus dem Tierreich entwickelt, er hat aber – vergleichbar mit dem dialektischen Entwicklungsschritt von der anorganischen zur organischen Materie – ein qualitativ höheres Niveau erreicht, das eine neuartige, außerordentlich komplizierte Struktur aufweist, deren Erforschung Aufgabe der Anthropologie und der Gesellschaftswissenschaften ist.

31

Fossile Zeugnisse der Menschwerdung

Planmäßige Forschungen und glückliche Zufälle haben zu einer ansehnlichen Zahl von Fossilfunden geführt, die alle wesentlichen Ergebnisse des Vergleichs von Mensch und heutigen Menschenaffen auf das eindrucksvollste bestätigen (s. Abb. 72/1 u. 73/1). Dabei haben derartige Funde eine ganz besondere Bedeutung. Sie sind unmittelbare Zeugnisse des stammesgeschichtlichen Entwicklungsprozesses und geben deshalb nicht nur Aufschluß über den Formenwandel, sondern auch über dessen Geschwindigkeit und die zeitliche Aufeinanderfolge der verschiedenen Formen, wodurch die Entwicklung überhaupt erst als Prozeß faßbar wird. Die meisten Funde bestehen allerdings nur aus Bruchstücken des Schädels oder anderen Teilen des Skeletts, teilweise sogar nur aus einzelnen Zähnen. Meist ist es jedoch möglich, auch aus ihnen weitgehende Schlüsse auf den gesamten Körperbau und die Lebensweise zu ziehen. Die Fossilfunde geben darüber hinaus äußerst wichtige Einblicke in die durch die geographische Lage, das Klima, die lebende und nichtlebende Umwelt und die kulturelle Entwicklung gegebenen damaligen Lebensumstände.

Die ältesten fossilen Menschenaffen

Die bisher ältesten fossilen Menschenaffen wurden in mittelmiozänen Ablagerungen Zentralafrikas gefunden. Es handelt sich um zahlreiche Fundstücke, die zu verschiedenen Formen gehören, die man unter der Bezeichnung **Proconsul-Gruppe** zusammenfaßt. Die kleinste Form war etwa so groß wie die heutigen Zwergschimpansen, während die größte die Körperhöhe des Gorilla erreichte. Die Schädel weisen keine Überaugenwülste auf, wie sie besonders beim Gorilla, Schimpansen und bei frühen Menschenformen zu beobachten sind. Die Kieferregion ragt weniger stark vor und die Eckzähne sind verhältnismäßig klein (Abb. 69/1). Die Tiere konnten sich ohne Zweifel auf den Bäumen geschickt bewegen, besaßen aber noch keine weitreichenden

körperlichen Spezialanpassungen an das Baumleben. Ihr Wohngebiet lag in einer Steppenlandschaft mit lichten Busch- und Baumbeständen und Wäldern an den Talhängen. In diesem Lebensraum bestanden außerordentlich günstige Voraussetzungen für den Übergang vom Baum zum Bodenleben. Es war so die Möglichkeit vorhanden, daß sich Angehörige der Proconsul-Gruppe einerseits ganz an das Baumleben anpaßten und zu den heutigen Menschenaffen weiterentwickeln konnten, während andere vollständig zum Bodenleben übergingen und damit die zum Menschen führende Entwicklung einleiteten. Die Proconsul-Gruppe gibt demnach eine Modellvorstellung von den Lebewesen, die an der entscheidenden Gabelungsstelle unserer Stammesgeschichte gestanden haben.

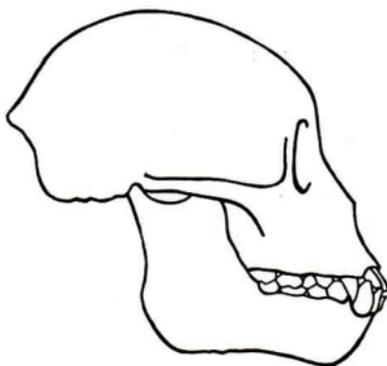


Abb. 69/1 Schädel eines Proconsuls

Über die weitere Entwicklung der Menschenaffen geben Fossilfunde nur sehr spärliche Auskunft. Es liegen zwar zahlreiche Funde vor, meist handelt es sich jedoch nur um Zähne und Kieferbruchstücke, die noch kein genaues Bild von der Entwicklung der einzelnen heute lebenden Menschenaffengattungen ergeben. Für die Abstammungsgeschichte des Menschen haben diese Funde aber ohnehin keine direkte Bedeutung mehr.

Fossilfunde aus der Tier-Mensch-Übergangsperiode

Aus dem späten Tertiär liegen bisher erst wenige Funde vor, die in die menschliche Entwicklungsreihe eingeordnet werden könnten oder dieser zumindest nahegestanden haben. Abgesehen von einigen erst in neuester Zeit entdeckten Funden, deren genauere zeitliche Einordnung gegenwärtig noch umstritten ist, sind die aus der Übergangsperiode vom Miozän zum Pliozän in Italien gefundenen Skelettreste (*Oreopithecus*) von Bedeutung. Der Bau der Wirbelsäule und die verhältnismäßig weit ausladenden Darmbeinschaukeln weisen auf einen zumindest zeitweiligen aufrechten Gang hin. Das Gebiß ist sehr menschenähnlich. Andererseits war das Gehirn noch verhältnismäßig klein. Die Aufrichtung des Körpers ist demnach der Größenzunahme und Höherdifferenzierung des Gehirns stammesgeschichtlich bis zu einem gewissen Grade vorausgegangen.

Nach den bisher vorliegenden Funden wurden die ersten Ansätze menschlicher Leistungsfähigkeit erst in der nachtertiären Periode, im Altpleistozän, erreicht. Wesentliche Kenntnisse aus dieser wichtigen Phase der Menschheitsentwicklung verdanken wir der Entdeckung der **Australopithecinen-Gruppe**, die vom frühen bis mittleren Pleistozän vor allem in Südafrika verbreitet war. Der Schädel wirkt in seinen Proportionen äffisch, doch ragt die Kieferpartie weniger weit vor. Der Überaugenwulst ist schwächer, das Hinterhaupt ist mehr ausgerundet als beim Schimpansen. Viele andere Merkmale sind noch menschenähnlicher, besonders das Gebiß mit seinen lückenlosen, bogenförmigen Zahnreihen, die von den Eckzähnen nicht überragt werden. Das nach der Mitte der Schädelbasis verlagerte Hinterhauptsloch

sowie die breiten, sehr menschenähnlichen Darmbeine ergeben eindeutig, daß die Australopithecinen aufrecht gegangen sind.

Die **Australopithecinen** (Abb. 70/1) bewohnten eine Baumsteppe. Zahlreiche Reste aufgeschlagener Knochen zeigen, daß sie selbst große und schnelle Antilopen gejagt und erlegt haben. Eine derartige Großwildjagd setzt ein sinnvolles, zielgerichtetes Zusammenwirken einer ganzen Horde voraus, was wiederum nur mit Hilfe gewisser lautlicher Verständigungsmöglichkeiten denkbar ist. Es wurden auch Funde gemacht, die als Knochengерäte gedeutet werden. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die Australopithecinen bereits Steinwerkzeuge herstellten.

Das Aussehen und die Lebensweise der Australopithecinen geben eine recht gute Vorstellung von der Phase der Menschheitsentwicklung, in der sich der Übergang vom Tier zum Menschen vollzogen hat. Allerdings haben sich die bisher bekannt gewordenen Australopithecinen nicht direkt zum heutigen Menschen weiterentwickelt, sondern stellen einen ausgestorbenen, verhältnismäßig späten Seitenzweig der Tier-Mensch-Übergangsperiode dar. Unsere direkten Vorfahren mußten den Entwicklungsstand der Australopithecinen spätestens in der Übergangszeit vom Tertiär zum Pleistozän erreicht haben. Diese Annahme ergibt sich unter anderem aus der Tatsache, daß bereits im Altpleistozän, also gleichzeitig mit den Australopithecinen, der dem heutigen Menschen wesentlich ähnlichere **Pithecantropus** existierte.

32

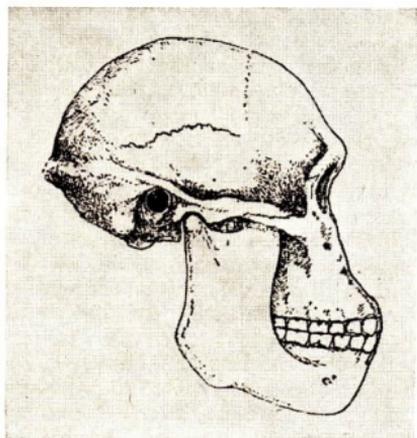


Abb. 70/1 Schädel eines Australopithecus



Abb. 70/2 Schädelrekonstruktion vom Pithecantropus

Die humane Periode

Im Altpleistozän gab es bereits echte Menschen. Sie gehörten zur **Pithecantropus-Sinanthropus-Gruppe**, von der zahlreiche Fossilreste vor allem in der Nähe von Peking (Chinamensch), auf der Insel Java (Javamensch), aber auch in Europa (Mauer bei Heidelberg) und in Nordafrika gefunden wurden. Zeitlich reichen die Funde bis zum Jungpleistozän. Das Aussehen des Menschen vom Pithecantropus-Typus wird durch einen grobprimitiven Schädelbau bestimmt, der vor allem durch

einen kräftigen Überaugenwulst, eine stark fliehende Stirn und einen niedrigen Hirnschädel charakterisiert ist (Abb. 70/2). Diese Merkmale sind aber nicht so extrem ausgebildet wie etwa beim Gorilla. Das Hirnschädelvolumen liegt zwischen 775 und 1225 cm³. Es liegt damit schon weit über dem Mittelwert des Hirnschädelvolumens der Menschenaffen. Da die meisten Funde nur aus Schädelfragmenten bestehen, weiß man über den Bau des Körperskeletts erst verhältnismäßig wenig.

Der Oberschenkelknochen eines **Pithecanthropus** ist aber so menschenähnlich, daß er nur von einem echten Aufrechtgänger stammen kann. Wenn auch bisher nur an wenigen Stellen zur Pithecanthropus-Sinanthropus-Gruppe gehörende Skelette im Zusammenhang mit Werkzeugen gefunden worden sind, so ist nicht daran zu zweifeln, daß es sich bei den Skeletten um Überreste von echten Menschen handelt, die bereits das Feuer kannten und als Jäger und Sammler lebten. Die Bezeichnung Pithecanthropus („Affemensch“) ist deshalb unzutreffend, wie ja auch die Australopithecinen („Südaffen“) keinesfalls mehr als Affen bezeichnet werden können. Die Namen werden aber trotzdem beibehalten, da sie sich in den Sprachgebrauch und in die Literatur fest eingebürgert haben.

Während der letzten Zwischeneiszeit und des ersten Teils der letzten Eiszeit lebte in Europa eine Menschengruppe, die unter dem Namen **Neandertaler** bekannt ist. Die Neandertaler besaßen im Durchschnitt einen wesentlich größeren Schädel als der Pithecanthropus. Ihr Hirnschädelvolumen liegt zwischen 1230 und 1720 cm³ und lag damit zum Teil höher als der Durchschnitt des heutigen Menschen. Der Schädel des Neandertalers ist sehr lang und breit, aber nicht sehr hoch. Die stark fliehende Stirn ist nur wenig gewölbt. An ihrem Unterrand befindet sich ein mächtiger Überaugenwulst, der dem großen Gesicht mit der etwas vorgezogenen Kieferregion und dem kaum angedeuteten Kinnvorsprung ein primitives Aussehen verleiht. Die übrigen Skelettknochen deuten auf einen plumpen und etwas unteretzten Körperbau hin, der sich durch eine außerordentlich kräftige Muskulatur auszeichnete. Die Neandertaler (Abb. 74/1) konnten vollkommen aufrecht gehen und waren in der Lage, sehr verschiedenartige Werkzeuge aus Holz und aus Stein herzustellen. Sie benutzten das Feuer und betrieben Großwildjagd, für die sie sogar schon Fernwaffen, nämlich Holzspeere mit im Feuer gehärteten Spitzen, verwendeten. Sie betrieben offenbar Jagdkulte. Es gibt auch Hinweise auf Totenbestattungen. Die Neandertaler setzten sich folglich auch schon geistig mit ihrer Umwelt auseinander. An ihrer menschlichen Natur kann kein Zweifel bestehen.

Lange Zeit nahm man an, daß der Neandertaler der unmittelbare Vorfahre des heutigen Menschen sei. Neuere Funde haben jedoch ergeben, daß gleichzeitig mit dem Neandertaler und sogar schon lange vor ihm Menschen lebten, die dem **Homo sapiens**, also dem jetzigen Menschentypus, ähnlicher waren als der Neandertaler. Sie werden **Präsapiens** genannt und zeichnen sich unter anderem durch einen hochgewölbten Hirnschädel, einen nur schwachen oder gar fehlenden Überaugenwulst und ein deutlich entwickeltes Kinn aus. Der Präsapiens ist offenbar der Ahne des heute lebenden Menschen. An manchen Stellen hat er sich wahrscheinlich auch mit dem Neandertaler vermischt. Im wesentlichen stellt jedoch der Neandertaler nach unserem heutigen Wissen einen ausgestorbenen Seitenzweig der Entwicklung dar. Zu einer sicheren Beurteilung der Herkunft des Präsapiens reichen die bisherigen Funde noch nicht aus. Es ist anzunehmen, daß sie sich – ebenso wie die Neandertaler – aus frühen Formen des Pithecanthropus entwickelt haben, ohne daß dies bisher durch Fossilfunde exakt zu belegen ist.

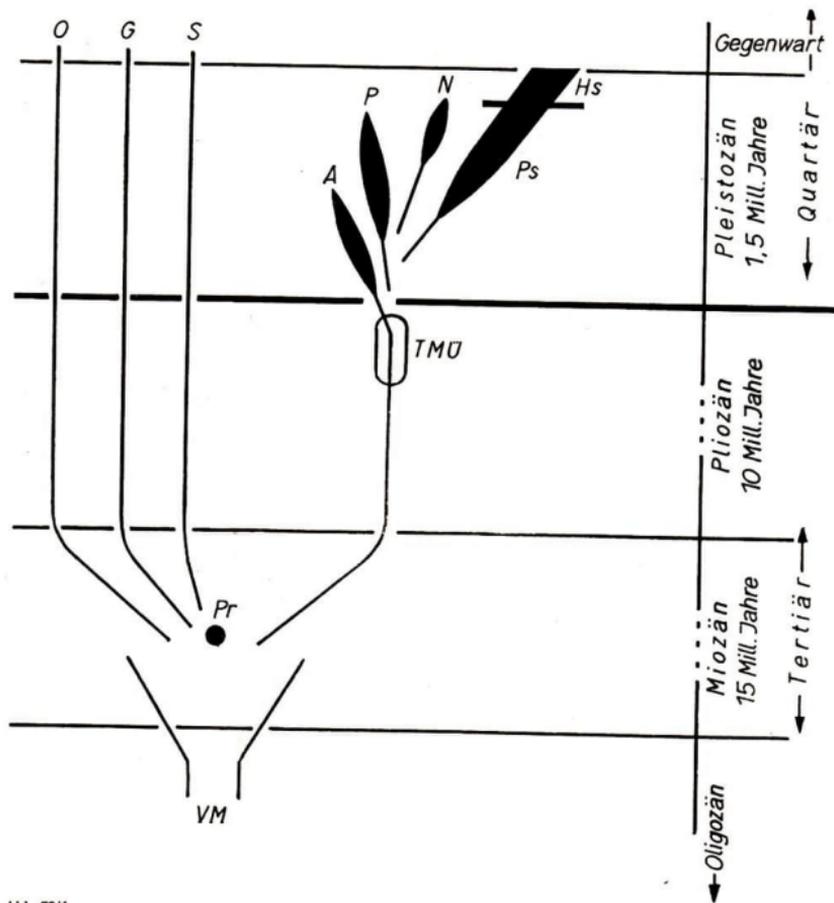


Abb. 72/1

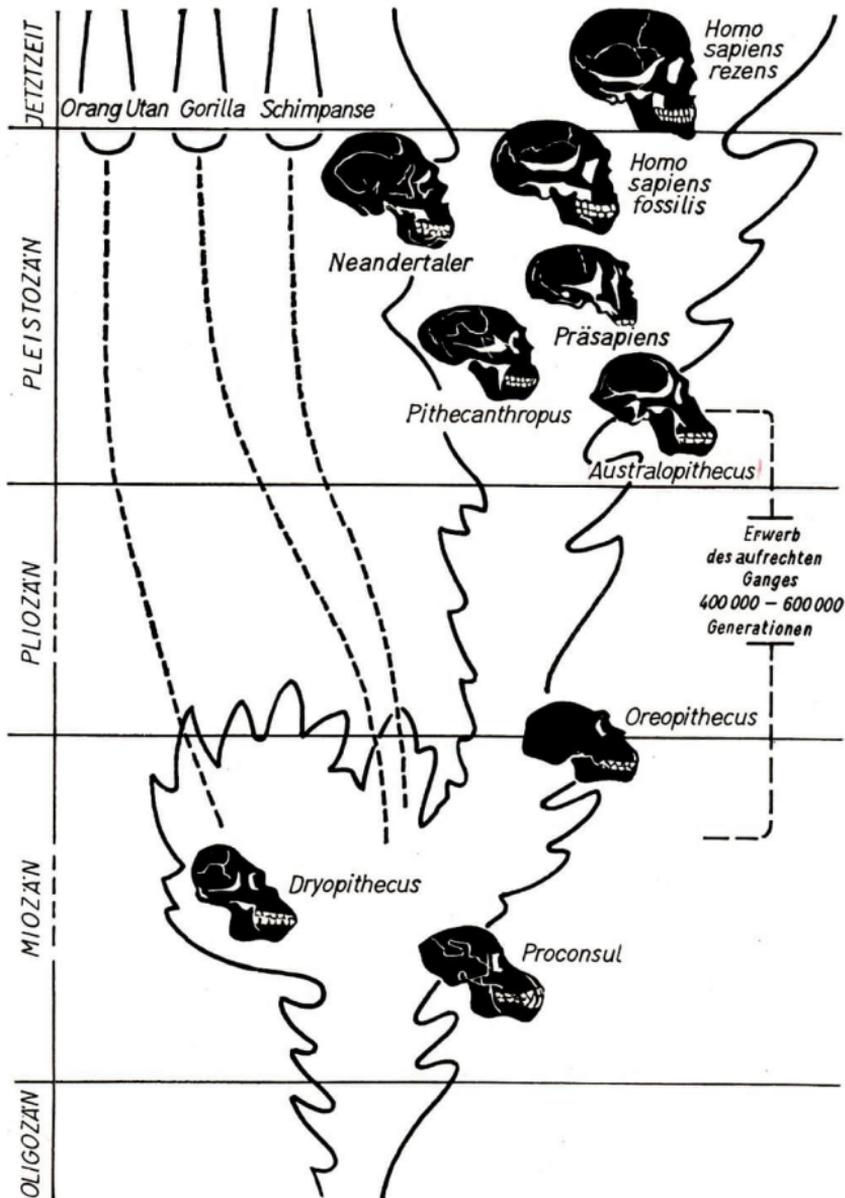
Stammbaum des Menschen

VM = Vormenschenaffen; Pr = Proconsul; TMU = Tier-Mensch-Übergangsfeld; A = Australopithecinen-Gruppe; P = Pithecanthropus-Gruppe; N = Neandertaler-Gruppe; Ps = Präsapiens-Gruppe; Hs = Homo sapiens; O = Orang Utan; G = Gorilla; S = Schimpanse

Rechte Seite:

Abb. 73/1

Schema der Stammesentwicklung der Menschenaffen und des Menschen



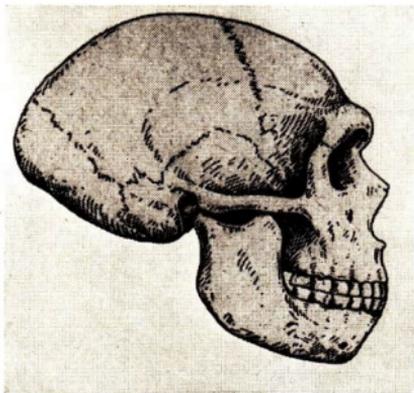


Abb. 74/1 Schädel eines Neandertalers

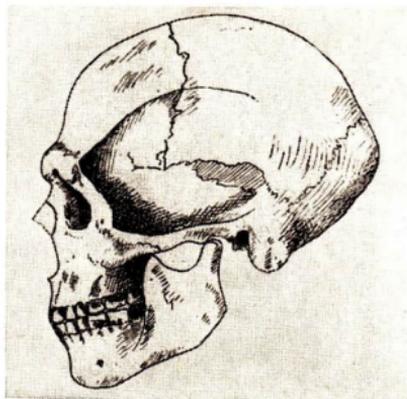


Abb. 74/2 Schädel eines eiszeitlichen *Homo sapiens*

Noch aus der letzten Eiszeit stammt eine große Zahl von Fossilfunden, über deren Zuordnung zum *Homo sapiens* kein Zweifel besteht. Dieser eiszeitliche *Homo sapiens* – zu dem zum Beispiel das Skelett aus Cro-Magnon (Frankreich) gehört – weist in körperlicher Hinsicht alle Merkmale des jetzigen Menschen auf (Abb. 74/2). Kulturell gehört er der jüngsten Stufe der Altsteinzeit (Jungpaläolithikum) an, deshalb wird er auch als Jungpaläolithiker bezeichnet. Er war zum Teil schon zur werkstattmäßigen Fertigung seiner Arbeits- und Jagdgeräte übergegangen, wobei er neben Holz- und Steinwerkzeugen geschliffene Knochengeräte in hoher Vollendung herstellte (z. B. Speere, Harpune, Pfeil, Bogen). Seine Höhlenmalereien, seine Ritzzeichnungen auf Knochen und seine plastischen Darstellungen von Tieren und Menschen sind die ältesten Werke der bildenden Kunst, die wir kennen.

33

Die heutigen Menschenrassen

Die biologische Entwicklung des Menschen war mit dem Auftreten des *Homo sapiens* am Ende des Pleistozäns nicht beendet. Schon beim eiszeitlichen *Homo sapiens* lassen sich mehrere Varianten unterscheiden, die man als verschiedene Rassen einer Art auffassen muß. Es fehlen aber noch solche Formeneigentümlichkeiten, die es gestatten würden, den einen oder anderen Fund mit Sicherheit einem der heutigen Rassenkreise zuzuordnen. Die Differenzierung der gegenwärtig bestehenden Rassen erfolgte offenbar nach dem Pleistozän, also erst, nachdem der *Homo sapiens* schon lange existierte.

Die Rassenentwicklung vollzieht sich ebenso wie die Artentstehung durch ein enges Zusammenspiel verschiedener Faktoren, von denen die ständige Neukombination der Erbanlagen durch die geschlechtliche Fortpflanzung, die Entstehung neuer Merkmale durch Mutation sowie die Auslese und die Isolation die wichtigsten sind. Beim Menschen spielen bei den Isolationsvorgängen außer den natürlichen Grenzen zwischen den einzelnen Fortpflanzungsgemeinschaften auch gesellschaftlich bedingte Fortpflanzungsschranken eine Rolle. Innerhalb der voneinander isolierten Lebens-

räume kommt es zu jeweils verschiedenen Entwicklungen, die schließlich dazu führen, daß unterschiedliche Häufungen und andersartige Kombinationen verschiedener erblicher Merkmale entstehen. Auf diese Weise bilden sich zuerst Lokaltypen und bei großräumiger längerer Isolation verschiedene Rassen heraus. Ständig neu auftretende Mutationen, Veränderungen der Umweltverhältnisse, die Verschiebung, Abwandlung oder gar Beseitigung alter Isolationsschranken sorgen dafür, daß sich innerhalb und zwischen den Rassen Veränderungen vollziehen. Die Rassen stellen also keine endgültigen Formengruppen dar, sondern sind nur zeitweilige Zwischenprodukte innerhalb des fortlaufenden biologischen Entwicklungsgeschehens. Hieraus ergibt sich auch, daß bei den einzelnen Individuen einer Rasse meist nicht alle die Rasse kennzeichnenden Merkmale vorhanden sind.

Da alle heute lebenden Menschen prinzipiell untereinander fruchtbar sind, gehören sie auch alle zu nur einer Art, der Art *Homo sapiens*. Von den verschiedenen Rassen des *Homo sapiens* kann man jeweils mehrere zu einem Rassenkreis zusammenfassen. Man unterscheidet heute drei Rassenkreise: den europiden, den mongoliden und den negriden Rassenkreis (Abb. 75/1).

Der europide Rassenkreis ist sehr weit verbreitet und 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 und Auge (Depigmentierung).

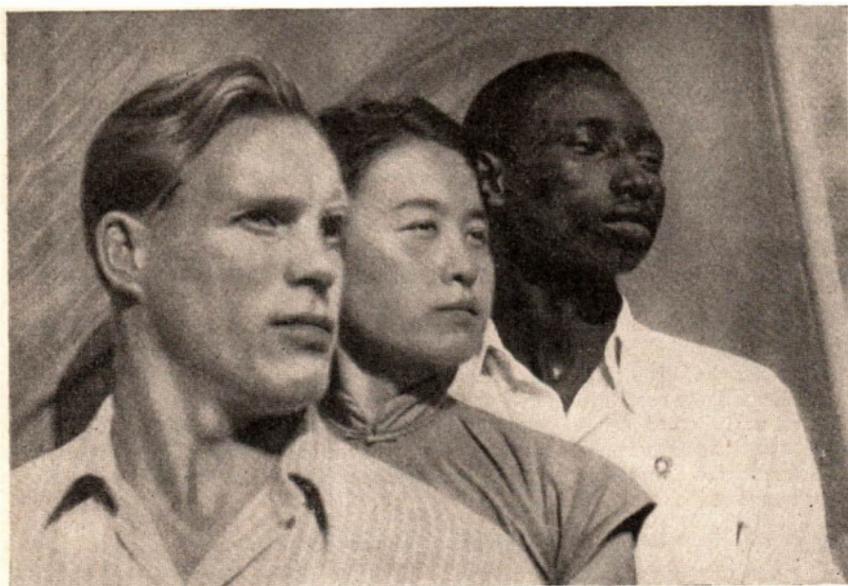


Abb. 75/1 Vertreter der drei Hauptgruppen

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 untergesetzter Körperbau mit langem Rumpf, ein flaches Mittelgesicht mit niedriger Nasenwurzel, vorgeschobene Wangenbeine, dunkle Augen, schmale Lidöffnung, Nasenlidfalte (Mongolenfalte), dickes, straffes Schwarzhhaar, 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 spiralgiges Kopfhaar, sehr schwache Körperbehaarung und sehr starke Pigmentierung von Haut, Haar und Auge.

In der Gegenwart werden durch den technischen, kulturellen und gesellschaftlichen Fortschritt mit zunehmender Geschwindigkeit alte Isolationsschranken überwunden. Das führt zwangsläufig zu einer immer stärkeren Vermischung der Menschheit und wahrscheinlich einmal zum Verschwinden der anthropologischen Rassendifferenzierung. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, daß sich dieser unaufhaltsam vollziehende Prozeß der Rassenverschmelzung für die Menschheit nicht nachteilig auswirkt, zumal sich die einzelnen Menschenrassen in Merkmalen unterscheiden, die für das Menschsein völlig belanglos sind. Die einzigen Komplikationen, die bei Rassenmischungen auftreten, und die sich für die Betroffenen tragisch genug auswirken können, beruhen auf unsinnigen 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. Jeglicher Rassendünkel ist wissenschaftlich in keiner Weise zu begründen, wie auch kein Mensch das Recht hat, einen anderen Menschen etwa wegen seiner Hautfarbe zu benachteiligen, zu unterdrücken, zu verfolgen oder gar zu töten, wie das in geradezu unvorstellbar unmenschlichem Grade vom deutschen Faschismus praktiziert wurde. Zahlreiche Menschengruppen, ja ganze Völker wurden von ihm als biologisch minderwertig bezeichnet und entsprechend behandelt, nur weil sie seinen imperialistischen Bestrebungen im Wege waren. Der scheinwissenschaftliche Rassismus der nationalsozialistischen „Herrenrasse“ hat unermeßliches Leid über die Menschheit gebracht, das niemals Wiederholung finden darf.

- 34) Ebenso unwissenschaftlich und gefährlich ist es, wenn das von DARWIN entdeckte, nur im biologischen Bereich gültige Prinzip vom „Kampf ums Dasein“ als ein naturgesetzlicher Faktor der gesellschaftlichen Entwicklung des Menschen angesehen wird.
- 35) Derartige Theorien negieren den qualitativen Unterschied zwischen Tier und Mensch und dienen den sogenannten Sozialdarwinisten als moralische Rechtfertigung des vermeintlichen „Recht des Stärkeren“ in der menschlichen Gesellschaft und damit zur Unterdrückung der Arbeiterklasse durch die kapitalistische Herrschaftsschicht.
- 37)

Weitere biologische Entwicklungsvorgänge bei heutigen Menschen

Außer den rassendynamischen Prozessen, die in der Gegenwart zu einer ständigen biologischen Veränderung des Menschen beitragen, gibt es noch eine ganze Reihe

weiterer Hinweis dafür, daß unsere biologische Entwicklung weitergeht und nicht etwa zum Stillstand gekommen ist. Besonders auffällig und bedeutsam ist die Körperhöhenzunahme, die in zahlreichen Ländern etwa während der letzten 100 Jahre festzustellen ist. Schon die Neugeborenen sind heute größer und schwerer als vor 100 Jahren. Das gleiche gilt auch für die späteren Altersklassen. Waren zum Beispiel die vierzehnjährigen Jenaer Knaben im Jahre 1880 im Durchschnitt 143,6 cm groß, so erreichten ihre Altersgenossen im Jahre 1965 eine Körperhöhe von 158,0 cm. Dementsprechend nahm auch ihr Körpergewicht im gleichen Zeitraum von 33,9 auf 47,0 kg im Mittel zu. In Schweden betrug die Körperhöhe der erwachsenen Männer im Jahre 1855 durchschnittlich 167,5 cm, im Jahre 1939 174,5 cm. Mit der Körperhöhenzunahme ist eine Reihe weiterer Veränderungen verbunden. So erfolgt die Verknöcherung des Skeletts und der Durchbruch sowohl der Milch- als auch der Dauerzähne bei den heute lebenden Kindern früher, wie auch die Geschlechtsreife um zwei bis drei Jahre eher eintritt als bei den Jugendlichen der letzten Jahrhundertwende. Die frühzeitigere Entwicklung bringt aber nicht ein früheres Altern des Menschen mit sich. Der Mensch bleibt im Gegenteil länger leistungsfähig. Auch das durchschnittliche Lebensalter liegt heute wesentlich höher als im vorigen Jahrhundert oder gar noch früher. In der Bronzezeit wurden die Menschen im Durchschnitt kaum über 20 Jahre und im Mittelalter rund 33 Jahre alt. Noch im Jahre 1870 betrug in Deutschland die mittlere Lebenserwartung der Knaben nur 35,2 Jahre und die der Mädchen 38,0 Jahre. Bis zur Gegenwart ist die durchschnittliche Lebensdauer der Männer bei uns auf 68 Jahre und die der Frauen auf 73 Jahre angestiegen. Am Zustandekommen der Entwicklungsbeschleunigung sind offenbar zahlreiche Faktoren beteiligt. Die Verzögerung der Entwicklung und die Abnahme der durchschnittlichen Körperhöhe in Kriegs- und Mangelzeiten läßt erkennen, daß in erster Linie die Ernährungsverhältnisse eine Rolle spielen. Tatsächlich ist auch der Pro-Kopf-Verbrauch an Nahrungsmitteln in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen. Vor allem ist die Nahrung wesentlich eiweißreicher geworden. Die weitgehende Verstärkung auch der Landbevölkerung, die Verbesserung der hygienischen Verhältnisse, der Rückgang schwerer Kinderkrankheiten, die Zunahme sportlicher Betätigung, die Abschaffung der Kinderarbeit und noch manche andere Faktoren sind als wesentliche Ursachen der Entwicklungsbeschleunigung, der Körperhöhensteigerung und der Verlängerung der körperlichen Leistungsfähigkeit sowie der Lebensdauer anzusehen. Eine besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang aber auch die Fortschritte der Medizin, die zunehmende Entlastung von schwerer körperlicher Arbeit und die vor allem in den sozialistischen Ländern immer besser werdende soziale Sicherung des Lebensabends.

Im wesentlichen handelt es sich demnach bei diesen biologischen Veränderungen um gesellschaftlich bedingte Effekte, die ihrerseits wieder von nicht zu unterschätzender sozialer Bedeutung sind. So hat die Erhöhung des durchschnittlichen Lebensalters zu einer starken Veränderung der Alterszusammensetzung der Gesamtbevölkerung geführt. Auch die Bevölkerungszunahme auf der Erde ist vorwiegend auf die Verlängerung der Lebensdauer zurückzuführen. Zwar werden weniger Kinder geboren, jedoch erreichen mehr Menschen ein höheres Lebensalter als jemals zuvor. Die Veränderung der Altersstruktur und die Zunahme der Bevölkerung haben weitreichende soziale Folgen, zumal der alte Mensch nach einem arbeitsreichen Dasein ein Recht auf die soziale Sicherung seines Lebensabends hat. Dabei ist es für die Lebenserhaltung im Greisenalter von großer Bedeutung, daß diese Menschen noch

eine ihren Kräften angemessene Aufgabe haben, die ihnen das Gefühl gibt, für die Gesellschaft von Nutzen zu sein. Es ist eine wichtige Erfahrung der Altersforschung, daß Untätigkeit das Altern beschleunigt und das Lebensende früher herbeiführt.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß sich auch in der Gegenwart beim Menschen wichtige biologische Veränderungen vollziehen, die genau beobachtet werden müssen und denen – soweit notwendig – Rechnung getragen werden muß, da wir nicht nur für uns selbst, sondern auch für spätere Generationen die Verantwortung mit zu tragen haben. Die Beispiele zeigen aber auch, in welchem hohem Maße der Mensch ein gesellschaftliches Wesen ist, ohne daß man über diese Erkenntnis vergessen darf, wie tief unser Dasein im Bereich der organischen Natur verwurzelt ist.

38

Stammesgeschichte und System der Organismen

Die Organismenwelt, die uns umgibt und zu der wir selbst gehören, ist das Ergebnis eines sehr langen Entwicklungsweges, in dessen Verlauf aus wenigen Urformen eine fast unüberschaubare Formenvielfalt entstanden ist. Heute sind etwa 1,5 Millionen verschiedener Arten von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren bekannt. Jede neue Entwicklungsetappe in der Evolution der Organismen ist durch das Auftreten neuer Tier- und Pflanzengruppen gekennzeichnet, die neue, bisher nicht besiedelte Lebensräume erobern. Die höchstentwickelten Formen, die Säugetiere und die bedecktsamigen Pflanzen, gehören zu den jüngsten Organismen auf unserer Erde. Sie haben in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen eine besonders große Vielfalt in ihren Bauplänen entwickelt.

Mit der Zunahme der Artenkenntnisse wuchs immer mehr die Notwendigkeit, die große Vielfalt der Tiere und Pflanzen zu ordnen und ein System der Organismen aufzustellen.

Das natürliche System der Organismen

In früheren Zeiten nahm man eine Ordnung der Organismen nach **einzelnen** auffälligen Merkmalen vor und kam so zu einem System, in dem beispielsweise alle Samenpflanzen mit 10 Staubblättern in einer Gruppe oder Nashorn, Flußpferd und Elefant zu der Gruppe Dickhäuter zusammengefaßt wurden. Verwandtschaftliche Beziehungen blieben unberücksichtigt. Man bezeichnet diese Ordnung der Organismen als künstliches System.

Heute werden Tiere und Pflanzen nach der Ähnlichkeit **vieler** Merkmale eingeteilt. Dabei muß berücksichtigt werden, daß oft einzelne Organe oder Organteile in Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen oder Funktionen abgewandelt werden können. Ein wichtiges Prinzip für die Einteilung ist außerdem die stammesgeschichtliche Verwandtschaft der Organismen. Nur solche Organismen, deren Abstammung von gemeinsamen Vorfahren nachgewiesen ist, können in eine verwandte Gruppe eingeordnet werden. Auf diese Weise erhält man ein natürliches System. In diesem natürlichen System gehört das Nashorn mit dem Pferd zusammen zu den Unpaarhufern, das Flußpferd zu den Paarhufern und der Elefant stellt eine eigene Tiergruppe dar.

Das natürliche System der Organismen besteht aus einer Rangfolge verschiedener Gruppen oder taxonomischer Kategorien. Die unterste Kategorie ist gewöhnlich die

Art. Mehrere Arten werden auf Grund gleicher Merkmale zu einer Gattung, Gattungen werden zu der nächst höheren Kategorie, der Familie, zusammengefaßt. Die Anzahl der gemeinsamen Merkmale nimmt mit jeder höheren Gruppe ab, die Anzahl der Individuen aber, die zu ihr gehören, zu.

