LEHRBUCH DER BIOLOGIE

ZWÖLFTES SCHULJAHR

LEHRBUCH DER BIOLOGIE

FÜR DAS 12. SCHULJAHR

BEARBEITETE AUSGABE 1952

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN · 1954

Dieses Lehrbuch wurde verfaßt von Dr. Hans-Eckhard Gruner, Heinz Reinhard, Karl Renatus, Prof. Dr. Werner Rothmaler, Prof. Dr. Georg Schneider und Dr. Georg Uschmann

Alle Auflagen von der Bestell-Nr. 6045, 1.-53. Tausend,
bis zur vorliegenden Auflage können gleichzeitig im Unterricht verwandt werden

Mit 86 Abbildungen im Text

Bestell-Nr. 01905-6 3,50 DM · Lizenz Nr. 203 · 1000-P-015409-II (DN)
Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)
Druck: C. M. Gärtner, Schwarzenberg (III/31/5)

INHALT

A. DIE ENTSTEHUNG DES LEBENS AUF DER ERDE UND SEINE ENTWICKLUNG BIS ZUM MENSCHEN 5

I. Die Entstehung des Lebens auf der Erde 5

II. Die Abstammungslehre und Beweise für ihre Richtigkeit 13

1. Beweise aus der Paläontologie 14

2. Beweise aus der vergleichenden Anatomie 25

3. Beweise aus der Serologie 37

4. Beweise aus der Ontogenie 39

5. Beweise aus der Tier- und Pflanzengeographie 44

III. Die Entstehung der Arten und die Grundlagen der systematischen Gliederung der Organismen 47

IV. Die Abstammung und Entwicklung des Menschen 50

B. DIE ABSTAMMUNGSLEHRE IM RAHMEN DER GESELLSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG 57

I. Die Lehren von der Konstanz der Arten 57

II. Die Entwicklungslehre Lamarcks 64

III. Die wissenschaftliche Begründung der Entwicklungslehre durch Darwin 71

IV. Der Kampf Haeckels um den Darwinismus 82

V. Die Weiterentwicklung des Darwinismus zur schöpferischen Biologie 91

1. Kliment Arkadjewitsch Timirjasew 91

2. Wassili Robertowitsch Wiljams 94

3. Iwan Wladimirowitsch Mitschurin 99

4. Trofim Denissowitsch Lyssenko 106

C. DIE WEITERENTWICKLUNG DER ORGANISMEN DURCH DEN MENSCHEN 113

I. Die Züchtung von Pflanzen 113

1. Zur Geschichte der Pflanzenzüchtung 113

2. Aufgaben und Ziele der Pflanzenzüchtung 114

3. Methoden der Pflanzenzüchtung 115

4. Die Pflanzenzüchtung in der Deutschen Demokratischen Republik 124

II. Die Züchtung von Tieren 127

1. Zur Geschichte der Tierzüchtung 127

2. Aufgaben und Ziele der Tierzüchtung 130

3. Methoden der Tierzüchtung 134

4. Die Tierzüchtung in der Deutschen Demokratischen Republik 142

D. ANHANG: DAS NATÜRLICHE SYSTEM DER ORGANISMEN 145

ABBILDUNGEN

Fotos

Archiv der „Geflügelzeitung", Berlin (Abb. 80, 81); Archiv des Ernst-Haeckel-Hauses, Jena (Abb. 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 unten, 57, 58, 59, 60); Bauernbild, Berlin (Abb. 66, 75, 76, 86); F. Bellmann, Weimar (Abb. 73, 74, 82, 83, 84, 85); Brehms Tierleben (Abb. 79); Geolog.-Paläont. Museum, Berlin (Abb. 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 20); Institut für Kulturpflanzenforschung Gatersleben (Abb. 72); Hubertus Kuhne, Halle/Saale (Abb. 77, 78); Mitschurin, Ausgewählte Schriften (Abb. 68); B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig (Abb. 56 oben, 63, 64 oben); Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, Bildarchiv (Abb. 62); Zentralbild, Berlin (Abb. 1, 61).

Zeichnungen

Heinrich Dost, Berlin (Abb. 43, nach einer Vorlage aus dem Archiv des Ernst-Haeckel-Hauses, Jena); Hans Feustel, Jena (Abb. 23, 28, 32, 35); Franz Frank-Renée, Berlin (Abb. 26, 30, 42); Geolog.-Paläont. Museum, Berlin (Abb. 17, 18, 19); Irene Hein, Halle/Saale (Abb. 15, 25, 36, 37, 40); Kurt Herschel, Leipzig (Abb. 16, 27, 29, 33, 34, 39, 41, 44, 65, 67); Mitschurin, Ausgewählte Werke (Abb. 69, 70, 71); Paul Pawlowitsch, Berlin (Abb. 24, 47); Margret Rothe, Halle/Saale (Abb. 48 c, d, e); Brunhilde Stein, Halle/Saale (Abb. 21, 22, 38, 45, 46. 48 a, b); Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, Bildarchiv (Abb. 2, 3).

A. DIE ENTSTEHUNG DES LEBENS AUF DER ERDE UND SEINE ENTWICKLUNG BIS ZUM MENSCHEN

I. Die Entstehung des Lebens auf der Erde

Wir wissen heute, daß das Leben auf unserem Weltenkörper entstanden ist. Seine Entstehung war erst möglich, als sich vor etwa 3 Milliarden Jahren bei der Bildung unseres Planeten die bis dahin glühende Gasmasse zu einer festen Erdrinde verdichtet hatte.

Atomphysikalische Untersuchungen führten zu der Erkenntnis, daß das älteste bekannte Mineral der Erde sich vor 1,9 Milliarden Jahren gebildet haben muß. Aus diesem Zeitalter, dem Archaikum, findet man auch schon Ablagerungen von Graphit und Kalken, die wahrscheinlich organischen Ursprungs sind. Vor etwa 1,1 Milliarden Jahren begann das Algonkium, in dessen Ablagerungen wir bereits Spuren niederer Lebewesen finden. Das Leben auf der Erde muß also vor etwa 2 Milliarden Jahren entstanden sein.

Wie man sich die Entstehung des Lebens auf Grund unserer bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnisse vorstellen kann, zeigt uns der sowjetische Forscher Alexander Iwanowitsch Oparin (Abb. 1). Er stützt sich dabei auf seine überragenden Kenntnisse in der Chemie und auf die neuesten Untersuchungen der Astrophysik, vertritt konsequent einen materialistischen Standpunkt und wird mit der Anwendung der dialektischen Methode dem Wesen der Natur gerecht.

Das Material zur Bildung unserer Erde und der anderen Planeten löste sich als Gaswolke von der Sonne. Neben anderen Elementen war in ihr auch Kohlenstoff enthalten, der sich heute als Hauptbestandteil in allen Organismen findet.

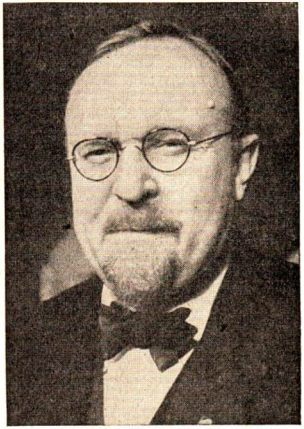


Abb. 1. Alexander Iwanowitsch Oparin

Als sich bei der Abkühlung und Verdichtung dieser Materie später die Erdkruste bildete, herrschten noch Temperaturen von 5000 bis 6000° C. Dabei konnten noch keine Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff auftreten; diese sind nur bei Temperaturen unter 3000° C beständig. Der Kohlenstoff trat mit den sich zuerst verdichtenden Schwermetallen, hauptsächlich mit Nickel und Eisen, in den Kern der Erde ein. Dort entstanden Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Metallen, z. B. Eisencarbide, die bei Eruptionen an die schon oberflächlich erstarrte Erdkruste gelangten.

Nach weiterer Abkühlung bildeten sich aus dem in der Erdatmosphäre enthaltenen Sauerstoff und Wasserstoff Wasserdämpfe, die später mit den Metallcarbiden aus dem Erdkern in Verbindung traten. Dadurch entstanden die ersten Kohlenwasserstoffe, so z. B. Acetylen aus Calciumcarbid nach der Gleichung

$$CaC_2 + 2\,H_2O \rightarrow HC{\equiv}CH + Ca(OH)_2.$$

Freier Sauerstoff war in der Atmosphäre nicht enthalten. Aber der im Wasser enthaltene Sauerstoff oxydierte die Kohlenwasserstoffe. Dadurch gingen sie im Laufe der weiteren Entwicklung der Erde in kompliziertere organische Verbindungen über. In der Atmosphäre anderer Planeten, deren Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten ist, lassen sie sich noch heute in großer Menge nachweisen. Dabei stellt man mit Hilfe spektroskopischer Untersuchungen auch die Anwesenheit von Ammoniak fest. Solche Verbindungen dürften sich damals auf unserer Erde in größeren Mengen gebildet haben. Das war einmal dadurch möglich, daß sich Metallnitride – bei der Entstehung der Erde hatte sich der Stickstoff mit Metallen zu Metallnitriden vereinigt – mit Wasserdampf verbanden. So gibt Eisennitrid nach folgender Gleichung Ammoniak:

$$FeN + 3\,H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + NH_3.$$

Er kann auch in den oberen Schichten des Gasnebels beim Zusammentreffen von Wasserstoff mit Stickstoff entstanden sein, ähnlich wie wir heute Ammoniak nach dem Haber-Bosch-Verfahren gewinnen. Zum anderen können auch die Metallcarbide bei 1000° C mit Stickstoff Cyanamide bilden, deren Entwicklung zu Ammoniak unter Einwirkung erhitzten Wasserdampfes möglich ist.

Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe, vermutlich Äthylen und Acetylen, wurden frühzeitig hydratisiert. Dabei bildeten sich an der Erdoberfläche bedeutende Mengen von Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und organischen Säuren, unter denen Acetaldehyd vorherrschte.

Die Bildung von Acetaldehyd nach der Gleichung

$$HC{\equiv}CH + 2\,H_2O \rightarrow CH_3\,CH(OH)_2 \rightarrow CH_3\,CHO + H_2O + 33{,}8\ \text{kcal}$$

ist ein exothermer Prozeß. Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe traten andererseits auch mit dem Ammoniak in Verbindung, so daß sich Amide und Amine bildeten.

Bei der weiteren Abkühlung der Erde ergossen sich auf die Erdkruste heiße Regen, die diese neuen Verbindungen mit sich rissen. Es entstand der Urozean,

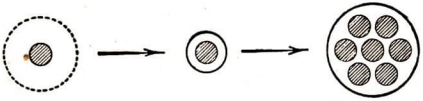


Abb. 2. Schema der Verwandlung von Teilchen einer Kolloidlösung in Koazervatteilchen (nach Bungenberg de Yong)

in dem die gelösten Stoffe in Wechselwirkung traten. Dadurch bildete sich eine große Zahl verschiedenartigster neuer organischer Verbindungen. Chemische Prozesse, wie Kondensation, Polymerisation, Oxydation, Reduktion und Decarboxylierung (Spaltung der COOH-Gruppe), führten über exotherme Reaktionen zu hochmolekularen Verbindungen.

Entsprechende Reaktionen wenden heute unsere Industrie-Chemiker bei der Herstellung synthetischer organischer Stoffe (Kunstfaser, Buna, Kunstharz) an.

Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff waren im Urozean der Erde vorhanden. Das sind Bestandteile der Eiweißstoffe. Wir können uns demnach vorstellen, daß damals Gebilde entstanden, die unseren heutigen Eiweißstoffen ähnelten, aber keineswegs Lebenserscheinungen zeigten.

Im Urozean vereinigten sich Aminosäuren zu langen Kettenmolekülen mit freien Abzweigungen. Diese Reaktionen führten zur Bildung von Kolloiden. Oparin sagt dazu: „Durch Vermischung kolloider Lösungen verschiedener Stoffe traten besondere Gebilde auf, die Koazervate oder halbflüssigen kolloiden Gele" (Abb. 2). Oparin sagt weiter:

„Dabei konzentrierte sich der organische Stoff an bestimmten Punkten des Raums und trennte sich vom umgebenden Medium durch eine mehr oder minder scharfe Grenze. Innerhalb des Koazervats oder Gels lagerten sich die kolloiden Teilchen auf eine bestimmte Weise zueinander. Infolgedessen traten schon hier die Anfänge einer gewissen Elementarstruktur in Erscheinung.

Jedes Tröpfchen des Koazervats erwarb eine bestimmte Individualität, und ihr weiteres Schicksal wurde nicht nur durch die Bedingungen des äußeren Mediums bestimmt, sondern auch durch ihren spezifischen physikalisch-chemischen Bau. Abhängig von diesem Bau konnte das Tröpfchen mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit organische Stoffe, die in dem Wasser der Umgebung gelöst waren, aufnehmen (adsorbieren) und sich aneignen. Im Zusammenhang damit erfolgte die Vergrößerung der Masse des Tröpfchens, sein Wachstum. Dieses Wachstum ging um so schneller vonstatten, je mehr die innere physikalisch-chemische Struktur des gegebenen kolloiden Gebildes zur Adsorption und inneren chemischen Verarbeitung der adsorbierten Stoffe fähig war. Auf diese Weise entstand ein eigentümlicher Vorgang, den wir mit einem gewissen Vorbehalt den ‚Wettbewerb' der Gele um die Wachstumsgeschwindigkeit nennen können. Aber der physikalisch-chemische Bau der Gele blieb bei ihrem Wuchs nicht unverändert. Infolge der Aufnahme neuer Stoffe, infolge chemischer Verschmelzungen usw. änderte er sich ständig. Die Veränderungen konnten zur Vervollkommnung der Organisation führen, aber sie konnten auch solche Veränderungen ergeben, die die Zerstörung, den Zerfall der Struktur zur Folge hatten. Dadurch führten

sie aber zur Selbstvernichtung, zur Auflösung des entstandenen Koazervattröpfchens. Nur solche Koazervattröpfchen konnten sich weiterentwickeln, die einer schnelleren Assimilation gelöster Stoffe fähig waren. Auf diese Weise erfolgte eine eigentümliche natürliche Auswahl, die im Endergebnis zum Auftauchen neuer Systeme mit einer hohen physikalisch-chemischen Organisation, zum Auftauchen der einfachsten Urorganismen führte."