Die wichtigsten taxonomischen Kategorien sind Stamm, Klasse, Ordnung, Familie, Gattung, Art.

Stamm:	Wirbeltiere	Samenpflanzen
Klasse:	Säugetiere	Zweikeimblättrige
Ordnung:	Raubtiere	Hülsenfruchtartige
Familie:	Raubtierartige	Schmetterlingsblütengewächse
Gattung:	Marder	Erbse
Art:	Steinmarder	Saat-Erbse

Die binäre Nomenklatur

Jede Tier- und Pflanzenart erhält bei ihrer Entdeckung und Beschreibung einen wissenschaftlichen Namen, der der lateinischen oder griechischen Sprache entnommen wird. Diese Namen werden in der ganzen Welt von den Wissenschaftlern einheitlich verwendet. Sehr viele auch heute noch benutzte Tier- und Pflanzennamen wurden von dem schwedischen Naturforscher CARL VON LINNÉ (1707 bis 1778) festgelegt. Die 1758 erschienene 10. Auflage seiner „Systema naturae“ bildet auch jetzt noch die Grundlage für die Benennung im Tier- und Pflanzenreich. Alle Arten werden seit LINNÉ mit zwei Namen, dem Gattungs- und dem Artnamen, belegt. Diese Benennungsweise bezeichnet man als binäre Nomenklatur. So heißt beispielsweise der Steinmarder *Martes foina* und die Saat-Erbse *Pisum sativum*. *Martes* und *Pisum* sind die Gattungsnamen, auch andere Arten dieser Gattung tragen sie, zum Beispiel der Baummarder *Martes martes*. Die anderen taxonomischen Kategorien haben ebenfalls wissenschaftliche Namen.

Stammbaum und System

Während die Namen der Organismen künstlich vom Menschen festgelegt werden, ist das System eine Widerspiegelung der in der Natur existierenden Ordnung der Lebewesen. Biologen und Paläontologen haben die Aufgabe, die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Organismen zu erkennen und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen aufzudecken. Das System umfaßt die heute lebenden (rezent) und, soweit bekannt, die fossilen Organismengruppen. Um bildlich darzustellen, welche Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Organismen bestehen und wie sie sich auseinander entwickelt haben, kann man Stammbäume aufstellen (siehe hintere innere Umschlagseite). Die Astenden eines Stammbaumes sind die heute lebenden Formen. Durch Übergangsformen (s. S. 57) wird die Abstammung von niederen Vorfahren angezeigt. Da fossile Funde oft noch fehlen, gibt es noch Lücken in der Kenntnis von der Verwandtschaft der Organismen. Da das Problem der Verwandtschaft von verschiedenen Forschern oft unterschiedlich erkannt und Beweise durch fossile Funde nicht immer gegeben werden können, gibt es teilweise erheblich abweichende Auffassungen über das System der Organismen.

(39)

(40)

(41)

(42)

Zur Geschichte der Abstammungslehre

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

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

Viele Gelehrte verschiedener Länder haben im Verlaufe der Jahrhunderte mit ihrer Arbeit dazu beigetragen, ein richtiges Bild von der Entwicklung der Organismen zu schaffen.

ARISTOTELES (384 bis 322 v. u. Z.), griechischer Philosoph, beschrieb etwa 500 Tiere und versuchte, sie nach bestimmten Merkmalen zu ordnen. Er nahm einen Stufenbau der Natur an und führte die scheinbar in der Natur erkennbare Zweckmäßigkeit auf die Wirksamkeit zielstrebigere Entwicklungskräfte zurück.

GALEN (129 bis 199), griechischer Arzt und bedeutender Naturforscher, hat zahlreiche Tiere zergliedert und ihren Bau beschrieben. Er führte Experimente an lebenden Tieren durch, um Kenntnis von der Funktion der Organe zu gewinnen.

GALEN führte die zweckmäßig erscheinenden Einrichtungen der Organismen – ähnlich wie ARISTOTELES – auf das Wirken einer Seele zurück.

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

LEEUEWENHOEK, ANTHONIE VAN (1632 bis 1723) war Stadtschreiber in Delft (Holland); beobachtete mit selbstgebauten Mikroskopen Spermien verschiedener Wirbeltiere. Er nahm an, daß in den „Samentierchen“ bereits Teile der fertigen Lebewesen vorgebildet (präformiert) seien. Andere Gelehrte glaubten, daß bereits das ganze neue Lebewesen in den Eiern enthalten sei. Man glaubte sogar, daß alle Generationen eines Lebewesens bereits ineinander enthalten seien und nacheinander „ausgewickelt“ würden.

Die verschiedenen Einschachtelungslehren oder Präformationstheorien spielten noch in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine maßgebliche Rolle. Der erste, der ihnen entschieden entgegentrat, war der deutsche Arzt und Anatom CASPAR FRIEDRICH WOLFF.

WOLFF, CASPAR, FRIEDRICH (1743 bis 1794; Abb. 81/1), deutscher Arzt und Ana-

tom, bewies, daß die verschiedenen Teile der Organismen erst im Verlaufe ihrer Entwicklung ausgebildet werden, also nicht von Anfang an in ihrer endgültigen Gestalt vorhanden sind. Dabei stützte sich WOLFF auf zahlreiche mikroskopische Beobachtungen an Pflanzen und an Hühnerembryonen. Seine Lehre konnte sich jedoch gegen die herrschenden Vorstellungen zunächst nicht durchsetzen.

Ab 1767 arbeitete er als Anatom für die Russische Akademie der Wissenschaften in Petersburg. Seine bedeutsamen Arbeiten wurden erst wieder entdeckt und berühmt, als er längst tot war.

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

LAMARCK, JEAN-BAPTISTE (1744 bis 1829; Abb. 82/1), französischer Naturforscher, unternahm den Versuch, eine umfassende Lehre von der Entwicklung der Organismen zu begründen.

LAMARCK wurde erstmalig bekannt durch sein dreibändiges Werk „Flora von Frankreich“. Darin wendete er eine neue Methode der Pflanzenbestimmung an, die auf der Gegenüberstellung bestimmter Merkmale beruht. Diese Methode ist noch heute in allen biologischen Bestimmungsbüchern üblich. Während der französischen bürgerlichen Revolution, der LAMARCK positiv gegenüberstand, setzte er sich tatkräftig für die Errichtung eines großen naturwissenschaftlichen Institutes ein, das unter Mithilfe anderer Gelehrter als „Naturhistorisches Museum“ 1793 verwirklicht wurde. An diesem Institut wurden zunächst zwei, dann drei Zoologieprofessuren errichtet, die aber nicht gleich besetzt werden konnten. Doch der Enthusiasmus der Zeit kannte keine Hindernisse. Der Student ETIENNE GEOFFROY SAINT-HILAIRE (1772 bis 1844) übernahm mit 21 Jahren als Professor die Bearbeitung der Wirbeltiere, während LAMARCK Professor für Insekten, Würmer und Kleinlebewesen wurde.

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

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

LAMARCK ging einmal von den mehr oder weniger großen Übereinstimmungen aus, die sich bei einem Vergleich der Organe verschiedener Tiere finden ließen und auf eine Verwandtschaft hindeuten. Er sagte, daß die Arten nur zeitweilig beständig seien.



C. F. Wolff

Abb. 81/1 Caspar Friedrich Wolff

Die Pflanzen- und Tierzucht der Menschen zeige die Möglichkeit ihrer Veränderung. LAMARCK nahm an, daß die ersten Lebewesen auf der Erde durch Urzeugung entstanden seien. Durch Veränderung der Lebensbedingungen entwickelten sich aus einfachsten Formen im Verlaufe langer Zeiträume immer kompliziertere Organismen. Die Ursachen dieser Entwicklung bestanden seiner Meinung nach in den veränderten Bedürfnissen, die durch die Änderung der Lebensbedingungen entstehen. Durch solche neuen Bedürfnisse würden Organe verändert oder neue gebildet. Durch die Ruderbewegungen der Wasservögel hätten sich beispielsweise allmählich zwischen ihren Zehen Schwimmhäute gebildet, während sich bei den anderen Vögeln die Zehen dem Leben auf Bäumen anpaßten. Die Giraffen hätten einen langen Hals und längere Vorderbeine, weil ihre Vorfahren sich anstrengen mußten, um das Laub von höheren Bäumen abfressen zu können. Während viel benutzte Organe sich vergrößern, werden wenig gebrauchte allmählich zurückgebildet. Die im Verlaufe des Lebens erworbenen Eigenschaften könnten unter bestimmten Bedingungen vererbt werden.

LAMARCKS Lehre weist viele Schwächen auf. Trotzdem hat sie große Bedeutung, denn LAMARCK hat sich bemüht, Tatsachen zu sammeln und kritisch zu verarbeiten, die auf eine Entwicklung der Lebewesen im Verlaufe der Erdgeschichte schließen lassen. Seine Entwicklungslehre vermochte sich zunächst nicht durchzusetzen.

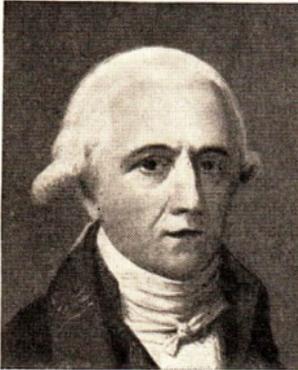


Abb. 82/1 (links)
Jean-Baptiste Lamarck

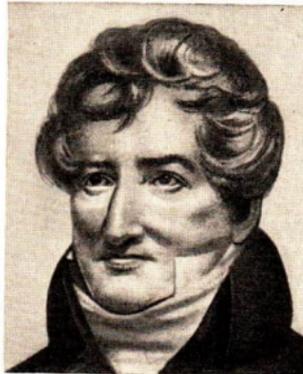


Abb. 82/2 (rechts)
Georges Cuvier

CUVIER, GEORGES (1769 bis 1832; Abb. 82/2), französischer Naturforscher, erwarb sich große Verdienste um die vergleichende Anatomie und die wissenschaftliche Paläontologie.

CUVIER war einer der einflußreichsten Gegner LAMARCKS. Er hielt im wesentlichen an der Auffassung von der Beständigkeit der Arten fest. Die Veränderungen der Organismenwelt in den verschiedenen geologischen Schichten erklärte CUVIER durch große Katastrophen, die von Zeit zu Zeit die Lebewesen vernichtet hätten (Katastrophentheorie). Danach sei eine Neubesiedelung aus verschont gebliebenen Gebieten erfolgt, ohne daß es dazu unbedingt einer Neuschöpfung bedürft hätte.

Er nahm an, daß die Tiere nach vier verschiedenen Grundbauplänen gebaut seien.

GEOFFROY SAINT-HILAIRE, ETIENNE (1772 bis 1844), war am Naturkundemuseum in Paris tätig. Er führte umfangreiche vergleichende anatomische, embryologische

und paläontologische Untersuchungen durch. Er versuchte nachzuweisen, daß alle Tiere nach einem einheitlichen Bauplan gestaltet seien.

Seine Hypothese war, die Natur sei bestrebt, dieselben Organe in derselben Anzahl und in derselben Anordnung zu wiederholen und verändere nur ihre Gestalt bis ins Unendliche. Unterschieden seien die verschiedenen Tiere durch die unterschiedliche Ausbildung der Teile, zum Beispiel sei beim Elefanten die Nase als Rüssel sehr stark ausgebildet, bei den Huftieren seien die seitlichen Zehen verkümmert, andere Teile bei manchen Tieren ganz verschwunden. Von seiner Annahme eines einheitlichen Bauplans aller Tiere ausgehend, mußte GEOFFROY St. HILAIRE die Frage beantworten, wie die Mannigfaltigkeit der Tiere zustande kommt. Die Ursachen dafür sah er in der Einwirkung der sich verändernden Umwelt auf die Tiere im Verlaufe von Jahrhunderten. Dadurch würden verschiedene mit dem Bauplan gegebene Möglichkeiten verwirklicht, wobei die verstärkte Ausbildung eines Körperteils durch die Verkümmern anderer wieder ausgeglichen würde. Die Wirkung der veränderten Umweltbedingungen sah er nicht durch ein „inneres Gefühl“ und den Gebrauch oder Nichtgebrauch der Organe vermittelt, vielmehr nahm er eine direkte Wirkung von Umweltfaktoren an, durch die sich der Bau der Tiere durch die Eigenschaften der lebenden Substanz in bestimmter Richtung verändert. Solche Veränderungen sollten nicht nur – wie bereits von LAMARCK formuliert – allmählich auftreten, sondern auch plötzlich und sprunghaft, zum Beispiel habe der Wandel von Reptilien zu Vögeln innerhalb einer oder zweier Generationen stattgefunden. Der veränderte Bau bedinge dann eine neue Lebensweise. Das Auftreten von Mißbildungen schien ihm das Stattfinden solcher plötzlicher Veränderungen zu beweisen. Die Embryonalentwicklung deutete er als Wiederholung. In mehreren seiner Schriften griff HILAIRE die Lehre CUVIERS von den vier Grundbauplänen des Tierreiches an. Zwischen beiden kam es zu heftigen Auseinandersetzungen, die im Jahre 1830 ihren Höhepunkt erreichten. Die große wissenschaftliche Autorität CUVIERS, seine Beredsamkeit und die Mängel in den Auffassungen seines Gegners, so der Versuch, die Entwicklung der Tiere als lineare Reihe darzustellen, und die sachlichen Fehler bei der Unterordnung der Wirbellosen unter den Bauplan der Wirbeltiere, ließen CUVIER als Sieger aus dem berühmten gewordenen „Akademiestreit“ hervorgehen. Die Folge war, daß der Entwicklungsgedanke in den nächsten Jahrzehnten in der Biologie nur eine geringe Rolle spielte.

DARWIN, CHARLES (1809 bis 1882; Abb. 84/1), ein englischer Naturforscher, gilt als der Begründer der wissenschaftlichen Abstammungslehre. DARWIN sammelte schon als Schüler eifrig Mineralien, Pflanzen, Muscheln und Insekten. Er begann ein Medizinstudium, wechselte jedoch nach 2 Jahren zum Theologiestudium über. Nach Abschluß seiner Studien hatte er das Glück, an einer Weltumsegelung auf der „Beagle“, einem Schiff der englischen Admiralität, teilnehmen zu können.

Mit Beginn dieser Reise begann für DARWIN ein völlig neues Leben. Er studierte gründlich zahlreiche naturwissenschaftliche Bücher, um seine lückenhaften Kenntnisse zu verbessern.

Besonders beeinflusste DARWIN ein mehrbändiges Werk des englischen Geologen CHARLES LYELL (1797 bis 1875). Im Gegensatz zu der bis dahin verbreiteten Ansicht, daß die Erdoberfläche durch gewaltige Katastrophen verändert worden sei, behauptete LYELL, daß dieselben Kräfte, die auch gegenwärtig noch wirken (Wind, Wasser, Tätigkeit der Vulkane) immer wirksam waren und dadurch eine allmähliche Veränderung der Erdoberfläche im Verlaufe langer Zeiträume hervorgebracht worden



Abb. 84/1 Charles Darwin (um 1849)



Abb. 84/2 Darwins Reise um Südamerika 1832 (die Ziffern in der Abbildung markieren die Stationen der Reise)

sei. Auf seiner Reise beobachtete DARWIN wiederholt Erscheinungen, die am besten durch LYELLS Theorie erklärt werden konnten.

An der Küste Südamerikas stieß DARWIN auf Skelette ausgestorbener Riesenfaultiere, die viel größer gewesen sein mußten als ihre heute lebenden Verwandten.

Auf den Galápagos-Inseln, einer westlich Südamerikas im Stillen Ozean liegenden Inselgruppe vulkanischen Ursprungs, fand DARWIN viele Pflanzen und Tiere, die nur dort vorkommen. Da die Inseln nie mit dem Festland verbunden waren, müssen sich diese Arten auf den Inseln aus wenigen zugewanderten Formen entwickelt haben. Diese und zahlreiche weitere ähnliche Beobachtungen während der Reise waren DARWIN zunächst unerklärlich. Er begann, sich intensiv mit den Problemen des Ursprungs der vielen verschiedenen Tier- und Pflanzenarten zu beschäftigen.

Von der 5 Jahre dauernden Weltreise brachte DARWIN umfangreiches Material mit. Nach seiner Rückkehr war er Jahrzehnte mit der Auswertung der Reiseergebnisse beschäftigt. Er veröffentlichte zahlreiche Schriften. Trotz seines schlechten Gesundheitszustandes arbeitete DARWIN unermüdlich bis zu seinem Tode am 19. April 1882. Aus DARWINs Aufzeichnungen und Briefen geht hervor, wie hartnäckig und geduldig er Jahrzehnte hindurch an seiner Theorie über die Entstehung der Arten arbeitete.

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

Ein anschauliches Beispiel für die Möglichkeit einer starken Veränderung von Tierarten sah DARWIN in der Taubenzucht. Es gibt rund 150 verschiedene Taubenrassen, die sich in ihrem Aussehen stark unterscheiden, wie die Pfauentaube, die Kropftaube oder die Möwentaube, aber alle von einer Ausgangsform, nämlich von der wilden Felsentaube, abstammen. Sie besitzt nur zwölf Schwanzfedern, während bei der Pfauentaube vierzig vorhanden sind. DARWIN hat selbst jahrelang

Tauben gezüchtet. So war ihm bekannt, daß der Mensch bei Tieren, die anfangs nur kleine Unterschiede aufweisen, diese Unterschiede allmählich summieren kann. Dazu muß er viele Generationen hindurch immer wieder die Tiere miteinander paaren, bei denen diese Veränderungen am stärksten ausgeprägt sind. Mit der Zeit erscheint die Art völlig verändert.

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

1859 erschien DARWINS Werk „Über die Entstehung der Arten“. Die in diesem Werk erstmals veröffentlichte Entwicklungstheorie ist einer der bedeutendsten Wendepunkte in der Geschichte der Biologie.

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

Auch die einzelnen wildlebenden Pflanzen und Tiere der gleichen Art unterscheiden sich immer wieder durch kleinere Abweichungen (s. auch S. 28). Bei größeren Abänderungen, beispielsweise bei der weiß blühenden Form einer sonst blau blühenden Pflanze, sprechen die Naturforscher von einer Abart. In derartigen Abarten sah DARWIN die Vorstufen zukünftiger Arten.

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

Durchschnittlich bringen aber Pflanzen und Tiere viel mehr entwicklungsfähige Keime hervor. So legt ein Heringsweibchen im Verlaufe seines Lebens etwa eine halbe Million Eier, das als Unkraut bekannte Knopfkraut erzeugt bis zu 300000 Samen je Pflanze. Blieben alle Nachkommen der Lebewesen am Leben, dann müßte die Erde allein schon von einer Art längst übervölkert sein. Die Tatsache, daß die Zahl der Pflanzen und Tiere trotz ihrer vielen Nachkommen nicht unbegrenzt zunimmt, bildet für DARWIN den Ausgangspunkt seiner Theorie von der „natürlichen Zuchtwahl“. So wie der Züchter ihm zusagende Formen ausliest, so findet auch in der Natur fortwährend eine Auslese statt. An die Stelle der Auslese durch den Menschen tritt hier jedoch das „Überleben des Passendsten“ oder der „Kampf ums Dasein“. DARWIN gebraucht diesen Ausdruck in einem weiten und bildlichen Sinne und versteht darunter die Abhängigkeit der Lebewesen voneinander und von ihrer Umwelt. Die Arten sind nicht beständig, sondern ändern ab (variieren). Diejenigen haben eine bessere Aussicht, erhalten zu bleiben und sich zu vermehren, die anderen gegenüber zunächst kleinere Vorteile aufweisen. Dadurch werden die günstigen Abweichungen fortgepflanzt und verbreitet. Wiederholte Auslese im Verlaufe von Generationen führt schließlich zur Bildung neuer Arten, die allmählich ihrer Umwelt oder einer veränderten Umwelt immer zweckmäßiger angepaßt werden.

Ein Beispiel für die Wirkung der Auslese bieten die flügellosen Insekten (s. Abb. 38/1) von Madeira und den Kerguelen-Inseln. Dort herrschen das ganze Jahr hindurch heftige Stürme, so daß fliegende Insekten ständig aufs Meer hinausgeweht werden und zugrunde gehen. Die flügellosen Arten sind

diesen Verhältnissen viel besser angepaßt. Sie bleiben erhalten und vermehren sich. Von über 500 Käferarten der Insel Madeira sind deshalb etwa 200 flugunfähig. Auf den Kerguelen haben alle einheimischen Fliegen, Käfer und Schmetterlinge keine Flügel.

Über die Gesetze der Abänderung äußert sich DARWIN noch sehr vorsichtig. Tatsache ist, daß die Lebewesen mehr oder weniger veränderlich sind. Nach seiner Meinung kann die Variabilität zum einen durch die Natur des Organismus und zum anderen durch die Natur der Bedingungen ermöglicht werden. Er konnte allerdings mit dem Wissen seiner Zeit noch nicht erklären, wie dann tatsächlich neue Arten entstehen.

DARWIN meint, daß sich wandelnde Lebensbedingungen bei Pflanzen und Tieren Veränderungen hervorrufen können. Im Verlaufe der Zeit wurden Organismen mit besonders günstigen Umbildungen ausgelesen. Wenn Organe stärker gebraucht beziehungsweise nicht betätigt werden, so führt das ebenfalls zu Abänderungen. Diese Organe werden dann stärker oder schwächer ausgebildet. Auch die Instinkte der Tiere sind nicht „anerschaffen“, sondern haben sich allmählich entwickelt.

DARWIN führt für die Entstehung der Tier- und Pflanzenarten durch Entwicklung eine ganze Reihe von verschiedenartigen Beweisen an. So zeigen die Ergebnisse der Versteinerungskunde, daß vor Jahrmillionen Pflanzen und Tiere gelebt haben, die anders aussahen als heute lebende Arten. Die in Form von Versteinerungen erhaltenen Reste zeigen entsprechend ihrem Alter eine Entwicklung von einfacheren Formen zu komplizierteren.

Auch die jetzige Verbreitung der Lebewesen auf der Erde konnte DARWIN mit seiner Lehre erklären. Tier- und Pflanzenarten, die sich an bestimmten Stellen der Erde entwickelt haben, wanderten im Verlaufe der Zeit in neue Gebiete ein. Das war jedoch nur da möglich, wo keine natürlichen Hindernisse bestanden. In solchen Gebieten weist die Pflanzen- und Tierwelt deshalb viele gemeinsame Züge auf (Nordamerika, Europa, Asien). Dagegen entwickelten sich auf abgelegenen Inseln oder auf Kontinenten, die lange Zeit vom übrigen Festland getrennt waren, besondere Formen. Sie sind nur an solchen Stellen heimisch. Derartige Pflanzen- und Tierformen kommen auf den Galápagos-Inseln vor. Auch in Australien sind heute Tiere zu finden, die nicht auf anderen Erdteilen vorkommen (Beuteltiere).

Zu den Beweisen, die DARWIN für seine Theorie der Entstehung der Arten anführt, gehören auch bestimmte Ergebnisse der Untersuchungen an den heutigen Lebewesen. Der Körperbau der Pflanzen und Tiere zeigt innerhalb der einzelnen Gruppen mehr oder weniger große Übereinstimmungen. Daraus läßt sich meist erkennen, welche Pflanzen und Tiere miteinander verwandt sind und wie sie sich veränderten (s. S. 78).

Weiterhin führt DARWIN in diesem Zusammenhang Tatsachen aus der Entwicklung der einzelnen Lebewesen an. Viele Lebewesen, die im erwachsenen Zustand völlig unterschiedlich ausgebildet sind, ähneln sich in ihren frühesten Entwicklungsstufen außerordentlich stark (s. S. 45f.). Das deutet darauf hin, daß diese Lebewesen miteinander verwandt sind.

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

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

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

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

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

Kampf um den Darwinismus. Schon unmittelbar nach dem Erscheinen der „Entstehung der Arten“ zeigte sich, daß die Darwinsche Theorie unter den Naturforschern zu heftigen Auseinandersetzungen führte. Zu ihren Gegnern zählten auch die Theologen und viele Philosophen.

DARWIN'S Theorie fand jedoch auch unter seinen Zeitgenossen zahlreiche Anhänger, die den Kampf mit ihren Gegnern teilweise konsequenter führten als DARWIN selbst.

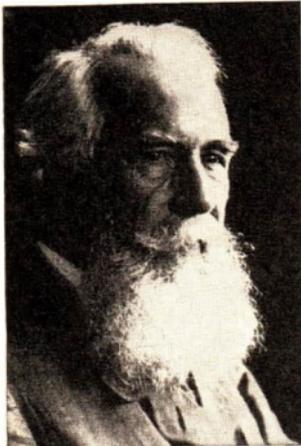


Abb. 87/1 Ernst Haeckel

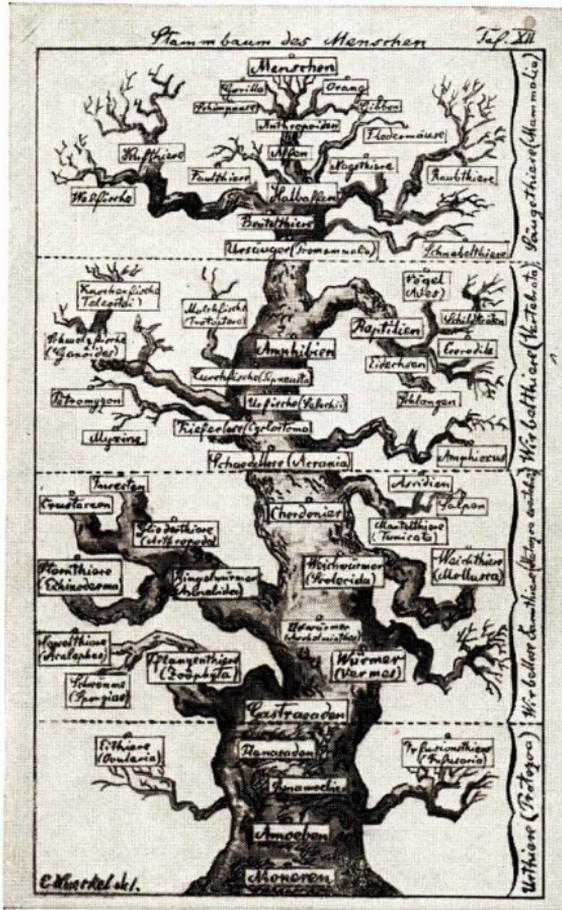
HUXLEY, THOMAS HENRY (1825 bis 1895) war der eifrigste Verteidiger der Lehre DARWIN'S in England. Er untersuchte den Bau vieler Tiere und fand zahlreiche Beweise für die natürliche Verwandtschaft der Lebewesen. Bereits 1863 veröffentlichte er ein Buch über „Die Stellung des Menschen in der Natur.“ Er verstand es ausgezeichnet, die Darwinsche Lehre in Vorträgen und Schriften allgemeinverständlich darzustellen und gegen Angriffe zu verteidigen.

HAECKEL, ERNST (1834 bis 1919), bedeutender Zoologe, wurde in Deutschland zum eifrigsten Verfechter der Lehre DARWIN'S.

Als er 1861 nach Jena kam, war er schon ein Anhänger DARWIN'S.

In seinen Vorlesungen und durch zahlreiche wissenschaftliche und allgemeinverständliche Werke trat er für die Entwicklungslehre ein.

Abb. 88/1 Handzeichnung Haeckels von Stammbaum des Menschen



In seiner „Generellen Morphologie“ stellte HAECKEL eine Theorie über die Entstehung der ersten Lebewesen aus anorganischer Materie auf und formulierte die Biogenetische Grundregel.

Besondere Verdienste erwarb sich HAECKEL als streitbarer Verfechter des naturwissenschaftlichen Materialismus. Sein populärwissenschaftliches Buch „Die Welt-rätsel“ (1899) wurde zur geistigen Waffe der Arbeiterbewegung im Klassenkampf. Durch seinen unerschrockenen Kampf gegen die kirchlichen Dogmen wurde HAECKEL für viele Menschen zum Vorbild.

45

WEISMANN, AUGUST (1834 bis 1914), deutscher Zoologe, setzte sich sehr für die Verbreitung der Lehre DARWINs ein. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Genetik.

46

WEISMANN stellte die Keimplasmatheorie auf, nach der das Keimplasma (insbesondere der Kern der Ei- und Samenzelle) Träger der Vererbung ist und von Generation zu Generation weitergegeben wird. Eine Auslese erfolgt nach Meinung WEISMANN'S durch die Konkurrenz der Träger der Vererbung in der Zelle.

Die Entstehung des Lebens auf der Erde

Das Wesen des Lebens

Die Frage nach dem Wesen des Lebens ist die Frage danach, was allen Lebewesen im Unterschied zu allem Leblosen gemeinsam ist. Meist bereitet es keine besonderen Schwierigkeiten, Lebendes vom Leblosen zu unterscheiden. So sehr sich auch ein Hund, ein Laubfrosch, ein Kohlweißling, ein Regenwurm, eine Qualle, ein Apfelbaum, eine Moospflanze, ein Pantoffeltierchen, ein Mensch und eine Bakterie voneinander unterscheiden, sie haben eines gemeinsam: sie leben. Worin besteht dieses Gemeinsame, das das Leben ausmacht?

Stoffliche Zusammensetzung der Lebewesen

Wenn wir das Wesen des Lebens erkennen wollen, müssen wir zuerst wissen, aus welchen chemischen Stoffen die Organismen aufgebaut sind. Die chemische Analyse der Lebewesen zeigt, daß sie nur solche chemischen Elemente enthalten, die auch in der leblosen Natur vorkommen. Vor allem sind es Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel, aber auch andere Elemente wie zum Beispiel Kalium, Natrium, Magnesium, Eisen, Kupfer, Kobalt, Mangan, Chlor. Der prozentuale Anteil der einzelnen Grundstoffe an der leblosen und lebenden Substanz ist jedoch unterschiedlich.

Die Erdrinde besteht zu 0,12% aus Phosphor, der menschliche Körper aber zu 1%; die Erdrinde enthält 0,09% Kohlenstoff, der menschliche Körper jedoch etwa 20%.

Charakteristisch für die Lebewesen sind komplizierte **organische Verbindungen** wie Eiweiße, Nukleinsäuren, Kohlenhydrate und Fette. Eine ganz besondere Bedeutung kommt den Nukleinsäuren und Eiweißen als Träger des Lebens zu. Neben diesen organischen Stoffen sind in den Lebewesen auch anorganische, vor allem Wasser und verschiedene Salze enthalten. Der menschliche Muskel besteht zum Beispiel zu 70% aus Wasser.

Eigenschaften der Lebewesen

Zum Verständnis des Wesens des Lebens muß man seine Eigenschaften kennen. Bei der Untersuchung der Lebewesen fallen uns vor allem folgende Eigenschaften auf: Stoffwechsel, Individualität, Reizbarkeit und Bewegung, Wachstum und Entwicklung, Fortpflanzung und Vererbung, Anpassung.

Stoffwechsel. Ein wichtiges Merkmal des Lebens ist der Stoffwechsel. Er besteht in der Aufnahme, Umwandlung und Ausscheidung von Stoffen durch die Lebewesen unter Energieumwandlung. Alle Stoff- und Energiewechselvorgänge lassen sich auf einfache chemische, nicht für das Leben spezifische Reaktionen wie Oxydation, Reduktion, Kondensation und Hydrolyse zurückführen. Im Lebewesen sind diese Reaktionen jedoch geordnet und bilden ein einheitliches System von Reaktionsketten und

-zyklen; sie verlaufen in optimaler Weise, beschleunigt und gerichtet durch Fermente (Biokatalysatoren).

Durch die Existenz des Stoffwechsels sind die Lebewesen stofflich und energetisch **offene Systeme**. Sie befinden sich bei beständigem Stoff- und Energieaustausch mit der Umwelt in einem **dynamischen Gleichgewicht (Fließgleichgewicht)**.

Im Unterschied zu den nichtlebenden natürlichen offenen Systemen können die Lebewesen ihren optimalen inneren Zustand selbst aufrecht erhalten; sie verfügen durch das Vorhandensein von Regulationsmechanismen über die Fähigkeit zur **Autoregulation**. Hierdurch sind sie in der Lage, ungünstige Einflüsse in bestimmten Grenzen auszugleichen und damit das Weiterleben des ganzen Systems zu gewährleisten. Durch Autoregulation wird zum Beispiel der Blutzuckerspiegel konstant gehalten.

Lebewesen sind also auch **geschlossene Kontrollsysteme**, das heißt, die Fähigkeit zur Regulation ist dem System selbst gegeben.

Individualität. Im Gegensatz zur nichtlebenden Natur ist das Leben an einzelne, räumlich begrenzte Gebilde gebunden, die aus verschiedenen, voneinander abhängigen Teilen (z. B. Zellkern und Zellplasma, Zellen, Geweben, Organen) bestehen. Die Teile des Individuums bilden ein einheitliches Ganzes, sie stehen miteinander in enger Wechselwirkung, gesteuert durch Regulationsmechanismen, die insgesamt ein Regulationssystem bilden. Diese Differenzierung der Lebewesen ist das Ergebnis einer langen Evolution der lebenden Welt.

Reizbarkeit und Bewegung. Reizbarkeit ist eine Eigenschaft des Protoplasmas. Die Lebewesen sind fähig, auf äußere Einwirkungen (Reize) mit aktiven Veränderungen ihres Verhaltens (Reaktionen) zu antworten. Durch die Energie des Reizes wird am Reizort der Zustand des Protoplasmas verändert, das Protoplasma wird erregt. Diese **Erregung** breitet sich aus und führt zu einer **Reaktion**. Ein Reiz kann positiv (z. B. Nahrungsreiz) oder negativ (z. B. Verletzung) sein, und der Organismus antwortet darauf mit positiven oder negativen Reaktionen.

Mit der Reizbarkeit ist die aktive räumliche Beweglichkeit der Lebewesen verbunden. Es gibt zahlreiche Arten von Bewegung. Hierzu zählt man nicht nur die freie Ortsbewegung der Tiere, sondern zum Beispiel auch die Bewegungen einzelner Teile der Pflanzen wie das Hinwenden der Blätter zum Licht oder das nächtliche Schließen der Blüten.

Wachstum und Entwicklung, Fortpflanzung und Vererbung. Lebewesen sind zeitlich begrenzte und sich während der Dauer ihres Lebens entwickelnde Systeme. Ihre individuelle Entwicklung (Ontogenese) besteht in der Aufeinanderfolge verschiedener Stadien und endet gesetzmäßig durch den Tod. 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 Stoffwechselgeschehen identisch zu reproduzieren und bei der Zellteilung an die Tochterzellen weiterzugeben. Dabei werden die Anlagen für die Entwicklung der Nachkommen auf diese übertragen, **vererbt**.

Im Verlauf der Ontogenese erfolgen im Organismus **Wachstumsprozesse**. Wachstum ist die nicht umkehrbare Zunahme des Volumens des Organismus; es beruht auf Zellvermehrung und Zellstreckung. Wesentlich für die Entwicklung ist jedoch nicht nur die Vermehrung der Zellen, sondern vor allem die Differenzierung ihres Baus und ihrer Leistungen, die dazu führt, daß die verschiedenen Lebewesen ihren besonderen

inneren Aufbau, ihre äußere Gestalt und ihre Leistungs- und Verhaltensmöglichkeiten erhalten.

Anpassung an die Umwelt. Auf jedes Lebewesen wirken viele Faktoren (Licht, Temperatur, Wind, Feuchtigkeit, Nahrungsangebot usw.) ein; es tritt mit vielen anderen Lebewesen (der gleichen Art oder anderer Arten) in Beziehung. Die Gesamtheit der Erscheinungen, mit denen ein Organismus im Verlaufe seines Lebens in Beziehung tritt, ist seine Umwelt, mit der er eng verbunden ist.

Bau und Verhaltensmöglichkeiten eines Lebewesens entsprechen immer den Umweltverhältnissen, in denen es lebt. Die Lebewesen sind so beschaffen, daß sie sich in der jeweiligen Umwelt erhalten können und auf diese angewiesen sind. Sie sind an ihre Umwelt angepaßt. Die **Anpassung** der Lebewesen ist das Ergebnis von **Erbänderung** (Mutation) und **Auslese** (Selektion), in deren Ergebnis die am besten angepaßten Individuen überleben.

50

Die Spezifik des Lebens

Über welche Merkmale muß nun ein System unbedingt verfügen, damit man es als lebend bezeichnen kann? Worin besteht die Spezifik des Lebens? Zur Beantwortung dieser Frage hat in den letzten Jahren die Molekularbiologie, die die Lebenserscheinungen auf dem molekularen Niveau, also die elementarsten Lebensstrukturen und -prozesse untersucht, Wesentliches beigetragen.

Struktur und Funktion. Bereits die einfachsten heute lebenden Organismen verfügen über einen sehr komplizierten inneren Aufbau. So enthalten die Zellen neben Zellkern und Zellplasma noch zahlreiche Strukturgebilde. Die spezifische Strukturiertheit der lebenden Substanz geht bis zu den molekularen Bausteinen des Lebens. Die Nukleinsäuren und Eiweiße besitzen eine komplizierte räumliche Struktur mit einer spezifischen Reihenfolge der einzelnen Bausteine im Makromolekül.

Auf dieser hochorganisierten und spezifischen Struktur verlaufen in den Organismen die vielfältigen geordneten, miteinander hochkoordinierten Lebensprozesse. Struktur und Funktion stehen also in engem Zusammenhang; die komplizierte Struktur ist Voraussetzung für die hohe Organisation der Lebensprozesse.

Der grundlegende Lebensprozeß besteht in der identischen Reproduktion der DNS und in der durch sie gesteuerten Eiweißsynthese.

Historizität des Lebens. Das Leben hat eine echte Geschichte; es verfügt über Historizität. Jedes Lebewesen stellt das Ergebnis einer lang dauernden biologischen Entwicklung dar, in deren Verlauf es aus niederen Formen entstanden ist. Diese Entwicklung ist einmalig und nicht umkehrbar. Die Ursache hierfür liegt in der hohen Kompliziertheit der lebenden Materie. Bereits die molekularen Bausteine des Lebens, die Nukleinsäuren und Eiweiße, sind so kompliziert gebaut, daß eine zweimalige unabhängig voneinander verlaufende Entstehung völlig gleicher Moleküle praktisch unmöglich ist. In weit größerem Maße gilt das für die ganzen Organismen mit ihren vielfältigen chemischen Bestandteilen und ihren vielen tausend aufeinander abgestimmt verlaufenden Stoffwechselreaktionen.

Definition des Lebens. Eine begründete Definition des Lebens muß alle Merkmale erfassen, aus denen sich die biologische Entwicklung ableiten läßt. Als solches Merkmal ist zunächst der **Informationsgehalt** zu nennen, der in der Struktur der DNS festgelegt ist. Ferner gehört hierzu die Fähigkeit zur **identischen Reproduktion** der DNS, die für das Leben charakteristische Vermehrungsweise, die in ihrem Wesen einen Kopierungsvergange darstellt, bei dem ein Makromolekül als Matrize zum Aufbau eines zweiten

dient. Weiterhin muß hier die Fähigkeit zur **Merkmalsausbildung** (Synthese von Fermenteiweiß) genannt werden; denn erst am Merkmal, am Phänotyp kann die Auslese einsetzen und zum Überleben des besser Angepaßten führen. Schließlich ist die **Mutationsfähigkeit** zu nennen, da die Auslese erst wirksam werden kann, wenn durch individuelle Erbänderungen ein genetisch unterschiedliches Material vorliegt, das bei der Merkmalsausbildung phänotypische Unterschiede bei den einzelnen Individuen zur Folge hat.

Das Leben ist eine Eigenschaft historisch entstandener informationshaltiger materieller Gebilde, die über die Fähigkeit zur Reduplikation, zur Merkmalsausbildung und zur Mutation verfügen. Ein mit solchen Merkmalen ausgestattetes System ist zur Höherentwicklung befähigt.

Mannigfaltigkeit der Lebewesen. Im Verlaufe der Entwicklung entstand eine fast unübersehbare Mannigfaltigkeit der Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen. Vergleiche zwischen den einzelnen Lebewesen zeigen verschiedene Grade der Ähnlichkeit und Verschiedenheit, die auf mehr oder weniger große Verwandtschaft der Organismen untereinander hindeuten. Wir können die Lebewesen also zu Abstammungseinheiten zusammenfassen. Die Art ist die kleinste Abstammungseinheit, die durch mehrere konstante, erbliche Merkmale von allen anderen Abstammungseinheiten deutlich geschieden ist. Die Lebewesen einer Art sind durch die Fortpflanzung untereinander verbunden und bringen artgleiche Nachkommen hervor.

Ähnlichkeit und Verschiedenheit der artgleichen Lebewesen sind so abgestuft, daß sich daraus das **natürliche System der Organismen** ergibt. Das natürliche System der Organismen ist die wissenschaftliche Widerspiegelung der historisch entstandenen Mannigfaltigkeit der Lebewesen.

Die Entstehung des Lebens

Die modernen Vorstellungen von der Entstehung des Lebens



Abb. 92/1 A. I. Oparin

Die Frage, wie das Leben auf der Erde entstanden ist, ist eines der kompliziertesten Probleme der modernen Biologie, an dessen Lösung heute noch gearbeitet wird. Große Verdienste um die Lösung dieses Problems hat sich neben anderen Forschern vor allem der sowjetische Biochemiker **ALEXANDER IWANOWITSCH OPARIN** (Abb. 92/1) erworben. Er entwickelte als erster den Gedanken, daß auf der Erde, bevor es zur Entstehung der ersten Lebewesen kam, bereits organische Verbindungen existiert haben müssen, die die Grundlage für die Entstehung des Lebens bildeten. Weiter folgerte er, daß die ersten Lebewesen, die Uorganismen, heterotroph waren, das heißt, daß sie sich von organischen Substanzen ernährten. Auf der Uerde gab es seiner Überlegung nach noch keinen freien Sauerstoff, so daß die Entwicklung der chemischen Verbindungen unter reduktiven Bedingungen vor sich ging und die ersten Lebewesen ihre Energie noch nicht durch Atmung, sondern durch Gärungsprozesse gewannen. Diese An-

sichten OPARINS sind heute international allgemein anerkannt, und sie können auf Grund zahlreicher experimenteller Ergebnisse als gesichert gelten.

Ganz entscheidende Hinweise hat in letzter Zeit die Molekularbiologie für die Entwicklung unserer Vorstellungen von der Entstehung des Lebens gegeben. Um diese schwierige Frage zu lösen, wird aber noch jahrelange intensive Forschertätigkeit notwendig sein.

Die Entstehung und Entwicklung organischer Stoffe. Der erste Schritt zur Entstehung des Lebens war die abiogene, das heißt ohne Teilnahme von Lebewesen erfolgende Bildung organisch-chemischer Verbindungen und ihre chemische Entwicklung. Organische Verbindungen, die ohne Beteiligung von Lebewesen aus anorganischen Stoffen entstanden sind, gibt es auch auf anderen Gestirnen. Auf den unbelebten Planeten Jupiter und Saturn kommen beispielsweise große Mengen von Methan (CH_4) vor, das dort zusammen mit Ammoniak (NH_3) eine mächtige Atmosphäre bildet. In auf die Erde niedergegangenen Meteoriten fand man ebenfalls organische Stoffe. Auch auf der Uerde entstanden in einem bestimmten Entwicklungsabschnitt derartige Verbindungen.

Die Erde ist nach neueren Ansichten zusammen mit der Sonne und den anderen Planeten aus einer gewaltigen kosmischen Gas- und Staubwolke entstanden. Der größte Teil der Wolke verdichtete sich zu einem Zentralkörper. Die bei der Zusammenballung der Stoffe entstehenden hohen Temperaturen machten schließlich atomare Prozesse möglich, und es entstand ein selbstleuchtender Stern, unsere Sonne. Aus dem Rest der ursprünglichen Wolke bildeten sich die Planeten, darunter auch unsere Erde. Dabei trat durch die Zusammenballung der Stoffe auf der sich bildenden Erde eine Temperaturerhöhung auf etwa 2000°C ein. Diese Temperatur war für das Ingangkommen atomarer Prozesse zu niedrig. Die Erdoberfläche kühlte sich durch Wärmeabstrahlung bald wieder ab, so daß die Uerde auf ihrer Oberfläche Temperaturen aufwies, die den heutigen nahekommen.

Schon in den frühesten Zeiten besaß die Erde eine feste Oberfläche, einen Urozean und eine Uratmosphäre. In der Uratmosphäre kam aber im Gegensatz zu heute kein freier Sauerstoff vor.

Die feste Oberfläche der Uerde enthielt Kohlenstoff, der sich heute als Hauptbestandteil in allen Organismen findet. Damals existierte er vor allem in Form von Karbiden, also in Verbindung mit Metallen. Die Karbide reagierten mit Wasser. Dabei entstanden die ersten **Kohlenwasserstoffe**, die in die Uratmosphäre eingingen.

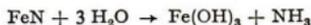
Äthin (Azetylen) bildet sich zum Beispiel aus Kalziumkarbid und Wasser:



Aluminiumkarbid bildet unter den gleichen Bedingungen Methan:



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



Auf ähnliche Weise wurde aus Metallsulfiden **Schwefelwasserstoff** (H_2S) frei. Ammoniak und Schwefelwasserstoff sammelten sich ebenfalls in der Uratmosphäre an. Auch Wasserdampf war in ihr enthalten.

Aus den ersten organischen Verbindungen auf der Urerde, den Kohlenwasserstoffen, entstanden in der Folgezeit durch verschiedenartige Reaktionen eine große Anzahl von kompliziert gebauten Stoffen.

So waren folgende Prozesse möglich: Hydratisierung (Anlagerung von Wasser), Reduktion und Oxydation, Kondensation, Polymerisation, Aminierung (Anlagerung von NH_3 unter Bildung einer NH_2 -Gruppe), Ringbildung und andere. Als Ergebnis entstanden auf der Urerde die verschiedensten sauerstoff-, stickstoff- und schwefelhaltigen **Derivate der Kohlenwasserstoffe**, wie beispielsweise Alkanole (Alkohole), Alkanale, (Aldehyde), organische Säuren, Amine, Amide, Thioalkohole (Kohlenwasserstoffabkömmlinge mit einer SH-Gruppe), Ring-Verbindungen. Als Beispiel seien hier zwei Reaktionen angeführt, die Bildung von Äthanal (Azetaldehyd) aus Äthin (Azetylen) und Wasser (Hydratisierung):



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



Ein Teil dieser Reaktionen war exotherm. Andere Reaktionen waren endotherm und brauchten Energiezufuhr von außen. Als Energiequellen dienten dabei die Sonnenstrahlen (vor allem die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts), die elektrischen Entladungen der Atmosphäre und radioaktive Strahlen.

Der Beweis für die Richtigkeit dieser Vorstellungen ist das Experiment, in dem in einer Apparatur Verhältnisse geschaffen werden, wie sie wahrscheinlich auf der Urerde geherrscht haben. Auf diese Weise erzeugte der amerikanische Forscher S. MILLER in einem Gemisch aus Methan, Wasserstoff, Ammoniak und Wasserdampf elektrische Entladungen und erhielt dabei Aminosäuren, also Bausteine der Eiweißmoleküle, und andere organische Verbindungen (Abb. 94/1). Das Experiment von MILLER beweist, daß in der Uratmosphäre unter Gewittereinflüssen verschiedene Aminosäuren entstanden sein können. Ähnliche Versuche wurden auch von anderen Wissenschaftlern durchgeführt.

Alle hier erläuterten Reaktionen verliefen zuerst in der Uratmosphäre der Erde. Die Reaktionsprodukte wurden durch den Regen in den Urozean gespült, wo die gelösten Stoffe miteinander in Wechselwirkung traten. Dabei konnten bereits Katalysa-

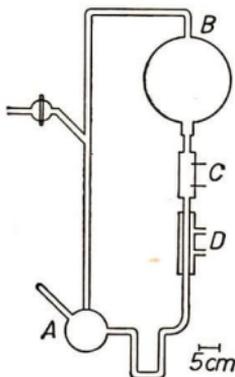


Abb. 94/1

Gerät zur Synthese von Aminosäuren im elektrischen Funken. Nach S. MILLER

A = Kolben zur Erzeugung von Wasserdampf

B = Kolben zum Mischen der Gase mit Wasserdampf

C = Elektroden

D = Kühler zur Kondensation der Reaktionsprodukte

toren wirksam werden, beispielsweise im Wasser gelöste Schwermetallsalze oder fein verteilte Tonpartikel. Es entstanden immer neue, kompliziertere Verbindungen, darunter zum Beispiel auch verschiedene Zucker und organische Basen. Schließlich bildeten sich auch hochmolekulare Stoffe, wie **Polynukleotide**, die aus Ketten von Mononukleotiden bestehen und den prinzipiellen Aufbau der Nukleinsäuren zeigen, und **Polypeptide**, die Ketten von Aminosäuren darstellen und zu den Eiweißen überleiten. Der Urozean bildete also schließlich eine Lösung komplizierter, zum Teil hochmolekularer organischer Verbindungen.

Über diese erste Etappe, die Entstehung und Entwicklung organisch-chemischer Verbindungen, haben die Wissenschaftler bereits recht genaue Vorstellungen. Die weitere Entwicklung der im Urozean gelösten hochmolekularen Stoffe bis zu den ersten Lebewesen ist aber noch keineswegs völlig geklärt. Es gibt hier im wesentlichen zwei verschiedene Hypothesen: die ältere Koazervathypothese OPARINS und die neuere Molekular- oder Nukleinsäurehypothese.

Die Koazervathypothese. OPARIN vertritt die Ansicht, daß sich an die Etappe der Bildung und Entwicklung der organischen Verbindungen eine Etappe der Bildung und Entwicklung organischer polymolekularer Systeme anschloß, aus denen schließlich die Uroorganismen hervorgingen.

Die im Urozean entstandenen hochmolekularen Verbindungen existierten dort weder als echte Lösungen noch als Aufschwemmungen. Sie bildeten Lösungen, wie sie von Gelatine oder Stärke bekannt sind. Wir sprechen in solchen Fällen von kolloidalen Lösungen; die gelösten Stoffe heißen **Kolloide**. Ihre Teilchen sind größer als die von echten Lösungen und kleiner als die von Aufschwemmungen. In kolloidalen Lösungen ist ein Teil des Wassers, das Hydratationswasser, auf Grund elektrostatischer Kräfte an die Kolloidteilchen gebunden. Unter bestimmten Voraussetzungen wird ein Teil des Hydratationswassers abgegeben. Dabei werden elektrostatische Kräfte frei, die mehrere Kolloidteilchen zu größeren Einheiten verbinden. Die so entstandenen Gebilde nennen wir **Koazervate**. Sie sind noch flüssig und schwimmen als scharf abgegrenzte Tröpfchen in der Lösung, ähnlich wie ein Tropfen Hühnerweiß in einem Glas Wasser schwimmt und sich mit dem Wasser nicht vermischt. Koazervate kann man leicht künstlich herstellen, beispielsweise aus einer wäßrigen Lösung von Gelatine und Gummiarabikum (Abb. 95/1).

Nach der Hypothese von OPARIN bildeten sich im Urozean derartige Koazervat-tröpfchen, und danach begann die Entwicklung dieser **organischen Systeme**.

Die Koazervate existierten nicht losgelöst von der Umwelt. Sie nahmen aus dem Urozean Stoffe auf und gaben andere Stoffe ab, und in ihnen verliefen chemische Reaktionen. Durch die Aufnahme neuer Stoffe konnten die Koazervate verändert werden. Waren diese Änderungen günstig, so führten sie zur Entwicklung der Koazervate, waren sie ungünstig, so wurde die Beständigkeit des Koazervat-tröpfchens gestört, und es zerfiel. Die der Umwelt am besten

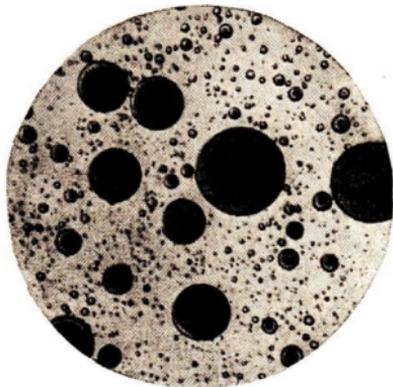


Abb. 95/1
Koazervat-tröpfchen aus Gelatine und Gummiarabikum

angepaßten Koazervatröpfchen blieben bestehen und entwickelten sich weiter. So wurde nach der Ansicht OPARINS unter den Koazervaten eine erste **natürliche Auslese** wirksam, unter deren Kontrolle ihre Entwicklung zu den ersten Lebewesen erfolgte.

Nahmen die Koazervate mehr Stoffe auf, als sie abgaben, so wurden sie größer und konnten sich auf Grund physikalischer Gesetzmäßigkeiten auch teilen. Durch die Aufnahme von Katalysatoren aus der Umwelt wurden die zunächst langsam verlaufenden Reaktionen im Koazervatröpfchen beschleunigt. Die mit solchen Katalysatoren ausgestatteten Tröpfchen waren den anderen gegenüber im Vorteil und konnten sich schneller entwickeln. Die zuerst einfachen Katalysatoren komplizierten sich später, so daß schließlich Fermente entstanden.

So wurden die Systeme unter der Wirkung der Auslese immer komplizierter, organisierter und besser an ihre Umwelt angepaßt. Es kam schließlich zur Anhäufung hochaktiver Fermenteiweiße und zur Ausbildung eines zeitlich und räumlich koordinierten Reaktionssystems in den Koazervaten, zur Herausbildung eines echten Stoffwechsels, den die ständige Selbsterneuerung des Systems bewirkte. Damit waren auf der Erde die ersten Lebewesen, **Uroorganismen**, entstanden.

Die Koazervathypothese war ein wichtiger Schritt in der Entwicklung unserer Vorstellungen von der Entstehung des Lebens. Sie wurde aber zu einer Zeit aufgestellt, als über die Funktion der Nucleinsäuren und den Mechanismus der Eiweißsynthese auf der Nucleinsäurematrize noch nichts bekannt war. OPARIN sieht das Hauptproblem bei der Entstehung des Lebens in der Herausbildung eines koordinierten Reaktionsnetzes, des Stoffwechsels; er stellt die Eiweiße (Fermente) in den Mittelpunkt der Betrachtung. Dabei gibt er aber keine Erklärung dafür, wie die Information für den Ablauf dieses komplizierten Reaktionssystems gespeichert und auf die Nachkommen übertragen wird. Der identischen Reproduktion von Molekülen mißt er für die Entstehung des Lebens keine Bedeutung bei. Nach seiner Ansicht wurden die Eiweiße und Nucleinsäuren in den zu Uroorganismen überleitenden Koazervaten in einem komplizierten Reaktionsnetz stets neu gebildet, und der heutige Mechanismus der Nucleinsäurevermehrung ist erst das Ergebnis einer weiteren Entwicklung der Lebewesen. Dieses einheitliche Reaktionsnetz im Koazervatröpfchen wäre bei jeder Teilung des Tröpfchens zerstört worden. Es ist also gar nicht klar, wie bei den ersten, noch sehr unbeständigen Koazervaten durch Auslese, also durch Ausmerzungen der „nicht-gelungenen“ Koazervatröpfchen, ein koordiniertes Reaktionsnetz entstehen und in den folgenden Generationen beibehalten werden konnte.

Der Mechanismus der Informationsspeicherung und -übertragung in den Lebewesen ist uns jetzt bekannt, und es gibt keinen Grund zu der Annahme, daß diese Prozesse auf den ersten Etappen der Entstehung des Lebens grundsätzlich anders verliefen als heute in den Organismen. Das Hauptproblem bei der Entstehung des Lebens ist somit die Anhäufung von Information und ihre Weitergabe.

Die Molekularhypothese der Entstehung des Lebens. In Verbindung mit der Entwicklung der Molekularbiologie wurde von einer Reihe von Wissenschaftlern eine neue Hypothese der Entstehung des Lebens aufgestellt, die als Molekular- oder Nucleinsäurehypothese bezeichnet wird. Während nach der Koazervathypothese das Leben durch Bildung polymolekularer Systeme und deren Entwicklung entstanden ist, stehen nach der Molekularhypothese einzelne Moleküle, die sich identisch reproduzieren konnten, am Anfang des Lebens, und die Entstehung polymolekularer Systeme stellt bereits das Ergebnis einer weiteren Entwicklung des Lebens dar.

Man kann dabei etwa folgenden Weg der Entstehung des Lebens annehmen: Im

Urozean waren die verschiedensten organischen Stoffe abiogen entstanden. Aus ihnen konnten auf rein chemischem Wege Nukleotide entstehen. Diese vereinigten sich dann unter der Wirkung anorganischer Katalysatoren zu langen Ketten (Polynukleotiden), die bei günstigen Bedingungen in der Lage waren, sich identisch zu reproduzieren. Gleichzeitig dienten sie als Matrizen für die Synthese von Polypeptiden. Die Reaktionen erfolgten noch sehr langsam, da Katalysatoren fehlten oder nur geringe Aktivität aufwiesen. Einige der gebildeten Polypeptide wirkten nun selbst als Katalysatoren und beschleunigten die Vermehrung der Polynukleotide. Wenn sich diese aber schneller vermehrten, wurden wieder mehr Polypeptide gebildet.

Hier begann schon eine gewisse natürliche Auslese. Durch Unregelmäßigkeiten bei der Vermehrung der Polynukleotide (Mutationen) entstanden manchmal Veränderungen in der Reihenfolge der Basen im Polynukleotidmolekül. Dadurch wurde auch die Struktur und folglich die Aktivität der von ihnen synthetisierten Polypeptide geändert, so daß die Auslese wirken konnte. Dadurch entstanden schließlich Nukleinsäuren, die die Synthese eines Ferments bewerkstelligten, das die identische Reproduktion der Nukleinsäure beschleunigte.

Das war der Anfang des Lebens: der primitivste Stoffwechsel bestand also in der identischen Reproduktion der Nukleinsäure und der Synthese des Fermenteiweißes.

Ein solches einfachstes lebendes Gebilde verfügte bereits über alle grundsätzlichen Kriterien des Lebens. Sein Stoffwechsel beschränkte sich nur auf den Baustoffwechsel (Synthese der Makromoleküle), einen Betriebsstoffwechsel (Energiegewinnung) besaß es noch nicht; die energieliefernden Verbindungen und auch die Bausteine der Nukleinsäuren und Eiweiße (Nukleotide und Aminosäuren) wurden fertig dem Urozean entnommen.

Später traten dann lebende Gebilde auf, in denen mehrere Nukleinsäure- und Eiweißmoleküle vereinigt waren. Diese konnten dann beispielsweise Fermenteiweiße aufbauen, die selbst die Synthese von Nukleotiden aus dem Zucker, der organischen Base und Phosphorsäure bewerkstelligten, so daß diese nicht mehr aus dem Urozean aufgenommen zu werden brauchten. Solche aus mehreren Molekülen bestehenden Systeme waren in der Lage, ihren Stoffwechsel wesentlich aktiver und unabhängiger von der Umwelt durchzuführen. Ob bei der Entwicklung derartiger Systeme Koazervatbildung eine Rolle spielte, kann bisher noch nicht gesagt werden; es sind auch andere Mechanismen denkbar, die den Zusammenhalt mehrerer Makromoleküle (also die Individualisierung) bewirken können, etwa gemeinsame Adsorption an Tonteilchen. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung muß es dann zur Herausbildung von Membranen gekommen sein, die das lebende System räumlich zusammenhielten und denen auch in den Zellen der heute lebenden Organismen eine große Bedeutung zukommt.

(51)

Die weitere Entwicklung der Uroorganismen. Die ersten Lebewesen waren heterotroph. Sie ernährten sich von organischen Substanzen, die ohne Beteiligung von Lebewesen auf der Uroerde gebildet worden waren. Da es in der Uratmosphäre der Erde noch keinen freien Sauerstoff gab, waren die ersten energieliefernden Reaktionen der Uroorganismen noch keine Atmung; sie bauten die organischen Stoffe zur Energiegewinnung durch Gärung ab.

Man kann sich vorstellen, daß die ersten primitiven Lebewesen noch nicht über eine Autoregulation verfügten. Es ist durchaus denkbar, daß sie sich zunächst in einem Zustand hemmungsloser Vermehrung befanden und alle verwertbaren Stoffe an sich rissen und sie verschwendeten. Erst später, als der Gehalt des Urozeans an

organischen Stoffen (an Nahrung) wesentlich abnahm, wurde eine Ökonomisierung und Regulation des Stoffwechsels notwendig, wodurch es unter der Wirkung von Mutation und Selektion zur Herausbildung eines autoregulierten koordinierten Reaktionsnetzes kam.

Bei der weiteren Entwicklung des Lebens wurde der Vorrat an organischen Stoffen im Urozean verbraucht. Dadurch wurden die Existenzbedingungen des Lebens grundsätzlich geändert. Es entwickelten sich Lebewesen, die die Fähigkeit erworben hatten, mit Hilfe der Lichtenergie organische Stoffe aus Kohlendioxid und Wasser aufzubauen, die Photosynthese durchzuführen. So war der biogene Weg der Bildung organischer Stoffe entstanden. Ein Teil der Lebewesen begann die lebensnotwendigen organischen Verbindungen selbst zu bilden, der andere Teil nutzte die biogen entstandenen organischen Stoffe. Das führt zur Trennung der Lebewesen in autotrophe und heterotrophe Formen.

Eine wichtige Folge der Photosynthese war die Anreicherung von freiem Sauerstoff in der Atmosphäre. Dadurch konnten Organismen entstehen, die ihre Energie durch Atmung gewannen, wie es die meisten Lebewesen auch heute tun.

Das Problem der Entstehung des Lebens ist also sehr kompliziert und in vielen Teilen noch ungelöst. Es wird erst dann im wesentlichen geklärt sein, wenn es gelungen ist, das allereinfachste Leben im Laboratorium künstlich herzustellen. Versuche hierzu werden heute bereits von den Wissenschaftlern angestellt.

Die Entstehung des Lebens als gesetzmäßiger Vorgang. So sehr sich die Koaxerathypothese und die Molekularhypothese voneinander unterscheiden (s. Gegenüberstellung der beiden Hypothesen S. 101), eins ist ihnen gemeinsam: Beide Hypothesen erklären die Entstehung des Lebens durch eine lang dauernde natürliche Entwicklung der Materie, die von der chemischen Bewegung ausging.

Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß sich derartige Vorgänge immer vollziehen, wenn die entsprechenden Bedingungen gegeben sind – nicht nur auf der Erde, sondern auch auf anderen Himmelskörpern. Es ist erwiesen, daß unser Planetensystem nicht das einzige ist und daß im Weltall die Entstehung neuer Sterne und Planetensysteme vonstatten geht. Man muß also annehmen, daß die Entstehung des Lebens auf der Erde keinen Einzelfall im Universum darstellt. **Die Entwicklung von lebloser Materie zur lebenden ist ein gesetzmäßiger Vorgang.**

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

Wie wir gesehen haben, ist das Leben durch eine lange Entwicklung aus der chemischen Bewegung entstanden. Es bildet eine besondere, hochentwickelte Bewegungsform der Materie. Im Leben wirken die Gesetzmäßigkeiten der physikalischen und chemischen Bewegungsform der Materie weiter. Charakteristisch für die Lebewesen sind aber neue Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten, wie die für das Leben typische Vermehrungsweise, die Fähigkeit zur Merkmalsausbildung und zu Mutationen und die Tatsache, daß die Evolution des Lebens unter der Wirkung der natürlichen Auslese vonstatten geht. Mit der Entstehung des menschlichen Bewußtseins ging aus dem Leben eine noch höhere, die gesellschaftliche Bewegungsform hervor.

Da das Leben im Verlaufe einer langen Entwicklung entstanden ist, ist eine genaue Abgrenzung des Zeitpunktes, von dem an man von Leben sprechen kann, nur schwer

möglich. Auch in bezug auf die einfachsten heute existierenden biologischen Objekte, die **Viren**, herrscht bis jetzt bei den Wissenschaftlern noch keine Einmütigkeit, ob sie zu den Lebewesen zu zählen sind oder nicht, da sie sich nur in den Zellen ihres Wirts vermehren können.

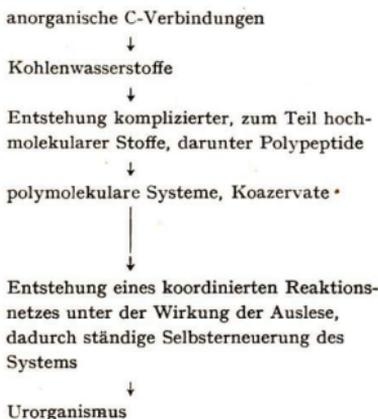
Heutige Auffassungen über die Entstehung des Lebens. Als Wesensmerkmale des Lebens haben wir seinen Informationsgehalt, die Fähigkeit zur identischen Reproduktion, zur Merkmalsausbildung und zur Mutation kennengelernt. Diese Merkmale sind Voraussetzung für die biologische Entwicklung bei natürlicher Auslese.

Die heute existierenden Hypothesen der Entstehung des Lebens haben einen gemeinsamen Ausgangspunkt: hochmolekulare organische Verbindungen, die abiogen auf der Urerde entstanden waren. Die Existenz einer organisch-chemischen Evolution vor der Entstehung des ersten Lebens gilt heute als bewiesen.

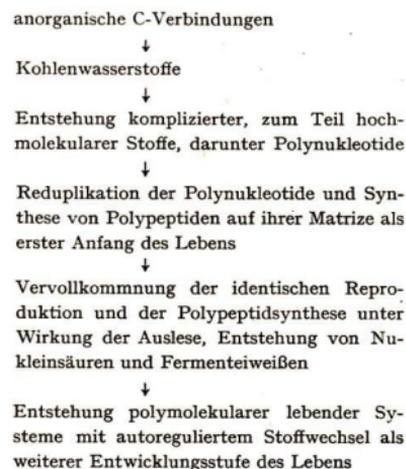
In bezug auf den Übergang der abiogen entstandenen hochmolekularen Stoffe zu den ersten Anfängen des Lebens gibt es dagegen abweichende Ansichten. Nach der älteren Koazervathypothese erfolgte diese Entwicklung über eine Stufe zunächst un- belebter polymolekularer Systeme, der Koazervate, aus denen später die Urganismen hervorgingen. Nach der Molekularhypothese traten die ersten Spuren des Lebens in Form von Fermenteiweiß synthetisierenden Polynukleotidmolekülen auf, die zur identischen Reproduktion befähigt waren. Beide Hypothesen erklären die Entstehung des Lebens materialistisch, durch einen lang dauernden Entwicklungsprozeß. Während es gegen die Koazervathypothese heute eine ganze Reihe ernst zu nehmender Einwände gibt, konnte die Molekularhypothese eine Anzahl gewichtiger Argumente zu ihren Gunsten sammeln. Der experimentellen Forschung bleibt es vorbehalten, diese grundlegende Frage der Biologie zu lösen.

Vergleich der Koazervathypothese und der Molekularhypothese über die Entstehung des Lebens

Koazervathypothese



Molekularhypothese



52

53

Überholte Vorstellungen von der Entstehung des Lebens

Die Frage der Entstehung des Lebens auf der Erde beschäftigt die Menschen schon seit langer Zeit; bereits im Altertum versuchte man, auf diese Frage eine Antwort zu geben.

Die Urzeugungslehre. Als älteste Ansicht entstand die Urzeugungslehre, die Annahme, daß Lebewesen nicht nur von ihresgleichen abstammen, sondern unmittelbar aus leblosem Stoff hervorgehen können. Diese Annahme wurde bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts kaum angezweifelt. Sie ist das Ergebnis einer sehr oberflächlichen Naturbeobachtung.

Würmer, Fliegenmaden und anderes Ungeziefer findet man häufig in Mist und Urat, auf faulendem Fleisch und anderen verwesenden Stoffen. Wir wissen heute, daß das Ungeziefer an diesen Stellen seine Eier ablegt, aus denen sich Nachkommen entwickeln. Früher glaubte man, daß die Lebewesen von selbst, also spontan, aus diesen Stoffen entstehen. So sollten sich auch die Läuse aus menschlichem Schweiß bilden, Glühwürmchen aus den Funken von Lagerfeuern geboren werden und Frösche und Mäuse aus Tau und feuchter Erde hervorgehen.

Der Arzt JOHANN BAPTIST VAN HELMONT (1577 bis 1644) gab sogar ein Rezept für experimentelle Urzeugung an. Er schrieb, daß man Mäuse erzeugen könne, wenn man ein schmutziges Hemd in ein Gefäß mit Weizen tue. Die Ausdünstungen des Hemdes und des Weizens würden in 21 Tagen künstliche Mäuse hervorbringen, die sich nicht von Mäusen unterscheiden, die durch natürliche Fortpflanzung entstanden sind.

Die Urzeugung galt als Tatsache; sie wurde nur auf verschiedene Weise erklärt. Die Materialisten sahen in ihr einen natürlichen materiell bedingten Prozeß, während die Idealisten das Wirken übernatürlicher Wesen annahmen (Schöpfungsglaube).

Verbreitet war die Ansicht, daß die Lebewesen durch die Vereinigung einer besonderen Lebenskraft (Entelechie) mit der an sich toten Materie entstanden. Die Ansicht, daß den Lebewesen eine übermaterielle Lebenskraft innewohnt, bezeichnet man als **Vitalismus**. Durch die Annahme einer übermateriellen Lebenskraft wurde eine unüberbrückbare Kluft zwischen Leblosem und Lebendigem behauptet. Der Vitalismus erkannte zwar, daß das Leben über eine spezifische Eigengesetzlichkeit verfügt, aber er erklärte diese Eigengesetzlichkeit nicht auf natürliche Weise. Er hielt die Entstehung des Lebens aus Unbelebtem auf natürlichem Wege und ohne die Zuhilfenahme der Lebenskraft für unmöglich. Damit wird der enge Zusammenhang zwischen den einzelnen Bewegungsformen der Materie geleugnet. Der Vitalismus ist heute eine überholte Theorie des Lebens, die von keinem ernst zu nehmenden Naturwissenschaftler mehr vertreten wird.

Dem Vitalismus stand die Ansicht des **mechanischen Materialismus** gegenüber. Seine Vertreter behaupteten, daß das Leben gegenüber der unbelebten Materie überhaupt nichts Besonderes sei und voll und ganz auf den Gesetzen der unbelebten beruhe. Damit erkannte die mechanistische Lehre nicht den qualitativen Unterschied zwischen der unbelebten und der belebten Natur, durch den das Leben eine höhere Bewegungsform der Materie im Vergleich zur Bewegung der unbelebten Natur darstellt. Sie betonte aber, daß das Leben natürlichen Ursprungs ist und daß für seine Erklärung keine Zuhilfenahme übermaterieller, göttlicher Kräfte notwendig ist.

Beide Deutungsversuche des Lebens sind einseitig. Man muß das Leben als eine besondere Entwicklungsstufe der Materie mit spezifischen Eigenschaften auffassen, die durch eine lange und natürliche Entwicklung aus der unbelebten Materie entstanden ist. Diese Ansicht wird vom **dialektischen Materialismus** vertreten.

Neue Nahrung erhielt die Urzeugungslehre, als ANTON VAN LEEUWENHOEK (1632 bis 1723) mit selbst hergestellten Mikroskopen die dem unbewaffneten Auge unsichtbare Welt der Mikroorganismen entdeckte. Man glaubte nun zwar nicht mehr, daß größere Lebewesen spontan aus totem Material entstehen könnten; bei den Mikroorganismen war man aber fest davon überzeugt.

Erst dem berühmten französischen Naturforscher LOUIS PASTEUR (1822 bis 1895) gelang es im Jahre 1862, durch exakte Versuche die Theorie der spontanen Urzeugung endgültig zu widerlegen. Er zeigte, daß in den verschiedenen Flüssigkeiten, zum Beispiel in Fleischbrühe, nur dann Mikroorganismen auftreten, wenn ihre Keime aus der Luft dorthin gelangen. Schützt man die Lösungen vor solchen Keimen, etwa durch Erhitzen (Sterilisieren) und anschließendes Zuschmelzen des Gefäßes, so entwickeln sich in ihnen keine Mikroorganismen.

Die Ansicht der Ewigkeit des Lebens. Nach den Arbeiten PASTEURS nahm eine andere Ansicht starken Aufschwung, die Theorie der Ewigkeit des Lebens oder Kosmozoentheorie. Eine Reihe von Forschern vertrat die Ansicht, daß das Leben niemals entstanden sei, sondern schon seit jeher existiere. Die Verfechter dieser Theorie waren der Meinung, daß einmal Lebenskeime, etwa Bakteriensporen, von einem bereits belebten Planeten kommend, den Weltraum durchquert und so die Erde erreicht haben.

Diese Vorstellung ist heute widerlegt. Im kosmischen Raum außerhalb der Erdatmosphäre herrscht eine starke ultraviolette und Partikelstrahlung, die ungeschützte Lebewesen in kurzer Zeit abtötet. Das Leben muß also auf unserer Erde selbst entstanden sein.

Mit Recht bemerken klar denkende Wissenschaftler, daß die von PASTEUR bewiesene Unmöglichkeit einer Urzeugung von Mikroorganismen in Fleischbrühe oder Heuaufgüssen in keiner Weise dagegen spricht, daß das Leben einmal aus lebloser Materie auf der Erde entstanden ist.