So entstanden die Gesetze und Qualitäten des Lebens: das Wachstum (die Zunahme an Masse), die Vermehrung (das Teilen in Tochtertröpfchen), die Vererbung (das Wiederauftreten von Eigenschaften der Elterntröpfchen), die Veränderung und die natürliche Auslese (die Erhaltung der geeigneten Tröpfchen und der Abbau der ungeeigneten). Wachstum, Vermehrung, Vererbung, Veränderung und Auslese wirken stets zusammen und können nicht voneinander getrennt werden. Sie zeigen die dialektische Einheit von Organismus und Umwelt.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft mancher Kohlenstoffverbindungen ist ihre Asymmetrie. Sie treten in zwei räumlich spiegelbildlichen isomeren Formen auf. Sie sind dadurch optisch aktiv, das heißt, sie drehen die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes nach rechts oder links. Solche stereoisomeren Verbindungen sind z. B. Trauben- und Fruchtzucker, beide haben die Formel $C_6H_{12}O_6$, sind aber verschieden in der räumlichen Anordnung ihrer Atome. Sie haben deshalb verschiedene Eigenschaften und werden als Dextrose (Rechtsform) und Lävulose (Linksform) unterschieden. Ebenso kann man auch bei anderen Verbindungen Rechts- und Linksformen unterscheiden, von denen aber im lebenden Organismus fast nur Linksformen vorkommen. So treten die Aminosäuren der Eiweißstoffe in der lebenden Zelle immer in der Linksform auf. Synthetisch hergestellte organische Verbindungen dagegen ergeben stets ein Gemisch beider Formen, ein sogenanntes Racemat.

Asymmetrien können unter bestimmten Umständen durch polarisiertes Licht hervorgerufen werden. Das Sonnenlicht wird auf der Erde, vor allem an Wasseroberflächen, zum Teil polarisiert. Das dürfte zur ersten Entstehung asymmetrischer Verbindungen beigetragen haben. Infolge einer günstigen Zuordnung der einzelnen in ihnen ablaufenden Reaktionen haben sich einige dieser asymmetrischen Verbindungen erhalten können. Solche Systeme aus asymmetrischem Material sind bedeutend aktiver als Gemische (Raceme), da sich in ihnen die Reaktionen viel schneller vollziehen. Die Reaktionen verliefen zunächst noch langsam, dann aber durch Mitwirkung von Katalysatoren schneller. Schließlich wirkten auch in der Lösung vorhandene einfache organische Stoffe als Katalysatoren mit. Diese konnten sich durch Anbau neuer Gruppen komplizieren, so daß später ganze Fermentkomplexe gebildet wurden. Sie beschleunigten die Reaktionen noch mehr und verschafften den Koazervattröpfchen mit solchen Fermentkomplexen einen weiteren Vorteil. Während dieser chemischen Entwicklung erfolgten sicher auch schon Strukturbildungen und Differenzierungen innerhalb der Koazervate. Dadurch ähnelten sie in mancher Hinsicht schon den einfachsten heutigen Lebewesen.

Die ersten Lebewesen hatten nur die ursprünglich entstandene Menge an organischer Substanz zur Verfügung. Im Verlauf der Weiterentwicklung der

Organismen wurde durch die immer stärkere Auslese die lebende Materie komplizierter. Die organische Substanz wurde ständig umgeformt, jedoch nicht vermehrt. Erst als einige Formen die Fähigkeit erlangt hatten, aus anorganischen Stoffen durch Photosynthese, also mit Hilfe von Lichtenergie, organische Substanz aufzubauen, war eine neue Phase in der Entwicklung der Lebewesen eingetreten. Durch diese Organismen kam es zur Produktion von freiem Sauerstoff und freiem Kohlendioxyd, die eine weitere Vermehrung der Organismen auf der Erde ermöglichten. Das geschah aber auf einer neuen Ernährungsbasis. Während bisher die auf der Erde entstandenen Kohlenwasserstoffe die wahrscheinlich alleinige Nahrungsquelle waren, wurden nunmehr die bei der Photosynthese erzeugten Kohlenhydrate die neue Ernährungsgrundlage. Zugleich schieden sich die Organismen in Pflanzen und Tiere.
Die Entstehung der Photosynthese dürfte über die Photolyse erfolgt sein. Wir finden noch heute auf der Erde anaerobe Purpurbakterien, die mit Hilfe ihrer Farbstoffe unter Ausnutzung der Lichtenergie organische Verbindungen zur Reduktion von Kohlendioxyd verwenden oder Schwefelwasserstoff spalten und mit dem Wasserstoff Kohlendioxyd reduzieren. Erst nachdem sich Assimilationsfarbstoffe gebildet hatten, entstand freier Sauerstoff als Spaltungsprodukt des Wassers. Erst nach dem Auftreten freien Sauerstoffes konnten sich Organismen mit Chemosynthese entsprechend den heutigen Nitrit-, Schwefel- oder Eisenbakterien entwickeln. Sie gewannen die zum Leben erforderliche Energie aus anorganischen Verbindungen, wie Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Eisen-2-verbindungen.
Unter den heute auf der Erde herrschenden Bedingungen ist eine Neuentstehung von lebender Substanz nicht zu erwarten. Die Entstehung des Lebens war eine Etappe in der Entwicklung der Materie, die sich unter bestimmten Umweltbedingungen vollzog; dazu gehört unter anderem das Fehlen freien Kohlendioxyds und freien Sauerstoffes in der Atmosphäre. Wenn dennoch irgendwo auf unserer Erde organische Substanz neu entstehen sollte, so würde sie in kürzester Zeit von den überall vorhandenen Mikroorganismen schnell wieder aufgezehrt werden.

Die lebende Substanz ist durch gewisse Besonderheiten gegenüber der leblosen Substanz gekennzeichnet. Sie hat unter anderem die Eigenschaften des Wachstums und der Vermehrung. Unter Einwirkung der Umwelt vermag sich die organische Substanz entsprechend zu verändern. Diese Änderungen treten bei den Nachkommen wieder auf. Die Lebewesen zeigen also auch die Eigenschaften der Anpassung und der Vererbung. Das entscheidende Kennzeichen des Lebens ist jedoch der Stoffwechsel.
Die stoffliche Grundlage aller Lebenserscheinungen sind Eiweiße. Diese Eiweißstoffe zeigen eine besonders hohe Organisation; in ihnen verlaufen viele Tausende von Einzelreaktionen in einem zusammenhängenden synthetischen Prozeß. Die Stoffumsetzungen erhalten die Organismen in einem dynamischen Gleichgewicht. Sie zeigen bei dauernder Veränderung gleichzeitig individuelle Stabilität. Der Stoffwechsel besteht aus dem Baustoffwechsel und dem Betriebsstoffwechsel.

Im Baustoffwechsel werden körperfremde Stoffe aufgenommen, zu körpereigenen Stoffen umgebaut und zum Aufbau des Körpers oder zur Anlage von Reserven verwendet. Im Betriebsstoffwechsel werden körpereigene Stoffe oder Nährstoffe unter Energiegewinnung abgebaut. Beide Teile des Stoffwechsels sind eng miteinander verbunden. Auf dem Stoffwechsel beruhen die übrigen Lebensfunktionen.

Wachstum und Entwicklung sind verknüpft mit dauerndem Auf- und Abbau der Stoffe. Fortpflanzung und Vermehrung stehen in enger Verbindung zu den Einflüssen der Umwelt und zur Vererbung. Auch hier finden wir eine ständige dialektische Beziehung zwischen Aufbau und Abbau, Erhaltung und Zerstörung, Konstanz und Veränderlichkeit. Der ständige Formwechsel, der alle Lebewesen auszeichnet, ist also eine Folge des Stoffwechsels. Er erstreckt sich nicht nur auf die Entwicklung des Individuums (Ontogenese), sondern vollzieht sich in analoger Form auch in der gesamten Stammesentwicklung der Organismen (Phylogenese). Auch die Reizbarkeit steht im engsten Zusammenhang mit dem Stoffwechsel.

Wir können bei unbelebtem Stoff Bewegungen, Reizbarkeit oder Wachstum unter gewissen Bedingungen als Einzelerscheinung beobachten. Der Vergleich dieser Erscheinungen bei anorganischen Stoffen mit den Lebenserscheinungen der Organismen ist aber nur sehr oberflächlich. Andererseits gibt es auch Organismen, die die eine oder die andere dieser Eigenschaften nicht erkennen lassen. Es ist also nicht eine einzelne Erscheinung, die das Leben charakterisiert, sondern die Gesamtleistung des lebenden Systems.

So hängen die Merkmale, die lebende Systeme von den unbelebten unterscheiden, von der physikalisch-chemischen Zusammensetzung der lebenden Substanz ab. Doch ist das Leben nicht nur physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen, sondern zeichnet sich durch ihm eigene Gesetzmäßigkeiten aus. Sie entwickeln sich mit der Entstehung des Lebens und sind eine Folge der Entwicklung der Materie, die sich in bestimmten Zeiten und Räumen vollzog.

Unbelebte Stoffe sind relativ beständig, stationär, stabil; lebende aber sind wohl individuell dauerhaft, jedoch in dauerndem Auf- und Abbau begriffen und somit dynamisch stabil. Die lebenden Eiweißstoffe befinden sich in einem Fließgleichgewicht. Die Veränderungen der Umwelt zerstören dieses nicht, sondern fördern seine Erhaltung. Die organische Substanz reagiert auf diese Reize, indem sie sich den neuen Bedingungen anpaßt. So ist die lebende Substanz durch ihre dauernde Weiterentwicklung in Richtung auf die Anpassung an die Umwelt und die Erhaltung ihrer selbst gekennzeichnet.

Dem Leben sind aber auch gewisse Grenzen gesetzt; es ist nur unter bestimmten Umweltbedingungen möglich. Diese können für die einzelnen Organismen, die sich im Laufe der Erdgeschichte entwickelt haben, sehr verschieden sein. So spielt beispielsweise die Temperatur eine sehr wesentliche Rolle. Im allgemeinen liegt das Optimum des Lebens bei Temperaturen zwischen 10 und 40° C.

Aktives Leben ist bei Temperaturen unter 0° C nur ausnahmsweise möglich. Wir wissen beispielsweise von Sporen niederer Pflanzen, daß sie unter gewissen Bedingungen noch Temperaturen unter −200° C vertragen. Fleischige Pflanzen und viele Warmblüter vermögen 50 bis 60° C Lufttemperatur zu ertragen. Niedere Organismen kommen auch noch in 70° C heißem Wasser vor. Sporen überstehen sogar für kurze Zeit Temperaturen von mehr als 100° C. Jedoch sind diese Fälle als Ausnahmen zu betrachten. In gleicher Weise finden wir auch bezüglich anderer Umweltbedingungen solche begrenzten Bereiche. Im allgemeinen benötigen die Organismen Luft, Licht, Wasser und eine Reihe von Mineralien zum Leben. Doch gibt es Organismen, die wenigstens zeitweise ohne das eine oder andere auskommen können; für die meisten von ihnen ist ein Übermaß des einen oder anderen schädlich.

Die modernen Vorstellungen über die Entstehung des Lebens haben wir kennengelernt. Es war ein langer Weg notwendig, bis die Wissenschaft zu diesen fortschrittlichen Gedankengängen gelangte. Die Frage nach der Entstehung des Lebens ist begreiflicherweise sehr alt. Schon die meisten Naturvölker kennen Sagen, die sich mit dem Ursprung ihrer Vorfahren beschäftigen. Im Schöpfungsbericht der Bibel finden wir die Schöpfungsmythen des Orients wieder. Vornehmlich die Philosophen des klassischen Altertums haben sich über die Herkunft des Lebens Gedanken gemacht, und bis in die neueste Zeit sind auf diese Frage die verschiedensten Antworten gegeben worden.

Die oberflächliche Betrachtung der Entstehung von Lebewesen führte zu der Annahme, daß Organismen ständig neu entstehen (Urzeugung).

Aristoteles glaubte, daß sich niedere Tiere aus organischen Resten bilden könnten. Fliegen und Käfer sollten aus feuchtem Mist, Flöhe und Läuse aus Wolle, Fische und Molche aus Teichschlamm entstehen. Nach mittelalterlichen Auffassungen gab es Schafe und Enten, die auf Bäumen wuchsen (Abb. 3). Mit dem Beginn der wissenschaftlichen Forschung wurden solche Meinungen widerlegt. Lamarck gab jedoch die Möglichkeiten der Urzeugung noch für niedere Pilze und Parasiten zu. Buffon glaubte, daß Infusorien und Bakterien ständig entstehen könnten. Spallanzani erbrachte den Nachweis, daß Bakterien nicht durch Urzeugung entstehen, doch gab selbst Haeckel noch immer die Möglichkeit der Neuentstehung von einfach organisierten Lebewesen zu.

Obgleich für alle Organismen, die wir kennen, die Neuentstehung widerlegt ist, glauben doch heute noch einige Wissenschaftler, daß die Viren, deren Entwicklung uns noch nicht genügend bekannt ist, durch Neuzeugung entstehen können.

Abb. 3. Mittelalterliche Darstellung des „Schafbaumes"

Auch über die erste Entstehung des Lebens, die Biogenesis oder Archigonie, hat man sich in vergangenen Zeiten Gedanken gemacht, wobei jedoch vielfach diese Vorstellungen die Entwicklung einer fortschrittlichen Auffassung hinderten. Die ionischen Naturphilosophen des griechischen Altertums haben sich auch mit dieser Frage beschäftigt. So entstand nach Thales aus Milet (gest. 550 v. u. Z.) das Leben unter dem Einfluß der Wärme aus dem Urschlamm des Chaos. Empedokles aus Agrigent lehrte, daß durch die Grundkräfte des ständigen Widerspruchs – Liebe und Haß oder Anziehung und Abstoßung – aus Wasser, Feuer, Luft und Erde die Pflanzen und die Organe der Tiere entstanden seien. Er war der Meinung, daß sich diese Organe dann zu verschieden gestalteten Lebewesen zusammenfanden, von denen nur ein Teil lebensfähig war und sich fortpflanzte.

Späterhin, bis zum Ende des Mittelalters, beschäftigte man sich überhaupt nicht mehr wissenschaftlich mit diesen Fragen, sondern fand in der Schöpfungssage, nach der die Welt und die Lebewesen aus dem Nichts geschaffen seien, eine befriedigende Erklärung. In der Zeit der Aufklärung kehrte man zu den alten griechischen Vorstellungen zurück. Aber die Grundgedanken der Abstammungslehre machten es notwendig, diese Fragen wieder wissenschaftlich zu untersuchen.

Ernst Haeckel wies darauf hin, daß die Biogenesis eine logische Forderung der Naturwissenschaft sei, daß man aber aus Mangel an Erfahrung keine genauen Betrachtungen darüber anstellen könne, wie sie sich in der Urzeit der Erde abgespielt habe. Später hat besonders E. Pflüger auf Grund der damaligen chemischen Kenntnisse mechanistische Vorstellungen von der ersten Entstehung der Eiweißstoffe vertreten. Auch diese Arbeiten wurden von Oparin berücksichtigt. Im Gegensatz zu Pflüger sieht jedoch Oparin die Vorgänge nicht mechanistisch, sondern dialektisch als historische Entwicklungsprozesse. Er ist der erste Wissenschaftler, der eine klare Darstellung von der Entwicklung des Lebens gegeben hat.

Zu erwähnen sind noch einige Auffassungen idealistischer Art. Joh. Müller, H. Driesch und andere Vitalisten nahmen eine organische Schöpferkraft an, die das Leben lenke. Sie wandten sich zwar gegen die idealistischen Vorstellungen des Mechanismus, verfielen aber in entgegengesetzte idealistische Fehler, denn die Schöpferkraft oder die Lebenskraft sind naturwissenschaftlich nicht faßbar, so daß ihre Ansichten in die Metaphysik münden. Eine Flucht aus materialistischen Auffassungen suchten andere Forscher im Gedanken von der Ewigkeit des Lebens. Man meinte, daß man weiterer Fragen enthoben sei, wenn man das Leben für genauso alt wie die Materie selbst und für eine unablösbare Eigenschaft der Materie hielte.