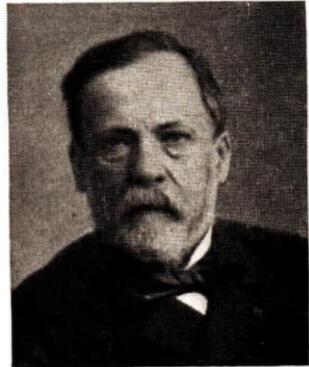


Abb. 101/1 Louis Pasteur

Tier- und Pflanzenzüchtung als Weiterführung der Evolution durch den Menschen

Die Züchtung neuer Sorten — ein gesellschaftlicher Auftrag

Der weitere Aufbau des Sozialismus in der DDR hat unter anderem eine noch bessere Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Industrie mit Rohstoffen aus eigener Produktion zum Ziel. Die gestellten Aufgaben erfordern von der agrarwissenschaftlichen Forschung vor allem die Hebung der Bodenfruchtbarkeit, die Züchtung neuer Sorten sowie die Entwicklung von Anbaumethoden und Technologien, die hohe Erträge und eine hohe Arbeitsproduktivität gewährleisten.

Der Übergang zu industriemäßigen Produktionsmethoden in der Feldwirtschaft stellt der Pflanzenzüchtung die Aufgabe, die hierfür geeigneten Sorten zu züchten. Diese Sorten müssen:

1. quantitativ und qualitativ ein dringendes volkswirtschaftliches Bedürfnis befriedigen und die bereits vorhandenen Sorten in ihren Leistungen übertreffen,
2. eine weitgehende Mechanisierung von der Aussaat bis zur Ernte ermöglichen und eine immer breitere Ausdehnung des Anbaues bei künstlicher Bewässerung zulassen,
3. eine optimale Verwertung hoher Düngergaben gewährleisten und den Einsatz chemischer Wirkstoffe zur Unkrautbekämpfung gestatten,
4. durch eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheitserregern, Schädlingen und Witterungseinflüssen eine große Ertragssicherheit aufweisen,
5. Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck besitzen und den auf dem Gebiet der DDR herrschenden Standortbedingungen angepaßt sein,
6. eine ausreichende Erzeugung von Saat- und Pflanzengut unter Einsatz moderner, arbeitssparender, technischer Verfahren zulassen.

Die Entstehung und die Herkunft der Kulturpflanzen

Die natürliche Mannigfaltigkeit der Tier- und Pflanzenwelt, wie sie noch heute in einigen nicht oder nur wenig durch die Zivilisation veränderten Gebieten vorkommt, ist das Ergebnis eines noch andauernden Evolutionsprozesses, in den der Mensch im Verlaufe der Jahrtausende in immer stärkerem Maße eingegriffen hat. Die Kulturpflanzen sind aus Wildpflanzenarten entstanden. Der Übergang vom „Wildtyp“ zum „Kulturtyp“ der Pflanzen erfolgte allmählich. Bei der Entwicklung der Kulturpflanzen haben bewußte und unbewußte Auslese durch den Menschen zu einer stärkeren Anhäufung nützlicher Eigenschaften in den Kulturpflanzen geführt. Die natürlichen Entstehungs- und Verbreitungsgebiete unserer Kulturpflanzen und ihrer wildwachsenden Verwandten liegen überwiegend zwischen 40° N.Br. und 40° S.

Br. In diesen Gebieten hat im Verlaufe von Jahrtausenden eine Anhäufung mannigfacher Erbanlagen stattgefunden. Auch die zu unserer täglichen Nahrungsgrundlage gehörenden und in unseren landwirtschaftlichen Betrieben mit Erfolg angebauten Kulturpflanzenarten wie Weizen, Roggen, Kartoffeln und andere waren ursprünglich nicht in Mitteleuropa heimisch (Abb. 103/1 u. 104/1).

Wir erkennen, daß Europa außerhalb dieser Gebiete liegt. Sämtliche inzwischen bei uns verbreiteten Kulturpflanzenarten müssen teilweise schon vor sehr langer Zeit aus dem natürlichen Entstehungs- und Verbreitungsgebiet eingeführt worden sein. Eine Verbreitung der Kulturpflanzen erfolgte durch die Inbesitznahme neuen Siedlungsraumes durch die verschiedenen Völkerschaften, insbesondere während der Völkerwanderung. Auch die bewußte Einführung in den letzten Jahrhunderten hat viele neue Kulturpflanzen nach Europa gebracht, wie beispielsweise die Kartoffel.

In den meisten Fällen umfassen die aus den Ursprungsgebieten und anderen Anbaugebieten weitverbreiteten Kulturpflanzenformen nur einen geringen Teil der vorhandenen Erbfaktoren. Eine große Anzahl züchterisch wertvoller Eigenschaften, vornehmlich Resistenzeigenschaften (z. B. gegen Kälte, Trockenheit und verschiedene Krankheitserreger), sind in den Ursprungsgebieten vorhanden oder werden dort vermutet, fehlen aber häufig bei den in Europa verbreiteten Kulturpflanzenarten. Man sammelt deshalb in diesen Gebieten geeignete Pflanzen.

Als Ergebnis vieler Sammelexpeditionen entstanden in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Sortimente von Kulturpflanzenarten und ihren wilden Verwandten, die für die Züchtung neuer, besserer Sorten als Ausgangsmaterial dienen (Abb. 105/1).

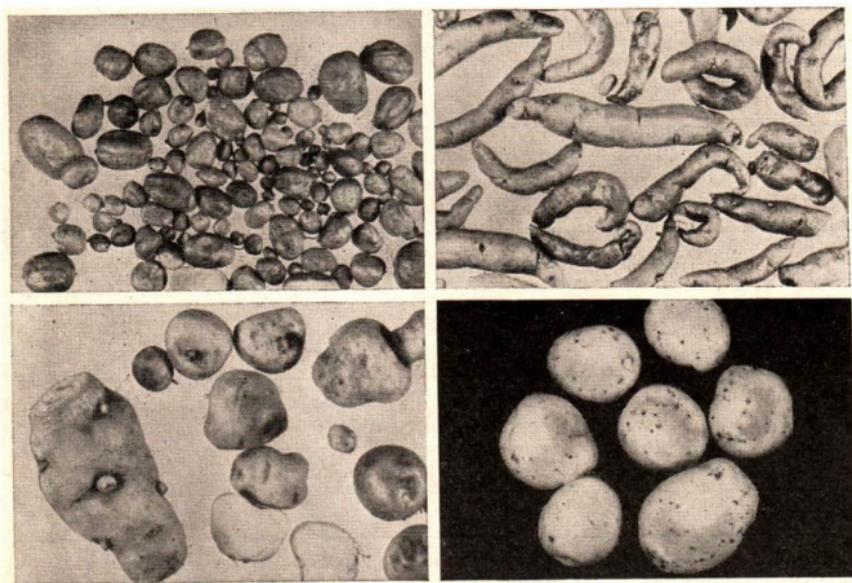


Abb. 103/1 Entwicklung von der Wildkartoffel zur Kulturkartoffel. Oben: Wildkartoffel; primitive, diploide ($2n=24$) Indianerkulturkartoffel; unten: tetraploide ($2n=48$) Indianerkulturkartoffel; europäische Kulturkartoffelsorte

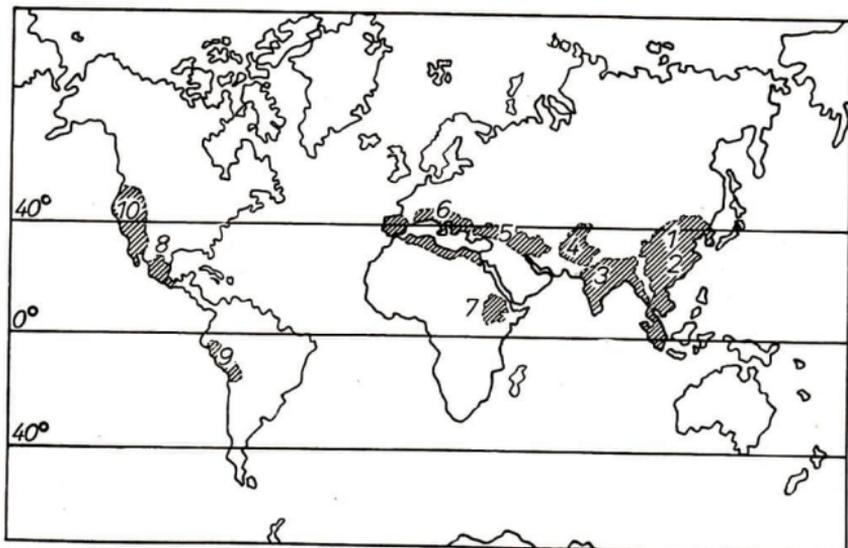


Abb. 104/1 Natürliche Entstehungs- und Verbreitungsgebiete einiger Kulturpflanzenarten (Genzentren)

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

Herkunft einiger in Europa verbreiteter Kulturpflanzen

Kulturform	Ausgangsform	gegenwärtiges Verbreitungsgebiet der Ausgangsform	Domestikationsgebiet	Domestikationszeit um
Roggen	Wildroggen	Südwest-Asien	Europa	1 500 v. u. Z.
Weizen	verschiedene Wildformen anderer Arten	Südwest-Asien	Vorderasien	6000 v. u. Z.
Gerste	Wildgerste	Ostasien, Südwest-Asien	Ostasien, Südwest-Asien	6000 v. u. Z.
Mais	Wildmais	?	Südamerika	um 5000 v. u. Z.
Kartoffel	Wildkartoffel	Südamerika	Südamerika (Anden)	um 5000 v. u. Z.
Futterrübe Zuckerrübe	Wilde Rübe Futterrübe	Mittelmeergebiet weltweit verbreitet	Mittelmeergebiet Frankreich, Deutschland	1000 v. u. Z. Ende 18. Jh.



Abb. 105/1 Kulturpflanzensortiment (Sortenerhaltung) des Institutes für Kulturpflanzenzüchtung Gatersleben

Die wesentlichen Methoden der Pflanzenzüchtung

Erst nachdem zu Beginn dieses Jahrhunderts die Mendelschen Gesetze (s. S. 6) wieder entdeckt wurden und allgemeine Anerkennung fanden, erhielt die Züchtung ein tragfähiges theoretisches Fundament. Bereits im vorigen Jahrhundert wurden, ohne daß man eine klare Vorstellung von den Vererbungsvorgängen hatte, beachtliche züchterische Erfolge erzielt (Abb. 106/1).

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Genetik und die Kenntnisse über das Evolutionsgeschehen der Pflanzen haben im 20. Jahrhundert in immer stärkerem Maße Anwendung in der Pflanzenzüchtung gefunden. Mit neuen, fortlaufend verbesserten Methoden der Zellforschung und der Biochemie gelang es, immer weiter in das Vererbungsgeschehen einzudringen.

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).

Im Verlaufe der Jahrhunderte wurden wissenschaftlich begründete Methoden der Züchtung entwickelt. Die jeweils zur Anwendung kommende Methode richtet sich im wesentlichen nach dem Züchtungsziel, der Natur des ausgewählten Objektes, der

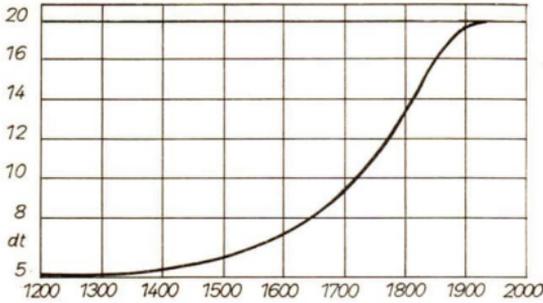


Abb. 106/1

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

Blüten- und Befruchtungsbiologie sowie den technischen Voraussetzungen der Züchtungsstation und dem derzeitigen Stand der züchtungsbiologischen Erkenntnisse bei der zu bearbeitenden Pflanzenart.

Auslesezüchtung

Die ersten Kulturformen wurden durch Auslesen aus den vorhandenen Wildpopulationen entwickelt. Jedoch erst nachdem die Auslese und Vermehrung hochleistungsfähiger Pflanzen bewußt betrieben wurden, sind bedeutende Fortschritte erzielt worden. Die Landsorten und viele ältere Sorten sind auf diese Weise entstanden und bilden noch heute ein wertvolles Ausgangsmaterial, auf das sich unsere Hochzuchtsorten aufbauen. Während anfangs Massenauslesen gebräuchlich waren, bei denen entweder die positiven oder die negativen Pflanzen ausgesondert wurden, wählte man bei der weiteren Entwicklung dieses Verfahrens einzelne Exemplare aus. Dabei wurden die Befruchtungsverhältnisse (Selbst- oder Fremdbefruchtung) und die guten Eigenschaften der Eltern besonders berücksichtigt. Die Prinzipien der Auslesezüchtung sind auch in allen anderen zur Anwendung kommenden Züchtungsmethoden enthalten. Durch die Einzelauslese gelang es beispielsweise, aus vielen Tausenden von Individuen folgende Nutzpflanzen zu gewinnen:

alkaloidfreie Lupinen aus ehemals bitterstoffreichen Populationen,
 einzelfrüchtige Zuckerrüben aus vielfrüchtigen Beständen,

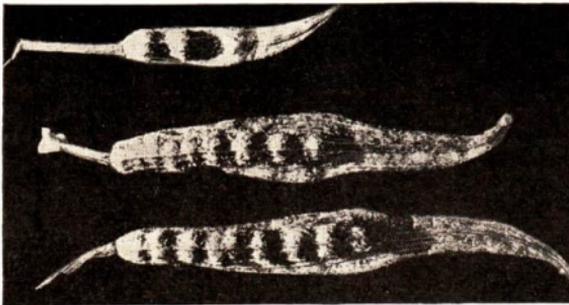


Abb. 106/2 Sensschoten mit 4, 9 und 18 Körnern je Schote. Erhöhung der Körnerzahl durch bewußte mehrjährige Auslese verbunden mit der Kreuzung der besten Idiotypen untereinander

gegen den Kartoffelnematoden resistente Indianerkulturkartoffeln aus einer Vielzahl wilder und kultivierter Kartoffeln, aus Senfpflanzen mit durchschnittlich 4 Korn je Schote solche mit 9 bis 18 (Zuchtstämme) Korn je Schote (Abb. 106/2).

Besondere Bedeutung hat eine als „Restsaatgutmethode“ bezeichnete Auslesemethode bekommen, die für die Roggenzüchtung entwickelt wurde und auch für andere Fremdbefruchter Anwendung gefunden hat.

Dabei wird die von den als positiv ausgewählten Einzelpflanzen gewonnene Saatgutmenge halbiert. Im 1. Jahr wird die eine Hälfte gesät (A-Stämme) und geprüft, ob die Pflanzen die gewünschten Eigenschaften (Winterfestigkeit, gute Bestockung, Krankheitsresistenz, Lagerfestigkeit, Kornausbildung und Ertrag) zeigen. Ist das der Fall, wird im nächsten Jahr das „Restsaatgut“ zur Weiterzucht verwendet (A'-Stämme). Es kommen nur A'-Stämme mit guten Eigenschaften zum Anbau, die sich dann gegenseitig befruchten.

Kombinationszüchtung

Die bisher größten Fortschritte in der Pflanzenzüchtung hat die Anwendung der Kombinationszüchtung sowohl bei Fremdbefruchtern als auch bei Selbstbefruchtern gebracht. Nach der Kreuzung zweier Eltern treten in den Nachkommen sehr viele verschiedene Kombinationen der Erbanlagen beider Eltern auf. Es ist die Aufgabe des Züchters, die Formen zu erkennen und auszuwählen, die in der besten Weise die guten Eigenschaften beider Eltern vereinen. Die richtige Auswahl der geeigneten Kreuzungseltern ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der weiteren Züchtung.

Bei Selbstbefruchtern wie Weizen, Gerste, Hafer, Erbse und anderen ist die erste Kreuzungsgeneration (F_1) uniform, erst in der nächsten Generation (F_2) erfolgt eine Aufspaltung in viele verschiedene Phäno- und Idiotypen. Unter Berücksichtigung der durch die Kreuzung bewußt kombinierten Merkmale werden die Nachkommen weiterer Generationen getrennt voneinander hinsichtlich ihrer Ertragsleistung und sonstiger züchterisch interessierender Eigenschaften untersucht, wobei eine Reinerbigkeit (Homozygotie) der Linien erreicht werden muß.

Fremdbefruchter wie Roggen, Kohlarten, Rüben und andere sind von vornherein heterozygot und ergeben deshalb bereits in der F_1 -Generation eine vielfältige Aufspaltung verschiedener Typen. Auch hier werden im Verlaufe mehrerer Generationen jeweils nur die besten Nachkommenschaften ausgelesen und weiter angebaut, wobei eine Befruchtungslenkung in der Weise erfolgt, daß sich möglichst nur gute Stämme untereinander bestäuben.

Während bei den selbstbestäubenden Pflanzen das Ziel besteht, reinerbige Linien zu entwickeln, muß bei den Fremdbestäubern darauf geachtet werden, Populationen verschiedener Idiotypen mit einem hohen Heterozygotiegrad zu behalten, die aber dennoch eine gewisse Gleichförmigkeit im äußeren Erscheinungsbild, wie es der Sortencharakter verlangt, besitzen.

Bei den als Klone vermehrten Pflanzen (Kartoffeln, Obstgehölze, Erdbeeren u. a.) werden aus den jeweiligen F_1 -Kreuzungspopulationen die dem Züchtungsziel entsprechenden Formen ausgelesen und in weiteren Nachbaugegenerationen (A, B, C, ... Klon) auf Ertrags-, Qualitäts- und Resistenzeigenschaften geprüft (Abb. 108/1).

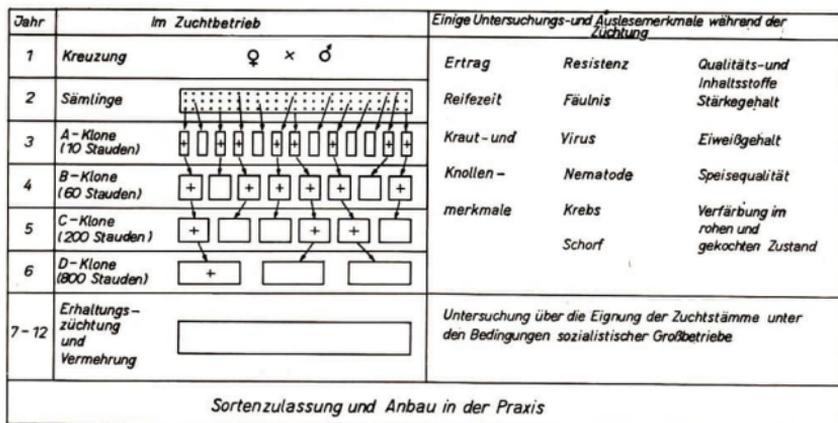


Abb. 108/1 Vereinfachtes Schema über die Züchtung einer Kartoffelsorte

Jede Pflanze eines Klones entspricht dem gleichen Idiotyp. Eine Kartoffelsorte besteht letzten Endes aus den Nachkommen eines Sämlings, der über viele Jahre hinweg vegetativ vermehrt wurde. Große Aufwendungen sind erforderlich, um von den Zuchtklonen bzw. Vermehrungen Krankheiten, insbesondere Viruskrankheiten, fernzuhalten, die durch die klonmäßige Vermehrung des Pflanzgutes von Generation zu Generation weiterverschleppt werden können.

Bei bestimmten Kreuzungskombinationen hat man Leistungssteigerungen oder spezifische Merkmalsausprägungen festgestellt, die über die beider Eltern hinausgehen (Abb. 109/1). Sehr bald wurden Wege gefunden, diese als **Heterosis** bezeichnete allgemeine Leistungszunahme für die Züchtung neuer hochertragreicher Sorten auszunutzen. Es zeigte sich aber, daß dieser „Heterosiseffekt“ nur in den F_1 -Nachkommen der Kreuzungen auftritt und im weiteren Nachbau wieder abklingt. Das erfordert, stets neues F_1 -Saatgut herzustellen und zur Aussaat zu bringen. Ein hoher Anteil des auf der Welt hergestellten Maissaatgutes wird unter Ausnutzung der Heterosis hergestellt. Aber auch bei anderen Kulturpflanzen werden in zunehmendem Maße Heterosisorten erzeugt, wie beispielsweise bei Zuckerrüben, Kohl, Zwiebeln und Tomaten.

Methodisch geht man bei der Heterosiszüchtung etwa so vor, daß in umfangreichen Testkreuzungen festgestellt wird, welche Kreuzungsnachkommen eine besonders große Leistungssteigerung (Heterosis) ergeben. Die geeignetsten Partner werden dann in ausreichender Menge gekreuzt.

Beispielsweise werden bei der Erzeugung von Maisheterosissaatgut die zur Kreuzung vorgesehenen Linien nebeneinander angebaut. Jeweils eine Linie wird durch das Ausbrechen der Fahne kastriert, so daß die Bestäubung mit Sicherheit durch die in unmittelbarer Nachbarschaft angebaute, nicht kastrierte Linie erfolgt. Durch gleichzeitige Selbstbefruchtung der nicht entfalteten Pflanzen erfolgt die Erhaltung des Erbgutes (Abb. 109/1). Bei Pflanzenarten, von denen sehr große Saatgutmengen benötigt werden, wird das in „Einfachkreuzungen“ geschaffene Saatgut nochmals nach dem gleichen Schema mit zwei anderen „Einfachhybriden“ gekreuzt.

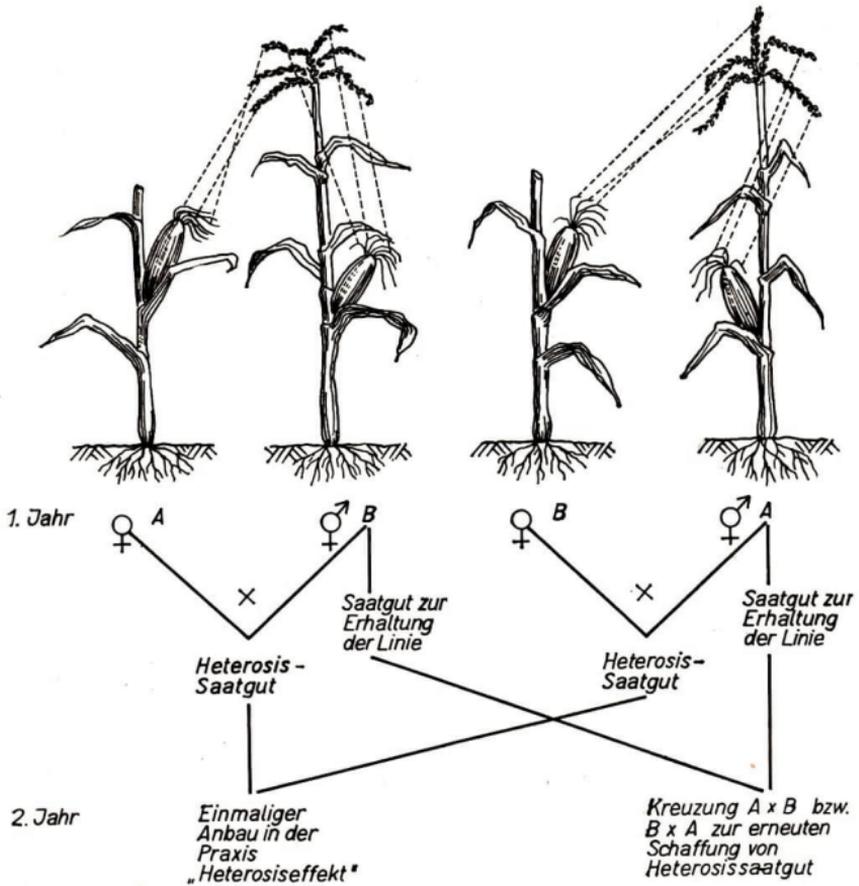


Abb. 109/1 Erzeugung von Heterosis-saatgut durch Einfachkreuzung

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

Polyploidiezüchtung

Seit 1920 ist bekannt, daß die bei der Zellteilung (Mitose und Meiose) sich differenzierenden Chromosomen die wesentlichen Träger der Erbsubstanz sind. Während des Wachstums und der Entwicklung der Pflanzen sowie bei ihrer geschlechtlichen Fortpflanzung bleibt für sämtliche Zellen des pflanzlichen Organismus die Erbsubstanz konstant erhalten.

Im Verlaufe der Evolution der Kulturpflanzen sind Formen entstanden, bei denen sich die ursprünglich vorhandene Chromosomenzahl vervielfachte, es entstanden Polyploide (s. S. 30).

Diese in der Natur im Verlaufe von Jahrtausenden ablaufenden Prozesse haben dazu geführt, daß die Mehrzahl unserer heutigen Kulturpflanzen Polyploide sind. Es zeigte sich, daß gerade polyploide Formen eine gute Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen haben und häufig ertragreicher als die diploiden Ausgangsformen sind (Abb. 110/1 u. 112/1).

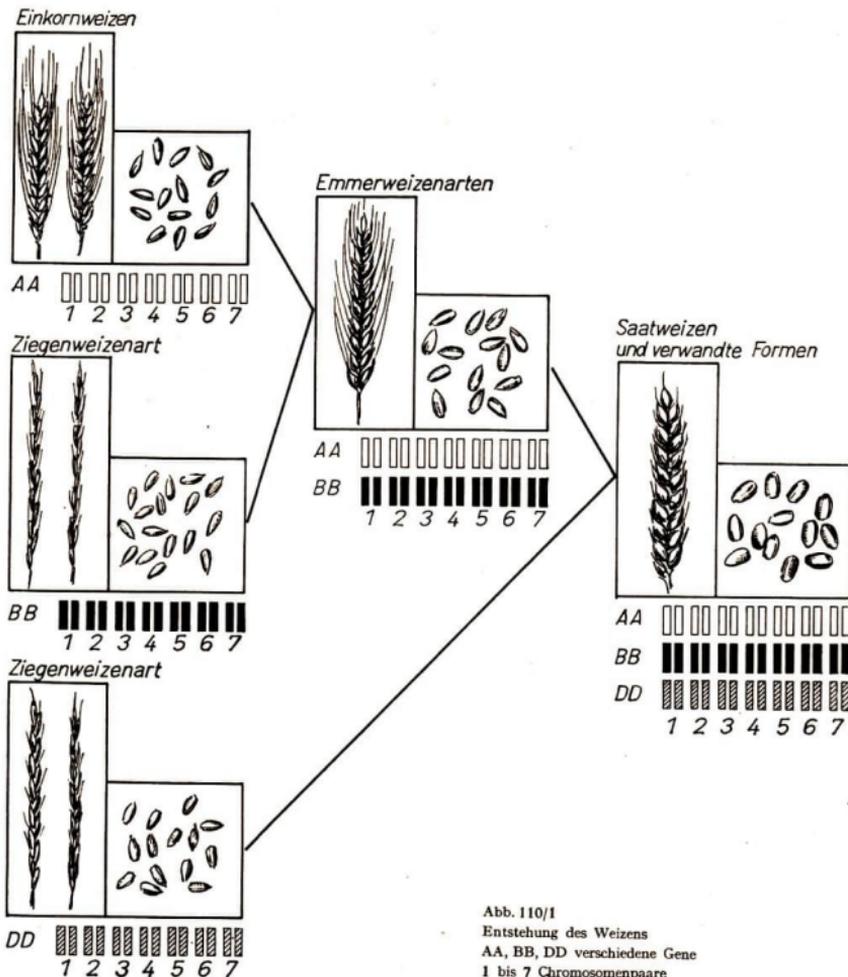


Abb. 110/1
Entstehung des Weizens
AA, BB, DD verschiedene Gene
1 bis 7 Chromosomenpaare



Abb. 111/1 Größere Massenwüchsigkeit und höhere Ertragsleistung von tetraploidem Klee im Vergleich mit diploidem 2 n Sorte Marino Grünmassenertrag rel. = 100 (links) 4 n Sorte Perenta Grünmassenertrag rel. = 140 (rechts)

Auf dem Wege von Kreuzungen, wie auch durch die Behandlung der Samen oder der vegetativen Organe mit dem giftigen Alkaloid der Herbstzeitlosen (Kolchizin), ist es dem Züchter heute möglich, diese zur Polyploidie führenden Prozesse in wenigen Jahren, also in erheblich kürzerer Zeit, ablaufen zu lassen.

Kreuzungen zwischen diploiden Zuckerrüben und auf züchterischem Wege erzeugten tetraploiden Zuckerrüben führen beispielsweise zu triploiden Sorten mit hoher Leistung und einzelfruchtigen Samen. Die mit der Polyploidie verbundene Massenwüchsigkeit wird bei Futterpflanzen dazu genutzt, Gräser und Kleearten zu züchten, die durch höhere Futter- und Nährstoffträge zu weiterer Steigerung der tierischen Leistung in unseren sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben beitragen (Abb. 111/1).

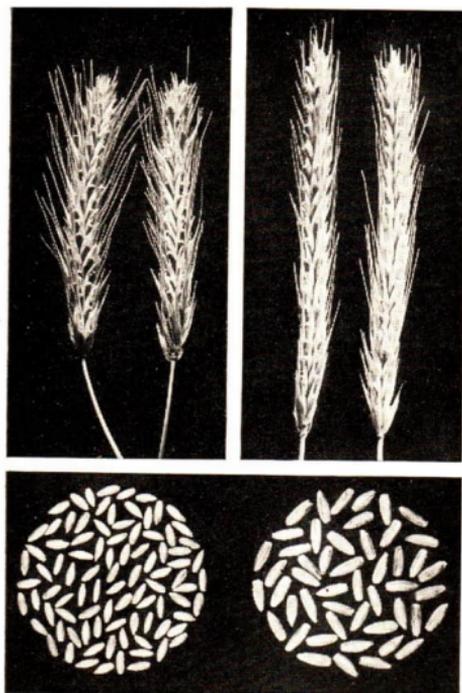
Mutationszüchtung

Wir haben bereits erfahren, daß spontan aufgetretene Mutationen wesentlich zur Ausbildung der Formenmannigfaltigkeit bei den verschiedenen Pflanzenarten beigetragen haben.

Die Pflanzenzüchtung als eine Form der angewandten Evolutionsforschung hat 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). Viele Chemikalien können ähnlich wie die genannten Strahlenarten mutagen wirken und finden in zunehmendem Maße Anwendung in der Mutationszüchtung.

Mit Hilfe dieser genannten Mutagene wird bei hochwertigen Sorten und Zuchtstämmen versucht, durch die Veränderung eines oder weniger Erbfaktoren eine Verbesserung bestimmter Eigenschaften zu erzielen. So ist es unter anderem gelungen, in Getreidearten frühreifere, standfestere, gegen Krankheiten widerstandsfähigere sowie besser backfähige Mutanten zu entwickeln.

(57)



Wir wissen, daß Mutationen unge-
richtet verlaufen. Nur wenige Mutan-
ten haben nahezu positiven Selekti-
onswert. Deshalb muß eine große
Anzahl Individuen mit Mutagenen
behandelt werden, um möglicher-
weise die gewünschte Veränderung
finden zu können.

Abb. 112/1

Links: Ähren und Körner einer diploiden Roggensorte
Rechts: Ähren und Körner einer tetraploiden Roggen-
form

Organisation der Pflanzenzüchtung in der DDR

(58) Während bis zum Ende des zweiten Weltkrieges im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Ländern die Pflanzenzüchtung in Deutschland rein privatkapitalistischen Charakter hatte, wurden im Zuge der veränderten gesellschaftlichen Verhältnisse in der DDR auch die Sorten in Volkseigentum übergeführt.

Der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin obliegt die Koordinierung und Leitung der gesamten Agrarforschung in der DDR. Mit großzügiger Unterstützung durch den Staat werden in modernen Instituten dieser Akademie und einigen Universitätsinstituten nach fortschrittlichen Methoden Neuzüchtung und Züchtungsforschung betrieben. In großen Komplexinstituten, wie beispielsweise dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz, Kreis Rostock, sind Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen wie Biologen, Phytopathologen, Genetiker, Züchter, Physiker, Chemiker, Landwirte, Ingenieure und so weiter zusammengefaßt, um sämtliche für die Landwirtschaft mit einer Kulturpflanze, der Kartoffel, in Zusammenhang stehende Forschungsaufgaben zu lösen. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß im Rahmen eines solchen Kollektivs auch alle wesentlichen Fragen

der Züchtung in dem für die Volkswirtschaft der DDR erforderlichen Sinne gelöst werden.

In der Regel dauert die Entwicklung einer neuen Sorte und deren Verbreitung in der Praxis 15 und mehr Jahre. Das bedeutet, daß der Pflanzenzüchter bei seiner Arbeit die prognostische Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion und die Bedürfnisse der Bevölkerung für etwa 20 Jahre erkennen muß. Es ist deshalb von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung, daß es gelingt, die Züchtungsverfahren durch den Anbau mehrerer Generationen in einem Jahr (Gewächshaus) und die Verlagerung von Teilaufgaben der Züchtung in klimatisch günstiger gelegene Gebiete abzukürzen.

Ohne eine gut organisierte Erhaltungszüchtung, die gewährleisten muß, daß der

Naturwissenschaftliche Grundlagen und spezielle Züchtungsforschung

*Deutsche Akademie der Wissenschaften
Institut für Kulturpflanzen-
forschung (Gatersleben)*

*Institute der Deutschen
Akademie der Landwirt-
schaftswissenschaften*

*Institute der
Universitäten und Hoch-
schulen*

Erhaltungszüchtung

VVB Saat- und Pflanzgut

Neuzüchtung

Züchtungsinstitute
der Deutschen Akademie der
Landwirtschaftswissenschaften

Vor-, Haupt- und Kontrollprüfungen

Zentralstelle für Sortenwesen

Sortenzulassung

Sortenkommission
Ministerrat der DDR

**Sortenregister
und Sortenliste**

Zentralstelle für Sortenwesen

**Pflanzgutbereitstellung für den Vermehrungs- und Konsumanbau
in den VEG und LPG**

VVB - Saat- und Pflanzgut

- Deutsche Saatzüchtgesellschaft (DSG)

Abb. 113/1 Organisation der Pflanzenzüchtung in der DDR (Schema)

erzielte Leistungsstand einer Sorte erhalten bleibt, wäre die gesamte Neuzüchtung wirkungslos.

Die züchterischen Arbeiten haben zum Ziel, unsere sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe mit Saatgut der leistungsfähigsten Sorten zu versorgen. Zur Bewältigung dieser umfassenden Aufgabe hat sich eine Arbeitsteilung als zweckmäßig erwiesen (Abb. 113/1). Dem VVB Saat- und Pflanzgut mit etwa 50 VEG Saatzuchtbetrieben obliegt in erster Linie die Erhaltungszüchtung, in geringerem Umfang wird auch Neuzüchtung an einigen Kulturpflanzen durchgeführt. Die Betriebe der Deutschen Saatzuchtgesellschaft (DSG) haben die Aufgabe, die LPG und VEG mit dem gewünschten Saat- und Pflanzgut zu versorgen.

Der Wert einer Neuzüchtung wird in mehrjährigen amtlichen Prüfungen von der „Zentralstelle für Sortenwesen“ an vielen Prüfungsorten, die einem Querschnitt der in der DDR herrschenden Klima- und Bodenbedingungen entsprechen, geprüft. Darüber hinaus erfolgen technologische Großversuche unter den acker- und pflanzenbaulichen Bedingungen der sozialistischen Landwirtschaft (LPG, VEG).

Nach Abschluß dieser „Vor- und Hauptprüfungen“ entscheidet ein „Sortenzulassungsausschuß“ unter Leitung des Vorsitzenden des Landwirtschaftsrates beim Ministerrat der DDR, ob ein Zuchtstamm in Zukunft als Sorte zum Anbau zugelassen werden darf. Gleichzeitig wird festgestellt, welche Sorten nicht mehr den Bedürfnissen der landwirtschaftlichen Praxis genügen und vom Anbau zurückgezogen werden müssen.

Auswahl wichtiger Züchtungsziele bei einigen volkswirtschaftlich bedeutungsvollen Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Züchtungsziele	Gebrauchswert
Sommer- und Winterweizen	Mährdruscheignung, Lagerfestigkeit auch bei höheren Stickstoffgaben, fester Kornsit, Auswuchsfestigkeit, Resistenz gegen Rost und Mehltau Gute Mahlfähigkeit und Eignung zur Herstellung von Back- und Teigwaren Hoher Rohproteingehalt ¹	Brot, Feingebäck, Teigwaren, Futter ¹
Wintergerste	Mährdruscheignung, hohe Ertragsfähigkeit, Anbaueignung für gute als auch für leichte Böden, Standfestigkeit auch bei höheren Stickstoffgaben, Resistenz gegen Gelbrost und Mehltau Hoher Rohproteingehalt, glattgrannig oder grannenlos	Futter
Sommergerste	Mährdruscheignung, Resistenz gegen Mehltau, Gelbrost, Zwergrost, Flugbrand und Fußkrankheiten Geringer Eiweißgehalt, gute Brauqualität ² Hoher Eiweißgehalt ³ , glattgrannig	Malz (Brauerei) ² , Futter ³
Winterroggen	Mährdruscheignung, Lagerfestigkeit auch bei höheren Stickstoffgaben, Ausfallfestigkeit, gute Mahleigenschaften, hoher Vitamingehalt (B ₁ , B ₂) Starke Bestockung, hohe und frühe Grünmasseerträge ⁴	Brot, Grünfutter ⁴

Kulturpflanze	Züchtungsziele	Gebrauchswert
Kartoffeln	Sorten mit den Reifegruppen sehr früh, früh, mittelspät und spät. Hohe Resistenz gegen Knollenfäulen, Kartoffelnematoden, Viruskrankheiten und geringe Beschädigungsempfindlichkeit. Ausnutzung hoher Mineraldüngermengen zur Ertragsbildung Gute Speisequalitätseigenschaften ⁵ bei einem engen Eiweiß-: Stärkewertverhältnis ⁶ Höchste Stärkeerträge bei hohem Stärkegehalt und guter Stärkequalität ⁷	menschliche Ernährung ⁵ , Futter, ⁶ Stärkeindustrie ⁷
Zuckerrübe	Einkeimigkeit, Schoßresistenz. Gute Eignung zur maschinellen Pflege und Ernte. Hoher Zucker- und Trockenmassenertrag	Zucker
Rot-Klee	Hohe Grün- und Trockenmassenerträge bei hohem Eiweiß- und geringem Rohfasergehalt, gutes Nachtriebsvermögen, Mehrjährigkeit, guter Samenertrag, Resistenz gegen Kleekrebs und Viren	Futter

Tierzüchtung und Tierhaltung

Die wichtigsten Aufgaben der Tierzüchtung sind:

1. die Leistungen der vorhandenen Rassen zu verbessern (z. B. höhere Milchleistung, höherer Gehalt an Fett und Eiweißen der Milch bei Milchkühen; mehr Fleisch und bessere Fleischqualität bei Schweinen und Mastrindern; höhere Legeleistung bei Hühnern);
2. die Tierbestände planmäßig zu vermehren;
3. neue Rassen mit speziellen Eigenschaften zu züchten (z. B. Milchkühe mit besonders gleichmäßig ausgebildeten Zitzen, die das maschinelle Melken erleichtern).

(59)

Außerdem sind die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, die Fruchtbarkeit und die Futtermittelverwertung zu verbessern. Durch die immer größere Konzentration der Viehbestände durch Spezialisierung und Kooperation bietet die sozialistische Landwirtschaft ungleich bessere Möglichkeiten, auch in der Tierzüchtung größere Erfolge zu erzielen. Die Züchtung wird immer enger mit der landwirtschaftlichen Produktion verbunden. Durch breite Anwendung der künstlichen Besamung werden wertvolle Eigenschaften der Vätertiere in größerem Maße für die Züchtung nutzbar gemacht.

Der Mensch hat auf die Leistungen der Haustiere einen großen Einfluß. Nur bei guter Fütterung, Haltung und Pflege sind im Zusammenwirken mit günstiger erblicher Veranlagung Höchstleistungen zu erzielen. Die Haustiere haben jeweils nur wenige Nachkommen, so daß die Auslesemöglichkeit begrenzt ist. Auch Tiere mit verhältnismäßig zahlreicher Nachkommenschaft (z. B. Hühner, Schweine) erreichen bei weitem nicht die Vermehrungszahlen der Pflanzen. Deshalb hat die Schaffung

großer Bestände besondere Bedeutung. Darüber hinaus erfordert die Aufzucht eines Tieres erheblich mehr Kosten als die Aufzucht einer Pflanze. Dadurch besitzt das einzelne Tier einen beträchtlich höheren Wert als eine Pflanze. Ferner sind alle Haustiere eingeschlechtlich. Es ist demzufolge schwieriger, die einzelnen wertvollen Merkmale unverändert zu erhalten, als das bei selbstbefruchtenden Kulturpflanzen der Fall ist. Deshalb hat bei den Haustieren die Neuzüchtung einen wesentlich geringeren Umfang als bei den Kulturpflanzen; im Vordergrund steht die ständige Weiterentwicklung und Verbesserung der vorhandenen Rassen.

Oft treten bei Haustieren wirtschaftlich wichtige Leistungen nur in einem Geschlecht auf (z. B. Milchleistung der Rinder, Ziegen, Schafe; Eierleistung der Hühner, Legehennen). An ihrem Zustandekommen sind aber auch die Anlagen des jeweils anderen Elters beteiligt. Dadurch wird aber die Auswahl der zur Fortpflanzung vorgesehenen Individuen beträchtlich erschwert. Die Verwendung schriftlicher Unterlagen über die Leistung der Vorfahren der zu paarenden Tiere, ihr Stammbaum (Ahnentafel), gewinnt damit entscheidende Bedeutung.

Methoden der Tierzüchtung

Die Methoden der Tierzüchtung sind denen der Pflanzenzüchtung im allgemeinen gleich. Die Züchter wählen solche Tiere zur Zucht, die die gewünschten Merkmale bereits in hohem Maße besitzen (Auslesezüchtung, in der Tierzucht als Zuchtwahl bezeichnet). Auslese- und Kombinationszüchtung sind vorherrschend, während die Mutationszüchtung außer in der Pelztierzucht bisher wenig Bedeutung erlangt hat.

Die Kreuzung

Unter Kreuzung versteht der Tierzüchter die Paarung von Tieren zweier Rassen. Sollen verschiedene gute Eigenschaften aus zwei oder mehreren Rassen in einer Rasse vereint werden, paart man Tiere dieser Rassen. Aus der Nachzucht liest man den gewünschten Typ aus. Dabei ist zu beachten, daß sich nicht alle Eigenschaften kombinieren lassen. So ist es zum Beispiel nicht möglich, höchste Milchleistung mit höchster Mastleistung zu kombinieren, während sich Milchmenge und Fettgehalt der Milch kombinieren lassen.

Je nach dem zu verfolgenden Zweck – entweder eine vorhandene Rasse völlig durch eine neue zu ersetzen oder nur einige Eigenschaften der Rasse zu verbessern oder völlig neue Rassen zu züchten – unterscheiden wir besondere Verfahren der Kreuzung.

	kg je Kuh und Jahr	Fett-%	Fett-kg
1956	3310	3,54	117
1960	3368	3,61	122
1964	3402	3,63	124
1965	3741	3,69	138
1966	3946	3,71	146

Abb. 116/1
Entwicklung
der Milch- und Fettleistung
der ganzjährig-geprüften
Herdbuchkühe der DDR

Verdrängungskreuzung. Sie hat das Ziel, eine vorhandene Rasse aus wirtschaftlichen Gründen durch eine andere mit besseren Eigenschaften zu ersetzen. Vatertiere einer neuen Rasse mit den gewünschten Eigenschaften werden mit den Muttertieren der vorhandenen Rasse so lange gepaart, bis das erstrebte Ziel erreicht ist. Der Erfolg dieses Zuchtverfahrens ist von der Unterschiedlichkeit der Rassen und besonders von den Lebensbedingungen, die die neue Rasse vorfindet, abhängig.

Veredlungskreuzung. Hierbei kommt es darauf an, einige gute Merkmale einer Kulturrasse in eine Landrasse einzukreuzen, wobei die guten Eigenschaften der Landrasse, ihre Bodenständigkeit, Fruchtbarkeit, Widerstandsfähigkeit, Anspruchslosigkeit und Gesundheit erhalten bleiben sollen. So sind beispielsweise das weit verbreitete veredelte Landschwein und das Landschaf entstanden.

Gebrauchskreuzung. Versuche, die Wirkung des Heterosiseffektes auszunutzen, wurden in Form der Gebrauchskreuzung durchgeführt. Die unmittelbare Gebrauchskreuzung hat das Ziel, für einmaligen Gebrauch Tiere mit höherer Leistung zu erzeugen. Solche Kreuzungstiere dürfen nicht zur Weiterzucht verwendet werden, weil sie dann in ihren Eigenschaften wieder aufspalten. Die Gebrauchskreuzung wird mit unterschiedlichem Erfolg in der Schweine-, Geflügel- und Pferdezucht angewendet.

Die Organisation der Tierzüchtung

Die Organisation der Tierzüchtung ist wegen der geringeren Vermehrbarkeit des Tieres im Vergleich zu einer Pflanze notwendigerweise anders gestaltet. Neben zentralen Forschungs- und Tierzuchtinstituten, die ebenfalls der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften unterstellt sind, gibt es in jedem Bezirk unserer Republik eine Tierzuchtinspektion. Diese übernimmt die Anleitung der Züchtung in allen Zuchtbetrieben und lenkt durch eine zielgerichtete Verteilung von Zuchttieren die Entwicklung der Zuchtbetriebe nach volkswirtschaftlichen Erfordernissen.

Die Entwicklung und Förderung der Tierzucht wird maßgeblich durch das Herdbuchwesen bestimmt. Dieses setzt eine ständige Leistungskontrolle der einzelnen Tiere voraus. Für die Aufnahme in das Herdbuch sind ganz bestimmte Leistungen Voraussetzung, die über mehrere Generationen nachweisbar vorhanden sein müssen.

Dabei ist auch der Nachweis in der väterlichen Linie erforderlich. Nur so kann gesichert werden, daß die von einem Tier gezeigten hohen Leistungen nicht allein durch gute Fütterung hervorgerufen wurden, sondern erblich sind.

Da ein Vatertier in der Tierzucht eine größere Anzahl von Nachkommen erzeugt als ein Muttertier, sind für die Zulassung eines Vatertieres zur Zucht besondere Bestimmungen vorhanden. Vatertiere müssen grundsätzlich von leistungsgeprüften Herdbuchtieren abstammen und werden auf besonderen Zuchtveranstaltungen auf Grund ihrer Abstammung und ihres dem Zuchtziel entsprechenden Körperbaues gekört. Sie werden nach ihrem voraussichtlichen Zuchtwert in verschiedene Gruppen eingeteilt und dann den Züchtern zur Verbesserung ihrer Zuchten zugeteilt.

Die Herdbuchzucht gibt für die breite Landeszucht die Richtung an und stellt zur Verbesserung der Landeszucht wertvolle Vatertiere und Muttertiere zur Verfügung. Besonders wertvolle Vatertiere werden auf Besamungsstationen gehalten und können von hier aus durch Anwendung der künstlichen Besamung einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Leistung unserer Tierbestände ausüben.

Wie in der Pflanzenzüchtung werden auch in der Tierzüchtung allen Genossen-

schaftsbauern auf Leistungsschauen und Ausstellungen die Fortschritte und die Richtung der weiteren Entwicklung gezeigt.

Nur durch straffe Organisation und kollektive Arbeit ist es möglich, zu neuen Erkenntnissen der Forschung und zu neuen Methoden der Züchtung zu gelangen, um auf diesem Wege in kürzester Zeit die ständig neu auftretenden Anforderungen und Aufgaben lösen zu können.

Umwandlung von Wildformen in Kulturformen Haustiere

Kulturform	Wildform	Gegenwärtiges Verbreitungsgebiet der Wildform	Domestikationsgebiet	Zeit der Domestikation	Anzahl der zur Zeit bestehenden Rassen
Haushund	Wolf	Europa, Asien	Europa, Asien	jüngere Steinzeit	über 200
Hausrind	Ur (ausgestorben)		Europa, Asien	jüngere Steinzeit	120
Hausschwein	Wildschwein	Europa, Asien	Europa, Asien	jüngere Steinzeit	35
Hauspferd	Ur-Wildpferd (Przewalskipferd)	Kleinasien, Innerasien	Asien, Europa (?)	jüngere Steinzeit	60
Haushuhn	Indische Wildhuhnformen	Indien	Indien	jüngere Steinzeit	150
Hauskaninchen	Europäisches Wildkaninchen	Europa	Spanien (von den Römern domestiziert)	zu Beginn unserer Zeitrechnung	20

Die Biosphäre und der Mensch

Die Biosphäre als besondere Hülle der Erde

Die Geosphäre der Erde

Die Lebensvorgänge sind auf der Erde an einen verhältnismäßig engen Raum gebunden und reichen weder merklich in die Atmosphäre empor noch ins Erdinnere hinein. Dieser schmale Bereich, den man sich als eine um die gesamte Erde gelegte Kugelschale vorstellen kann, wird als **Biosphäre** bezeichnet. Wir wollen sie dem gebräuchlichen Schema der irdischen Geosphäre zuordnen, in dem bekanntlich 3 Hauptphasen unterschieden werden. Die Gesteinshülle oder **Lithosphäre** bildet die feste Kruste der Erde und wird in eine äußere granitische Schale von etwa 10 bis 40 km Mächtigkeit, das **SIAL**, und eine 20 bis 40 km mächtige tiefergelegene, aus basischen Eruptivgesteinen bestehende Schale, das **SIMA**, unterteilt. Die Weltmeere und die festländischen Gewässer stellen gemeinsam die **Hydrosphäre** dar. Ihre Mächtigkeit beträgt im offenen Ozean durchschnittlich 3 bis 4 km und erreicht in den Tiefseegräben über 11 km. Schließlich ist die Lufthülle oder **Atmosphäre** zu nennen. Ihre untere, etwa 15 km hochreichende Schicht wird als **Troposphäre** bezeichnet. In ihr spielen sich die Wettervorgänge ab. Darüber schließt sich bis etwa 100 km Höhe die **Stratosphäre** an. In ihr breitet sich in etwa 22 bis 60 km Höhe ein Gürtel von Ozon aus, der die unteren Schichten gegen die für die Lebewesen gefährlichen

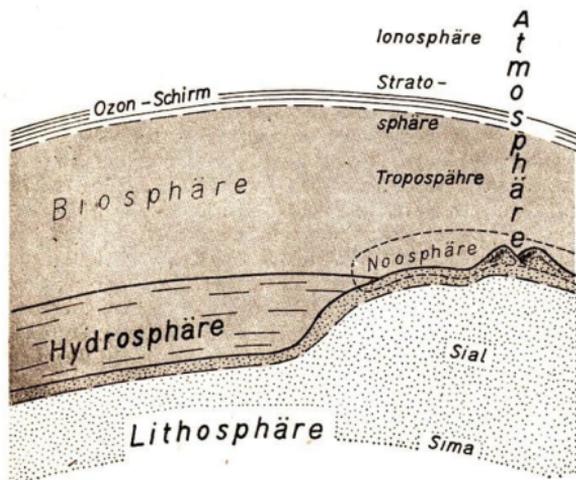


Abb. 119/1 Die Geosphäre der Erde

ultravioletten und sonstigen kosmischen Strahlungen schützt. Die **Ionosphäre**, die die elektrisch leitenden Schichten der Hochatmosphäre umfaßt, reicht bis etwa 500 km hoch.

Die Biosphäre hat an allen drei genannten Sphären Anteil, doch erfüllt sie lediglich die Hydrosphäre ganz, denn bis in die größten Tiefen des Weltmeeres wurden Lebewesen angetroffen. Die obere Begrenzung der Biosphäre innerhalb der Atmosphäre bildet der erwähnte Ozonschirm in etwa 22 km Höhe, während in der Erdkruste anaerobe Einzeller bis 3 km Tiefe beobachtet wurden, wo jeglicher Sauerstoff fehlt und die Temperatur etwa 100 °C erreicht. Die am höchsten entwickelten Tiere und Pflanzen sind an der Erdoberfläche konzentriert. Die obere Grenze des Lebens wird durch die kosmischen Strahlungsgürtel, die untere durch die hohen Temperaturen der tieferen Erdrinde gezogen. Der Mensch nimmt innerhalb der Biosphäre eine Sonderstellung ein. Daher wird der von ihm geprägte Bereich, dessen Kern die sogenannte Kulturlandschaft bildet, als **Noosphäre** bezeichnet (Abb. 119/1).

Wechselbeziehungen in der Biosphäre

Bei der Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen Erde und Leben wird offenbar, daß es undenkbar ist, die lebendige Substanz losgelöst von den Bedingungen zu betrachten, unter denen sie sich entfaltet. Es besteht eine innige, im Ökologischen wurzelnde Wechselbeziehung in den Naturprozessen zwischen der organischen Substanz und der anorganischen Umgebung. Diese Vorgänge haben wir bereits kennengelernt, als wir die Organismen in ihrer Umwelt und die Beziehungen von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften untersuchten.

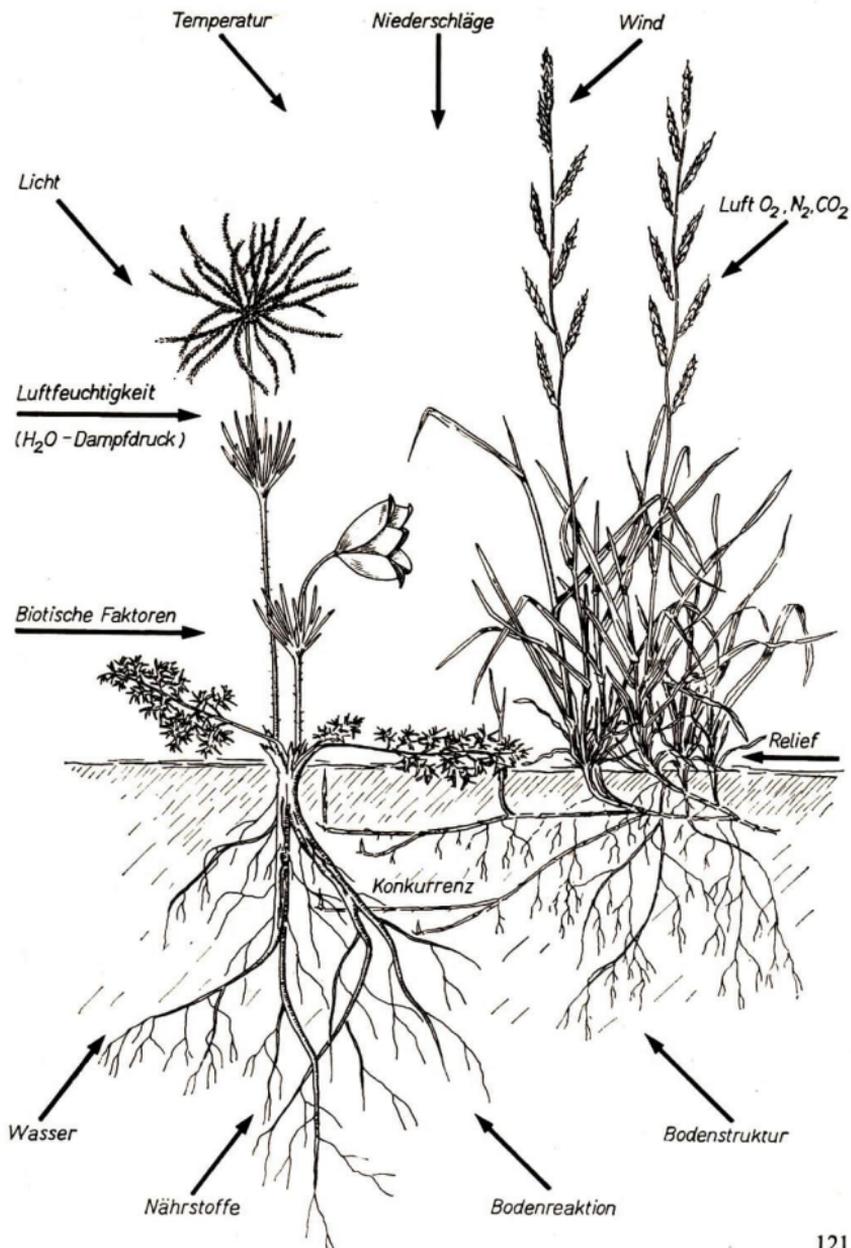
Es sei an das Zusammenwirken verschiedener ökologischer Faktoren (auch Umwelt-, Standort- oder Geofaktoren genannt) beim Zustandekommen einer Biozönose erinnert. Abbildung 121/1 soll das Beziehungsgefüge der Geofaktoren einer Pflanzengemeinschaft veranschaulichen. Die beiden dargestellten Trockenrasenpflanzen, Kuschelle und Fieder-Zwenke, unterliegen vielfältigen ökologischen Einflüssen und stehen außerdem untereinander im Wurzelraum in konkurrierender Wechselbeziehung.

Dabei wird uns bewußt, daß die Natur etwas Ganzes ist und Materielles und Energetisches, Lebendes und Nichtlebendes nicht untrennbar nebeneinander existieren, sondern vor allem auch durch den ununterbrochenen atomaren Austausch der Stoffe und ihre wechselweisen Übergänge vom Nichtlebenden zum Lebenden und umgekehrt miteinander in Verbindung stehen. Wir haben bereits die Kreisläufe des Wassers, des Kohlenstoffs und des Stickstoffs in der Natur kennengelernt, die für die Aufrechterhaltung der Lebensprozesse von größter Bedeutung sind. Doch auch viele andere Stoffe, aus denen die Lebewesen bestehen, kreisen in der Biosphäre.

Die wichtigste Energiequelle stellt die Sonnenstrahlung dar. Im Jahr werden $1,26 \cdot 10^{24}$ cal der Erde zugestrahlt. Hiervon werden 42% wieder in den Weltenraum reflektiert und 58% von der Atmosphäre und dem Boden aufgenommen. Ein Teil davon wird bei der Photosynthese verbraucht, bei der die grüne Pflanze mittels der Sonnenenergie Kohlenstoff assimiliert. Man hat berechnet, daß je Jahr durch die

Rechte Seite:

Abb. 121/1 Wirkung der Geofaktoren am Standort



Wasser- und Landpflanzen der Erde 145 Milliarden t Kohlenstoff gebunden werden. In den Kohlenlagerstätten tritt uns vor Jahrmillionen durch Pflanzen gespeicherte Sonnenenergie entgegen.

In den etwa 2 Milliarden Jahren, in denen Leben auf der Erde besteht, hat sich die Biosphäre in ihrem Umfang ständig erweitert und das Leben hat auch die ihm zunächst scheinbar unzugänglichen Bereiche besiedelt. So nimmt die Dichte der lebenden Substanz ständig zu.

Die Dichte des Lebens

Die lebende Substanz ist ungleichmäßig über die Erde verteilt. Ihre Existenz ist an bestimmte Faktoren gebunden, wobei Wärme und Feuchtigkeit einen gewissen Vorrang einnehmen, während Licht nicht unbedingt erforderlich ist. Hinzu treten eine Reihe chemischer Stoffe. Wir können von den Polen zum Äquator eine Zunahme der Organismen feststellen. Man spricht von der **Dichte des Lebens** und bezeichnet die Gesamtheit der Organismen als **Biomasse**.

Die Lebensformen sind von großer Mannigfaltigkeit. Während wir auf der Erde nur annähernd 2000 Mineralien unterscheiden können, gibt es etwa 500000 Pflanzenarten und bei den tierischen Lebewesen überschreitet die Zahl die Millionen. Die Verteilung der Waldgürtel der Erde (Abb. 123/1) kann zur Veranschaulichung der Ballung der Biomasse dienen. Der tropische Regenwald mit seinen Baumriesen von 70 bis 90 m und darüber und dem vielfältigen Stockwerkaufbau seines Bestandes (Schichtung) stellt die üppigste Vegetationsformation der Erde überhaupt dar, in der über 8000 verschiedene Pflanzenarten gedeihen. Mannigfaltigkeit der Bodenflora und des Unterwuchses, Lianen im Stammraum und Epiphyten bis in die höchsten Wipfel der Bäume bilden eine höchst reichhaltige Flora. Die Monsun- und Lorbeerwälder der äußeren Tropen und Subtropen sind bereits artenärmer (etwa 3000 Arten) und nicht so vielfältig geschichtet. Die Laubmischwälder der gemäßigten Zone, deren Bäume durchschnittlich 35 bis 50 m hoch werden, weisen nur drei getrennte Schichten auf und verfügen über etwa 2000 Pflanzenarten. Noch artenärmer sind die nordischen Nadelwälder der kaltgemäßigten Zone. In der Tundra sind nur noch etwa 500 Pflanzenarten anzutreffen. Entsprechendes gilt für die Tierwelt und die Höhenzonen im Gebirge.

Einen anschaulichen Begriff von der Dichte des Lebens vermittelt uns auch der **Boden**, jene von Organismen umgeformte obere Lockerschicht der Erdrinde. Am Abbau der abgestorbenen organischen Substanz, dem Aufbau von Humusstoffen sowie der Lockerung des Bodens und der Steigerung der wasser- und nährstoffhaltenden Fähigkeit der Bodenpartikel sind eine Vielzahl von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Algen und sonstige Einzeller), ferner Würmer und Gliederfüßer wie auch Maulwurf, Wühlmaus, Ziesel beteiligt. In einem Gramm Podsolboden wurden beispielsweise 400 Millionen Bakterien, 2 Millionen niedere Pilze, 100 000 Algen und 10 000 Protozoen gezählt. Besonderer Nutzen ist bei der Lockerung und Aufschließung des Bodens dem Regenwurm zuzuschreiben. Er trägt zur Bildung der für die Bodenfruchtbarkeit so wichtigen Krümelstruktur bei.

Sowohl starke Austrocknung als auch zu hohe Vernässung gefährden das Bodenleben und stören so das Gleichgewicht dieser Biozönose. Die Mächtigkeit, bis zu der die Bodenentwicklung vordringt, ist von den Umweltbedingungen abhängig. Ein Braunerdeboden unserer Breiten ist im allgemeinen 0,30 bis 0,60 m mächtig, während eine

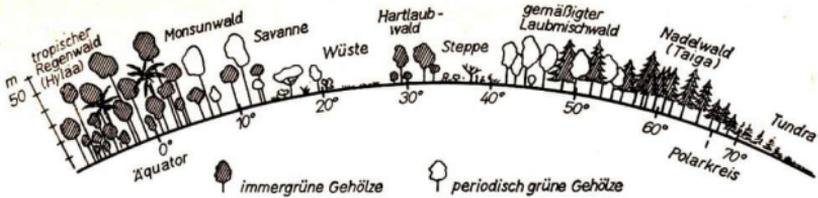


Abb. 123/1 Die Vegetationsgürtel der Erde (schematisch)

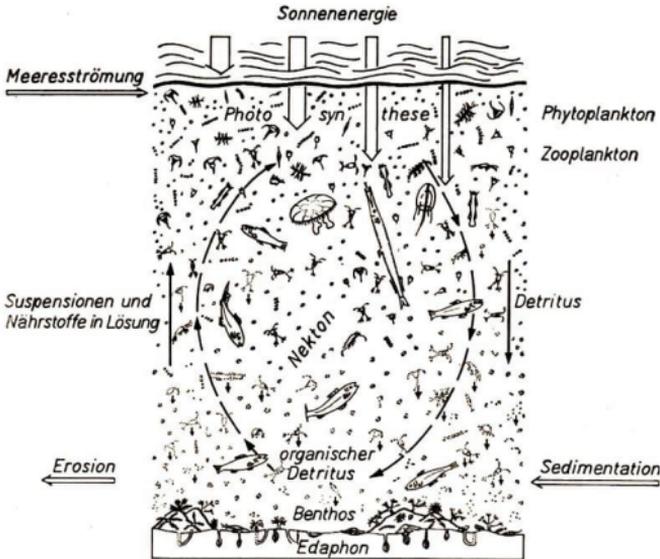
Schwarzerde oft 1,50 m und tropische Laterite 7 bis 10 m Tiefe erreichen. Auch die mehr oder minder tiefreichenden Wurzelsysteme der Bäume, Sträucher und Gräser sind an der Bodenbildung beteiligt.

Im Boden vollzieht sich ein ständiger stofflicher Austausch. Durch die mechanischen und chemischen Verwitterungsprozesse wird die anorganische Substanz aufgeschlossen und für die Organismen, zunächst besonders die pflanzlichen, nutzbar. Andererseits werden abgestorbene organische Reste abgebaut und wieder dem allgemeinen stofflichen Kreislauf zugeleitet. Wasser dient dabei als Lösungs- und Transportmittel. Selbst Gase zirkulieren im Porenraum zwischen den Bodenteilchen. Die Bodenprozesse ermöglichen und fördern das biosphärische Geschehen, und wir erkennen gleichzeitig ein Abhängigkeitsgefüge der höheren Lebewesen von niederen. Auch das Zusammenwirken von Erzeugern (Produzenten), Verbrauchern (Konsumenten) und Zersetzern (Reduzenten) in einer Biozönose ist von Bedeutung (s. Lehrbuch Biologie Klasse 8, S. 105).

Ökosysteme und Nahrungsketten am Beispiel des Weltmeeres

Besonders reich sind die Weltmeere von Lebewesen bevölkert. Etwa 90% der gesamten Biomasse der Erde ist hier vereint. Die Ozeane bilden eine große zusammenhängende Wasserfläche von 361 Millionen km² und nehmen 70,8% der Erdoberfläche ein. Sie bieten außerordentlich günstige Bedingungen für die Entfaltung des Lebens. Das Wasser, jene für die Lebensprozesse so wichtige Substanz, ist hier ständig in ausreichendem Maße vorhanden und führt als Lösungsmittel den Organismen die nötigen Nährstoffe und Mineralsalze zu.

Etwa 60 verschiedene Elemente sind im Meerwasser, das einen mittleren Salzgehalt von 3,5% aufweist, gelöst. Auch der lebenswichtige Sauerstoff und das Kohlendioxid (in gelöster Form) sind ausreichend vorhanden. Ferner ermöglicht die hohe Wärmekapazität des Wassers die Speicherung großer Wärmemengen, dadurch können die jahreszeitlichen Extreme von Winter und Sommer ausgeglichen werden. Auch zwischen Äquator und Pol sind die Temperaturgegensätze im Weltmeer wesentlich geringer als auf den Kontinenten. So bilden die Ozeane einen klimatisch ausgeglichenen Lebensraum über die ganze Erde hin. Es ist ein stabiles und in sich geschlossenes Ökosystem (Abb. 124/1), an dem sich die stofflichen Kreisläufe gut studieren lassen, denn es bestehen sogenannte Nahrungsketten, durch welche die Stoffe von Organismus zu Organismus wandern. Als Erzeuger der organischen Substanz wirken auch hier grüne Pflanzen, die in den oberen lichtdurchlässigen Wasserschichten mittels der eindringenden Sonnenstrahlung Kohlenstoff assimilieren. Es sind dies zum **Phytoplankton**



zählende Grünalgen. Die Flora der Weltmeere produziert jährlich etwa 325 Milliarden t organische Substanz, das ist die sogenannte Primärproduktion. Von diesen schwebenden Algen leben winzige Krebse, die das Zooplankton bilden. Diese werden wiederum von Fischen (z. B. Heringen) gefressen, welche ihrerseits wieder die Beute von Raubfischen werden. So entsteht eine Ernährungspyramide (Abb. 124/2), die die

Abhängigkeit innerhalb einer derartigen Nahrungskette verdeutlicht. Bemerkenswert ist, daß auch so riesige Tiere wie die Wale vom Plankton leben. Ein ausgewachsener 30 m langer Wal, der etwa 150 t schwer ist, braucht pro Tag 4,5 t Plankton zu seiner Ernährung. Welch ungeheure Mengen an Meerwasser er dazu benötigt, kann man ermessen, wenn man bedenkt, daß in einem m³ Meerwasser nur 3 g Plankton Trockensubstanz enthalten sind. Auch in den lichtlosen Tiefen des Weltmeeres und selbst am Boden der Tiefseeegräben leben Organismen, die im gesamten ozeanischen Ökosystem bestimmte Aufgaben zu erfüllen haben.

Der Mensch steht erst am Anfang, die ungeheuren Nahrungsreserven der Weltmeere in großem Umfang ratio-

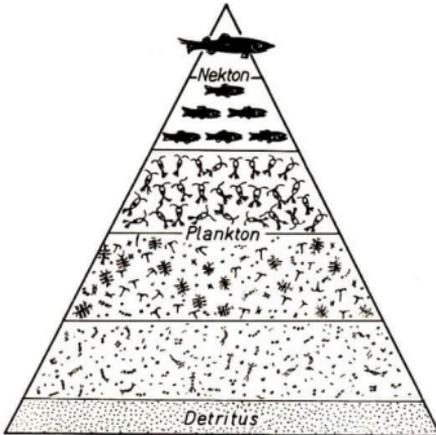


Abb. 124/2 Ernährungspyramide des Meeres (vereinfacht)

nell zu nutzen, und daher werden heute vielfältige Forschungen auf diesem Gebiet durchgeführt.

Zonierung, Grenzen des Lebens

Das Leben ist an gewisse Umweltfaktoren, wie etwa Wärme, Feuchtigkeit, Luft und so weiter gebunden. Dabei zeigt sich, daß sich die Lebewesen innerhalb bestimmter Grenzen an die jeweiligen Verhältnisse anzupassen vermögen. Für manche sind die ökologischen Schranken eng. Andere sind weniger empfindlich und sind unter Umständen über den ganzen Erdball verbreitet (Kosmopoliten). In einem Gebirge lassen sich deutlich übereinander verschiedene Höhengürtel unterscheiden, in denen ganz bestimmte Tier- und Pflanzengemeinschaften vorkommen. In Abbildung 125/1 ist dies in schematischer Darstellung veranschaulicht, wobei zu jeder der charakteristischen Vegetationszonen einige der dort vorkommenden Tiere genannt sind. Aus dem Bereich des landwirtschaftlich genutzten Kulturlandes gelangt man über eine untere Laubwaldstufe in den Gebirgsnadelwald. Oberhalb der Waldgrenze schließt sich die Krummholz- und Alpenrosenregion an, die weiter oben in alpine Matten übergeht. Schließlich folgt der Bereich der Gletscher und des ewigen Schnees. Es wird deutlich, wie eine Biozönose die andere ablöst. Ähnliches, nur in wesentlich ausgedehnteren Räumen, vollzieht sich zwischen Pol und Äquator.

Die Grenzen des Lebens sind immerhin sehr weit gespannt. Man darf dabei nicht vom Menschen ausgehen, dessen größtes Wohlbefinden und Leistungsoptimum

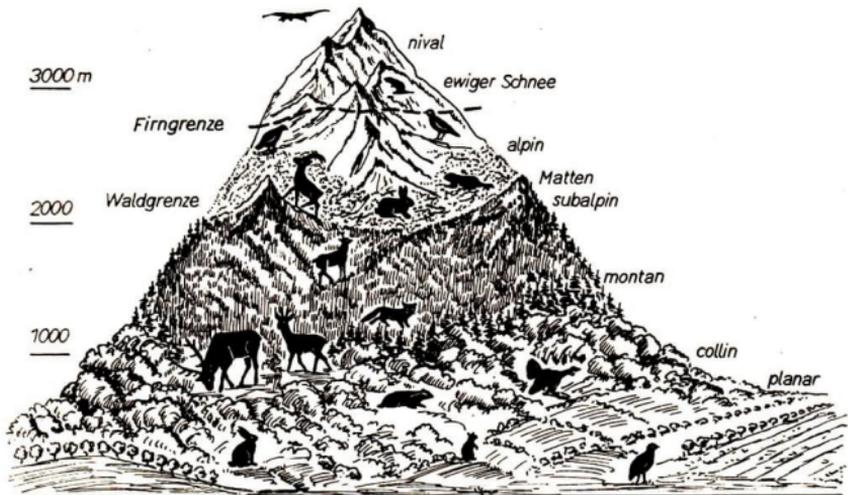


Abb. 125/1 Die Höhenzonen in den Alpen und ihre Bewohner

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

zwischen etwa 15 und 25 °C liegt. Nur wenig darüber und darunter ist ein rascher Leistungsabfall festzustellen. Trotzdem kann der Mensch kurzfristig Temperaturen bis unter -40 und 45 °C ertragen. Die Gerinnungstemperatur des Eiweißes, das das Zellplasma aufbaut, spielt dabei eine Rolle. Pilzsporen und Mikroben hat man Temperaturen von 140 bis 180 °C ausgesetzt, ohne daß sie ihre Lebensfähigkeit einbüßten. Desgleichen konnten Bakterien ohne Schaden in flüssiger Luft bei -190 °C bis zu einem halben Jahr aufbewahrt und danach kultiviert werden.

Ebenso ist die Anpassungsfähigkeit des Menschen an den Luftdruck nicht allzu groß. Bereits im Hochgebirge leidet er unter der Höhenkrankheit. Samen und Sporen konnten noch bei 0,001 at, was praktisch dem Vakuum entspricht, lebensfähig erhalten werden. Gewisse Bakterien hielten Druckwerte bis 3000 at stand.

Auch die Zeit vorübergehender Ruhestadien, die nicht mit dem Tod des betreffenden Lebewesens gleichzusetzen sind, sondern vielmehr Phasen extrem reduzierter Lebenstätigkeit darstellen, sind oft beträchtlich. So waren beispielsweise Bakterien aus tertiären Braunkohlen in entsprechender Nährlösung wieder fortpflanzungsfähig.