Zu Beginn unseres Jahrhunderts glaubte vor allem der schwedische Wissenschaftler Svante Arrhenius, mit seiner Hypothese von den „Kosmozoen" die Frage nach der Entstehung des Lebens auf der Erde gelöst zu haben. Kleinste Lebenskeime sollten, durch den Strahlungsdruck des Lichtes bewegt, das Weltall durchquert haben und so auf unsere Erde gelangt sein. Heute wissen wir, daß die Ultra-

violettstrahlung in bestimmten Höhen jegliche lebende Substanz zerstört. Außerdem ist die Kälte des Weltenraums und der lange Weg von Tausenden von Jahren selbst bei Transport durch den Strahlungsdruck des Lichtes der Erhaltung von Leben ungünstig. Im übrigen aber verschiebt diese Deutung die Entstehung des Lebens nur auf einen anderen Stern. Alle diese Vorstellungen sind Versuche, einer materialistischen Deutung aus dem Wege zu gehen.

Die vorstehenden Ausführungen haben die moderne Vorstellung von der Entstehung des Lebens gezeigt. Zur endgültigen Lösung des Problems ist die Synthese lebender Substanz im Laboratorium außerordentlich wichtig. Dazu ist eine genaue Kenntnis des Feinbaus der Lebewesen in allen Einzelheiten Voraussetzung. Von einer so eingehenden Kenntnis der Lebewesen ist die Wissenschaft aber noch weit entfernt. Die Forschungsarbeit hat daher vorerst nur analytischen Charakter. Oparin stellt bezüglich der Aussichten für den Aufbau lebender Materie fest: „Ein künstlicher Aufbau, eine Synthese von Lebewesen erscheint zwar als eine ferne, aber vollkommen erreichbare Etappe auf diesem Wege."

II. Die Abstammungslehre und Beweise für ihre Richtigkeit

Mit der Entstehung einfachster Lebewesen aus anorganischer Materie war die Voraussetzung für eine Weiterentwicklung zu neuen und komplizierteren Formen geschaffen. Die Tatsache, daß sich die heute auf der Erde lebenden Arten der Organismen auf Grund einer Reihe von Merkmalen zu bestimmten Gruppen zusammenschließen lassen, hat ihre Ursache in der Abstammung von gemeinsamen Vorfahren. Die gegenwärtige Tier- und Pflanzenwelt mit Einschluß des Menschen ist als bestimmtes Stadium eines Entwicklungsvorganges aufzufassen, der sich seit über einer Milliarde Jahren vollzieht. Alle Lebewesen sind also historisch durch ihre stammesgeschichtliche Entwicklung bedingt. Beweise für die Richtigkeit der Abstammungslehre liefern viele Zweige der Wissenschaft. Die Ziele der Abstammungslehre bestehen in der Klärung der Stammesgeschichte (Phylogenese) der Organismen sowie in der Erforschung der Ursachen, die die Entstehung neuer Arten bewirken. Die wissenschaftliche Methode besteht in einer zusammenfassenden Verarbeitung der Forschungsergebnisse einer Reihe von Wissenschaftszweigen. Diese Forschungsergebnisse tragen dazu bei, die Entwicklung der Organismenwelt in bezug auf Form und Funktion sowie Raum und Zeit zu erkennen. Das geschichtliche Werden der Organismen wird somit durch eine Reihe von Tatsachen bewiesen, die, zum Teil unabhängig voneinander, die phylogenetischen Vorgänge verdeutlichen. Die im natürlichen System der Organismen gegebene Abstufung von einfacheren zu komplizierteren Formen entspricht der historischen Entwicklung der Lebewesen. Ein Beweis dafür ist das paläontologische Material, das unmittelbar den Lauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung widerspiegelt.

1. Beweise aus der Paläontologie

Die Paläontologie ist die Lehre von den Formen und Bedingungen des Lebens der Vorzeit. Sie untersucht die ausgestorbenen (fossilen) Lebewesen in ihren Beziehungen zur jeweiligen Umwelt und erforscht somit die Urkunden der Stammesgeschichte.

Wir finden Fossilien („Versteinerungen") in den geologischen Schichten der einzelnen Erdzeitalter, wobei die Reste der Organismen oft selbst maßgebend an der Schichtenbildung beteiligt sind (Muschelkalk, Korallenriffe). Die Paläontologie ist also eng mit der Geologie verbunden. Da in bestimmten Schichten charakteristische Fossilien vorkommen, die in der Geologie Leitfossilien genannt werden, kann der Geologe auf das Alter oder die Zusammengehörigkeit der Schichten schließen. Bei Tiefbohrungen zeigen Kleinfossilien oft die Nähe gesuchter Lagerstätten an (Erdöl). Andererseits ist es ohne die Hilfe der Geologie nicht möglich, Fossilfunde wissenschaftlich voll auszuwerten.

Das absolute Alter der geologischen Schichten und damit das der in ihnen eingeschlossenen Fossilien wird mit einer Reihe moderner Methoden bestimmt. So gibt uns der gleichmäßige Atomzerfall radioaktiver Elemente die Möglichkeit der geologischen Zeitmessung. An Hand der Zerfallsprodukte (z. B. Uranblei) solcher Elemente, die sich in bestimmten Mineralien finden, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Alter der betreffenden Schicht schließen, da sich die Zerfallszeit exakt ermitteln läßt.

Die Fossilienbildung. Die Organismenreste sind je nach der Todesursache und der Art der Einschließung mehr oder weniger gut erhalten. Nur äußerst selten findet man ganze Tiere mit ihren Weichteilen (diluviale Mammute im sibirischen Eis) oder ganze Pflanzen. Meist handelt es sich bei paläontologischem Material um Teile des Körpers (Skelettreste, Zähne, Schuppen, Schalen, Gehäuse, Panzer, Blätter, Holzreste, Früchte usw.). Kleinere Tiere (Ameisen, Fliegen, Käfer, Spinnen) finden sich als Einschlüsse in fossilen Harzen (Bernstein).

Meist wurden die eingeschlossenen Körperteile im Gestein zerstört. Blieb der entstandene Hohlraum erhalten, so vermittelt er als Abdruck ein Bild der Form des Organismus. In anderen Fällen wurde das Körperinnere allmählich durch anorganisches Material ausgefüllt, so daß sich ein echter Steinkern bildete, wobei vielfach ein Abdruck des zerstörten Körpers in den angrenzenden Sedimenten dem Steinkern aufgeprägt wurde.

Viele Gründe haben den Tod der fossil überlieferten Organismen verursacht. Zum Beispiel blieben Tiere im Schlamm, im Sand oder in asphaltähnlichen Substanzen stecken und wurden dann eingeschlossen. Plötzlich auftretende Überschwemmungen hatten den Tod zahlreicher Landtiere zur Folge. Das Steigen des Wasserspiegels führte oft zum Absterben von Pflanzen. In Braunkohlenflözen werden häufig Stubben und Reste von Stämmen gefunden, die einwandfrei zeigen, daß die Bäume durch Abfaulen infolge von Überschwemmung abgestorben sind. In großen Dürrezeiten kamen viele Lebewesen um. Wie schon Darwin in Südamerika feststellen konnte, suchen in Dürrezeiten die Tiere häufig in

großen Massen die wenigen noch vorhandenen Wasserstellen auf und bleiben dann infolge von Erschöpfung im Uferschlamm stecken. Gelegentlich ist bei fossilen Tieren auch der Mageninhalt erhalten geblieben, so daß man auf die Art der Ernährung schließen kann.

In jedem Falle muß geprüft werden, ob die aufgefundenen Fossilien an ihrem natürlichen Lebensort liegen oder ob eine spätere Verlagerung durch Erdrutsche, durch Schlamm oder Wasser erfolgte.

Die Untersuchung des paläontologischen Materials erstreckt sich nicht nur auf die Gestalt der Organismen. Durch moderne Verfahren können mit Hilfe von Dünnschliffen und Dünnschnitten auch anatomische Fragen geklärt werden. Es ist sogar eine mikroskopische Untersuchung der Zell- und Gewebsarten möglich.

Die Entwicklung der Lebewesen in den geologischen Formationen

Aus der **Urzeit** (*Archaikum und Algonkium*, etwa 2 Milliarden bis 540 Millionen Jahre) sind uns nur sehr wenige Fossilien überliefert. Ein Teil des Graphitgehaltes der Schichten jener Zeit stammt vielleicht von Lebewesen. Man hat einige Spuren gefunden, die als Reste von Bakterien und Blaualgen gedeutet werden. Klarere Urkunden stellen die ausgedehnten Kalkriffe dar, die, als Stoffwechselprodukte von Blaualgen, während des Algonkiums entstanden sein dürften. Daneben sind uns hin und wieder Fossilien von Strahltierchen, Schwämmen und Gliederfüßern unsicherer systematischer Stellung überliefert.

Während des *Kambriums* (540 bis 450 Millionen Jahre), der ersten Formation des **Erdaltertums**, nahm die Mannigfaltigkeit der Blaualgen zu. Aber auch andere, schon höher differenzierte Algen sind aus dieser Zeit bekannt.

Unter den Tieren entfalten sich besonders reich die Trilobiten (Abb. 4), eine ausgestorbene Klasse der Gliederfüßer. Außerdem wurden Fossilien von Kammertierchen, Armfüßern (Brachiopoden, Abb. 5), Würmern, Schnecken, einigen Kopffüßern und Stachelhäutern aufgefunden.

Im *Silur* (450 bis 350 Millionen Jahre) finden sich mit gepanzerten Rundmäulern und Fischen die ersten Wirbeltiere. Korallen (Abb. 6), Muscheln, zahlreiche Kopffüßer, Moostierchen, Stachelhäuter und Graptolithen (koloniebildende Tiere unsicherer

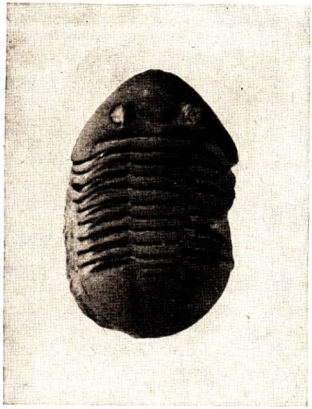


Abb. 4. Trilobit (Dreilapper) aus dem Untersilur

systematischer Stellung, Abb. 7) erscheinen. Unter den Gliederfüßern sind die ersten Skorpione und Tausendfüßer vertreten. Besonders reich entfaltet sind Trilobiten, Armfüßer, Graptolithen, Korallen und Kopffüßer.
Eine Fülle von hochentwickelten Algen, und zwar von heute noch lebenden Grün- und Rotalgengruppen, wurde gefunden.
Zuletzt erscheinen im Obersilur erste Spuren der Landpflanzen. Diese blattlosen Gefäßpflanzen (Psilophyten, Abb. 8 und 9) sind äußerlich noch sehr einfach gestaltet, weisen aber bereits die Merkmale der höheren Pflanzen auf (Spaltöffnungen, Leitbündel und Stützgewebe).
Die nächste Formation, das *Devon* (350 bis 310 Millionen Jahre), ist die Zeit der Besiedlung des Landes durch Pflanzen und Tiere. Hier treten auch tangartige Riesenalgen auf, die zu den Braunalgen gezählt werden. Von ihnen sind Stämme bis zu 1 m Dicke gefunden worden.

Abb. 5. Armfüßer (Brachiopoda) aus dem Mitteldevon

Abb. 6. Einzelkoralle aus dem Obersilur

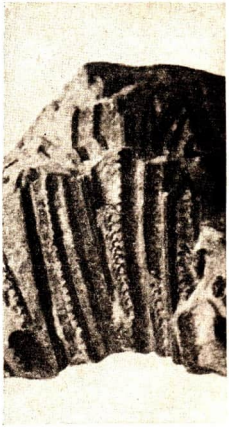


Abb. 7. Graptolithen aus dem Obersilur

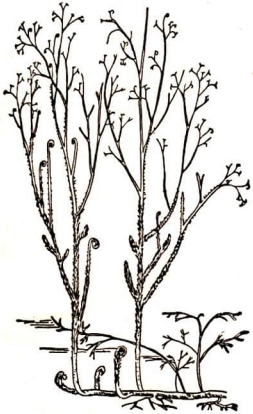


Abb. 8. Rekonstruktion von *Asteroxylon elberfeldense*, Psilophyt (Nacktgewächs) aus dem mittleren Devon mit blattartigen Ansätzen (nach Kräusel und Weyland)

Abb. 9. Rekonstruktion von *Psilophyton princeps*, Psilophyt aus dem unteren Devon. 1 Sporangien, 2 Luftsproß mit dornförmigen Auswüchsen, 3 Ringtracheiden (nach Dawson)

Die Psilophyten erreichen den Höhepunkt ihrer Entwicklung. Gegen Ende dieser Zeit treten auch die eigentlichen Farnpflanzen (Pteridophyten) auf.

Von fast allen Hauptgruppen der Fische finden sich im Devon zum ersten Male Fossilien (Quastenflosser, Lungenfische, Schmelzschupper, Haifische). Die Panzerfische entfalten sich an der Wende vom Silur zum Devon sehr reich, sterben aber gegen Ende des Devons zusammen mit den gepanzerten Rundmäulern wieder aus. Unter den Kopffüßern sind erstmalig und zahlreich Ammoniten vorhanden (Abb. 10); die Graptolithen sind fast gänzlich ausgestorben. Gegen Ende des Devons finden sich auch mit Fossilien von Panzerlurchen die ersten Spuren von Vierfüßern.

Das *Karbon* (310 bis 240 Millionen Jahre) bot in seinen Ablagerungen besonders gute Bedingungen dafür, daß Pflanzen erhalten blieben: ganze Wälder sind uns aus dieser Zeit überliefert (Abb. 11). Sie waren aus Bärlappbäumen, Riesenschachtelhalmen, Farnen und den ersten Nacktsamern (Gymnospermae) zusammengesetzt. Zunächst sind hier die Samenfarne (Pteridospermae) zu nennen, die bei einem noch

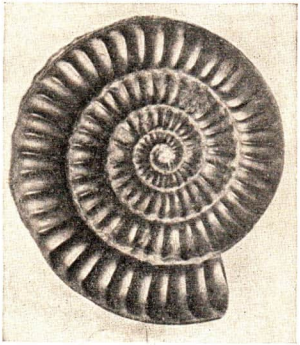


Abb. 10.
Ammonit (Kopffüßer) aus dem Unteren Jura

Die Ammoniten lebten vom Devon bis an das Ende der Kreidezeit und bilden in diesen Formationen die wichtigsten Leitfossilien, da die Lebensdauer der allgemein verbreiteten Arten sehr kurz war. Die einzelnen Arten unterscheiden sich in der Gestalt der Schale, der Größe, der Skulptur (Rippen, Knoten, Leisten) und im Verlauf der Lobenlinie, der Nahtlinie zwischen Schale und Kammerscheidewand. Weitergehende Änderungen der Schale treten während der langen Lebenszeit der Ammoniten kaum auf, während die Wirbeltiere in derselben Zeit die größten Wandlungen durchmachten. Zweimal hintereinander erlebten die Ammoniten starke Entwicklungen mit vielen Tausenden von Arten, in der Trias und in der Jura-Kreidezeit. Gegen Ende dieser Zeiten finden sich merkwürdige „Nebenformen" mit geraden oder lose ausgerollten oder in Schneckenspirale aufgewundenen Gehäusen; auch Riesenformen treten auf. Am Ende der Triaszeit sterben alle Gattungen bis auf eine einzige aus; diese Gattung gibt den Ursprung für die riesige Arten-Mannigfaltigkeit der Jura-Kreide-Ammoniten.

Abb. 11. Steinkohlenvegetation mit Schuppenbäumen (links), Siegelbäumen (hinten in der Mitte), Kalamiten (rechts), Cordaiten (rechts über den Kalamiten), Farnbäumen u. a., im Untergrund noch Stammreste (nach Gothan-Stach)

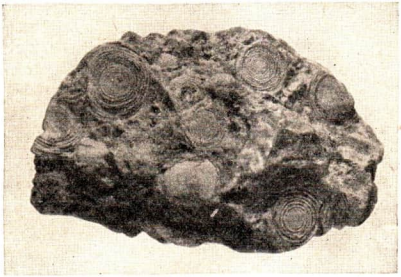


Abb. 12. Nummuliten (Riesen-Foraminiferen) aus dem Alttertiär

farnähnlichen Äußeren schon die Samenbildung höherer Gruppen zeigen. Unter den Landtieren finden sich die ersten Fossilien von Insekten (teilweise mit riesigen Formen) und Lungenschnecken; die Panzerlurche werden häufiger. Gegen Ende des Karbons treten die ersten Fossilien von Reptilien auf. Das Wasser beherbergt neben vielen Algenarten Schwämme, Korallen, Armfüßer, Weichtiere, Krebse und Stachelhäuter. Die Foraminiferen (Abb. 12) entfalten sich. Trilobiten sind sehr selten geworden, und auch Quastenflosser und Lurchfische treten zurück. Schmelzschupper und Haifische entfalten sich sehr reich.

Aus den Samenfarnen haben sich die ersten Nadelbäume entwickelt.

Im *Perm* (240 bis 200 Millionen Jahre) lebten auf dem Lande zahlreiche Panzerlurche, altertümliche Ur-Kriechtiere, säugetierähnliche Kriechtiere und viele Insekten. Außer mannigfaltigen Farnpflanzen (echte Farne und Samenfarne) erscheinen unter den Gymnospermen besonders zahlreich die Koniferen. Die meisten Seelilien- (Stachelhäuter, Abb. 13) und Armfüßergruppen sowie die letzten Trilobiten sterben aus. In allen Gebieten wandelt sich auffällig der Bestand an Familien und Gattungen.

Mit der nächsten Formation, der *Trias* (200 bis 175 Millionen Jahre), beginnt das **Erdmittelalter.**

Das Erdmittelalter ist die Zeit der Reptilien. Ihre Riesenformen gaben Anlaß zu der irrtümlichen Vorstellung von der „Riesengröße" aller ausgestorbenen Tiere.

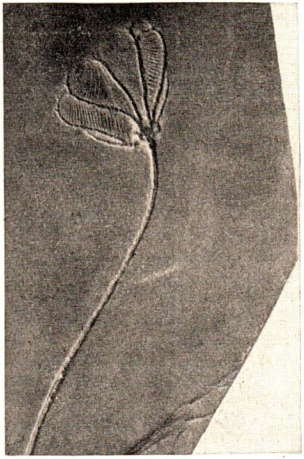


Abb. 13. Seelilie (Crinoidea), Klasse der Stachelhäuter aus dem Unteren Devon

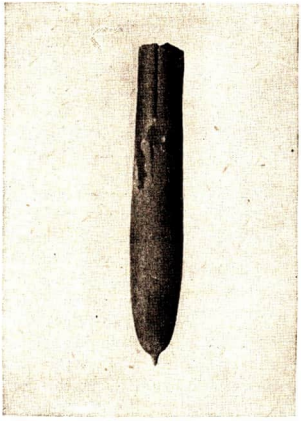


Abb. 14. Belemnit („Donnerkeil") aus der Oberen Kreide

Aus der Trias sind viele neue Saurierformen, auch säugetierähnliche Reptilien und aus der obersten Trias wenige Reste von kleinen, primitiven Säugetieren erhalten. Die Knorpelfische (Haie) und Schmelzschupper entfalten sich weiter; gegen Ende der Trias verschwinden die Panzerlurche. Unter den Kopffüßern beginnt die Entwicklung der Tintenfische mit den Belemniten (von ihnen stammen die sogenannten Donnerkeile, Abb. 14). Die Ammoniten erleben ihre erste große Entfaltung (mehrere tausend Arten); doch sterben sie am Ende der Trias bis auf eine Gattung aus. Bezüglich der Häufigkeit und geologischen Bedeutung (Leitfossilien) treten an die Stelle der Armfüßer die Muscheln und Schnecken.

Bei den Pflanzen sind die Nacktsamer vorherrschend; die Samenfarne sind fast ausgestorben.

Im *Jura* (175 bis 140 Millionen Jahre) erreichen die Ammoniten eine erneute Entwicklung und ihre höchste Entfaltung. Saurier (teilweise mit Riesenformen) bevölkern Land, Luft und Meer. Die ersten Knochenfische und die ersten Vögel, die noch viele Reptilienmerkmale zeigen, stammen aus dieser Zeit; die Funde dieser Formen sind selten. Viele Insektenordnungen treten jetzt erstmalig auf. Bei den Pflanzen sind die Nacktsamer in ihren verschiedenen Gruppen stark entwickelt.

In der *Kreide* (140 bis 60 Millionen Jahre), und zwar an der Wende von der Unter- zur Oberkreide, beginnt die Entwicklung und rasche Entfaltung der Bedecktsamer (Angiospermae). Die Saurier, die Ammoniten und Belemniten sterben am Ende der Kreidezeit aus. Unter den Säugetieren erscheinen in der Oberkreide ursprüngliche Beuteltiere und Insektenfresser. Die Vögel entwickeln sich zur heutigen Gestalt, tragen aber noch Zähne. Im Meer und Süßwasser beginnt die starke Entfaltung der Knochenfische.

Aus der ersten Periode der **Erdneuzeit**, dem *Tertiär* (60 Millionen bis 800000 Jahre), sind uns besonders die Braunkohlenmoorwälder bekannt. Alle heute lebenden (rezenten) Säugetiergruppen treten nun auf, wobei im ältesten Tertiär die verschiedenen Ordnungen noch nicht scharf geschieden sind und oft an Insektenfresser erinnern. Erst allmählich bilden sich nacheinander die einzelnen Sondermerkmale heraus. So sind beispielsweise in den ältesten Tertiärschichten nur Ur-Raubtiere vorhanden, aus denen sich zu verschiedenen Zeiten die Stämme der

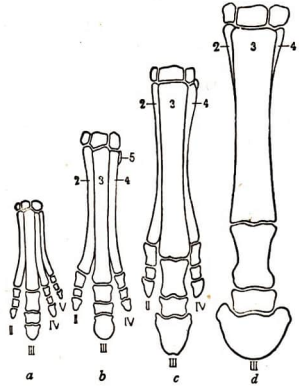
Katzen, Hunde, Bären, Seehunde usw. entwickeln. Auch die Huftiere sind im ältesten Tertiär noch nicht in Paar- und Unpaarhufer aufgespalten. Viele von den in der ersten stürmischen Entwicklung der Säugetiere entstehenden Gruppen sterben bereits während des Tertiärs wieder aus.
Die Muscheln, Schnecken, Stachelhäuter, Insekten, Knochenfische, Amphibien, Reptilien und Vögel gehören meist den noch heute lebenden Familien und Gattungen an. Am Ende des Tertiärs schließlich finden sich die ersten Fossilien von Menschen.
Nehmen wir aus dieser Zusammenstellung einige wichtige Tatsachen heraus, so wird die Entwicklung von niederen zu höheren Formen im Verlauf der Erdgeschichte deutlich sichtbar.
Im Untersilur treten mit den Rundmäulern die ersten Wirbeltiere auf, im Obersilur die ersten Fische, im Oberdevon Lurche, im Oberkarbon Reptilien, in der Obertrias die ersten Säugetiere und im Oberjura die ersten Vögel.
Eine entsprechende Entwicklung läßt sich bei den Pflanzen durch die geologischen Schichten hindurch verfolgen.
Während wir im Algonkium, Kambrium und Untersilur nur Algen finden, treten im Obersilur erstmalig die Nacktfarne (Psilophyten) auf. Im obersten Devon erscheinen dann die eigentlichen Farnpflanzen (Pteridophyten), bald darauf im Karbon die ersten Nacktsamer mit den Samenfarnen und Cordaïten, im Perm höherentwickelte Gymnospermen (Koniferen und Spuren der Ginkgobäume), an der Wende von der Unteren zur Oberen Kreide schließlich die Bedecktsamer.
Es ist interessant, die Zelldifferenzierung im Verlauf der Erdgeschichte zu verfolgen. Bei pflanzlichen Organismen findet man zunächst nur ein- oder wenigzellige Formen. Die höherentwickelten Tange setzten sich schon aus mehreren verschiedenen Zellsorten zusammen. Die Differenzierung der ersten Landpflanzen führt zu etwa 20 verschiedenen Zellsorten. Bei den Farnpflanzen können wir etwa 50, bei den später auftretenden Gymnospermen bis 60 und bei den Angiospermen bis zu 70 verschiedene Zellsorten unterscheiden.
Auch in dieser steigenden Differenzierung zeigt sich die Höherentwicklung der Lebewesen.

Entwicklungsreihen und Übergangsformen

Besonders eindrucksvoll und beweiskräftig sind Zusammenstellungen von entsprechenden Formen, die erdgeschichtlich aufeinanderfolgen. Nur in einigen Fällen stellen diese Serien eine wirkliche Stammreihe dar, sind also ihre Glieder Ahnen und Nachfahren im stammesgeschichtlichen Sinne. Dennoch erlauben diese Entwicklungsreihen, die Ausbildung einzelner Merkmale zu verfolgen; sie sind von größter Bedeutung. So können wir beispielsweise die Entwicklung von den ersten Landpflanzen zu den Farnpflanzen und bis zu den samentragenden Formen verfolgen und das Entstehen der verschiedenen Gruppen der Nacktsamer erkennen. Mit Hilfe von Fossilien konnte die Entstehung des Zapfens der Nadelbäume,

Abb. 15. Stammesgeschichtliche Entwicklung der Pferdehand (z. T. nach Abel);

a Orohippus (mittleres Eozän), *b* Miohippus (oberes Oligozän), *c* Hipparion (Pliozän), *d* Equus (Pliozän bis heute). *a*, *b* in Nordamerika, *c* von dort über Asien nach Europa eingewandert



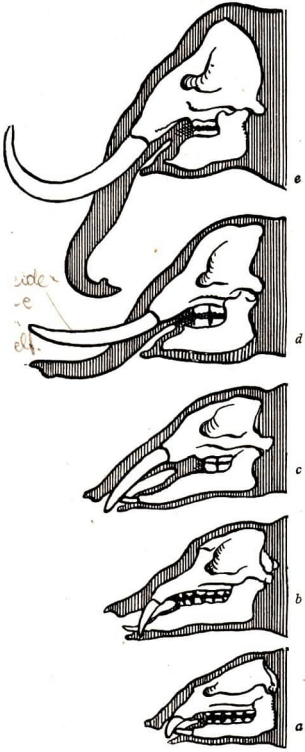


Abb. 16. Elefantenschädel;

a Moeritherium (Ob.-Eozän), *b* Palaeomastodon (U.-Oligozän), *c* Mastodon (Ob.-Miozän), *d* Stegodon (Pliozän), *e* Elephas (Quartär)

der lange Zeit für eine Einzelblüte gehalten wurde, in seiner Entwicklung aus einer zusammengesetzten Ähre, mithin als Blütenstand, erkannt werden.

Wir kennen die Entstehung unserer Pferde aus kleinen vierzehigen Tieren von Hundegröße — mit kurzkronigen Mahlzähnen und deutlich abgesetzten Vormahlzähnen in einem verhältnismäßig kurzen Schädel — über dreizehige Formen bis zu den jetzt lebenden Einhufern. Diese Entwicklung vollzog sich im Tertiär. Mit der Anpassung dieser Tiere an das Leben im Walde, dann an die Buschsteppe und schließlich an die Steppe ging die Reduktion der seitlichen Zehen vor sich (Abb. 15). Gleichzeitig paßten sich Gebiß und Zähne von weicher Laubnahrung an harte Grasnahrung an. Der Schädel wurde dadurch länger, das Mahlgebiß deutlich von den Schneidezähnen abgesetzt, und die Backenzähne wurden zu Mahlzähnen mit längerer Krone umgestaltet.

Ähnliche Reihen sind von den Rüsseltieren bekannt, wobei die Umstellung der Backenzähne, die Umbildung der Schneidezähne zu Stoßzähnen, die Vergrößerung des Körpers,

die Verlängerung der Nase und Oberlippe zum Rüssel und die Entwicklung der Säulenbeine charakteristisch sind (Abb. 16).
Auch die Ammonitenreihen lassen eine ständige Differenzierung erkennen (Abb. 17, 18); manche Familien zeigen in der Zeit vor ihrem Aussterben in einer gewissen Weise Rückdifferenzierungen, deren Ursachen unbekannt sind (Abb. 19).
Eine besondere Bedeutung kommt den sogenannten Zwischen- oder Übergangsformen zu. Sie sind jedoch selten.
Eine dieser Übergangsformen ist beispielsweise die Archaeopteryx (Abb. 20), ein Vogel aus dem Oberen Jura, der etwa Taubengröße besaß und noch deutlich Merkmale der Reptilien zeigte (bezahnte Kiefer, frei bewegliche Rumpfwirbelsäule, schwaches Brustbein, freie Finger mit Krallen an den Vorderextremitäten, lange Schwanzwirbelsäule).
Übergangsformen finden sich unter Tieren wie unter Pflanzen. Sie lassen die Kluft zwischen den einzelnen Gruppen – in unserem Beispiel zwischen Reptilien und Vögeln – oft so schmal werden, daß die Entwicklung der jüngeren Gruppe aus der älteren nachgewiesen ist.