Jeder Versuch, für die Biosphäre Begrenzungen anzugeben, stößt auf Schwierigkeiten. Die Unschärfe dieser Grenzen liegt im Leben selbst begründet, da es über die Fähigkeit verfügt, immer wieder aktiv die Grenzen seiner optimalen Entfaltung zu überschreiten und so den vorhandenen biosphärischen Rahmen zu erweitern. Das gilt von der Bodenbildung und der Vergrößerung des Wurzelraumes wie von der Ausbreitung der vom Licht unabhängigen Lebewelt in der Hydrosphäre und Lithosphäre wie auch vom Aufenthalt niederer Organismen in der Atmosphäre.

Ferner sind die lebensfeindlichen Bereiche der Erdoberfläche und der Gewässer zu berücksichtigen. Hierzu zählen die Gebiete aktiven Vulkanismus und des ewigen Eises sowie die abiotischen Bereiche am Grunde großer See- und Meeresbecken mit Schwefelwasserstoffbildung, also verseuchte Zonen im weitesten Sinne.

Die Veränderung der Erde unter dem Einfluß der Biosphäre – ein Evolutionsprozeß

Der von biologischen Prozessen beeinflusste Bereich der Erde, den wir als Biosphäre bezeichnen, ist in ständiger Entwicklung und Ausdehnung begriffen. Die abiotischen Vorgänge endogener und exogener Natur werden auf unserem Planeten durch biotische Prozesse, die sich ihnen überlagern, modifiziert und bereichert. Schon seit einigen hundert Millionen Jahren, seit dem ersten Erscheinen des Lebens im frühesten Erdaltertum, dauern diese Prozesse auf der Erde an und haben an Intensität ständig zugenommen, denn immer mehr Materie wird biogen überformt. Die Biomasse vermehrt sich und ihr heutiger Umfang beträgt etwa 10^{10} bis 10^{14} t. Besonders hoch ist bekanntlich die Vermehrungsintensität bei den einzelligen Organismen, den Bakterien, Pilzen und Vertretern des Plankton. Doch allmählich sind immer differenziertere Formen entstanden und so verlängerten sich die Nahrungsketten. Gleichzeitig breiteten sich die Lebewesen auch in den zunächst nicht besiedelten Räumen aus, indem sie sich in vielfältiger Weise anpaßten. Man muß sich andererseits vorzustellen versuchen, was wäre, wenn das Leben auf der Erde plötzlich erlöschen würde. Dann gäbe es keine chemischen Abbauvorgänge mehr, wie sie durch Fäulnis und Verwesung in Gang gehalten werden, es könnten sich keine organischen Mineralien wie Torf und Kohle bilden, und vor allem wäre die Bodenbildung unterbunden.

Nur allzubald würde die Erde der Mondoberfläche gleichen und es wäre wieder der Zustand der Vorzeitwüste erreicht, wie er vor dem Erscheinen der Landpflanzen auf der Erde herrschte. Daraus wird eindrucksvoll ersichtlich, welche wesentliche Qualität die Geosphäre durch die lebendige Substanz gewonnen hat.

Die Rolle des Menschen in der Biosphäre

Der Mensch als Schöpfer der Noosphäre

Mit dem Auftreten des Menschen wurde die Entwicklung der Biosphäre einschneidend beeinflusst. Durch seine physische und psychische Organisation, insbesondere die hohe Entwicklung des Gehirns, erreichte der Mensch eine Sonderstellung in der Natur, die ihn befähigte, durch unermüdliche, zielgerichtete Arbeit sich eine materielle und geistige Kultur zu schaffen. Schließlich war er sogar imstande, in die Naturprozesse verändernd einzugreifen und die Struktur der Erdrinde, der Gewässer und selbst der Atmosphäre zu beeinflussen. So wird der Landschaft der Stempel menschlichen Wirkens aufgeprägt und innerhalb der Biosphäre bildet sich die Noosphäre, die von der menschlichen Vernunft geprägte Zone, heraus. Die Entwicklung der Technik von den einfachen Werkzeugen des Urmenschen bis zu den heutigen hochkomplizierten Automaten spiegelt das Fortschreiten der technischen Zivilisation wider, bei der sich der Mensch der verschiedensten Energieformen bemächtigte, um die Reichtümer der Natur zu verwerten. Gleichzeitig mußten Wälder der Agrarwirtschaft weichen, um den ständig steigenden Nahrungsbedarf zu befriedigen. Zu diesen Eingriffen in die Landschaft gesellten sich in ständig steigendem Maße Siedlung und Industriewerke, während durch Bergbau Ödland und Halden erzeugt wurden.

Der technisch-zivilisatorische Fortschritt und seine Folgen

Derartige Eingriffe in die Biosphäre fallen bei dünner Besiedlungsdichte nicht weiter ins Gewicht, da die Natur solche Schäden von selbst ausgleicht. In der Gegenwart jedoch werden unsachgemäße Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt zu einer ersten Bedrohung. Man verfährt teilweise noch so, als ob die verfügbaren Vorräte der Biosphäre unerschöpflich seien und diese selbst fähig wäre, sich unbegrenzt zu regenerieren. Doch bereits aus dem Altertum sind uns genügend Beispiele bekannt, wie blühende Kulturen im Umkreis des Mittelmeeres durch unsachgemäße Eingriffe des Menschen schließlich untergingen, wie Gebirge durch Raubbau entwaldet wurden und dadurch völlig ihrer Bodendecke durch Abschwemmung und Verwehung beraubt worden sind, so daß sie noch heute kahl daliegen. So wurde fruchtbarer Boden durch Übernutzung zerstört und von Wind und Wasser abgetragen. Auch die Ackerböden sind vielerorts der Erosion ausgesetzt. Die Flüsse sind durch die Industrie oft so stark verschmutzt, daß sie sich nicht mehr selbst biologisch zu reinigen vermögen. Einwandfreies Trink- und Brauchwasser werden immer rarer, da das Grundwasser durch gesundheitsschädliche industrielle Abfallprodukte verseucht ist. Die Industriebetriebe und der ständig zunehmende Kraftverkehr senden ihre Abgase in die Atmosphäre und führen zu deren Verunreinigung. Hinzu treten radioaktive Spaltprodukte, die bei der Nutzung der Atomenergie anfallen und ebenfalls die Biosphäre belasten.

Diese Radioaktivität wird im Meer wie auf dem Land in der Nahrungskette weitergegeben. Die Speicherung von radioaktiven Elementen im tierischen Organismus führt zu Mißbildungen, vielerlei Erkrankungen und Degenerationserscheinungen.

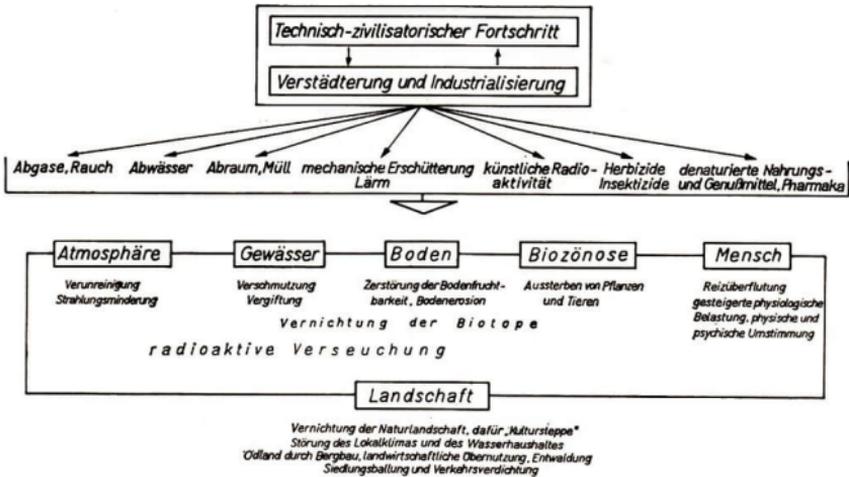
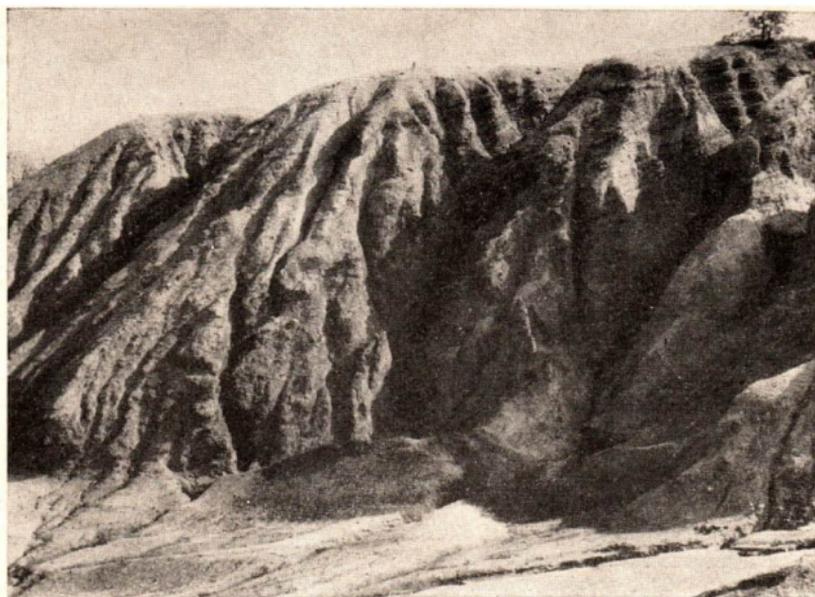


Abb. 128/1 Die Rückwirkung des technisch-zivilisatorischen Fortschritts auf die Biosphäre (Flußbild)

In Abbildung 128/1 ist die Rückwirkung des technisch-zivilisatorischen Fortschritts auf die Biosphäre wiedergegeben. Die Flut der technisch-industriellen Produktionsabfälle ergießt sich in die vielerorts schon gefährlich überlasteten Lebensräume des Menschen, und somit werden die unentbehrlichsten Lebens Elemente Luft, Gewässer und Boden immer weiträumiger vergiftet und denaturiert.

Bedeutung der Ökosysteme, Naturschutz – eine vordringliche Aufgabe

Wie wir sahen, bedroht der Mensch in zunehmendem Maße seine eigene Existenz, und es ist dringendstes Anliegen aller Kulturstaaten, den Folgen willkürlicher Zerstörungen der biosphärischen Gesetzmäßigkeiten durch den Menschen Einhalt zu gebieten. Dazu bedarf es gesunder, intakter **Ökosysteme**. Als Beispiel sei der Biotop Wald (Abb. 129/1) angeführt. Der standortgemäß zusammengesetzte, artenreiche Wald mit der entsprechenden tierischen Biozönose stellt ein stabiles Ökosystem dar. Boden, Standortklima, Wasserhaushalt sowie tierische und pflanzliche Gemeinschaften sind im ökologischen Gleichgewicht. Es gehen von so einem Ökosystem sogar Fernwirkungen auf die weitere Umgebung aus, die sich im Falle des Waldes in der Verbesserung des Lokalklimas (Windschutz, Erhöhung der Luftfeuchte, Filterung der Luft) und der Stabilisierung des Wasserhaushaltes (Speicherung, Ausgleich des Abflusses) zeigen. Demgegenüber wird nach Vernichtung des Waldes das betreffende Ökosystem labilisiert und die Folge ist im äußersten Falle ein Übergang zu Ödland, wie wir es von vielen ehemals bewaldeten Gebieten kennen. Es gilt also, in den Boden- und Ge-



- 63 gen in der DDR dargestellt und dabei das „Gesetz zur Erhaltung und Pflege der heimatlichen Natur vom 4. August 1954“ (Naturschutzgesetz) behandelt. Reinerhaltung
- 64 der Gewässer und der Luft, Schutz der Gehölze und Hecken, Rekultivierung von Halden, Kippen und ungenutzten Flächen, Befestigung von Dünen und Steilküsten
- 65 und anderem ist Sinn und Inhalt des Naturschutzes (Abb. 130/1). Das heißt, die Erhaltung eines optimalen biologischen Gleichgewichts in unserer heimatlichen Natur,
- 66 das die Voraussetzung für eine gesunde Produktionslandschaft ist, der in der DDR wie in allen sozialistischen Staaten sehr große Bedeutung geschenkt wird.

Die Aufgaben der biologischen Wissenschaft für die menschliche Zukunft

Wir haben in den vorigen Abschnitten auch einige Beispiele für Eingriffe des Menschen in die Biosphäre kennengelernt. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts hat sich der Einfluß der menschlichen Tätigkeit auf die Biosphäre durch die Industrialisierung außerordentlich verstärkt. Kapitalistische Gewinnsucht, Planlosigkeit, das Fehlen internationaler Zusammenarbeit und Unkenntnis der Naturgesetze waren die Ursachen häufiger Schäden in der Natur, der wichtigsten Quelle für Nahrung, Kleidung, Wohnung und andere Güter des menschlichen Bedarfs. Gleichzeitig mit der industriellen Wirtschaft entwickelten sich die Wissenschaften. Durch die Erforschung der Natur mehrte sich die Einsicht in die Zusammenhänge des Naturgeschehens und in die natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten. Damit begann der Kampf der Menschheit um eine planmäßige und sinnvolle Nutzung der Natur-schätze in der Biosphäre.

Der biologischen Wissenschaft fällt dabei eine besondere Aufgabe zu. In der Zukunft muß das menschliche Handeln bei der Nutzung der Naturvorräte von den Erkenntnissen der Biologie über die Erhaltung des biologischen Gleichgewichts in den vom Menschen beeinflussten Zonen der Biosphäre bestimmt werden. Aus diesem Bestreben entstanden Naturschutz und Landschaftspflege. Die Ergebnisse der Biologie bilden die Grundlage für eine hinreichende Steigerung der Nahrungsproduktion auf der Erde und für eine Kontrolle der Vermehrung der Menschen, um den Zuwachs der Nahrungsproduktion und die Anzahl der Menschen auf der Erde in Übereinstimmung zu bringen. Die biologische Forschung konnte nachweisen, welche schädlichen Folgen durch radioaktive Verseuchung der Biosphäre entstehen. Damit unterstützt sie den Kampf der fortschrittlichen Menschen gegen die Atomrüstung und gegen einen Atomkrieg. Es besteht heute kein Zweifel daran, daß die Zukunft der Menschheit nur im Frieden, durch planmäßige Wirtschaft, engste internationale Zusammenarbeit und Anwendung aller wissenschaftlichen Erkenntnisse gesichert werden kann.

Einer der wichtigsten Vorgänge im belebten Teil der Biosphäre ist die photosynthetische Assimilation des Kohlendioxids. Eine genaue Kenntnis der dabei ablaufenden biochemischen und biophysikalischen Prozesse und die gründliche Erforschung des Umwelteinflusses auf die Photosynthese werden die Voraussetzungen dafür schaffen,

daß die Stoffproduktion der Pflanzen weiter erhöht werden kann, neue Pflanzen von den Menschen genutzt werden können (z. B. verschiedene Algen) und eventuell in ferner Zukunft eine künstliche Nachahmung der Photosynthese möglich werden wird. In Zusammenarbeit mit den Landwirtschafts- und Forstwirtschaftswissenschaften wird die Biologie zur Lösung der Welternährungsprobleme beitragen können.

Alles Leben ist an Eiweißstoffe gebunden. Deshalb ist die Erforschung ihres Aufbaus, ihrer Synthese in den Lebewesen und ihrer künstlichen Synthese in den Laboratorien und Fabriken von großer Wichtigkeit. Im letzten Jahrzehnt wurden große Fortschritte erzielt, als die Struktur des Insulins und des Hämoglobins aufgeklärt werden konnte. In letzter Zeit ist es erstmals gelungen, Insulin im Laboratorium zu synthetisieren. Für die Zukunft ergeben sich daraus große Möglichkeiten für eine Steigerung der Produktion von Eiweißnahrung für Tier und Mensch durch erhöhte natürliche Eiweißzeugung oder sogar die fabrikmäßige künstliche Eiweißherstellung.

Besonders wichtig sind die neuesten Erkenntnisse über die molekularen Vorgänge der Vererbung bei Lebewesen (Molekularbiologie, Molekulargenetik). Dadurch eröffnet sich die Aussicht, gerichtete Veränderungen in den Erbanlagen von Kulturpflanzen und Haustieren hervorzurufen und auf diese Weise die Produktion von Biomasse für die menschliche Wirtschaft genügend steigern zu können.

Die kosmische Biologie ist ein noch junger Zweig der biologischen Wissenschaft. Sie erforscht die Bedingungen für das Leben des Menschen, der Tiere und der Pflanzen im Weltraum. Sie kann dazu beitragen, daß sich der von Lebewesen besiedelte Raum in ferner Zukunft einmal über den Bereich der jetzigen Biosphäre hinaus ausdehnt.

Diese wenigen Beispiele beweisen hinreichend, daß man mit Recht beginnt, von den kommenden hundert Jahren als einem biologischen Jahrhundert zu sprechen. Mit kosmischer Biologie, Molekularbiologie, Physiologie und anderen Zweigen der biologischen Wissenschaft ergeben sich berechtigte Aussichten auf Lösung dringender Aufgaben der Menschheit. Ebenso wie die Forschungsergebnisse der Atomphysik vor 30 Jahren bieten aber auch die revolutionierenden Ergebnisse der Biologie die Möglichkeit, Mittel zur völligen Vernichtung der Menschheit und allen Lebens auf der Erde zu ersinnen, indem zum Beispiel Stoffe entwickelt werden, die es gestatten, Lebewesen auf dem Erbwege auszurotten. Es kommt darauf an, die biologischen Erkenntnisse ausschließlich für friedliche Zwecke zu nutzen. Aufgeklärt durch die Wissenschaftler müssen Menschen aller Berufe, Konfessionen, Rassen und Nationalitäten nach der Erkenntnis handeln, daß wachsende wissenschaftliche Kenntnisse auch die wachsende moralische Verpflichtung mit sich bringen, diese Einsicht in die Naturgesetze zum Wohle der Menschheit zu benutzen.

In der sozialistischen Gesellschaft, in der alle Macht von den Werktätigen ausgeht, die Interessen des Einzelnen mit den Interessen der Gesellschaft übereinstimmen, hat die biologische Wissenschaft ihr uneingeschränktes Betätigungsfeld. Ihre Ziele werden nur friedlichen Zwecken dienen. Es gibt noch heute ungelöste Fragen auf dem Gebiet der biologischen Forschung, zu deren Lösung die junge Generation aufgerufen ist.

Aufgaben und Fragen

1. Wiederholen Sie ihre Kenntnisse über die Formen der Bestäubung an Beispielen!
2. Charakterisieren Sie die Unterschiede zwischen Bestäubung und Befruchtung!
3. Geben Sie einen Überblick über die Fortpflanzungsformen bei Pflanzen und Tieren!
4. Stellen Sie ein Kreuzungsschema für einen intermediären und einen dominant-rezessiven Erbgang mit erdachten Merkmalen auf!
5. Nennen Sie die wichtigsten Persönlichkeiten und ihre Bedeutung bei der Entwicklung der Zellenlehre!
6. Bringen Sie den technischen Entwicklungsstand und die Erfolge der Zytologie in einen Zusammenhang!
7. Begründen Sie, warum unmittelbar nach einer Zellteilung die Kernsäuresubstanz verdoppelt werden muß!
8. Begründen Sie die Notwendigkeit der Reduktionsteilung! Was geschieht, wenn Keimzellen mit dem Chromosomensatz der Körperzellen entstehen?
9. Entwickeln Sie ein Schema der Mitose und der Meiose!
10. Vergleichen Sie Mitose und Meiose! Stellen Sie Gleiches und Unterschiedliches heraus!
11. Jede Körperzelle der Fruchtfliege enthält 4 Chromosomenpaare. Welche Beziehungen haben diese zu den Chromosomen der Eltern?
12. Suchen Sie in Ihrer Umgebung Beispiele für Modifikationen einer Art! Begründen Sie diese Erscheinung!
13. Begründen Sie, warum Organismen mit dem Heterosiseffekt nicht konstant gezüchtet werden können!
14. Vergleichen Sie an Hand der Abbildung 45/1 die Embryonen verschiedener Wirbeltiere in verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung miteinander! Stellen Sie dabei Übereinstimmendes und Unterschiedliches fest!
15. Vergleichen Sie die Abbildungen 46/1 und 2! Erläutern Sie anhand der Abbildungen die verwandtschaftlichen Beziehungen der dargestellten Organismen!
16. Erklären Sie an Hand der Lehrbuchabbildung 48/1, daß Lunge und Schwimmblase homologe Organe sind! Beschreiben Sie die phylogenetische Entwicklung beider Organe!
17. Betrachten Sie die Lehrbuchabbildung 51/1! Erklären Sie, warum die Atmungsorgane der Insekten und landlebenden Wirbeltiere analoge Organe sind!
18. Stellen Sie an den Flügelbildungen in Abbildung 50/2 Ihres Lehrbuches fest, ob es sich dabei um analoge oder homologe Organe handelt! Begründen Sie Ihre Meinung!

19. Untersuchen Sie, ob homologe oder analoge Organe vorliegen: Fische – Eidechsen – Vogelfeder – Säugetierhaar; Stacheln der Rose – Dornen der Stachelbeere; Kartoffelknolle – Daliaknolle! Begründen Sie Ihre Entscheidungen!
20. Betrachten Sie die Abbildungen 52/2 und 52/3 in Ihrem Lehrbuch und stellen Sie fest, welche Rudimente bei einigen Vertretern vorliegen!
21. Stellen Sie rudimentäre Organe beim Menschen zusammen! Versuchen Sie für einige eine Erklärung für die Rudimentation zu finden!
22. Schildern Sie die stammesgeschichtlichen Zusammenhänge bei der Entwicklung der Wirbeltiere!
23. Was ist ein Fossil?
24. Was verstehen Sie unter dem Begriff „Saurier“?
25. Erläutern Sie, durch welche Organismen die Eroberung des Festlandes erfolgte (Pflanzen, Wirbellose, Wirbeltiere)!
26. Markieren Sie auf einer Strecke, deren Anfangspunkt bei 3,4 Milliarden Jahren (älteste bekannte Gesteine) und deren Endpunkt bei 0 (Gegenwart) liegt, maßstabsgetreu die Ihnen bekannten Zeitabschnitte der Erdgeschichte! Tragen Sie das erste Auftreten der Algen, Urlandpflanzen, höheren Sporenpflanzen, Nacktsamer, Bedecktsamer, Wirbellosen, Kieferlosen, Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere ein!
27. Wodurch unterscheidet sich der Urvogel Archaeopteryx von den rezenten Vögeln und welche Gemeinsamkeiten hat er mit den Kriechtieren?
28. Was wissen Sie über die stammesgeschichtliche Entwicklung unserer Pferde?
29. Welche Tiere sind die nächsten Verwandten der Menschen? Begründen Sie Ihre Aussage!
30. Wie erklären sich die zwischen dem Menschen und den Menschenaffen bestehenden Unterschiede im Körperbau?
31. Welche gesellschaftlichen Faktoren haben wesentlichen Anteil am Prozeß der Menschwerdung?
32. Beschreiben Sie die wichtigsten Merkmale der einzelnen Fossilgruppen!
33. Welche stammesgeschichtlichen Zusammenhänge bestehen zwischen den einzelnen Fossilgruppen und dem heutigen Menschen? Zeichnen Sie eine schematische Übersicht!
34. Erklären Sie, wie es zur Herausbildung der verschiedenen Menschengruppen gekommen ist!
35. Beweisen Sie, daß alle Menschen zu der Art *Homo sapiens* gehören!
36. Zeigen Sie an Beispielen aus der Geschichte, welche furchtbaren Folgen die Rassenverfolgung für die gesamte Menschheit hatte!
37. Nennen Sie Beispiele dafür, daß es Rassenverfolgung auch heute noch in verschiedenen kapitalistischen Ländern gibt!
38. Welche Bedeutung haben die gegenwärtig beim Menschen ablaufenden biologischen Entwicklungsvorgänge in sozialer Hinsicht?
39. Ordnen Sie folgende Organismen in die Ihnen bekannten taxonomischen Kategorien ein: Hederich, Sonnenblume, Lupine, Gemeine Kiefer, Wurmfarne, Frauenhaarmoos, Chlorella, Haushund, Buchfink, Teichmuschel, Kartoffelkäfer, Leberegel, Ohrenqualle, Teichmolch, Ringelnatter, Pantoffeltierchen, Tuberkelbakterium!
40. Suchen Sie aus der Exkursionsflora beziehungsweise der Exkursionsfauna drei

- Ihnen bekannte Tier- und Pflanzenarten heraus! Erläutern Sie an den wissenschaftlichen Namen das Prinzip der binären Nomenklatur!
41. Betrachten Sie den Stammbaum der Wirbeltiere in Ihrem Lehrbuch! Welche Tatsachen lassen sich aus dieser Darstellung ablesen?
 42. Kennzeichnen Sie im Stammbaum der Wirbeltiere die Stellen, an denen Quastenflosser und Urvögel einzuordnen sind! Begründen Sie Ihre Meinung!
 43. Im Mittelalter wurden die Schriften von Aristoteles und Galen wieder bekannt. Begründen Sie, weshalb die Kirche die Verbreitung der Werke dieser Gelehrten unterstützte und sie zu Autoritäten erhob, gegen die aufzutreten genügte, um als Ketzer verfolgt zu werden!
 44. Erläutern Sie an Beispielen aus der Geschichte der Abstammungslehre die Zusammenhänge zwischen gesellschaftlicher Entwicklung, technischem Fortschritt und Entwicklung der Wissenschaft! Begründen Sie die Unterschiede in den verschiedenen Ländern!
 45. Stellen Sie alle Ihnen bekannten Anhänger der Lehre von der Unveränderlichkeit der Arten den Verfechtern des Entwicklungsgedankens gegenüber! Benutzen Sie Nachschlagwerke!
 46. Im Kampf um die Abstammungslehre unterscheidet man: die vordarwinistische Epoche, die Begründung einer wissenschaftlichen Abstammungslehre, den Kampf um die Verbreitung des Entwicklungsgedankens. Nennen Sie die bedeutendsten Vertreter der einzelnen Epochen und würdigen Sie ihre Leistungen!
 47. Erläutern Sie, wie im Körper des Menschen der Blutzuckerspiegel konstant gehalten wird! Welche Organe und Hormone regulieren den Blutzuckerspiegel?
 48. Suchen Sie andere Beispiele der Autoregulation bei Organismen!
 49. Geben Sie Beispiele für Reizerscheinungen bei Pflanzen und Tieren an!
 50. Erläutern Sie, wodurch sich Lebewesen von nichtlebenden Substanzen unterscheiden!
 51. Beschreiben Sie die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen der Molekularehypothese und der Koazervathypothese bei der Entstehung des Lebens auf der Erde!
 52. Versuchen Sie, in einem Schema die Entstehung und Entwicklung organischer Stoffe darzustellen!
 53. Worauf beruht die Zuversicht der Forscher, das Problem der Entstehung des Lebens lösen zu können und Leben künstlich zu erzeugen?
 54. Erläutern Sie, welche Bedeutung die Begründung der Abstammungslehre durch Lamarck und Darwin für die planmäßige Züchtung von Pflanzen und Tiere hatte!
 55. Begründen Sie, weshalb mit dem Beginn des Ackerbaues ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Menschheit begann!
 56. Erläutern Sie die Bedeutung der Arbeiten Mendels für die Weiterentwicklung der Züchtung!
 57. Verfolgen Sie aufmerksam Veröffentlichungen in den Ihnen zugänglichen Zeitschriften über die Anwendung von Erkenntnissen der Molekularbiologie in der Pflanzenzüchtung!
 58. Informieren Sie sich über die Arbeit des Pflanzenzüchters! Besuchen Sie ein Züchtungsinstitut, ein Versuchsfeld oder einen Landwirtschaftsbetrieb, der Vermehrungsanbau betreibt!

59. Erkundigen Sie sich nach den Zuchtzielen, die gegenwärtig in der Tierzucht vorrangig sind! Stellen Sie in einer Tabelle wichtige Beispiele zusammen! Begründen Sie diese Zuchtziele!
60. Werten Sie die Abbildung 116/1 in einer grafischen Darstellung aus!
61. Erläutern Sie an Beispielen aus der Umgebung Ihres Heimatortes den Einfluß der Biosphäre auf die Natur!
62. Nennen Sie Beispiele, die Ihnen aus dem Geografie- und Geschichtsunterricht bekannt sind, für die Folgen der Nichtbeachtung natürlicher Gesetzmäßigkeiten durch den Menschen!
63. Gibt es in der Umgebung Ihres Heimatortes Beispiele für Schädigungen der Natur durch den Menschen? Versuchen Sie, die Ursachen zu ergründen!
64. Nennen Sie Maßnahmen und Gesetze unseres Staates, die dem Schutz und der Erhaltung der Natur dienen!
65. Begründen Sie, warum Gebiete oder Lebewesen in Ihrer Heimat unter Naturschutz stehen!
66. Nennen Sie Pflanzen und Tiere Ihres Heimatgebietes, die unter Naturschutz stehen!

Anhang

Übersicht über das System der Organismen

Das System ordnet die rezenten Astenden der Stammbäume nach ihrer Verwandtschaft ein. Dabei schreibt die Systematik listenmäßig hintereinander auf, was im Stammbaum räumlich nebeneinander angeordnet ist. Hinzu kommen die erwähnten Lücken in unserer Kenntnis von den Verwandtschaftsbeziehungen der Organismengruppen untereinander. Beides zusammen bedingt die zum Teil erheblich voneinander abweichenden Auffassungen über das System der Organismen, die von einzelnen Forschern vertreten werden.

In dieser Übersicht über das natürliche System der Organismen sind die heute vorherrschenden Auffassungen berücksichtigt. Es sind aber nicht alle heute unterschiedenen Stämme aufgeführt, sondern im wesentlichen nur solche, die im Unterricht behandelt wurden.

Reich der Kernlosen

(*Akaryobionta*)

Einzellig oder einfache Zellverbände. Ohne echte Zellkerne und Farbstoffträger. Vermehrung durch Sporen (auch geschlechtlich?)

Bakterien (*Schizophyta*)

Heterotroph, selten autotroph, verschiedene Formen, große Bedeutung
Etwa 1500 Arten

Bodenbakterien,
Fäulnisbakterien,
Knöllchenbakterien,
Tuberkuloseerreger
Diphtherieerreger

Reich der Tiere

Stamm

Klasse

ausgewählte Gattungen
beziehungsweise Arten

Urtiere (*Protozoa*)

Einzellig, Vermehrung durch Teilung oder geschlechtlich
Etwa 20000 Arten

Geißeltierchen (*Flagellata*)

2 oder mehrere Geißeln

Erreger der Schlafkrankheit

Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungswise Arten
	Wurzelfüßer (<i>Rhizopoda</i>) Körper ohne feste Form Bewegung durch Plasma- ausstülpungen	Amoeben, Kammerlinge, Strahlentierchen
	Sporentierchen (<i>Sporozoa</i>) Schmarotzer	Erreger der Malaria, Erreger der Kokzidiosen
	Wimpertierchen (<i>Ciliata</i>) Mit Wimpern besetzt, zwei Kerne, große Zellorganellen	Pantoffeltierchen, Glockentierchen, Trompentierchen
Hohltiere (<i>Coelenterata</i>) Mehrzellige Tiere mit zwei Körperschichten und Magenhöhle, radiärsym- metrisch Etwa 9 000 Arten	Hydrozoen (<i>Hydrozoa</i>) Quallen fehlen oder sehr klein, Knospung	Süßwasserpolyyp
	Scyphozoen (<i>Scyphozoa</i>) Quallen größer als Polypen	Ohrenqualle
	Korallen (<i>Anthozoa</i>) Nur Polypen, einzeln oder Tierstöcke, festsitzend	Steinkorallen, Edelkorallen
Plattwürmer (<i>Plathelminthes</i>) Zwei Körperschichten, dazwischen bindegewebs- artiges Füllgewebe. Zwei- seitig symmetrisch, wurm- förmig, abgeplattet. Zwitter Etwa 6 000 Arten	Strudelwürmer (<i>Turbellaria</i>) Körper außen bewimpert. Meist räuberische Wassertiere	Planarien
	Saugwürmer (<i>Trematodes</i>) Körper nicht bewimpert. 1 bis 2 Saugnäpfe Fast nur Parasiten	Großer Leberegel
	Bandwürmer (<i>Cestodes</i>) Körper scheinbar gegliedert, Kopf meist mit Haftenrich- tungen, Parasiten	Schweinefinnenbandwurm, Rinderfinnenbandwurm, Hundebandwurm
Rundwürmer (<i>Nemathelminthes</i>) Körper mit Leibeshöhle wurmförmig, drehrund, meist getrennt- geschlechtlich Etwa 7 500 Arten	Fadenwürmer (<i>Nematoda</i>) Langgestreckt, fadenförmig. Freilebend oder Parasiten	Spulwurm, Madenwurm, Trichine, Kartoffelnematode, Rübennematode

Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungsweise Arten
Ringelwürmer (<i>Annelida</i>) Körper wurmförmig, Leibeshöhle, segmentiert Etwa 7 000 Arten		Regenwürmer, Meeresringelwürmer, Blutegel, Enchyträen, Schlammwurm
Gliederfüßer (<i>Arthropoda</i>) Körper mit gegliedertem Chitinpanzer bedeckt. Gegliederte Beine Etwa 850 000 Arten	Spinnentiere (<i>Arachnida</i>) 4 Paar Laufbeine, mit Fächertracheen atmende Landtiere	Kreuzspinne, Weberknechte, Skorpion, Milben
	Krebstiere (<i>Crustaceae</i>) Viele Beinpaare, 2 Paar Fühler. Meist kiemen- atmende Wassertiere	Flußkrebse, Hummer, Krabben, Garnelen, Wasserflöhe, Seepocken
	Insekten (<i>Hexapoda</i>) 3 Beinpaare, meist 1 oder 2 Paar Flügel, 1 Paar Fühler	Heuschrecken, Wanzen, Käfer, Hautflügler, Schmetterlinge, Zweiflügler, Flöhe, Läuse
Weichtiere (<i>Mollusca</i>) Körper unsegmentiert, besteht aus Kopf und Eingeweidessack, meist Kalkschalen Etwa 120 000 Arten	Schnecken (<i>Gastropoda</i>) Meist mit spiralgewunde- nem Gehäuse	Weinbergschnecke, Schnirkelschnecke, Posthornschnecke, Schlammsschnecke
	Muscheln (<i>Bivalvia</i>) Meist mit zweiklappiger Schale	Malermuschel, Flußperlmuschel, Miesmuschel, Austern
	Kopffüßer (<i>Cephalopoda</i>) Meist ohne äußere Schale (Rückenschulp), 8 oder 10 lange Fangarme am Kopf	Schiffsboot (Nautilus), Kraken; ausgestorbene Ammoniten, Belemniten
Chordatiere (<i>Chordata</i>) Mit innerem, zentralem Achsen skelett, das wenig- stens aus einer elastischen Rückensaite besteht (Chorda) Etwa 160 000 Arten		

Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungsweise Arten
Unterstamm Wirbeltiere (<i>Vertebrata</i>)	Knorpelfische (<i>Chondrychstyes</i>) Mit Wirbelsäule, Schädel und Kiefer, die teilweise knorpelig bleiben	Haie, Rochen
	Knochenfische (<i>Osteichtyes</i>) Skelett knöchern, Fortbewegung mit Flossen	Störe, Aale, Karpfen, Hechte, Welse, Plattfische; Quastenflosser
	Lurche (<i>Amphibia</i>) 2 Paar Beine, feuchte, drüsenreiche Haut	Salamander, Molche, Frösche, Kröten, Unken
	Kriechtiere (<i>Reptilia</i>) 2 Paar Beine, trockene Haut mit Hornschuppen	Schildkröten, Krokodile, Echsen, Schlangen; ausgestorben: Saurier
	Vögel (<i>Aves</i>) Vorderbeine zu Flügeln umgebildet, Federkleid	Singvögel, Tauben, Enten, Hühner, Greifvögel, Pinguine, Strauße; ausgestorben: Urvogel
	Säugetiere (<i>Mammalia</i>) 2 Paar Beine, Haarkleid, Jungen entwickeln sich meist im Mutterkörper	Beuteltiere, Insektenfresser, Herrentiere, Nagetiere, Paarhufer, Raubtiere, Rüsseltiere, Unpaarhufer
<hr/>		
Reich der Pflanzen		
Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungsweise Arten
Rotäuglein (<i>Euglenophyta</i>) Einzeller, meist mit Geißel, mit rotem „Augenfleck“ Etwa 400 Arten		Rotäuglein (<i>Euglena</i>)
Grünalgen (<i>Chlorophyta</i>) Einzeller, Kolonien oder Vielzeller, große Formenvielfalt Etwa 5 000 Arten		<i>Chlorella</i> , Meeressalat, Kugelalge (<i>Volvox</i>)
Braunalgen (<i>Phaeophyta</i>) Vielzeller, Zellfäden oder gegliederter Körper Etwa 4 000 Arten		Kieselalgen, Blasentang, Sägetang, Birnentang

Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungsweise Arten
Pilze (<i>Mycophyta</i>) Einzeller oder vielzellige Fadengeflechte, hetero- troph, ohne Farbstoffe Etwa 50 000 Arten	Schlauchpilze (<i>Ascomycetes</i>) Sporen entstehen in Schläuchen	Morchel, Trüffel, Hefen, Schimmelpilze
	Ständerpilze (<i>Basidiomycetes</i>) Sporen entstehen auf Ständern	Boviste, Hallimasch, Champignon, Steinpilz
Nacktsprosser (<i>Psilophyta</i>) Ausgestorbene Ufer- pflanzen des Silurs und Devons, beginnende Sprossenentwicklung ohne Wurzeln Etwa 100 fossile Arten		<i>Rhynia</i>
Moose (<i>Bryophyta</i>) Sproßpflanzen mit wurzel- ähnlichen Gebilden, Bil- dung eines Embryos, Generationswechsel zwi- schen ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Gene- ration Etwa 25 000 Arten	Laubmoose (<i>Bryopsida</i>) Geschlechtsgeneration stets beblättert. Sporenkapsel mit Haube	Torfmoose, Frauenhaarmoose
	Lebermoose (<i>Hepaticopsida</i>) Geschlechtsgeneration be- blättert oder einen flachen Körper bildend. Sporen- kapsel ohne Haube	Brunnenlebermoose
Farnpflanzen (<i>Pteridophyta</i>) Sproßpflanzen mit Sproß und Wurzel; Generations- wechsel Etwa 12 000 Arten	Bärlappe (<i>Lycopsidea</i>) Sproßachse dicht mit schma- len Blättern besetzt. Im Karbon baumförmig	Moosfarn, ausgestorben: Siegelbäume, Schuppenbäume
	Schachtelhalm (<i>Sphenopsida</i>) Sproßachse gegliedert, Blätter zu gezähnten Scheiden der Sproßachse verwachsen	Acker-Schachtelhalm, Wiesen-Schachtelhalm, Sumpf-Schachtelhalm
	Farne (<i>Pteropsida</i>) Sproßachse meist unter- irdisch, Sporenkapseln gehäuft an der Unterseite der Blätter	Wurmfarne, Adlerfarne, Königs-Rispenfarne

Stamm	Klasse	ausgewählte Gattungen beziehungswise Arten
Samenpflanzen (<i>Spermatophyta</i>) Holzige oder krautige Pflanzen mit Sproß- und Wurzelsystem; Befruchtung in Samenanlagen, Verbreitung durch Samen		
Unterstamm Nacktsamer (<i>Gymnospermophytina</i>)	Farnsamer (<i>Pteridospermopsida</i>) Ausgestorbene Bäume des Karbons, äußerliches Aussehen wie Farne; Samenbildung; Dickwachstum	
	Cordaiten (<i>Cordaitopsida</i>) Ausgestorbene Bäume des Karbons	
	Gingkobäume (<i>Ginghopsida</i>) Bäume der Jura- und Kreidezeit, ein heutiger Vertreter mit fächerförmigen Blättern	Ginkgo
	Nadelhölzer (<i>Coniferopsida</i>) Bäume und Sträucher mit nadelförmigen oder schuppenförmigen Blättern	Kiefer, Tanne, Lärche, Lebensbaum, Wacholder
Unterstamm Bedecktsamer (<i>Angiospermophytina</i>) Mit echten Leitgefäßen, Samenanlage in Fruchtknoten eingeschlossen	Zweikeimblättrige (<i>Dicotyledonopsida</i>) 2 Keimblätter; Blattnerven netzförmig. Meist eine Hauptwurzel, mit Nebenwurzeln; Leitbündel ringförmig angeordnet	Kreuzblütengewächse, Korbblütengewächse, Lippenblütengewächse, Schmetterlingsblütengewächse
	Einkeimblättrige (<i>Monocotyledonopsida</i>) 1 Keimblatt, Blattnerven längsverlaufend. Hauptwurzel stirbt meist ab, wird durch Adventivwurzeln ersetzt; Leitbündel zerstreut angeordnet	Süßgräser, Sauergräser, Liliengewächse, Orchideen

Wörterklärungen

(→ : siehe auch)

Abdruck: → Fossilien

abiogen: Bildung organischer Verbindungen außerhalb von Lebewesen; Gegensatz: biogen

Abstammungslehre: Wissenschaft von der auf gemeinsamer Abstammung beruhenden Verwandtschaft der einzelnen Tier- und Pflanzengruppen untereinander

Alkaloid: stickstoffhaltige, meist stark giftige Pflanzenbasen, die vielfach als Heilmittel Verwendung finden (z. B. Chinin, Koffein, Nikotin, Morphin, Strychnin)

Allele: identische oder unterschiedliche Zustandsformen eines → Gens, die in homologen → Chromosomen am gleichen Ort lokalisiert sind. Unterschiedliche Allele (→ rezessiv, → dominant) entstehen durch Genmutation aus einem Ausgangsallel und können zu neuen → Phänotypen führen

Aminosäure: kleinste Bausteine der Eiweiße

analoge Organe: (Analogie) Organe gleichen oder ähnlichen äußeren Aussehens und gleicher Funktion, aber unterschiedlichen Ursprungs

Anatomie: Lehre vom inneren Bau der Lebewesen (vergleichende Anatomie)

Anthropologie: Lehre von der Entstehung und Entwicklung des Menschen und der menschlichen Kulturen

Antikörper: → Präzipitine

Aorta: Hauptschlagader, große Körperarterie
Arterien: vom Herzen kommende und zu den Organen hinführende Blutgefäße; Gegensatz: Venen

Atmosphäre: Lufthülle der Erde sowie Gashülle anderer Weltkörper

Atmung: Energiegewinn des Organismus durch Oxydation von Nährstoffen mit Luftsauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser

Auslese: → Selektion

Autoregulation: Fähigkeit der Lebewesen, physiologische Zustände selbst zu regulieren und ungünstige Einflüsse zu kompensieren durch ein kompliziertes System von Regulationsmechanismen

Autoreproduktion: Fähigkeit der Lebewesen, den Eltern gleichende Nachkommen hervorzubringen. Diese Fortpflanzung (Vermehrung) beruht auf Vererbung. Durch das Stoffwechselgeschehen werden im Zellkern die Desoxyribonukleinsäuren identisch reproduziert. Sie sind die Träger der Erbanlagen. In der Zellteilung übertragen die Erbanlagen ihre Erbinformationen auf die Tochterzellen (Anlagenübertragung) und während der Eiweißsynthese erfolgt dann die Weitergabe dieser Informationen an spezifische Eiweiße (Merkmalsausbildung bei den Nachkommen)

autotroph: → Photosynthese, → Chemosynthese

Bastard: aus der Kreuzung zweier genetisch unterschiedlicher Elternformen hervorgehender Nachkomme

Bauchmark: → Zentralnervensystem; Gegensatz: Rückenmark

Bauplan: Eigentümlichkeit des gesamten inneren und äußeren Baues einer Art oder Gruppe von Tieren oder Pflanzen. Früher glaubte man, daß die Grundbaupläne (Typen) der Tier- und Pflanzenstämme auf übernatürliche Weise entstanden seien (Stufen-

- folge der Lebewesen); noch CUVIER unterschied vier Grundbaupläne der Tiere
- Becherkeim:** → Gastrula
- binäre Nomenklatur:** Benennung der Tiere und Pflanzen mit wissenschaftlichen Namen, die der lateinischen oder der griechischen Sprache entnommen sind, wobei jede Art einen Gattungsnamen und einen Artnamen trägt
- biogen:** sind im Stoffwechsel entstehende chemische Verbindungen; Gegensatz: abiogen
- Biogenetische Grundregel:** Von E. HAECKEL 1866 formulierte Entwicklungsregel, nach der die wichtigsten stammesgeschichtlichen Entwicklungsschritte während der Ontogenese eines Tieres wiederholt werden
- Biokatalysatoren:** → Fermente
- Biomasse:** Gesamtheit der Organismen je Flächen- und Rauminhalt zu einem bestimmten Zeitpunkt
- Biosphäre:** (griech. bios – Leben, griech. phairo – Kugel) schmaler Bereich der Erdoberfläche und des Meeres, der von Organismen bewohnt ist
- Blasenkeim:** → Blastula
- Blastula:** Hohlkeim. Blasenförmiges Entwicklungsstadium mit einfacher Wand aus einem Zellepithel, das am Ende der Furchung aus der Morula entsteht und sich zur Gastrula weiterentwickelt
- Braunkohlenzeit** → Erdneuzeit
- Chemosynthese:** Organismen bauen organische Stoffe aus anorganischen auf. Die dazu notwendige Energie erhalten sie durch Abbau chemischer Verbindungen
- Chromatiden:** die beiden funktionellen Unterheiten des Chromosoms, die im Verlaufe der → Mitose auf entgegengesetzte Zellpole verteilt und in verschiedene Tochterkerne eingeschlossen werden
- Chromomeren:** durch Färbung sichtbar werdende Einheiten der Längsgliederung der Chromosomen, die sich besonders stark anfärben; in ihnen ist die Desoxyribonukleinsäure lokalisiert
- Chromosom:** sich identisch vermehrende, im wesentlichen aus Nukleinsäuren und Eiweiß bestehende, im Zellkern enthaltene fadenförmige Strukturen, die im Verlaufe der Zellteilung einem regelmäßigen Formwandel unterliegen und Träger der Gene sind; während der Kernteilung in einer für jede Art charakteristischen Zahl, Größe und Längsgliederung (→ Chromomeren, Zentromer) erkennbar
- Chromosomenmutation:** → Mutation
- Chromosomensatz:** die für das Individuum, die Rasse oder Art charakteristische → haploide Chromosomenzahl. Die Chromosomen des Chromosomensatzes sind genetisch verschieden, das heißt jedes ist Träger einer anderen, aber immer spezifischen Gruppe von Genen (der Koppelungsgruppe)
- Coelom:** → Leibeshöhle
- Cytoplasmomutation:** → Mutation
- Darwinismus:** wissenschaftlich begründete Lehre DARWINS von der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Lebewesen
- Dauermodifikation:** → Modifikation
- Desoxyribonukleinsäure:** → DNS
- Devon:** → Erdaltertum
- dihybrid:** Bastard, dessen Eltern sich in zwei Merkmalspaaren unterscheiden
- diploid:** sind zwei Zellen, Gewebe und Individuen mit zwei Chromosomensätzen, wie sie im Normalfall durch die Vereinigung zweier → haploider Gameten bei der Befruchtung entstehen
- direkte Entwicklung:** die aus den Eiern schlüpfenden Jungtiere gleichen im Aussehen weitgehend den Eltern und sind keine Larven; Gegensatz: Metamorphose
- Divergenz:** verschiedenartige Entwicklung homologer Organe beziehungsweise verwandter Arten infolge Anpassung an unterschiedliche Funktionen oder Lebensweisen; zum Beispiel Greifhand des Menschen und Grabbein des Maulwurfs; Gegensatz: Konvergenz
- DNS:** Abkürzung für Desoxyribonukleinsäure. Die DNS stellt das genetische Material dar und ist wesentlichster Bestandteil der → Chromosomen. Jedes → Gen ist ein DNS-Abschnitt definitiver Größe, der in chemisch verschlüsselter Form die „Information“ zur Steuerung des Aufbaues eines Proteins (meist Enzyms) enthält

Domestikation: allmähliche Umbildung wildlebender Tiere zu Haustieren unter vom Menschen geschaffenen Bedingungen (künstliche Zuchtwahl)

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

dorsal: auf der Rückenseite gelegen oder zumindest dem Rücken zugekehrt; Gegensatz: ventral

dynamisches Gleichgewicht: → offene Systeme

Einpökelung: Konservierung ganzer abgestorbener Tiere oder Pflanzen über Jahrtausende hinweg durch vollständige Durchtränkung des Körpers mit Salzlösungen. Die eindringende Salzlösung verhindert eine Zersetzung durch Bakterien usw. (→ Fäulnis und Verwesung)

Einschachtelungslehre: → Präformationslehre

Eiszeiten: → Erdneuzeit

Eiweiße: hochmolekulare Verbindungen, die aus langen Ketten miteinander verknüpfter Aminosäuren bestehen

Eiweißsynthese: Aufbau hochkomplizierter spezifischer Eiweiße in der lebenden Zelle durch die → Ribosomen

Ektoderm: → Keimblätter

Embryo: der sich aus der Eizelle im Verlauf von Zellteilungen und Differenzierungsprozessen entwickelnde Keim oder Keimling, solange er sich in den Eihüllen, im mütterlichen Organismus oder bei Pflanzen im Samen befindet

Embryologie: Wissenschaft von der Embryonalentwicklung der Tiere oder Pflanzen

Entelechie: → Vitalismus

Entoderm: → Keimblätter

Entwicklungsphasen: aufeinanderfolgende Abschnitte der → Ontogenese beziehungsweise aufeinanderfolgende Epochen der Stammesgeschichte einer Tier- oder Pflanzengruppe. In der „Aufblühzeit“ entfalten sich oft mehrere sprunghaft entstandene Baupläne; in der „Blütezeit“ erreicht die betreffende Gruppe ihre maximale Häufigkeit und Artenzahl; in der „Verblühzeit“ erlischt sie allmählich oder plötzlich ganz oder bis auf wenige Restarten

Entwicklungsreihen: zeitlich aufeinanderfolgende (meist ausgestorbene) Tier- oder Pflanzenarten, an denen die Entstehung und Umbildung von Organen verfolgt werden kann. Beispiel: Entwicklungsreihe des Pferdes

Enzym: → Fermente

Epigenese: Deutung der Ontogenese als Aufeinanderfolge von Neubildungen; Gegensatz: Präformationslehre

Erdaltertum: Begann vor etwa 600 Millionen Jahren und gliedert sich in die folgenden Abschnitte (in Klammern Dauer in Millionen Jahren): Kambrium (110), Ordovizium (60), Silur (30), Devon (10), Karbon oder Steinkohlenzeit (80) und Perm (50). Zeitalter der Wirbellosen, Fische und Lurche (→ Erdzeitalter)

Erdmittelalter: Begann vor mindestens 190 Millionen Jahren und gliedert sich in die folgenden Abschnitte (in Klammern Dauer in Millionen Jahren): Trias (35), Jura (35) und Kreide (65). Zeitalter der Kriechtiere; Reptilien! (→ Erdzeitalter)

Erdneuzeit: Begann vor etwa 70 Millionen Jahren und gliedert sich in die beiden Epochen Tertiär und Braunkohlenzeit (Dauer etwa 69 Millionen Jahre) und Quartär oder Jetztzeit (Dauer etwa 1 Million Jahre). In das Tertiär fällt die Ausbildung und Entfaltung der Säugetiere, ins Quartär die stammesgeschichtliche Entwicklung des Menschen. Das Tertiär gliedert sich in die aufeinanderfolgenden Abschnitte Paläozän, Eozän, Oligozän, Miozän und Pliozän; das Quartär umfaßt die Eiszeiten (Pleistozän) und die heute noch andauernde Nacheiszeit (Holozän)

Erdzeitalter: aufeinanderfolgende Epochen der Erdgeschichte. Auf die Entstehung der Erde folgen die Urzeit der Erdgeschichte, die Frühzeit der Erdgeschichte, das Erdaltertum (Paläozoikum), das Erdmittelalter (Mesozoikum) und die Erdneuzeit (Känozoikum). Die hier verwendeten Bezeichnungen sind von der Entwicklung der Tierwelt abgeleitet. Eine ganz ähnliche Entwicklung haben auch die Pflanzen durchlaufen (Paläophytikum, Mesophytikum usw.)

- Evolution:** alle jene unter Einfluß der Evolutionsfaktoren (Mutabilität, Selektion, Isolation und Zufallswirkung) ablaufenden Prozesse, durch deren Wirksamwerden die jetzt lebenden Organismen sich aus früher existierenden entwickelt haben und weiterhin in Gestalt und Lebensweise umgeformt werden
- Fäulnis:** unter der Einwirkung von Bakterien stattfindende Zersetzung von Tieren oder Pflanzen ohne Sauerstoffzutritt; Gegensatz: Verwesung
- Fermente:** von lebenden Zellen gebildete eiweißartige Stoffe, die bestimmte chemische Umsetzungen nach Art von Katalysatoren einleiten oder in ihrem Ablauf beschleunigen (Biokatalysatoren)
- Fertilität:** Fruchtbarkeit; Fähigkeit der Organismen, fortpflanzungsfähige Nachkommen hervorzubringen
- Flora:** Pflanzenwelt (meist eines bestimmten Gebietes)
- Fließgleichgewicht:** → offene Systeme
- Fortpflanzung:** → Autoreproduktion
- fossil:** in früheren Erdzeitaltern lebende, nur als Fossilien erhaltene Tiere und Pflanzen; Gegensatz: rezent
- Fossilien:** erhaltene und überlieferte Reste von Organismen und Lebenserscheinungen früherer Erdzeitalter. Fossilien können auf verschiedene Weise entstehen; in die Lücken porös gewordener Hartteile werden andere Mineralien abgeschieden (Versteinerung); die Substanz der Hartteile wird vollständig durch andere Mineralien ersetzt (Substitution); Hartteile werden im bereits verfestigten Gestein aufgelöst und hinterlassen einen Hohlraum, der die ursprüngliche Skulptur als Negativ wiedergibt (Abdruck); dieser Hohlraum kann selbst gänzlich ausgefüllt sein (Steinkern). Auch Kriechspuren und so weiter von Tieren können als Fossilien erhalten sein.
- Furchung:** erste Entwicklungsphase des Eies während der Embryonalentwicklung bei Mehrzellern. Durch festgesetzte Zellteilung entsteht dabei aus dem Ei die vielzellige Morula
- Gamet:** Geschlechtszelle
- Gärung:** die fermentative Zerlegung organischer Verbindungen in einfachere Verbindungen durch Mikroorganismen und Pilze zur Energiegewinnung. Die meisten Gärungen verlaufen ohne Teilnahme von Sauerstoff. So entstehen bei der alkoholischen Gärung aus Traubenzucker Äthanol und Kohlendioxid
- Gasträa-Theorie:** noch heute im Prinzip anerkannte Herleitung aller vielzelligen Tiere aus dem Bauplan der Gastrula, die auf gemeinsame Abstammung hindeutet (HAECKEL)
- Gastrula:** Becherkeim. Kennzeichnendes, doppelwandiges Entwicklungsstadium aller vielzelligen Tiere, das auf verschiedene Weise aus der Blastula entsteht und in dessen beiden Zellschichten die erste Differenzierung von Geweben zum Ausdruck kommt. Die innere Lage Zellen bildet den Urdarm, der durch den Urmund nach außen mündet. Dieser Urmund wird später weitgehend verschlossen. Der Urmundrest kann zum bleibenden Urmund werden (Urmünder oder Bauchmarktiere) oder an seiner Stelle entsteht später der After (Neumünder oder Rückenmarktiere); → Keimblätter
- Gen:** Teil des genetischen Materials, der die Information zur Ausbildung einer spezifischen Eigenschaft enthält. Durch Veränderungen in der Struktur des Genmaterials (Nukleinsäuren) wird die Funktion des Gens verändert, es entsteht ein neues Allel des Gens. Allele sind also verschiedene Zustandsformen ein und desselben Gens. Sind von einem Gen mehrere Allele bekannt, wird von einer Serie multipler Allele gesprochen → DNS
- Generationswechsel:** für manche Tiere und Pflanzen kennzeichnender, gesetzmäßiger Wechsel von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Vermehrung
- Genetik:** Vererbungswissenschaft
- Genmutation:** → Mutation
- Genom:** einfacher Chromosomensatz zusammen mit den in ihm lokalisierten Genen
- Genommutation:** → Mutation
- Genotyp:** Gesamtsumme der im Kern lokal-

sierten Erbräger. Seine Festlegung erfordert die Untersuchung der Vorfahren oder Nachkommen oder beider → Phänotyp

Geologie: Lehre von der Entwicklung und vom Aufbau der Erde

geschlossene Kontrollsysteme: Systeme mit der Fähigkeit zur Autoregulation

geschlossene Systeme: Systeme, die keinen Stoffaustausch mit der Umwelt zeigen (z. B. die Komponenten einer chemischen Reaktion in einem geschlossenen Gefäß $A + B \leftrightarrow C + D$); ihr Gleichgewichtszustand ist statisch. Wird das System durch Herausnahme oder Hinzugabe seiner Komponenten verändert, so stellt sich ein neues statisches Gleichgewicht ein. Gegensatz: offene Systeme

Gesteine: Gemenge von Mineralien (z. B. Granit: Feldspat, Quarz und Glimmer)

Gewebe: → Keimblätter

haploid: mit einem einfachen Chromosomensatz ausgerüstete Zellen; zum Beispiel Keimzellen diploider Organismen nach der Reduktionsteilung; Gegensatz: diploid

Herdbuch: Zuchtstammbuch, in dem die Leistungen besonders wertvoller Mutter- und Vätertiere registriert werden

heterogen: ungleichartig zusammengesetzt; Gegensatz: homogen

Heterosis: Merkmalssteigerung bei Bastarden, das heißt, diese übertreffen beide Elternrassen in bestimmten Eigenschaften. In der Tier- und Pflanzenzüchtung vielfach zur Ertragssteigerung ausgenutzt (Heterosiszüchtung): zum Beispiel Schnellwüchsigkeit bei Schweinen und Steigerung des Kornertrages beim Mais

heterotroph: in der Ernährung auf vorgebildete organische Substanz angewiesen. Gegensatz: autotroph

heterozygot: ist eine befruchtete Eizelle oder ein Individuum, das aus der Vereinigung zweier Gameten hervorgeht, die sich in Qualität, Quantität und struktureller Anordnung aller oder eines Teils ihrer Gene unterscheiden; Gegensatz: homozygot

Histologie: Bau der Gewebe im Tier- und Pflanzenkörper

Historizität: echte Geschichtlichkeit; irreversible Veränderung beziehungsweise Entwicklung im Sinne des Zeitpfeiles

Hohlkeim: → Blastula

homogen: gleichartig zusammengesetzt; Gegensatz: heterogen

homologe Organe: (Homologie) Organe gleichen Ursprungs und gleicher Lage, aber verschiedener Funktion

homozygot: ist eine befruchtete Eizelle oder ein Individuum, das aus der Vereinigung zweier Gameten hervorgeht, die sich in Qualität, Quantität und struktureller Anordnung ihrer Gene gleichen; → heterozygot

Hormone: in innersekretorischen Drüsen gebildete Wirkstoffe, die mit dem Blut oder der Lymphe zu den Orten ihres Verbrauches transportiert werden und wichtige Lebensfunktionen steuern beziehungsweise die Tätigkeit mancher Organe anregen

Hybride: → Bastard

Hypophyse: innersekretorische Drüse der Wirbeltiere, die embryonal aus Teilen des Zwischenhirnbodens und des Mundhöhlendaches entsteht. In ihr gebildete Hormone beeinflussen den Stoffwechsel, fördern das Wachstum, steuern zahlreiche Geschlechtsfunktionen und sorgen für eine gleichmäßige Spannung der Blutkapillaren

identische Reproduktion: → Autoreproduktion

Idiotypus: das gesamte Erbgefüge eines Organismus. Der Idiotypus besteht aus der Gesamtheit aller Gene in den Chromosomen (Genotypus), aus Trägern von Erbanlagen im Zellplasma (Plasmon, Plasmotypus) und bei grünen Pflanzen noch aus den ebenfalls am Vererbungsgeschehen teilnehmenden Plastiden (Plastidotypus). → Phänotypus

indirekte Entwicklung: → Metamorphose

Individualität: artweise bestimmt festgelegte und räumlich begrenzte Gestalt der Organismen. Die Individualität bezieht sich aber nicht auf den inneren Bau, denn alle voneinander abhängigen Teile (Zellen, Gewebe, Organe) sind artweise verschieden angeordnet (Baupläne)

Insektizide: Insekten tötende Schädlingsbekämpfungsmittel

intermediär: ist eine Merkmalsausbildung, wenn sie mit der Merkmalsausbildung keiner oder beider zur Kreuzung verwendeten Elternformen übereinstimmt (rot × weiß → rosa)

Inversion: eine Chromosomenmutation, in deren Verlauf ein Chromosomensegment um 180° gedreht wird, womit sich die Reihenfolge im Chromosom ändert

Ionosphäre (griech. ion – wandernd, sphaira – Kugel): über der → Stratosphäre gelegen, zeichnet sich durch elektrisch gut leitende Schichten aus

Irreversibilität: ohne Umkehrbarkeit, etwas ist nicht wieder rückgängig zu machen. Stammesgeschichtliche Entwicklungen sind irreversibel (DOLLO); Gegensatz: Reversibilität

Isolation: Absonderung geschlossener Populationen vom übrigen Wohngebiet einer Art (durch Gebirge, Meere und in Höhlen usw.), die vielfach selektiv wirkt und zu Sonderentwicklungen führt (Artbildung)

Jungferzeugung: → Parthenogenese

Jura: → Erdmittelalter

Kambrium: → Erdaltertum

Karbon: Steinkohlenzeit, → Erdaltertum

Katastrophentheorie: heute überholte Erklärung der fossilen Tierwelt in den einzelnen Erdschichten (Erdzeitalter) durch plötzliche Katastrophen (CUVIER). Wenige überlebende Formen sollten jeweils in der nachfolgenden Epoche die Neubesiedlung vorgenommen haben

Keimbahn: heute überholte, jedoch die Genetik und Evolutionsforschung ungemein fördernde Vorstellung vom Vererbungsgeschehen (WEISMANN). Danach beruht die Vererbung ausschließlich auf der Weitergabe stofflicher Träger von Erbanlagen in den Chromosomen von einer Generation auf die andere. Die Kernsubstanz soll sämtliche Erbanlagen enthalten (Keimplasma) und diese über eine ganz bestimmte Zellenfolge (Keimbahn) von der befruchteten Eizelle auf die neu gebildete Geschlechtszelle übertragen. Allphylogenetische Entwicklungen sollten auf Veränderungen des Keimplasmas durch Umwelteinflüsse beruhen (Neodarwinismus)

Keimblätter: epitheliale Zellschichten der Gastrula, in denen eine erste Sonderung von Geweben zum Ausdruck kommt. Ursprünglich sind nur zwei Keimblätter ausgebildet. Das äußere Keimblatt (Ektoderm) bildet die Haut, die Sinnesorgane und das Zentralnervensystem des fertigen Tieres. Aus dem inneren Keimblatt (Entoderm) geht der Darm mit allen seinen Anhangsorganen hervor. Bei den höheren Vielzellern ist dazwischen noch ein mittleres Keimblatt (Mesoderm) entwickelt, das ursprünglich die Leibeshöhle auskleidet (Coelom), meistens jedoch Muskeln, Bindegewebe sowie die Ausscheidungs- und Geschlechtsorgane aus sich hervorgehen läßt

Keimplasma: → Keimbahn

Kiemendarm: vorderer Abschnitt des Darmes der Chordatiere, der von paarigen Kiemenspalten durchbrochen ist. Fischgestaltige Wasserbewohner besitzen zeitweilig 4 bis 180 Paare Kiemenspalten; Landwirbeltiere legen embryonal 4 Paar Kiemenspalten an

Klon: erbgleiche Individuen einer Art, die durch ungeschlechtliche Vermehrung oder Parthenogenese von einem Ausgangsindividuum abstammen; → Reine Linie, Reine Kette

Koazervate: zu größeren Einheiten vereinigte Kolloidteilchen, die als scharf abgegrenzte Tröpfchen in der Lösung schwimmen, ohne sich mit dem Lösungswasser zu vermischen. Sie nehmen Stoffe aus ihrer Umgebung auf, setzen sie im Innern chemisch um, geben Abbauprodukte an die Umgebung ab und können sich unter bestimmten Bedingungen auch teilen (vermehrten). Nach OPARIN waren Koazervate für die Entstehung des Lebens von großer Bedeutung (→ molekulare Entstehung des Lebens)

Kolloide: fein zerteilte Stoffe

Kombinationskreuzung: erwünschte Erbmerkmale verschiedener Linien werden durch Kreuzung in der Nachkommenschaft kombiniert

Konstanz: Unveränderlichkeit; früher (noch von LINNE) wurden die Arten für unveränderlich gehalten (Konstanz der Arten; →

- Präformationslehre); **Gegensatz:** Variation, Variabilität
- Konvergenz:** sekundäre Ähnlichkeit zwischen Organen oder ganzen Organismen, die darauf beruht, daß nicht homologe Organe beziehungsweise nicht miteinander verwandte Arten an gleiche Funktionen oder Lebensweisen angepaßt werden; zum Beispiel Fischgestalt der fossilen Fischsaurier und rezenten Delphine; **Gegensatz:** Divergenz
- Kosmopolit:** Weltbürger. Über die ganze Erde verbreitete Pflanzen- und Tierarten
- Kosmozoentheorie:** überholte Vorstellung, der zufolge das Leben überhaupt nicht auf der Erde entstanden, sondern mit Keimen einfachster Organismen von anderen Planeten auf die Erde gelangt sein soll
- Kreide:** → Erdmittelalter
- Kreuzung:** die natürliche oder künstliche Vereinigung zweier genotypisch verschiedener Gameten bei der Befruchtung („Bastardisierung“)
- künstliches System:** Anordnung von Tier- und Pflanzengruppen nach einzelnen äußeren Merkmalen
- künstliche Zuchtwahl:** Herauszüchten neuer, leistungsfähiger Haustierrassen und Kulturpflanzensorten durch ständige Auswahl der am besten geeigneten (angepaßten) Nachkommen, Kreuzungen (DARWIN); **Gegensatz:** natürliche Zuchtwahl; → Selektion
- Landrasse:** durch natürliche Zuchtwahl herausgebildete Rasse
- Landsorte:** durch natürliche Auslese entstandene Formengemische landwirtschaftlicher Kulturpflanzen
- Laterite:** roter tropischer Verwitterungsboden
- Larven:** Jungtiere mit andersartigem Körperbau als die Eltern (→ Metamorphose)
- Leben:** eine besondere, qualitativ von der organischen Welt unterschiedene und historisch aus ihr entstandene Bewegungsform der Materie. Wesensmerkmale des Lebens sind Informationsgehalt, Reduplikationsfähigkeit, Fähigkeit zur Merkmalsausbildung und Mutationsfähigkeit, die auf der Struktur der biologischen Makromoleküle (Nukleinsäuren und Eiweiße) beruhen und aus denen sich die Fähigkeit zur biologischen Höherentwicklung ergibt
- Lebenskraft:** → Vitalismus
- Leibeshöhle:** Hohlraum des Körpers zwischen der äußeren Körperwand und dem Darmrohr. Dieser Hohlraum kann mit Körperflüssigkeit oder einem schwammigen Bindegewebe angefüllt sein (primäre Leibeshöhle). Bei den höheren Vielzellern ist er wenigstens embryonal mit einer eigenen, vom Mesoderm gebildeten Wand ausgekleidet (sekundäre Leibeshöhle oder Coelom)
- Leitfossilien:** für Ablagerungen aus einer bestimmten geologischen Epoche der Erdgeschichte jeweils kennzeichnende Fossilien
- letal:** tödlich
- Letalfaktoren:** Gene oder Chromosomenstrukturveränderungen, die den Tod eines Individuums vor Erreichen seiner Fortpflanzungsfähigkeit bewirken
- Linné, Karl von (1707–1778):** schwed. Naturforscher, schuf das beste der sogenannten künstlichen Systeme. Führte die binäre Nomenklatur in die Biologie ein. Hauptwerk: „Systema naturae“. Anhänger der Schöpfungslehre
- Lithosphäre** (griech. lithos – Stein, sphaera – Kugel): 60 km dicker Gesteinsmantel der Erde, der in eine äußere silicium- und aluminiumhaltige Schicht (→ Sial) und eine silicium- und magnesiumhaltige Schicht (→ Sima) unterteilt wird
- Makroevolution:** Entwicklung höherer taxonomischer Einheiten (Phylogenie); **Gegensatz:** Mikroevolution
- materialistische Theorie:** betrachtet das Leben als etwas Natürliches, Erkennbares, Materielles, als „Bewegungsform der Materie“ (ENGELS); **Gegensatz:** idealistische Theorie
- Maulbeerkeim:** → Morula
- mechanischer Materialismus:** → Mechanismus
- Mechanismus:** heute überholte materialistische Auffassung vom Wesen des Lebens, die eine Eigengesetzlichkeit des Lebens leugnete und keinen qualitativen Unterschied zwischen lebender und lebloser Materie sah
- Meiose:** eine in zwei Etappen (Meiose I und II) ablaufende, modifizierte Form der Kernteil-

- lung (→ Mitose), in deren Verlauf jede Tochterzelle nur die Hälfte der ursprünglichen Chromosomenzahl zugeteilt erhält (Reduktionsteilung, Reifeteilung). Die Meiose ist obligat mit der geschlechtlichen Fortpflanzung verknüpft und kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Organismengruppe an verschiedenen Stellen in den Entwicklungszyklus eingefügt sein. Sie führt zur Entstehung von Keimzellen (Gameten)
- Membranen:** Grenzschichten im Protoplasma, an deren Aufbau fettähnliche Substanzen (Lipoide) beteiligt sind
- Merkmalsausbildung:** die Entstehung einer morphologischen, physiologischen oder biochemischen Eigenschaft als Ergebnis der Genwirkung (Realisation der im Gen enthaltenen Information) und der herrschenden Umweltbedingungen
- Mesozoikum:** → Erdzeitalter
- Mesoderm:** → Keimblätter
- Metamorphose:** indirekte Entwicklung, Verwandlung. Die aus den Eiern schlüpfenden Jungtiere sind Larven mit einem anderen Körperbau als die Erwachsenen. Sie nehmen erst (über mehrere Stadien hinweg) allmählich das Aussehen der Eltern an; Gegensatz: direkte Entwicklung
- Mikroevolution:** Rassen- und Artbildung unter dem Einfluß der Evolutionsfaktoren (Mutabilität, Selektion, Isolation) im Gegensatz zur Entstehung der höheren taxonomischen Kategorien (= Makroevolution). Die Prozesse der Mikroevolution lassen sich experimentell untersuchen, diejenigen der Makroevolution entziehen sich der experimentellen Analyse. Einiges spricht dafür, daß der Mikro- und Makroevolution gleiche Prozesse unterliegen
- Mineralien:** in der Erdkruste vorkommende, chemisch und physikalisch einheitliche, anorganische Körper (z. B. Kalkspat, Gips, Steinsalz, Quarz)
- Miozän:** → Erdneuzeit
- missing link:** → Übergangsform
- Mitochondrien:** für die Zellatmung unentbehrliche Strukturgebilde in den Zellen
- Mitose:** im Gegensatz zur → Meiose ein Kernteilungsmodus, in dessen Verlauf die beiden Chromatiden jedes Chromosoms voneinander getrennt sind und auf die Tochterkerne und -zellen verteilt werden. Die Mitose stellt sicher, daß die Tochterzellen eine untereinander und mit der Ausgangszelle identische chromosomale und genetische Ausrüstung erhalten
- Modifikation:** eine im Gegensatz zur → Mutation nicht erbliche, durch Umwelteinflüsse im Ontogeneseverlauf ausgelöste Veränderung morphologischer oder physiologischer Art. Bleibt die Modifikation über mehrere Generationen hinweg erhalten, ohne daß der auslösende Einfluß weiter wirksam ist, wird von einer Dauermodifikation gesprochen. Das Ausmaß der Modifikabilität wird durch die genotypische → Reaktionsnorm begrenzt
- Molekularbiologie:** Forschungsrichtung, die die Lebenserscheinungen und -strukturen auf dem Molekülniveau untersucht
- molekulare Entstehung des Lebens:** Auffassung vieler Molekularbiologen, der zufolge die Entstehung des Lebens auf molekularem Niveau erfolgte
- Molekulargenetik:** Forschungsrichtung, die Elementarvorgänge der Vererbung und Wechselbeziehungen von Veränderungen an biologischen Makromolekülen untersucht
- monohybrid:** ist ein Bastard, dessen Eltern sich nur in einem Allelen- bzw. Merkmalspaar unterscheiden, und der für das betreffende Allelenpaar → heterozygot ist → polyhybrid
- Mononukleotide:** organische Verbindungen, die aus je einer organischen Base, einem Phosphorsäuremolekül und einem Zuckermolekül (Ribose oder Desoxyribose) zusammengesetzt sind
- Morphologie:** die Lehre vom äußeren Bau der Organismen; Gegensatz: Anatomie
- Morula:** Maulbeerkeim. Massiver Zellhaufen, der sich am Ende der Furchung zur Blastula weiterentwickelt
- Mumifizierung:** Konservierung ganzer abgestorbener Tiere oder Pflanzen über Jahrmillionen hinweg, die dann eintritt, wenn

keine Zersetzung durch Bakterien stattfinden kann

Mutabilität: die Fähigkeit zur → Mutation

Mutagene: chemische und physikalische Agentien, die Mutationen hervorrufen

Mutation: spontane oder induzierte erbliche Veränderung. Gen- oder Punktmutation – Umbau des Molekulargefüges des Gens; Chromosomenstruktur; Genommutation – Veränderung der Chromosomenzahl oder des ganzen Chromosomensatzes; Plasmomutation – erbliche Abänderung der Plastiden; Plasmomutation – Veränderung der Erbanlagen im Zellplasma

natürliches System: Anordnung von Tier- und Pflanzengruppen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft und Abstammung

natürliche Zuchtwahl: Zusammenwirken der Vererbung, erblicher Veränderungen und Auslese unter dem Einfluß der natürlichen Umwelt während der Stammesgeschichte der Organismen (DARWIN). Die ständige Auslese wird noch gefördert durch die geschlechtliche Zuchtwahl der Wildtiere, die nur gesunde und gut angepaßte Geschlechtspartner zur Fortpflanzung kommen läßt. Gegensatz: künstliche Zuchtwahl