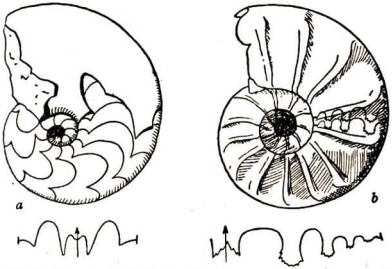


Abb. 17. *a* Manticoceras aus der Devonzeit. Glatt, mit einfacher Lobenlinie, *b* Ceratites aus der Triaszeit. Gerippt, mit einer teilweise gezackten Lobenlinie (Nahtlinie zwischen Kammerscheidewand und Außenwand der Schale)

Das Aussterben von Organismengruppen

Bei den meisten Organismengruppen können wir Zeiten sehr vielgestaltiger Entwicklung beobachten. Solche Phasen explosiver Formenbildung liegen nicht immer am Anfang der Stammesentwicklung, sie stehen aber wohl stets in Beziehung zu ökologischen Umgestaltungen des Lebensgebiets, durch die die Lebensbezirke erweitert wurden. So mußten beispielsweise erst Pflanzen das Land besiedeln, bevor sich hier Tiere ausbreiten konnten, und

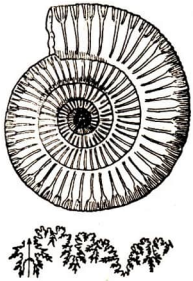


Abb. 18. Perisphinctes aus der Jurazeit. Mit Spaltrippen und gänzlich zerschlitzter Lobenlinie

Abb. 19. Turrilites aus der Kreidezeit. Sogenannte „Nebenform", mit geripptem, in Kegelspirale aufgewundenem Gehäuse

Abb. 20. Archaeopteryx lithographica (Urvogel)

der Formenaufspaltung vieler Tiergruppen an der Wende von der Kreide zum Tertiär geht eine starke Entwicklung der Blütenpflanzen in der Kreidezeit voraus.

Bei den fossilen Tier- und Pflanzengruppen folgte auf eine reiche Entfaltung eine Verminderung der Formen und Individuen. Schließlich starben diese Gruppen ganz aus. Einige Faktoren, die zum Aussterben von Tiergruppen beitrugen, seien angeführt.

Eine wesentliche Rolle spielten die Änderungen der organischen Umwelt. Gegen Ende des Erdmittelalters beispielsweise trat infolge der raschen Entwicklung der Blütenpflanzen eine grundsätzliche Wandlung in der Zusammensetzung der Pflanzendecke und damit eine Veränderung der Nahrungsbasis für die Pflanzenfresser ein. Einseitig angepaßte Ernährungsspezialisten, die sich nicht mehr auf diese neue Nahrung umzustellen vermochten, gingen zugrunde. Große vulkanische Katastrophen, kontinentweite Meeresüberflutungen, ausgedehnte Vergletscherungen können, allerdings nur in begrenztem Umfang, zur Vernichtung von Tier- oder Pflanzenarten beigetragen haben.

Auch Klimawechsel führte zum Aussterben von Organismengruppen. So starben viele Tier- und Pflanzenarten des Tertiärs in der Eiszeit aus.

Das Eindringen von Tiergruppen in vorher von ihnen nicht besiedelte Gebiete führt oftmals zur Ausrottung anderer Gruppen. Es ist bekannt, daß nur wenige indische Mungos 1872 auf der Insel Jamaika eingeführt wurden. Im Verlauf von 20 Jahren wurden von ihnen viele heimische Arten von Ratten, Schlangen, Eidechsen, Landkrebsen, Schildkröten und bodenbrütenden Vögeln ausgerottet.

In der Erdgeschichte haben geologische Veränderungen zu Neubesiedlungen und damit zur Vernichtung anderer Organismengruppen geführt. So verdrängten, nachdem am Ende der Tertiärzeit die Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika wiederhergestellt war, aus dem Norden vordringende höhere Raubtiere und Huftiere sehr viele der altertümlichen Säugetiere Südamerikas.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Erscheinungen, die mit dem Aussterben von Tierarten oder Tiergruppen auftreten und deren Ursachen wir noch nicht kennen.

So waren beispielsweise die späten Höhlenbären und Mammute größtenteils zahnkrank. Beim Riesenhirsch war vielleicht das sich ständig vergrößernde Geweih eine

der Ursachen dafür, daß er ausstarb. Auch die Riesenformen gehören mit zu den Erscheinungen, die dem Untergange vorausgehen können. Unter den letzten Ammoniten finden sich Riesenformen, die größer waren als ein Wagenrad. Aus der Entwicklung des Pflanzenreiches kennt man ähnliche Beispiele. Die größten Pteridophyten am Ende des Karbons (Schuppenbäume, Siegelbäume) waren zugleich das Anzeichen des nahen Unterganges dieser Formen.
Diese kurze Darstellung einiger Ergebnisse der Paläontologie hat gezeigt, daß die Entwicklungslehre in grundsätzlichen Dingen bewiesen ist. Wenn die Paläontologie auch nicht lückenlose Stammbäume aufzustellen vermag, so liefert sie doch wesentliches Beweismaterial für die Entwicklungslehre.

2. Beweise aus der vergleichenden Anatomie

Zahlreiche Beweise für die Richtigkeit der Abstammungslehre liefert die vergleichende Anatomie. Schon bei der Zusammenstellung der Lebewesen nach der Ähnlichkeit ihrer Morphologie und Anatomie ergeben sich bestimmte Formengruppen. Meist sind die dabei zutage tretenden Beziehungen der Ausdruck ihrer Verwandtschaft, das heißt ihrer Abstammung von gemeinsamen Vorfahren.
Organe und Teile von Lebewesen bezeichnet man als **homologe Organe,** wenn sie aus gleicher embryonaler Anlage entstehen und Lagegleichheit besitzen oder wenn verbindende Zwischenformen vorhanden sind. So sind zum Beispiel die oberen Nagezähne der Nagetiere und die Stoßzähne der Elefanten den Schneidezähnen anderer Säuger homolog: sie stehen auf dem Zwischenkiefer. Homologe Organe sind auch die Dornen der Robinie (Abb. 22a) und die assimilierenden Blätter der Ranken-Platterbse (Abb. 21a). Oft zeigt sich die Homologie bestimmter Teile erst durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen.
Als **Analogie** wird dagegen eine funktionelle Ähnlichkeit trotz grundsätzlicher Verschiedenheit der Lage und der Ontogenese bezeichnet. Analoge Organe sind funktionsgleiche Organe verschiedenen Ursprungs. Die Ranken der Pflanzen beispielsweise sind oft analoge Organe; sie können aus Sprossen, Nebenblättern oder Blatteilen entstehen (Abb. 21). Dornen, die aus Sprossen, Blättern oder Nebenblättern gebildet werden, sind ein weiteres Beispiel solcher Analogien (Abb. 22).

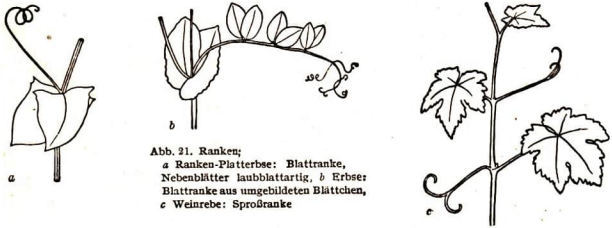


Abb. 21. Ranken;
a Ranken-Platterbse: Blattranke, Nebenblätter laubblattartig, *b* Erbse: Blattranke aus umgebildeten Blättchen, *c* Weinrebe: Sproßranke

Organe verschiedener Stämme sind meist nicht homolog. So sind beispielsweise die Kiemen eines Krebses Anhänge der Brustbeine beziehungsweise der benachbarten Brustwand; beim Fisch dagegen werden sie aus Schleimhautfalten gebildet, die sich an Aussackungen des Vorderdarms befinden. Die Kiemen der Krebse und der Fische stellen also analoge, nicht aber homologe Organe dar.

Abb. 22. Dornen;
a Robinie: Dornen aus Nebenblättern entstanden,
b Weißdorn: Sproßdorn

Konvergenzen sind einander ähnliche Bildungen, die verschiedenartige Lebewesen in Anpassung an gleichartige Umweltverhältnisse entwickelt haben. Hierher gehören die kaktusartigen Gestaltungen bei ganz verschiedenen Pflanzenfamilien (Schwalbenwurzgewächse, Wolfsmilchgewächse, Kaktusgewächse), die durch die Trockenheit des Standortes zu erklären sind, die Fischform bei Wassertieren (echten Fischen, Walen und Ichthyosauriern), die weiße Farbe vieler Alpen- und Polartiere sowie die graugelbe Farbe vieler Wüstenbewohner aus den verschiedensten Gruppen.

Für die Abstammungslehre sind die **homologen Organe** bedeutungsvoll. Sie weisen auf verwandtschaftliche Beziehungen der Lebewesen hin und sind unmittelbare Beweise für die Abstammungslehre. So lassen sich beispielsweise die stechenden, leckenden und saugenden **Mundwerkzeuge** der Wanzen, Mücken, Bienen

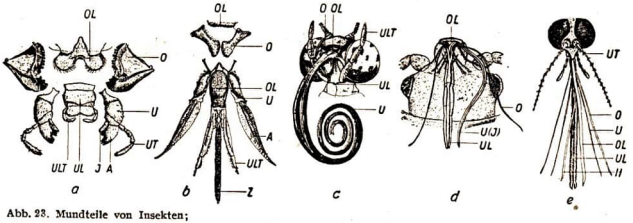


Abb. 23. Mundteile von Insekten;

a Maikäfer, *Melolontha vulgaris* (beißend), *b* Honigbiene, *Apis mellifica* (leckend-saugend): Innenladen der Unterlippe langgestreckt, hohl (Saugrohr). Unterlippentaster und Außenladen des Unterkiefers sind rinnenförmige Scheiden und umhüllen die Zunge, *c* Schmetterling, Kohlweißling, *Pieris brassicae* (saugend): Oberkiefer und Unterlippe rückgebildet. Unterkiefer langgestreckt, innen rinnenförmig ausgehöhlt (Saugrüssel), *d* Bettwanze, *Cimex lectularius* (stechend-saugend): Unterlippe mit tiefer Rinne. Oberkiefer und Innenlade des Unterkiefers werden zu Stechborsten, die in der Unterlippe gleiten. Innenlade des Unterkiefers auf der Innenseite mit zwei Rinnen (Speichelrinne und Saugrinne), *e* Stechmücke, *Culex pipiens* (stechend-saugend): Unterlippe wie Bettwanze. Hypopharynx wird zusätzliche Stechborste und enthält den Speichelkanal. Oberlippe mit tiefer Rinne an der Unterseite (Saugrohr).

A Außenlade, *H* Hypopharynx (Fortsatz des Mundhöhlenbodens), *J* Innenlade, *O* Oberkiefer *(Mandibel)*, *OL* Oberlippe *(Labrum)*, *U* Unterkiefer *(1. Maxille)*, *UL* Unterlippe *(Labium, 2. Maxille)*, *ULT* Unterlippentaster *(Labialtaster)*, *UT* Unterkiefertaster *(Maxillartaster)*, *Z* Zunge *(Glossa)*

und Schmetterlinge auf eine gemeinsame primitive Form zurückführen, die unter anderem bei Käfern auftritt. Diese Grundform besteht aus einem Paar beißender Oberkiefer, einem Paar beißender Unterkiefer und einer unpaarigen Unterlippe (Abb. 23).

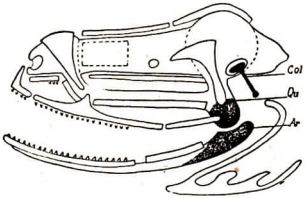


Abb. 24. Schema des Amphibienschädels. *Ar* Articulare, *Col* Columella auris, *Qu* Quadratum, unten rechts Zungenbein und Zungenbeinbogen

Reichhaltiges Beweismaterial für die Abstammungslehre liefert die vergleichende Anatomie der **Wirbeltiere.** Hier seien nur einige Beispiele genannt:

1. Die **Gehörknöchelchen der Säugetiere** leiten sich von den Kiefergelenkknochen der niederen Wirbeltiere ab (Abb. 24, 25). Dabei werden in den verschiedenen Wirbeltierklassen diese Knochen für neue Funktionen umgebildet. Die Schallwellen werden bei Lurchen, Kriechtieren und Vögeln vom Trommelfell aus dem Labyrinth durch ein kleines Knöchelchen, die Columella auris, zugeleitet. Sie ist einem Knochen der Fische homolog (Hyomandibulare), der einen Teil des oberen Zungenbeinbogens bildet. An ihm ist der Unterkiefer aufgehängt und dadurch an der Schädelkapsel befestigt. Bei den Säugetieren entspricht dieser Columella der Steigbügel, der dem ovalen Fenster des Labyrinths anliegt. Zu ihm treten hier noch zwei weitere Gehörknöchelchen, Hammer und Amboß, die den Knochen des Kiefergelenks bei Amphibien, Reptilien und Vögeln entsprechen. Der Amboß entsteht aus dem am Schädel sitzenden Quadratum, der Hammer aus dem Gelenkende (Articulare) des Unterkiefers. An Säugetierembryonen läßt sich die Einwanderung dieser Knochen, die im Wachstum sehr zurückbleiben, in das innere Ohr verfolgen.

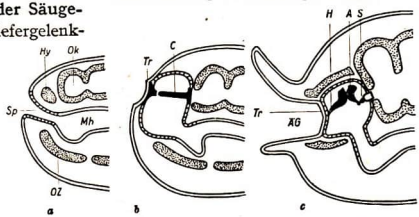


Abb. 25. Schematische Darstellung des Mittelohres in der Wirbeltierreihe; *a* Hai, *b* Amphibien, Reptilien und Vögel, *c* Säuger. *A* Amboß, *AG* äußerer Gehörgang, *C* Columella auris, *H* Hammer, *Hy* Hyomandibulare, *Mh* Mundhöhle, *Ok* Ohrkapsel, *OZ* oberer Zungenbeinbogen, *S* Steigbügel, *Sp* Spritzloch, *Tr* Trommelfell

2. Ein weiteres Beispiel ist die Ausbildung der **Wirbelsäule.** An ihrer Stelle befindet sich bei den niedersten Chordatieren (z. B. Lanzettfischchen, Neunauge) ein Gewebestrang, die Chorda dorsalis. Bei Wirbeltieren wird die Chorda von knöchernen Wirbeln umschlossen. Im Verlauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung von den Fischen bis zu den Säugetieren wird die Chorda durch die Ausbildung der Wirbelkörper in steigendem Maße auf immer unbedeutendere Reste eingeengt (Abb. 26).

Auch die Gliederung der Wirbelsäule erfolgt erst im Laufe der Entwicklung. So kann an der Wirbelsäule der Fische nur ein Rumpf- und ein Schwanzteil unter-

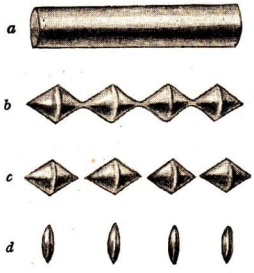


Abb. 26. Schema der Rückbildung der Chorda bei Wirbeltieren (nach Boas); *a* Stör, *b* Knochenfisch, *c* anderer Knochenfisch, *d* Säugetier

schieden werden. Von den Lurchen ab gliedert sich die Wirbelsäule in einen Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuzbein- und Schwanzabschnitt.

3. Ebenso ist die **fünfstrahlige Extremität** durch die ganze Wirbeltierreihe hindurch — mit Ausnahme der strahlflossigen Fische — Grundlage für den Aufbau der Extremitäten. Sie umfaßt die folgenden homologen Abschnitte: Oberarm bzw. Oberschenkel, Unterarm bzw. Unterschenkel, Hand oder Fuß. Der Aufbau der einzelnen Teile ist ebenfalls recht konstant. Der erste Abschnitt wird von einem Knochen, dem Oberarm *(Humerus)* bzw. Oberschenkel *(Femur)*, der zweite von zwei Knochen, der Speiche *(Radius)* bzw. dem Schienbein *(Tibia)* und der Elle *(Ulna)* bzw. dem Wadenbein *(Fibula)*, gebildet. Hand und Fuß setzen sich jeweils aus drei Abschnitten zusammen, die auch aus einer bestimmten Anzahl von Knochen bestehen: der Handwurzel, der Mittelhand, den Fingern (Carpus – Metacarpus – Phalangen) bzw. der Fußwurzel, dem Mittelfuß und den Zehen (Tarsus – Metatarsus – Phalangen) (Abb. 29).

Dieses Schema erfährt beispielsweise bei Säugern infolge der veränderten Fortbewegungsweise verschiedener Familien mancherlei **Abwandlungen**. Es gibt Sohlengänger, Zehengänger und Spitzengänger (Abb. 27). Der Sohlengänger setzt Fuß und Hand in ganzer Länge auf. Beim Zehengänger berühren nur noch die drei Zehenknochen den Boden. Mittelhand und Mittelfuß stehen steil nach oben, so daß Handwurzel und Fußwurzel vom Boden entfernt sind (z. B. Hunde). Der Spitzengänger (Huftiere) tritt schließlich nur noch mit dem Nagel (Huf) auf. Die biologische Bedeutung dieser Abwandlung liegt in der geringeren Reibung und der größeren Schrittweite, wodurch eine weitaus schnellere Fortbewegung ermöglicht wird.

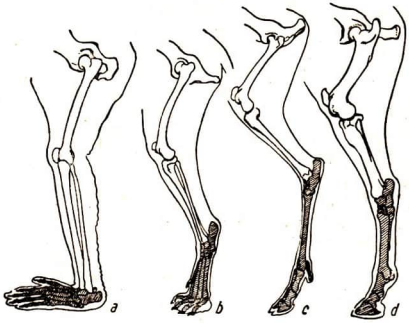


Abb. 27. Skelett der Hinterbeine;
a Pavian — Sohlengänger, *b* Hund — Zehengänger, *c* Reh — Spitzengänger (Paarhufer), *d* Pferd — Spitzengänger (Einhufer)

An verschiedenen Säugetieren macht sich eine **Rückbildung einzelner Zehen** bemerkbar. Die Paarhufer zeigen die Tendenz, den 1., 2. und 5. Finger

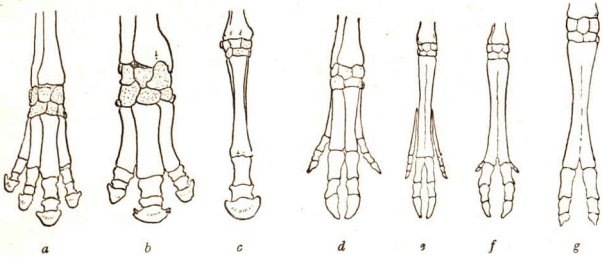


Abb. 28. Abwandlung der Extremitäten bei Huftieren (Vorderfuß);
a bis *c*: Unpaarhufer: *a* Tapir, *b* Rhinozeros, *c* Pferd, *d* bis *g*: Paarhufer: *d* Schwein, *e* Rehbock, *f* Schaf, *g* Kamel

rückzubilden (Schwein, Rehbock, Schaf, Kamel u. a.). Bei Unpaarzehern (Abb. 28) aber wird das Körpergewicht von der Mittelzehe getragen, die anderen verkümmern in verschieden hohem Maße (Extrem: Pferd).

Die Grundform der fünfstrahligen Extremität ist selbst bei den zunächst sehr verschieden aussehenden und arbeitenden Vordergliedmaßen der Fledermaus, des

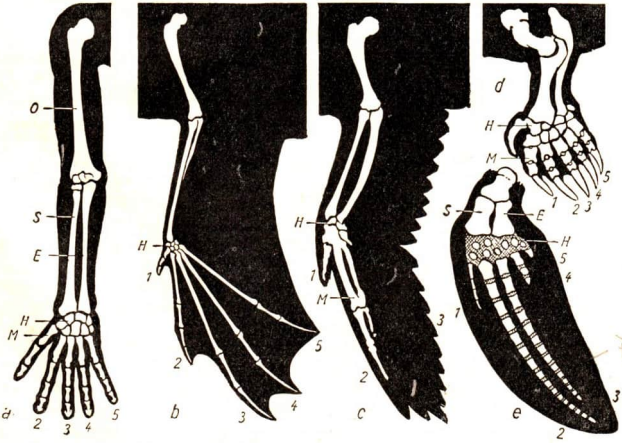


Abb. 29. Linke Vordergliedmaßen von Wirbeltieren;
a Mensch, *b* Fledermaus, *c* Vogel, *d* Maulwurf, *e* Wal. *E* Elle, *H* Handwurzelknochen, *M* Mittelhandknochen. *O* Oberarmknochen, *S* Speiche, *1* bis *5* Knochen der fünf Finger

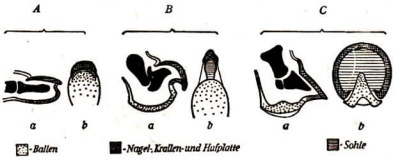


Abb. 30. Nagel, Kralle und Huf in schematischer Darstellung.

A Finger des Menschen, *B* Zehe des Hundes, *C* Zehe des Pferdes; *a* Längsschnitt (Skelett schwarz), *b* Ansicht von unten

Maulwurfs, des Vogels und des Wals erkennbar (Abb. 29), doch sind durch die unterschiedlichen Funktionen (Grab-, Schwimm- oder Flugextremitäten) manche Knochen stark abgewandelt. Bei dem Flügel der Fledermaus sind Unterarm, Mittelhandknochen und Finger lediglich verlängert. Der Vogelflügel zeigt neben dieser Streckungstendenz außerdem eine Vereinfachung auf Kosten der Fünfstrahligkeit: Während der zweite Finger zweigliedrig und langgestreckt ist, sind der erste und der dritte Finger bis auf ein Glied rückgebildet. Das Grabbein des Maulwurfs hat sehr verkürzte Ober- und Unterarmknochen. Die Teile der Hand sind im Verhältnis dazu viel größer. Außerdem ist in Gestalt eines Bindegewebsknochens ein sechster „Finger" entwickelt, wodurch die Hand entsprechend ihrer Funktion eine breite Schaufel bildet.

Die Schwimmgliedmaßen der Wale enthalten die gleichen Skelettelemente wie die Gliedmaßen der übrigen Säugetiere. Allerdings sind die Armknochen außerordentlich verkürzt und plattgedrückt. Das Skelett der Extremität ist von zusammenhängendem Gewebe umgeben, so daß eine einheitliche breite Fläche zustande kommt. Die Hand wird dadurch vergrößert, daß einige der vier oder fünf Finger viel mehr als drei Glieder besitzen.

4. Die **Krallen, Hufe und Nägel** der Wirbeltiere sind auf verschieden gestaltete und verschieden dicke Epidermisverhornungen der Finger zurückzuführen (Abb. 30); sie sind homologe Bildungen.

5. Das **Blutgefäßsystem** wandelt sich beim Übergang vom Wasser zum Landleben bei den Wirbeltieren weitgehend ab (Abb. 31). Dies hängt mit dem Übergang von der Kiemen- zur Lungenatmung zusammen. Das Herz der Fische setzt sich aus einer Vorkammer und einer Kammer zusammen, die hinter den Kiemen liegen und venöses Blut in einen Arterienstamm schicken. Von diesem aus ziehen Äste in vier oder fünf Kiemen. Diese Kiemenarterien schließen sich dann zu einer Aorta zusammen, die das mit Sauerstoff angereicherte Blut in Kopf und Rumpf verteilt.

Bei der Metamorphose der Lurche werden die drei vorderen Arterienbögen umgebildet. Aus dem ersten entstehen die Kopfarterien. Der zweite und der dritte Bogen bilden den Aortenbogen, wobei der dritte Bogen allmählich reduziert wird und bei den Fröschen nicht mehr vorhanden ist. Der vierte Bogen führt zur Lunge (Lungenarterie).

Wie alle Landwirbeltiere besitzen die Lurche zwei Vorkammern und dadurch zwei Kreisläufe. Die linke Vorkammer nimmt das von der Lunge kommende O_2-reiche Blut auf und führt es der Herzkammer zu, während die rechte Vorkammer das venöse Blut aus dem Körper aufnimmt. In der Herzkammer mischt

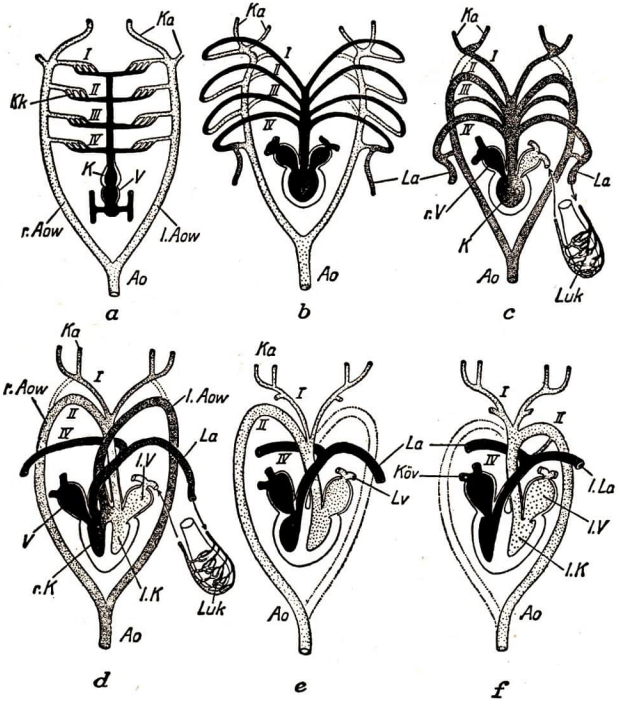


Abb. 31. Schemata der Herzen und der Arterienbögen in den Wirbeltierklassen;

a Fische, *b* Amphibienlarven, *c* Geschwänzte Amphibien (Urodelen) nach der Metamorphose; bei den Fröschen (Anuren) wird der III. Bogen rückgebildet, *d* Reptilien, *e* Vögel, *f* Säuger. Venöses Blut schwarz. Die paarigen Teile sind als rechts und links (vom Tier aus) mit r. und l. bezeichnet.

Ao Aorta, *Aow* Aortenwurzel, *K* Herzkammer, *Ka* Kopfarterien, *Kk* Kiemenkapillaren, *Köv* Körpervene, *La* Lungenarterie, *Luk* Lungenkapillaren, *Lv* Lungenvene, *V* Vorhof; *I, II, III, IV* 1. bis 4. Arterienbogen (nach Kühn)

sich das venöse mit dem arteriellen Blut, das von hier aus dem Körper zugeführt wird. Bei den Reptilien erfolgt eine unvollkommene Trennung der Herzkammer (nur die Krokodile haben vollständig getrennte Kammern, besitzen aber eine Verbindung im Aortenstamm). Außerdem sind zwei Aortenwurzeln vorhanden. Die rechte Aortenwurzel führt nach links, die linke biegt nach rechts um. Da die

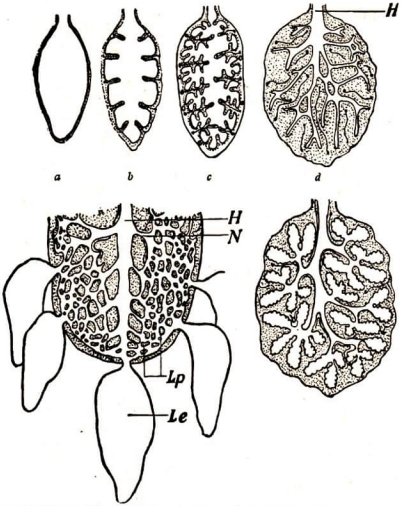


Abb. 32. Schematische Darstellung des Lungenbaues in den Wirbeltierklassen; *a* Fisch, *b* Amphibienlarve, *c* Frosch, *d* Reptil, *e* Vogel, *f* Säuger. *H* Hauptbronchus, *N* Nebenbronchus, *Le* Luftsäcke, *Lp* Lungenpfeifen

Trennung der Herzkammern unvollständig ist, wird auch bei den Reptilien noch arterielles und venöses Blut gemischt. Die gleichwarmen Tiere, Vögel und Säuger, besitzen zwei vollständig getrennte Herzkammern. Bei den Vögeln ist die linke, bei den Säugetieren die rechte Aortenwurzel rückgebildet. Die Abwandlung des Blutgefäßsystems bei den verschiedenen Wirbeltierklassen zeigt deutlich ihre Verwandtschaft und ihre Entwicklung.

6. **Lunge und Schwimmblase** sind homologe Organe; sie entwickeln sich beide als Aussackungen des Vorderdarms. Während diese Aussackung jedoch bei den Fischen als Schwimmblase zu einem hydrostatischen Organ wird, bildet sie sich bei den Landwirbeltieren zur Lunge aus. Eine vermittelnde Stellung in funktioneller Hinsicht nehmen die Lungenfische ein, bei denen diese Blase zeitweilig als Atemorgan dient.

Die Lunge der Landwirbeltiere entwickelt sich durch Oberflächenvergrößerung zu einem immer leistungsfähigeren Organ. Die Wand wird mehrfach eingestülpt. So entstehen Nebenräume, kleine Bläschen und röhrenförmige Bildungen. Daraus läßt sich der kompliziertere Bau der Lungen bei Kriechtieren, Vögeln und Säugetieren ableiten (Abb. 32). Die Vergrößerung der Oberfläche der Lunge bei den höheren Tierformen hängt zusammen mit dem gesteigerten Stoffwechsel der Warmblüter, der einen regeren Gasaustausch erfordert.

7. Das **Gehirn** ist bei den einzelnen Wirbeltierklassen verschieden ausgebildet (Abb. 33, 34). Die fünf Hirnabschnitte sind je nach ihrer spezifischen Leistung und der Verlagerung bestimmter Zentren mehr oder weniger stark entwickelt. Das **Nachhirn** (verlängertes Mark) ist relativ wenig abgewandelt. In ihm liegen beispielsweise die Zentren für die Atmung und die Stoffwechseltätigkeit; von ihm aus gehen die Hauptnerven zum Herz, zum Darmkanal, zur Lunge und zu den Organen mit innerer Sekretion. Diese Funktionen sind bei den verschiedensten

Tiergruppen verhältnismäßig gleich, so daß die geringe Veränderung verständlich ist.