Nauplius: durch ein unpaares Auge und drei Paar Gliedmaßen gekennzeichnete Larvenform der niederen Krebse

Neodarwinismus: → Keimbahn

Neuralrohr: → Zentralnervensystem

Nomenklatur: Benennung und Namensgebung für Tier- und Pflanzenarten. Seit LINNÉ ist die binäre Nomenklatur gebräuchlich, die aus den wissenschaftlichen (latinisierten) Gattungs- und Artnamen besteht. Dreiteilige Namen bezeichnen Unterarten (trinäre Nomenklatur). Angefügte Personennamen und Jahreszahlen bezeichnen den Autor und den Zeitpunkt der Erstbeschreibung der betreffenden Art oder Unterart

Nukleinsäuren: Makromoleküle, bestehend aus langen Ketten miteinander verknüpfter Mononukleotide, die ihrerseits aus je einer organischen Base, einem Phosphorsäuremolekül und einem Zuckermolekül (Ribose bei der RNS und Desoxyribose bei der DNS)

zusammengesetzt sind. Den Nukleinsäuren kommt eine besondere biologische Bedeutung als genetische Informationsträger zu

Nukleotide: → Mononukleotide

offene Systeme: Systeme (z. B. Lebewesen), deren Existenzgrundlage ein ständiger Stoff- und Energieaustausch mit der Umwelt ist. Dieser ständige Stoffwechsel hält das System in einem dynamischen Gleichgewicht (Fließgleichgewicht); sein Aufhören zerstört das System (Tod des Organismus); Gegensatz: geschlossene Systeme

Ökologie: Lehre von den Beziehungen der Organismen zu ihrer Umwelt

Ökosystem: Grundbegriffe aus der Ökologie, der Biozönose und dem Biotop zu einer Einheit zusammengefaßt

Oligozän: → Erdneuzeit

Ontogenese: individuelle Entwicklung eines Tieres oder einer Pflanze vom Keim bis zur Fortpflanzungsreife; Gegensatz: Phylogenese

Ontogenie: individuelle Entwicklungsgeschichte der Tiere und Pflanzen; Gegensatz: Phylogenie

Ordovizium: → Erdaltertum

Paläobotanik: → Paläontologie

Paläontologie – paläontologisch – Paläontologe: Wissenschaft von den heute ausgestorbenen Organismen früherer Erdzeitalter. Die Paläozoologie bearbeitet fossile Tiere, die Paläobotanik fossile Pflanzen

Paläozoikum: → Erdzeitalter

Paläozoologie: → Paläontologie

Parallelentwicklung: qualitativ gleichartige Entwicklung nicht miteinander verwandter Tier- oder Pflanzengruppen in verschiedenen Erdgegenden und zu verschiedenen Zeiten, die stets auf Anpassung an gleiche Lebensweise oder Funktion beruht

Parthenogenese: Entwicklung aus unbefruchteten Eiern, das heißt Vermehrung ohne Mitwirkung von Männchen (z. B. bei Blattläusen)

Perm: → Erdaltertum

Phänotyp: die während der Individualentwicklung verwirklichten, ausgebildeten Merkmale eines Organismus, die mit morphologischen,

- anatomischen und physiologischen Methoden untersucht werden können; Gegensatz: Genotyp
- Photosynthese:** die Bildung von Kohlenhydraten (Zucker, Stärke) in den grünen Pflanzenteilen aus dem Kohlendioxid der Luft, Wasser und Sonnenenergie unter Abgabe von Sauerstoff. Der in mehreren Stufen ablaufende Prozeß ist an das in den Chloroplasten enthaltene Blattgrün (Chlorophyll), das als Energieüberträger wirkt, gebunden
- Phylognese:** stammesgeschichtliche Entwicklung der Tiere und Pflanzen durch die verschiedenen Erdzeitalter hindurch bis zur Jetztzeit; Gegensatz: Ontogenese
- Phylogenie:** Stammesgeschichte der Tiere und Pflanzen; Gegensatz: Ontogenie
- Physiologie:** Lehre von den Lebensvorgängen der Organismen
- Phytoplankton:** griech. phyton - Pflanze, griech. planktos - das Schwebende
- Plankton** (griech. planktos - das Schwebende): Lebensgemeinschaft, im freien Wasser schwebende Organismen → Phytoplankton, → Zooplankton
- Plasmon oder Plasmotypus:** → Idiotypus
- Plastiden:** Strukturgebilde der Zellen, die Pigmente bilden können. Man unterscheidet: 1. die Leukoplasten, sie sind farblos und dienen der Stärkespeicherung; 2. die grünen Chloroplasten, sie enthalten die Farbstoffe für die Photosynthese; 3. die Chromoplasten, die gelb bis rot gefärbt sind und in vielen Blumenblättern und Früchten, aber auch in vegetativen Zellen (Mohrrübe) enthalten sind
- plastische Kraft:** Lebenskraft; → Vitalismus
- Plastomutation:** → Mutation
- Pleiotropie:** vielseitige Wirkung eines Gens auf mehrere Entwicklungsvorgänge gleichzeitig
- Pleistozän:** → Erdneuzeit
- Pliozän:** → Erdneuzeit
- polygonal:** vieleckig
- polyhybrid:** Bastard, dessen Eltern sich in mehreren Merkmalspaaren unterscheiden; Gegensatz: monohybrid
- polymer:** durch Verknüpfung kleiner Moleküle entstandene Riesenmoleküle
- polymolekular:** aus vielen Molekülen bestehend
- Polynukleotide:** längere oder kürzere Ketten aus miteinander verknüpften → Mononukleotiden
- Polypeptide:** längere oder kürzere Ketten aus miteinander verknüpften Aminosäuren
- polyloid:** sind Zellen oder Organismen mit mehr als zwei vollständigen Chromosomensätzen (→ diploid; Autopolyploidie; Allopolyploidie)
- Population:** Vereinigung von Individuen gleicher oder unterschiedlicher Artzugehörigkeit
- Populationsgenetik:** eine Forschungsrichtung, die sich mit den in einer Population herrschenden Vererbungsgesetzmäßigkeiten befaßt und nach den wirksamen Evolutionsfaktoren forscht
- Präformationslehre:** heute überholte, auf dem Schöpfungsglauben und der Konstanz der Arten beruhende Vorstellung, daß Tiere und Pflanzen bereits in den Keimen fertig vorgebildet seien. In der Ontogenese sollten die präformierten Miniaturlebewesen nun zur endgültigen Größe heranwachsen; Gegensatz: Epigenese
- Präzipitine:** im Körper eines Tieres gebildete Antikörper gegen artfremdes Eiweiß, die eine sofortige Ausfällung des fremden Eiweißes bewirken. Da die Ausfällung meist um so stärker ist, je weniger verwandt die betreffenden Arten sind, können die Präzipitinreaktionen mit zur Verwandtschaftsforschung herangezogen werden
- Punktmutation:** → Mutation
- Puppe:** während der Jugendentwicklung auftretendes Ruhestadium, in welchem bei Insekten mit vollständiger Verwandlung der meist einfacher gebaute Larvenkörper zum komplizierter gebauten Vollinsekt umgestaltet wird
- Quartär:** → Erdneuzeit
- Reaktionsnorm:** die gesamten erblichen, im Idiotyp festgelegten Bedingungen, die in Wechselwirkung mit der Umwelt die Entwicklung des Organismus lenken. Keinesfalls wird eine Eigenschaft an sich, sondern stets eine Reaktionsnorm vererbt
- Reduktion:** Verminderung; zum Beispiel Halbierung der Chromosomenzahl während der

- Reduktionsteilung. Auch vollständige Rückbildung eines Organs; Gegensatz: Rudimentation
- Reduktionsteilung:** → Meiose
- Reduplikation:** (auch Replikation genannt), die für die DNS charakteristische Vermehrungsweise, bei der der DNS-Doppelstrang aufspaltet und die beiden Einzelstränge als Matrizen für den Aufbau entsprechender neuer Stränge dienen, so daß im Ergebnis zwei Doppelstränge entstehen. → Autoreproduktion, identische Reproduktion
- Regulationsmechanismus:** → Autoregulation
- Reifeteilung:** → Meiose
- Reine Kette:** erbgleiche Individuen einer Art, die durch fortgesetzte Inzucht von einem erbgleichen Elternpaar abstammen; → Reine Linie, Klon
- Reine Linie:** erbgleiche Individuen einer zwitterigen Pflanzenart, die durch fortgesetzte Selbstbefruchtung aus einem reinrassigen Individuum entstanden sind; → Reine Kette, Klon
- Reizbarkeit:** die Fähigkeit, auf Reize zu reagieren
- Rekombination:** die Bildung neuer Genkombinationen im Verlaufe der Meiose und Mitose auf Grund von Aufspaltung der Allelenpaare und Rekombination gekoppelter Gene (crossing over)
- Resistenz:** Widerstandsfähigkeit
- Reversibilität:** Umkehrbarkeit, etwas rückgängig machen. Gegensatz: Irreversibilität
- rezent:** in der geologischen Jetztzeit lebende Tiere und Pflanzen; Gegensatz: fossil
- rezessiv:** Merkmal eines Elters, das im Bastard durch das entsprechende dominante Merkmal des anderen Elters überdeckt wird; → dominant
- Ribonukleinsäure:** → RNS
- Ribosomen:** aus RNS und Eiweiß bestehende Zellorganellen, an denen die Eiweißsynthese in der Zelle vollzogen wird
- Rückenmark:** → Zentralnervensystem; Gegensatz: Bauchmark
- RNS:** → Nukleinsäure
- rudimentäre Organe (Rudimente – Rudimentation):** Reste von ursprünglich ausgebildeten Organen. Rückbildung eines Organs bis auf einen Rest (Rudiment)
- Samentierchen:** → Spermatozoen
- Schöpfungsglaube:** heute überholte idealistische Vorstellung, daß das Leben von Göttern erschaffen sei
- Schwingsköbchen:** zu Sinnesorganen umgestaltete Hinterflügel der Zweiflügler (z. B. Fliegen); dienen zur Regulierung des Gleichgewichts beim Fliegen
- Sediment:** Schichtgesteine, die durch Ablagerungen entstanden sind, zum Beispiel Sandstein, Gips, Ton
- Selektion:** Auslese. In der Phylogenese erfolgt diese ständige Auslese ungerichtet durch die natürliche Zuchtwahl (Kampf ums Dasein), bei Haustieren und Kulturpflanzen dagegen in vom Menschen bestimmten Richtungen willkürlich (künstliche Zuchtwahl)
- Silur:** → Erdaltertum
- Sintflutsage:** frühere, heute überholte Deutung der Fossilien als Reste einstiger Lebewesen, die durch eine oder mehrere Sintfluten vernichtet worden sein sollen
- Spermatozoen:** männliche Samenzellen der Tiere
- Spermien:** männliche Samenzellen
- Spurenelemente:** chemische Elemente, die im lebenden Organismus nur in winzigen Mengen vorhanden sind, jedoch eine wichtige Rolle spielen (vor allem in Hormonen und Fermenten)
- Stammbaum:** Darstellungsart der phylogenetischen Entwicklung von Pflanzen und Tieren
- Steinkern:** → Fossilien
- Steinkohlenzeit:** → Erdaltertum
- Stoffwechsel:** ist der Inbegriff der chemischen Veränderungen, welche mit der Lebenstätigkeit der Organismen verknüpft sind. Er umfaßt somit die Stoffaufnahme, die chemischen Veränderungen, welche die Stoffe im Organismus erfahren (den Stoffumsatz) und die Stoffabgabe. → offene Systeme
- Stratosphäre** (griech. stratum – Schicht, sphaira – Kugel): mittlerer Teil der → Atmosphäre, liegt zwischen → Troposphäre und → Ionosphäre
- Stufenfolge der Lebewesen:** Anordnung der damals bekannten etwa 500 Tierarten nach

ihrer abgestuften Ähnlichkeit durch ARISTOTELES. In der Ähnlichkeit sah ARISTOTELES bereits einen inneren Zusammenhang (Verwandtschaft), doch erklärte er die Stufen noch nicht als Entwicklungsschritte

Substitution: → Fossilien

System: Anordnung der Arten und Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches nach ihrer natürlichen, phylogenetischen Verwandtschaft (natürliches System). Früher war das System auf äußerlichen Ähnlichkeiten beziehungsweise Unterschieden zwischen den einzelnen Arten und Gruppen begründet (künstliches System)

Taxonomie, taxonomisch: Einordnung von Tieren und Pflanzen in das System

taxonomische Kategorie: bestimmte Gruppe des natürlichen Systems, zum Beispiel Art, Gattung, Familie, Ordnung, Stamm

Teleologie: mit dem Schöpfungsglauben unmittelbar verknüpfte, idealistische Lehre von der unbedingten, vorausbestimmten Zweckmäßigkeit aller Dinge und Geschehnisse in der belebten Natur

Tertiär: Braunkohlenzeit, → Erdneuzeit

tetraploid: mit vier ganzen Chromosomensätzen ausgestattete Zellen

Tracheen: meist röhrenförmige, in den Körper eingestülpte und mit Chitin ausgekleidete Atemorgane der Gliederfüßer, die ein Veratmen atmosphärischen Sauerstoffs ermöglichen

Translokation: in der Regel reziproker Stückaustausch zwischen den Chromosomen nach Eintritt von Brüchen und „Wiederverheilung“ der Bruchflächen in neuer Ordnung (Chromosomenmutation). Durch die Translokation kommt es zu Umgruppierungen von Genen zwischen den beteiligten Chromosomen

Trias: → Erdmittelalter

trinäre Nomenklatur: → Nomenklatur

Trochophora: stammesgeschichtlich bedeutungsvolle, charakteristisch gebaute Larvenform mancher im Meere lebender Ringelwürmer mit je einem Wimperkranz vor und hinter der Mundöffnung. Ähnlich gebaute, jedoch weiterentwickelte Larvenformen

treten in nahe verwandten Tierstämmen auf (Weichtiere, Stachelhäuter)

Troposphäre (griech. tropae – Wechsel, sphaira – Kugel): unterer Teil der → Atmosphäre, Zone des Wettergeschehens

Typen: → Bauplan; in der Taxonomie diejenigen Exemplare, die der Beschreibung einer Art zugrunde liegen

Übergangsform: nur selten auftretendes und noch seltener fossil erhaltenes Bindeglied zwischen verschiedenen heute lebenden Tier- oder Pflanzengruppen; Beispiel: Urvogel

Urdarm: → Gastrula

Urmund: → Gastrula

Urzeugungstheorie: älteste Ansicht von der Entstehung des Lebens, der zufolge Lebewesen nicht nur von ihresgleichen abstammen, sondern auch direkt aus leblosen Stoffen hervorgehen sollten

Variabilität: Veränderlichkeit ein und derselben Art oder Gruppe von Pflanzen oder Tieren

Variation: Umwandlung, Veränderung, Abart; Gegensatz: Konstanz

Varietät: Abart

Verblühzeit: → Entwicklungsphasen

Verdrängungskreuzung: Zuchtverfahren der Kombinationskreuzung → Kombinationskreuzung

Vererbung: das Auftreten gleicher oder ähnlicher Merkmale und Eigenschaften bei Verfahren und Nachkommen durch die geregelte Weitergabe (→ Mitose, Meiose) der für die Merkmalsausbildungen verantwortlichen Gene während der vegetativen und sexuellen Fortpflanzung. Die Vererbung ist an die identische Reproduktion (Autoreproduktion, Autoreduktion) der Erbträger (DNS, Chromosomen) gebunden und die Realisation der genetischen Information erfolgt durch die genkontrollierte Synthese spezifischer Eiweiße, denen meist Fermentcharakter zukommt und die den Zellenstoffwechsel steuern

Vererbung erworbener Eigenschaften: von LAMARCK angenommene Vererbung individueller Veränderungen, die durch Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen bewirkt werden

sollten. Das Wesen der Phylogenese sollte in einer stetigen Addition solcher Abänderungen bestehen. Diese Auffassung konnte nicht bestätigt werden.

Versteinerung: → Fossilien

Verwesung: unter der Einwirkung der Bakterien bei Sauerstoffzutritt stattfindende Zersetzung abgestorbener Tiere und Pflanzen; Gegensatz: Fäulnis

Venen: zum Herzen hinführende Blutgefäße; Gegensatz: Arterien

ventral: an der Bauchseite gelegen oder zumindest dem Bauche zugekehrt; Gegensatz: dorsal

Vitalismus: heute überholte idealistische Auffassung vom Wesen des Lebens, die zwar die Eigengesetzlichkeit des Lebens anerkennt, diese jedoch auf das Wirken nicht materieller und nicht erkennbarer Kräfte (Lebenskraft, Entelechie) zurückzuführen versucht (DRIESCH)

Vitalität: Lebenseignung; Gegensatz: letal

Wachstum: die bleibende Volumenzunahme der Organismen

Zellkern: das Steuerungszentrum der Zelle, in dem während der Teilungsrufe die Chromosomen und Gene enthalten sind und ihre Arbeitsfunktionen erfüllen. Im Verlauf von Mitose und Meiose (Kernteilung) erfährt der Zellkern einen regelmäßigen Formwechsel, wobei die Doppelmembran aufgelöst wird und die Chromosomen mikroskopisch erkennbar werden. Nach Ablauf der mit der Kernteilung verbundenen Verteilung der Chromosomen wird an jedem Zellpol ein neuer Zellkern gebildet und dann erfolgt die Durchschnürung des Zelleibes, wobei aus einer Ausgangszelle zwei neue Tochterzellen entstehen

Zentralnervensystem: stark konzentriertes Nervensystem der höheren Vielzeller. Es kann als paariger oder unpaariger Strang an

der Bauchseite ausgebildet sein (Strickleiternervensystem, Bauchmark) oder als ursprünglich hohles Rohr an der Rückseite liegen (Neuralrohr, Rückenmark); Gegensatz: diffuses Nervensystem

Zentromer: das Begegnungszentrum des Chromosoms, mit dem sich in der → Mitose und → Meiose die Spindelfasern verbinden, die an der Verteilung der Chromosomen im Verlauf der Kernteilung ursächlich beteiligt sind. Das Zentromer ist ein im Chromosom spezifisch lokalisiertes Strukturelement, dessen Verlust zum Ausfall der geregelten Bewegungsfähigkeit des Chromosoms führt

Zentrosom: bei allen vielzelligen Tieren, vielen Protisten, den meisten Thallophyten, nicht aber bei höheren Pflanzen auftretende Zellorganellen mit dem Vermögen zur identischen Reproduktion. Vor Beginn der Kernteilung (Mitose, Meiose) teilt sich das Zentrosom und zwischen den beiden Teilungsprodukten wird ein als Spindel bezeichnetes Fasersystem ausgebildet, das für die geregelten Bewegungsvorgänge der Chromosomen (→ Zentromer) im Verlauf der Kernteilung mit verantwortlich ist und deren Verteilung auf die Zellpole herbeiführt

Zooplankton (griech. Zoon – Tier, griech. planktos – das Schwebende): Planktische Tiere → Plankton

Züchtung: Entwicklung von Haustierrassen und Kulturpflanzenarten aus Wildformen durch künstliche Zuchtwahl

Zweckmäßigkeit: → Teleologie

Zwischenform: → Übergangsform

Zygote: befruchtete Eizelle mit zwei Chromosomensätzen, von denen einer vom Vater und einer von der Mutter stammt

Zytologie: Lehre vom Feinbau der Zellen im Tier- und Pflanzenkörper

Zytoplasmonmutation: → Mutation

- ALSCHNER, G.: Woher - Wohin - die Wege der Tiere. Brockhaus Verlag
- BACH, H.: Der Mensch. Urania Verlag
- BAUER, L. / WEINITSCHKE, H.: Landschaftspflege und Naturschutz. Gustav-Fischer-Verlag
- Beiträge zur Abstammungslehre 1. Volk und Wissen Verlag*
- Beiträge zur Abstammungslehre 2. Volk und Wissen Verlag*
- Beiträge zur Abstammungslehre 3. Volk und Wissen Verlag*
- BOTSCH, W.: Morsealphabet des Lebens. Urania Verlag
- Brockhaus ABC Biologie. Brockhaus Verlag
- Brockhaus ABC der Landwirtschaft. Brockhaus Verlag
- CROME, W.: Ausgestorben - vom Aussterben bedroht. Volk und Wissen Verlag
- DARWIN, CH.: Ein Naturforscher reist um die Erde. Brockhaus Verlag
- DUBENIN, V. P.: Molekulargenetik. Gustav-Fischer-Verlag*
- GILSENBACH, R.: Schützt die Natur. Volk und Wissen Verlag
- GILSENBACH, R.: Die Erde dürstet. Urania Verlag
- GIERSBERG, H. / RIETSCHEL, P.: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Gustav-Fischer-Verlag
- GOTTSCHALK, R.: Wie Pflanzen und Tiere wurden. Streifzüge durch die Abstammungslehre. Urania Verlag
- GRIMM, H.: Einführung in die Anthropologie. Gustav-Fischer-Verlag*
- Kleine Enzyklopädie Natur. Verlag Enzyklopädie
- NESTLER, H.: Lebensspuren im Stein. Volk und Wissen Verlag
- OPARIN, A. I.: Das Leben und seine Natur, Herkunft und Entwicklung. Gustav-Fischer-Verlag
- OPARIN, A. I.: Die Entstehung des Lebens auf der Erde. Deutscher Verlag der Wissenschaften
- STUBBE, H.: Kurze Geschichte der Genetik bis zur Wiederentdeckung der Vererbungsregeln Gregor Mendels. Gustav-Fischer-Verlag
- TASNÁDI-KUBACSKA, A.: Bevor der Mensch kam. Eine Entwicklungsgeschichte des Lebens. Urania Verlag*
- Weltall, Erde, Mensch. Verlag Neues Leben

* für besonders interessierte Schüler

Register

- Adenin 24
Affenmensch 71
Allel 35
analoge Organe 50f.
Archaeopteryx 46, 57, 58* f.
Aristoteles 80
Atmosphäre 120
Aufspaltungsverhältnis 9, 15
Auslese 115
Auslesezüchtung 106f.
Australopithecinen 69f.
Australopithecus 70*
- Bakteriophagen 27
Basenfolge 25
Basensequenz 25
Basenverbindung, komplementäre 25
Bastarde 7, 11, 15
Bastardisierung 6
Befruchtung 21
Besamungsstationen 117
Biogenetisches Grundgesetz 44, 46
Biomasse 122
Biosphäre 119ff., 126f.
Boden 122f.
Boten-RNS 27
- Chinamensch 70
Code 25f.
Cro-Magnon 74
Chromatide 18
Chromomeren 20
Chromosomen, homologe 20
Chromosomentheorie 24
Cuvier, Georges 82*, 83
Cytosin 24f.
- Darwin, Charles 83ff.
Desoxyribonukleinsäure 24ff., 35
dialektischer Materialismus 100
DNS 24ff., 35
Drosophila 20, 39f.
- Elektronenmikroskop 17
Elterngeneration 7
endoplasmatisches Retikulum 18
Entwicklungsreihe 61
Erbgesetze 6
Erbkrankheiten 34
Erhaltungszüchtung 113
Evolution 30, 38f.
- Filialgeneration 7ff.
Fossilien 53f., 57
Fruchtfliege 20, 39f.
- Galápagos-Inseln 84
Galen 80
Gameten 7, 14
Gebrauchskreuzung 117
Gen 24
Genetik 5, 105
Genotyp 7, 14, 24, 39f.
Geschlechtschromosomen 35
Gorilla 65, 67*
Guanin 24
- Haeckel, Ernst 44, 87* f.
Halbaffen 65
Haustiere 115
Helmont, Johann Baptist van 99
Herdbuchzucht 117
Heterosis 108f.

Heterozygotie 107
homologe Organe 47ff., 49*
Homo sapiens 74*, 75
Homozygotie 107
Höherentwicklung 42f.
Hybride 7, 9
Hybridisation 7
Hydrosphäre 119f.
Huxley, Thomas Henry 87

Idiotyp 7, 28, 107
Insektizide 39
Ionosphäre 120

Kernteilung 18, 20
Koazervathypothese 95f., 101
Kode 25f.
Kombinationszüchtung 107
Kreuzung 6f., 9ff., 15, 116
Kulturpflanzen 114

Lamarck, Jean Baptiste 81, 82*
Leben 89ff.
Leeuwenhoek, Anton van 80
Leitfossilien 41
Lichtmikroskop 17
Lithosphäre 119
Lyell, Charles 83f.

Massenauslese 106
Mechanischer Materialismus 99
Meiose 21, 22*, 23*, 35, 109
Mendel, Gregor 6, 9ff., 24
Mendelsche Gesetze 6f., 105
Menschenaffen 65, 68f.
Mikroorganismen 5, 27
Mitochondrien 18
Mitose 18*, 19*, 23, 109
Mischlinge 7
Modifikation 28f.
Molekularbiologie 131
Molekulargenetik 26
Molekularhypothese 96, 101
Mutante 30, 38
Mutation 30, 38ff., 111
Mutationstypen 30
Mutationszüchtung 111

Nachkommenschaft 7
Naturschutz 129
Neandertaler 71, 74*
Nomenklatur, binäre 79
Noosphäre 127
Nukleinsäure 20, 24f., 27
Nukleotid 25

Ökosystem 128
Ontogenese 44
Oparin, Alexander Iwanowitsch 92ff.
Orang 65, 67*

Paläontologie 37
Parentalgeneration 7, 14
Pasteur, Louis 100*
Phänotyp 7f., 14f., 39
Phenylketonurie 36
Photosynthese 98
Phylognese 44
Phytoplankton 123
Pithecanthropus 70*, 71
Pithecanthropus-Sinanthropus-Gruppe 70
Plankton 126
Plastiden 18
Polynukleotide 97
Polypeptide 97
Polyploidie 31, 39, 109
Population 40
Präsapiens 71
Primaten 65
Proconsul 69*
Proconsul-Gruppe 68f.

Quastenflosser 47*f., 55, 60*f.

Rassen 116
Rassenkreis, europider 75*
-, mongolider 75*, 76
-, negerider 75*, 76
Reaktionsnorm 35
Ribonukleinsäure 24
Ribosom 18, 27
Riesenchromosom 20
RNS 24
Rudimente 51, 53
Rudimentäre Organe 43, 51f.

Saint-Hilaire, Etienne Geoffroy 81 ff.*
Schimpanse 65, 66*, 67*
Selektion 40
Sial 119
Sichelanämie 36
Sima 119
Stammbaum 116
Stammbaum des Menschen 72f.
Stammesgeschichtliche Entwicklung 38
Stratosphäre 119
Struktur der Erbanlagen 24
Substanzen, radioaktive 33
System, natürliches 78

Thymin 24
Tier-Mensch-Übergangsperiode 69
Tierzuchtinspektion 117
Tierzüchtung 117
Tochtergeneration 7
Transport-RNS 27
Triplet 26
Troposphäre 119

Urvogel 57, 58*f.
Urzeugung 99f.

Variabilität 28
Verdrängungskreuzung 116
Veredlungskreuzung 116
Vererbung 5 ff., 9
-, intermediäre 7
Vererbung erworbener Eigenschaften 43
Vererbungsversuche 5
Vergleichende Anatomie 47
Vitalismus 99

Wildpopulation 38
Wolf, Caspar Friedrich 80f.

Zelle, Feinbau 17
Zelle, Teilung 18, 25
Zentralkörperchen 18
Zentrosom 18
Zooplankton 123
Zwillinge, eineiige 34
Zwillinge, zweieiige 34
Zwischenformen 41

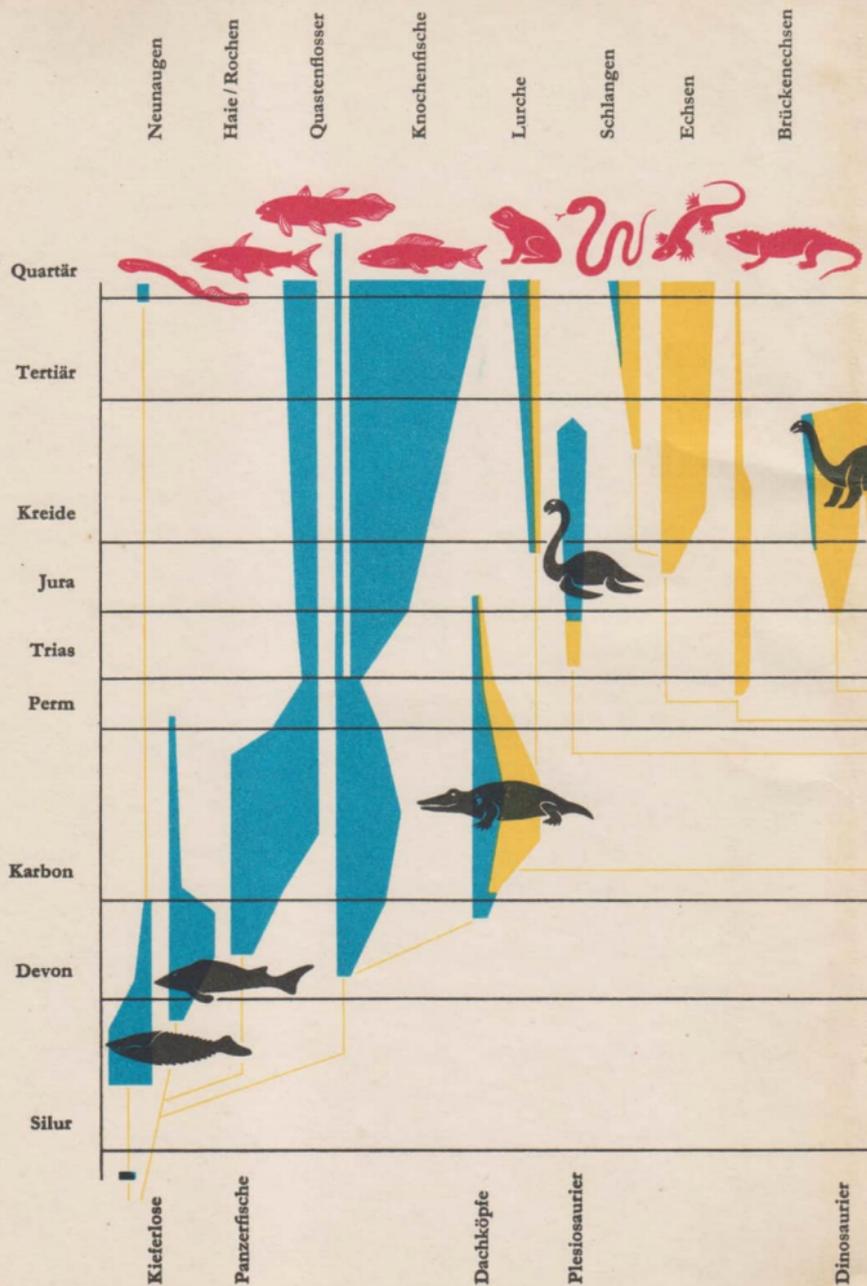
Abbildungsnachweis

Fotos und Reproduktionen:

Aus Abel, O., „Lebensbilder aus der Tierwelt der Urzeit“, Verlag Gustav Fischer, Jena 1927 (Abb. 59/1); aus Augusta-Burian, „Tiere der Urzeit“, Artia Prag, Urania Verlag, Leipzig-Jena 1956 (Abb. 56/1, 62/1); Deutsches Zentralinstitut für Lehrmittel, Berlin, Lichtbildreihe R 284 (Abb. 66/2); Prof. Dr. H.-A. Freye, Halle (Saale) (Abb. 21/1); Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Greifswald (Abb. 53/1, 54/1, 54/3, 60/1, 60/2); Geologisch-Paläontologisches Museum Berlin (Abb. 58/1); aus Gilsenbach, R., „Schützt die Natur“, Berlin 1967 (Abb. 130/1); aus Grahmann, „Urgeschichte der Menschheit“, Stuttgart 1956 (Abb. 70/1); Ernst-Haeckel-Haus, Jena (Abb. 84/1, 88/1); aus „Handbuch für den Tierzüchter“, Band 1, Neumann-Verlag, Radebeul 1959 (Abb. 28/2); aus Heberer, G., „Allgemeine Abstammungslehre“, Musterschmidt Göttingen 1949 (Abb. 38/1); aus Herskowitz, H., „Little genetics“, Brown & Comp. 1962 (Abb. 20/1); aus Hofer, Schultz, Starck, „Primatologia“, Bd. 1, Basel 1956 (Abb. 64/1, 65/1, 67/1); aus Iltis (Abb. 6/1); Institut für Pflanzenzüchtung Gatersleben (Abb. 105/1); Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz (Abb. 103/1, 106/2, 111/1); aus Kühn, A., „Grundriß der Vererbungslehre“, Quelle und Meyer, Heidelberg 1961 (Abb. 18/1, 21/2, 23/1); aus Kurth, H., „Vom Wildgewächs zur Kulturpflanzensorte“, A. Ziemsen-Verlag, Wittenberg-Lutherstadt 1957 (Abb. 31/2); aus Mertens, R., „Hundert Jahre Evolutionsforschung“ (Abb. 41/1); aus Müntzing, A., „Vererbungslehre“, Gustav-Fischer-Verlag, Jena 1958 (Abb. 31/1); Museum für Deutsche Geschichte, Berlin (Abb. 64/2, 70/2, 74/1, 74/2); aus Oparin, „Die Entstehung des Lebens auf der Erde“ (Abb. 95/1); Richter, W., Jena (Abb. 92/1); aus Schreiber, R., „Praktische Tierernährung“, Neumann-Verlag, Radebeul 1957 (Abb. 29/1); aus Sigerist, „Große Ärzte“ (Abb. 100/1); aus Stubbe, H., „Kurze Geschichte der Genetik“, VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena 1963 (Abb. 87/1); aus Traité de Zoologie-Anatomie-Systematique-Biologie, Paris 1958 (Abb. 61/1); VEB Volkskunstverlag Reichenbach (Abb. 75/1); Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin (Abb. 82/1, 82/2); aus Weinert, „Stammesentwicklung der Menschheit“, Braunschweig 1951 (Abb. 66/1); aus „Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt-Universität“, Greifswald (Abb. 81/1); Dr. Zacharias, M., Gatersleben (Abb. 19/1, 22/1); Dr. F. Zachow, Gölzow-Güstrow (Abb. 112/1); aus Zimmermann, G., „Die Phylogenie der Pflanzen“ (Abb. 43/1); Zoologisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena (Abb. 12/1, 13/1, 14/1).

Zeichnungen:

Dr. Wolfgang Crome, Berlin (Abb. 11/2, 52/1); Eberhard Graf, Berlin (Abb. 7/1, 7/2, 8/1, 8/2, 10/1, 10/2, 11/1, 15/1, 16/1, 17/1, 23/2, 26/1, 28/1, 29/2, 29/3, 29/4, 30/1, 32/1, 35/1, 44/1, 45/1, 46/1, 46/2, 47/1, 48/1, 49/1, 50/1, 50/2, 51/1, 52/2, 52/3, 55/1, 63/1, 96/1, 72/1, 73/1, 84/2, 94/1, 104/1, 106/1, 108/1, 109/1, 110/1, 113/1, 119/1, 121/1, 123/1, 124/1, 124/2, 125/1, 128/1, 129/1, 129/2); Irene Hein, Halle (Saale) (Abb. 61/2); Kurt Herschel, Leipzig (Abb. 57/1); Naturkundemuseum (Abb. 54/2).



Stammbaum der Wirbeltiere

Marbach

Krokodile

Vögel

Schildkröten

Säuger



- Wasser
- Land
- Luft
- Ausgestorbene Tierformen
- Lebende Tierformen

Flugsaurier

Spitzzahnsaurier

Urvögel

Urreptilien

Fischsaurier

Säugetier-ähnliche Saurier