Das **Hinterhirn** (Kleinhirn) steht unter anderem mit dem Ohrlabyrinth, den Muskeln, Sehnen und Gelenken in Verbindung. In ihm erfolgt die Koordination der Bewegungen, und von ihm aus wird der Tonus der Muskulatur geregelt. Je nachdem, welche Anforderungen an die Erhaltung des Gleichgewichts und die Schnelligkeit und Sicherheit der Bewegung gestellt werden, ist es stärker oder schwächer ausgebildet. Lurche und die Mehrzahl der Reptilien haben ein schwach, Fische, Säuger und vor allem Vögel ein stark entwickeltes Hinterhirn.

Im Dach des **Mittelhirns** münden bei Fischen und Amphibien alle Fasern der Sehnerven. Bei den höheren Wirbeltieren vermindert sich die Bedeutung des Mittelhirndaches als Sehzentrum.

Das **Zwischenhirn** vermittelt bei den Säugetieren unter anderem zwischen dem Vorderhirn und den anderen Hirnteilen und ist bei dieser Klasse gut entwickelt.

Das **Vorderhirn** der niederen Wirbeltiere ist noch gering ausgebildet. Bei den

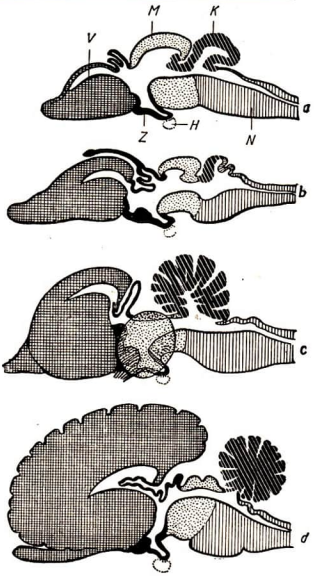


Abb. 33. Entwicklung des Gehirns (im Querschnitt); *a* Fisch, *b* Lurch, *c* Vogel, *d* Säugetier. *V* Vorderhirn, *Z* Zwischenhirn, *M* Mittelhirn (bei *c* seitliche Ausdehnung angegeben), *K* Kleinhirn, *N* Nachhirn, *H* Hypophyse

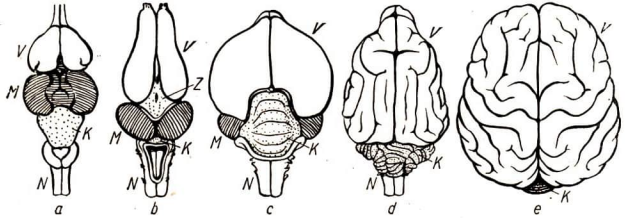


Abb. 34. Entwicklung des Gehirns (Aufsicht); *a* Fisch, *b* Frosch, *c* Vogel, *d* Hund, *e* Mensch. *V* Vorderhirn, *Z* Zwischenhirn, *M* Mittelhirn, *K* Kleinhirn *N* Nachhirn

Säugetieren erlangt es als Großhirn eine überragende Bedeutung. Es besteht aus zwei Hemisphären, in deren Hohlraum von der verdickten Basis her je ein Basalganglion eindringt. Bei den Fischen wird fast die gesamte Rinde von sekundären Riechbahnen berührt, dient also vor allem als Riechhirn. Von den Lurchen an beginnt in steigendem Maße die Ausbildung des Teiles der Vorderhirnrinde, in den keine sekundären Riechbahnen vordringen. Dieser Bezirk wird Neurinde genannt. Er entwickelt sich bei den hochstehenden Säugetieren zum größten Hirnteil, wobei die Oberfläche durch vermehrte Furchenbildung weiter differenziert wird und eine überragende Bedeutung für die Leistungen der Tiere gewinnt.

Die vergleichende Betrachtung der verschiedenen Hirnausbildung bei den einzelnen Wirbeltierklassen läßt Zusammenhänge zwischen Tier und Umwelt sowie entwicklungsgeschichtliche Fortschritte erkennen.

8. Die **Körperdecke aller Wirbeltiere** läßt sich trotz größter äußerlicher Verschiedenheiten auf Bildungen der Leder- und Oberhaut zurückführen. Die **Schuppen der Fische** entstehen als knöcherne Gebilde in der Lederhaut. Die Schuppen der Haie sind auf Grund ihrer Entstehungsweise den **Zähnen** der Säugetiere homolog (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 10. Schulj., S. 103). Homologe Bildungen der Haut sind weiterhin die **Schuppen der Kriechtiere** und die **Vogelfedern.**

Als erste Anlage der **Reptilienschuppe** (Abb. 35a) bildet sich eine Lederhautpapille, die die Oberhaut vorwölbt. Diese plattenartige Vorwölbung verhornt stark, es bildet sich die Schuppenplatte. Die erste Anlage der **Vogelfeder** (Abb. 35b) vollzieht sich in gleicher Weise wie die der Reptilienschuppe. Dann aber senkt sich die Anlage zapfenförmig in die Haut ein, es entsteht die Federscheide. Mit der Entwicklung der Dunenspule und später der Federspule differenziert sich die eigentliche Vogelfeder.

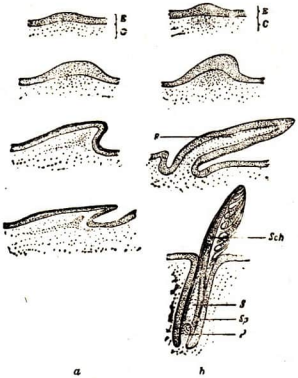


Abb. 35. Hautbildungen bei Reptilien, Vögeln und Säugern;

a **Schuppenentwicklung,** *b* **Federentwicklung.**
C **Corium,** *E* **Epidermis,** *F* **Federpapille,** *P* **Pulpa,** *S* **Seele,** *Sch* **Schaft,** *Sp* **Spule**

Diese Erkenntnisse der vergleichenden Anatomie beweisen nicht nur die Verwandtschaft der Wirbeltierklassen untereinander, sie zeigen auch, in welcher Weise sie voneinander abstammen. Die Entwicklung geht von urtümlichen Fischen aus einerseits zu den jetzt lebenden strahlenflossigen Fischen, die einen Seitenzweig der Entwicklung darstellen, und verläuft andererseits über Quastenflosser mit Lungen zu Amphibien und von diesen über die Reptilien zu Säugern und zu Vögeln. Dies alles wird durch die

Paläozoologie bestätigt; sie zeigt uns, daß die Wirbeltierklassen nicht gleichzeitig, sondern in der geschilderten Reihenfolge nacheinander aufgetreten sind.

Ähnliche Beispiele lassen sich auch von Pflanzen anführen. Es sei hier nur an das Auftreten und die Veränderung von Sporophyt und Gametophyt in der Entwicklungsreihe Moose – homospore Farne – heterospore Farne – Nacktsamer – Bedecktsamer erinnert (s. Lehrb. d. Botanik f. d. 9. Schulj., S. 71 bis 73).

Aus vergleichenden Betrachtungen von Blüten ergibt sich, daß vornehmlich Staubblätter zu Blütenblättern und Hochblätter zu Kelchblättern umgebildet werden. Es sind beispielsweise bei Tulpen die oberen Laubblätter mitunter wie Blumenblätter gefärbt. Bei Pfingstrosen und bei Nieswurz läßt sich der Übergang von Laubblättern über Hochblätter zu Kelchblättern deutlich feststellen. An der Seerose, andererseits auch bei vielen „gefüllten" Blüten, kann der Übergang von Staubblättern zu Blütenblättern verfolgt werden.

Deutliche Beweise für die Richtigkeit der Abstammungslehre bieten auch die **Übergangsformen.** Hierher gehören die fossilen Urvögel (Archaeopteryx), die Merkmale von Reptilien wie auch von Vögeln aufweisen. Von rezenten Tieren sei die Gattung Peripatus genannt, deren Vertreter durch ihren Hautmuskelschlauch, ihre Stummelfüßchen und ihre Augen an Ringelwürmer, durch die Fühler, die Tracheen und die Krallen an die Gliederfüßer erinnern.

Eine vermittelnde Stellung zwischen Tieren und Pflanzen nehmen beispielsweise einige Euglenen ein, die im Dunkeln organische Stoffe aufnehmen, im Lichte aber wie Pflanzen assimilieren.

Auch die fossilen Samenfarne lassen sich anführen, deren Laubblätter weitestgehend den Farnen gleichen, die aber bereits sekundäres Dickenwachstum der Stämme aufweisen sowie typische Samen bilden und damit den Übergang von den Farnen zu den nacktsamigen Blütenpflanzen darstellen.

Sehr aufschlußreich für stammesgeschichtliche Betrachtungen sind die **rudimentären Organe,** die bei Pflanzen wie bei Tieren auftreten.

Rudimente bei **Pflanzen** sind beispielsweise die zu Schuppen rückgebildeten Blätter bei Spargel und Sommerwurz. In eingeschlechtigen Blüten zahlreicher Pflanzengattungen finden sich verkümmerte Staubblätter bzw. Stempel (z. B. Nachtnelke); in zwittrigen Blüten treten mitunter rudimentäre Staubblätter auf (z. B. Braunwurzgewächse). Bei **Tieren,** z. B. bei einigen Insekten, zeigt sich eine Rückbildung der Flügel. Sie ist häufig bei Parasiten (Läuse, Flöhe, Bettwanze), tritt aber auch bei anderen Formen auf (z. B. Fliegen, Laufkäfer). Andere Insekten, beispielsweise die Lausfliegen, lassen alle Übergangsstadien der Flügelreduktion erkennen (Abb. 36).

Manche Schmetterlingsarten aus den Familien der Spanner und Spinner haben nur im weiblichen Geschlecht rückgebildete Flügel (z. B. Frostspanner und Schlehenspinner).

Rückgebildete Lichtsinnesorgane finden sich häufig bei höhlenbewohnenden Tieren, so bei gewissen Käfern, Flohkrebsen (Niphargus z. B. auch in Brunnen),

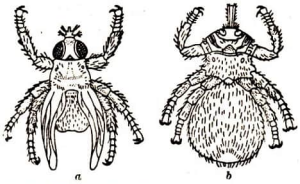


Abb. 36. Flügelreduktion bei Lausfliegen; *a* Schwalbenlausfliege, *b* Schaflausfliege

Asseln, Schnecken und Strudelwürmern. Bei ihren in normaler Helligkeit lebenden Verwandten sind die Augen gut ausgebildet. Der Grottenolm hat unter der Haut verkümmerte Augen, die nicht über eine frühe Entwicklungsstufe hinausgehen. Sie können experimentell durch Behandlung junger Larven mit geeignetem Licht weiterentwickelt werden. Eine Reduktion des optischen Apparates tritt auch bei Höhlensalamandern und Höhlenfischen auf. Meistens unterbleibt bei diesen Tieren auch die Pigmentierung der Haut.

Verschiedene Wirbeltiere zeigen **Rückbildungserscheinungen am Skelett.** Wale besitzen nur ein vorderes Gliedmaßenpaar. Statt der Hintergliedmaßen besitzen sie im Fleisch zwei kleine Skelettstücke. Dies sind die Reste des Beckengürtels. Beim Grönlandwal schließen sich noch weitere Knöchelchen an, die als Reste des Ober- und Unterschenkelknochens zu werten sind. Die Wale sind also von vierfüßigen Formen abzuleiten. Die Blindschleiche bewegt sich schlängelnd fort. Obwohl ihr Gliedmaßen fehlen, weist sie noch einen gut ausgebildeten Schultergürtel und Reste des Beckengürtels auf (Abb. 37). Diese Rudimente beweisen die Abstammung der Blindschleiche von vierfüßigen Vorfahren.

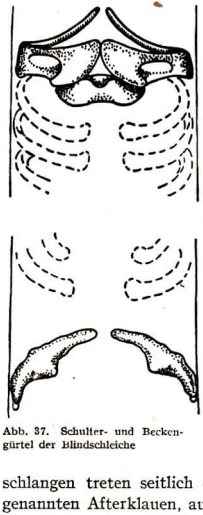


Abb. 37. Schulter- und Beckengürtel der Blindschleiche

Beim Scheltopusik, einer schlangenähnlichen Eidechse Südosteuropas, ist das vordere Gliedmaßenpaar ganz rückgebildet. Vom hinteren Paar finden sich noch zehenlose Stummel.

Fast bei allen Schlangen fehlen außer den Beinen auch Schulter- und Beckengürtel. Nur bei Riesenschlangen treten seitlich der Afterspalte kleine spornförmige Gebilde, die sogenannten Afterklauen, auf, die von Knöchelchen (Reste des Oberschenkels) getragen werden und Rudimente der Hinterextremitäten darstellen.

Rudimentäre Bildungen können auch beim **Menschen** beobachtet werden. Der Wurmfortsatz des Blinddarms, eine kleine Hautfalte des inneren Augenwinkels als Reste der Nickhaut und schließlich das Steißbein als ein Verschmelzungsprodukt der Schwanzwirbel sind Beispiele für Rudimente. Die Weisheitszähne brechen oft nicht mehr nach außen durch und tendieren dahin, rudimentär zu werden. All diese Bildungen finden ihre natürliche Klärung durch die Abstammungslehre und sind gleichzeitig Beweise für die Evolutionstheorie.

Wenn bestimmte Merkmale von Vorfahren nach einer Anzahl von Generationen an einzelnen Individuen wieder hervortreten, so wird von Rückschlag oder **Atavismus** gesprochen. Bei Pflanzen mit zweiseitig-symmetrischen Blüten (z. B. beim Löwenmaul) treten mitunter endständige Blüten mit radiärem Bau auf, sogenannte Pelorien. Das läßt auf die Abstammung dieser Formen von Pflanzen mit radiärsymmetrischen Blüten schließen.

Auch das Auftreten von überzähligen Zehen bei Pferden gehört hierher (Abb. 38). Atavismen kommen auch beim Menschen vor. Mitunter finden sich bei der Geburt überzählige Brustwarzen; selten ist eine starke Behaarung des ganzen Körpers. Auch die während der Embryonalentwicklung angelegten Kiemenspalten können noch nach der Geburt als Halsfistel erhalten sein. Alle diese Rückschläge lassen Schlüsse auf die Abstammung der betreffenden Formen zu.

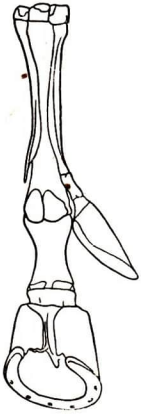


Abb. 38. Pferd. Extremität mit überzähligem Huf

3. Beweise aus der Serologie

Neben der vergleichenden Anatomie hat die vergleichende Physiologie in zunehmendem Maße zur Klärung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge beigetragen. Insbesondere die Ergebnisse der Serologie sind in dieser Beziehung bedeutungsvoll.

Zellen gleicher Leistung bauen sich jeweils aus gleichartigen Eiweißkörpern auf, Zellen verschiedener Funktion dagegen bestehen meist aus verschiedenen Eiweißkörpern. Für die verschiedenen Organe, wie beispielsweise Blut, Muskeln, Nieren, sind also jeweils bestimmte Eiweißkörper, die Bluteiweißkörper, Muskeleiweißkörper, Niereneiweißkörper usw., kennzeichnend; die Eiweißkörper besitzen Organspezifität. Bei Individuen verschiedener Arten bestehen jedoch selbst zwischen den Eiweißkörpern gleicher Organe bestimmte Unterschiede; die Eiweißkörper sind also weiterhin artspezifisch. Die Unterschiede zwischen ihnen sind jedoch um so geringer, je näher die betreffenden Arten miteinander verwandt sind. So zeigen beispielsweise die Bluteiweißkörper des Menschen nur geringe Unterschiede gegenüber denen des Schimpansen, schon größere gegenüber den Bluteiweißkörpern der anderen Menschenaffen, und zwischen den Bluteiweißkörpern des Menschen und denen der niederen Affen sind die Unterschiede bereits beträchtlich. Über Organ- und Artspezifizierung hinaus weisen bestimmte Eiweißkörper in den roten Blutkörperchen der Menschen und der Menschenaffen noch eine weitergehende Spezialisierung auf. Durch die Spezialisierung unterscheidet man die Blutgruppen (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 11. Schulj., S. 90). Da sich diese Blutgruppen sowohl bei Menschen als auch bei Menschenaffen finden, müssen sie vor der Aufspaltung der ursprünglich einheitlichen Entwicklungslinie entstanden sein.

Die mehr oder weniger große Ähnlichkeit von Eiweißkörpern läßt sich durch biologische Reaktionen nachweisen. Spritzt man beispielsweise einem Kaninchen Hammelserum in die Blutbahn, so bildet das Kaninchen Antikörper (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 11. Schulj., S. 91), die das Hammelserum präzipitieren, das heißt ausfällen. Diese Antikörper werden daher als Präzipitine, die Reaktion selbst wird als Präzipitinreaktion bezeichnet. Die von dem Kaninchen gebildeten Antikörper sind spezifisch, sie fällen nur die Eiweißkörper des Hammelserums. Ihre Spezifität ist jedoch nicht absolut; außer Hammelserum fällen sie in geringerem Maße auch das Serum anderer Schafarten (Mufflon, Steppenschaf usw.) und sogar das Serum von Ziegen. Die Stärke der Präzipitinreaktionen ist ein Maß für die Ähnlichkeit der verschiedenen Serumeiweißkörper; je schwächer die Reaktionen ausfallen, desto größer sind die zwischen den Eiweißkörpern bestehenden Unterschiede. In gleicher Weise wie durch Einspritzung von tierischem Serum bilden sich auch durch Einspritzung von pflanzlichem Eiweiß bei einem Versuchstier Antikörper.

Die Art der verwendeten Versuchstiere spielt hierbei keine Rolle. Diese Antikörper sind ebenfalls spezifisch gegen die eingespritzten Eiweißkörper gerichtet und bilden mit diesen einen Niederschlag. Sie reagieren, wenn auch in geringerem Maße, mit ähnlichen pflanzlichen Eiweißen, und auch bei dieser Reaktion entspricht die Stärke der Eiweißfällung dem Verwandtschaftsgrad der untersuchten pflanzlichen Eiweiße.

Das Zustandekommen nicht streng spezifischer Reaktionen erklärt man damit, daß die Eiweißkörper aus kleineren, ebenfalls schon artspezifischen Bausteinen, den sogenannten Protealen, aufgebaut sind und bei verwandten Arten die Eiweißkörper in einem gewissen Prozentsatz gleiche Proteale enthalten. Diese Proteale sind im Laufe der von beiden Arten gemeinsam zurückgelegten Entwicklung erworben worden und gehören somit zu den gemeinsamen Merkmalen der verwandten Arten. Auf Grund dieser Tatsache zeigt die mehr oder weniger große Ähnlichkeit von Eiweißkörpern zugleich den Verwandtschaftsgrad der entsprechenden Arten an. Der durch die Stärke der Präzipitinreaktionen angezeigte Prozentsatz gemeinsamer Proteale in verschiedenartigem Eiweiß kann als Maß der „serologischen Verwandtschaft" betrachtet werden. So ist die Serodiagnostik zu einem wichtigen Teilgebiet der Abstammungslehre geworden. Allerdings entspricht die „serologische Verwandtschaft" nicht ohne weiteres der stammesgeschichtlichen. Die zufällige Entstehung gleicher Proteale bei nicht verwandten Arten ist völlig unwahrscheinlich, da die Eiweißkörper äußerst kompliziert aufgebaut sind. Jedoch ist es möglich, daß ursprünglich gemeinsame Proteale sekundär bei der einen oder bei beiden Arten wieder abgebaut werden. So nimmt beispielsweise der Orang-Utan serologisch eine Sonderstellung gegenüber den anderen Menschenaffen und dem Menschen ein, da er viele alte Primatenproteale nach seiner Trennung von dem gemeinsamen Stamm der Menschenaffen wieder verloren hat. Die Präzipitinreaktionen können deshalb nur im Zusammenhang mit anderen Methoden zur Erforschung der stammesgeschichtlichen Zusammenhänge herangezogen werden. In den meisten der bisher untersuchten Fälle stimmen die

Ergebnisse serologischer Untersuchungen jedoch mit den durch andere Methoden ermittelten verwandtschaftlichen Verhältnissen überein.

4. Beweise aus der Ontogenie

Die Ontogenie ist die Lehre von der Gesamtentwicklung (Ontogenese) des Individuums. Nachdem sich seit Darwin in der Biologie die phylogenetische Betrachtungsweise durchzusetzen begonnen hatte, wurden in steigendem Maße auch ontogenetische Beobachtungen zur Klärung stammesgeschichtlicher Fragen benutzt.
Schon 1864 wies Fritz Müller nach, daß bei einer Reihe von Krebsen eine typische Larvenform (Nauplius) auftritt. Die einzelnen Nauplius-Larven ähneln sich außerordentlich, während die erwachsenen Tiere sehr verschieden gestaltet sind (Abb. 39). Besonders groß sind die Unterschiede zwischen frei beweglichen und festsitzenden Krebsen (Rankenfüßer), die man lange Zeit für Weichtiere („Entenmuscheln") gehalten hatte. Die mit den anderen Krebsen gemeinsame Larvenform beweist, daß diese stark abgewandelten Tiere echte Krebse sind.
Auch in vielen anderen Fällen führte der Vergleich von Larvenformen zur Klärung der Verwandtschaftsverhältnisse. So tritt die Larve der Ringelwürmer, die **Trochophora** (wörtl.: „Rad-Träger"), in abgeänderter Form als sogenannte Veligerlarve auch bei Weichtieren auf (Abb. 40). Diese Tatsache deutet auf verwandtschaftliche Beziehungen zwischen diesen Tieren, die sich in ausgebildetem Zustand stark voneinander unterscheiden.
Sogar die frühesten Stadien der Tierentwicklung lassen sich phylogenetisch auswerten. Die Embryonalentwicklung bei mehrzelligen Tieren beginnt im allgemeinen mit der befruchteten Eizelle (Einzellenstadium). Wiederholte Zellteilung führt zur Ausbildung einer Morula (Maulbeerkeim), die sich zu einer einschichtigen, mit Flüssigkeit gefüllten Hohlkugel (Blastula) weiterentwickelt. Aus der Blastula entsteht im einfachsten Falle durch Einstülpung die Gastrula (Becherkeim). Diese Entwicklungsstadien werden in mehr oder weniger abgeänderter Form von fast allen Metazoen durchlaufen.

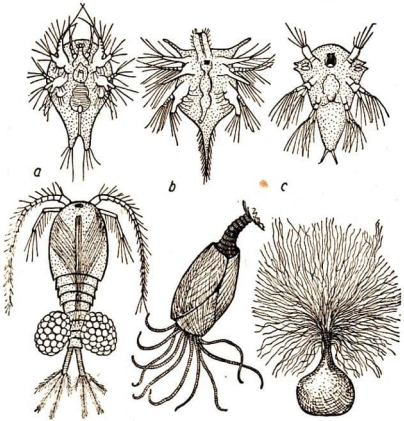


Abb. 39. Niedere Krebse und ihre sich ähnelnden Larven (Nauplius); obere Reihe: Larven, untere Reihe: Krebse;
a Hüpferling, *b* Entenmuschel, *c* Schmarotzerkrebs

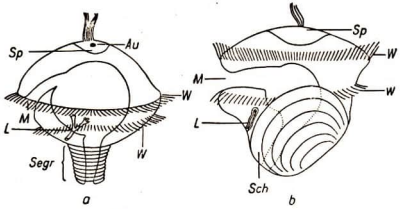


Abb. 40. Trochophora;
a von einem Anneliden (Polygordius), *b* von einem Mollusk (Toredo, Muschel). Schematisch. *Au* Augenfleck (einfaches Richtungsauge), *L* Larvenniere, *M* Mund, *Sch* Schale, *Segr* Segmentreihe des Wurmkörpers, die sich aus dem Rumpfzapfen bildet, *Sp* Scheitelplatte, *W* Wimpergürtel (Trochus)

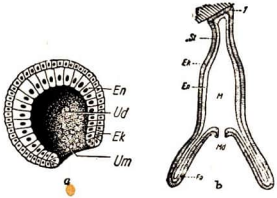


Abb. 41. Vergleich zwischen Gastrula und Coelenteraten;
a Gastrula, *b* Polyp.
Ek Ektoderm, *En* Entoderm, *F* Fußscheibe, *Fa* Fangarm, *M* Magen (Gastralraum), *Md* Mund, *St* Stützlamelle, *Ud* Urdarmhöhle (Gastralraum), *Um* Urmund

Somit durchläuft also jeder Vielzeller in seiner Ontogenese zunächst eine Entwicklungsstufe, die für die phylogenetisch primitive Gruppe der Einzeller typisch ist. Bei einigen Lebewesen geht die ontogenetische Entwicklung nicht über das Blastula-Stadium hinaus (z. B. Volvox). Höherentwickelte Tiere (Coelenteraten) entsprechen in ihrem Bau einer abgewandelten Gastrula (Abb. 41). Die Ontogenese der weiterentwickelten Vielzeller führt über das Gastrula-Stadium hinaus. Die große Rolle, die die Gastrula in der Ontogenese spielt, läßt auf eine Abstammung dieser Metazoen von einer der Gastrula ähnlichen Stammform schließen, die sich theoretisch von Lebewesen ableiten läßt, die den Grünalgen des Volvox-Typus vergleichbar sind.

Wie die Phylogenese verläuft die Ontogenese als Entwicklungsvorgang in der Regel vom einfacheren Zustand zum komplizierteren. Die Vermutung, daß dieser Parallelen Zusammenhänge zugrunde liegen, wurde bereits vor Darwin ausgesprochen. Von Bedeutung für die phylogenetische Forschung wurde die Ontogenie jedoch erst durch Ernst Haeckel, der 1866 im Anschluß an Fritz Müller die Ergebnisse beider Wissenschaftszweige durch sein „**biogenetisches Grundgesetz**" verknüpfte: „Die Ontogenese ist die kurze und schnelle Rekapitulation der Phylogenese, bedingt durch die physiologischen Funktionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung). Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwicklung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwicklung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben."

Das bedeutet jedoch nicht, daß die Ontogenese eines Organismus in jedem Falle ein vollständiges Bild seiner Phylogenese gibt. Haeckel selbst wies darauf hin, daß

die ontogenetische Entwicklung nur eine unvollständige Parallele der Stammesgeschichte darstellt. Man darf nicht erwarten, daß ein ontogenetisches Stadium irgendeinem Vorfahren genau gleicht. So wiederholt beispielsweise die Kaulquappe nicht die völlige Ausbildung der Fische, gleicht ihnen aber in den wesentlichen Zügen (Kiemenatmung, Ruderschwanz, Fehlen paariger Extremitäten, Herz aus Kammer und Vorkammer usw.).

Haeckel unterscheidet bei der Ontogenese zwischen palingenetischen und cenogenetischen Embryonalstadien.

Die palingenetischen Embryonalstadien zeichnen sich dadurch aus, daß sie weitgehend die stammesgeschichtliche Entwicklung widerspiegeln. Daneben gibt es Erscheinungen, die in der Phylogenese keine Parallelen aufweisen und Anpassungserscheinungen der Keime an bestimmte Bedingungen darstellen; sie werden cenogenetisch genannt.

Die Cenogenese äußert sich auf unterschiedliche Weise. Sie kann darin bestehen, daß stammesgeschichtlich bedingte Entwicklungsstufen ausfallen. So treten beispielsweise bei Schlangen keine Anlagen des Schultergürtels mehr auf, bei Bandwürmern findet sich keine Darmanlage, den Kiefern der Vögel fehlen Zahnanlagen. Des weiteren äußert sich die Cenogenese in einer Änderung der Reihenfolge, in der die embryonalen Anlagen auftreten. Diese Verschiebung wird als Heterochronie bezeichnet. Wichtige und komplizierte Organe erscheinen häufig besonders früh.

Schließlich gehört hierher das Auftreten von neuen Organen während der Embryonalentwicklung. Solche cenogenetischen Bildungen sind beispielsweise die Embryonalhüllen und die Plazenta der Säuger, die Finnenblase bei Bandwürmern, die Puppenruhe bei Insekten mit vollkommener Verwandlung und die Eisprenger oder Eizähne mancher Insekten, Reptilien und Vögel.

Die cenogenetischen Merkmale weisen also keine Parallele zur Stammesgeschichte auf. Sie stellen Abweichungen dar.

Deutliche Beispiele für die Beziehungen zwischen Phylogenese und Ontogenese finden sich bei den Wirbeltieren. Dazu einige Beispiele:

1. Während bei primitiven Chordatieren (Lanzettfischchen, Neunaugen u. a.) die Chorda dorsalis ständig erhalten bleibt, tritt sie bei den meisten Fischen, den Lurchen, Reptilien, Vögeln und Säugern nur während der Embryonalentwicklung auf und wird bald in steigendem Maße durch die Wirbel verdrängt (Abb. 26, S. 28). Das Auftreten der Chorda während früher Entwicklungsstadien der höheren Vertebraten berechtigt zu der Annahme, daß sie von Formen abstammen, bei denen die Chorda bleibendes Stützorgan war.

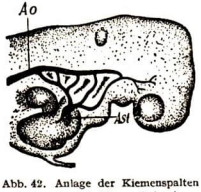


Abb. 42. Anlage der Kiemenspalten und der Arterienbögen bei einem jungen menschlichen Embryo (schematisch nach His).

Ao Aorta, *Ast* Aortastamm

2. In der embryonalen Entwicklung der Reptilien, Vögel und Säugetiere erscheinen Kiemenspalten,

die im Leben dieser Landtiere gar keine Rolle spielen und dementsprechend beim erwachsenen Lebewesen nicht mehr vorhanden sind. Wie diese Kiemenspalten entstehen auch Kiemenbögen und Kiemenarterien, die durchaus denen der Fische ähneln (Abb. 42). Sie weisen uns auf Vorfahren hin, die als reine Wassertiere gelebt haben. Für die im Wasser lebenden Larven der Amphibien sind sie erforderlich, bei den Reptilien, Vögeln und Säugetieren aber nur dadurch zu erklären, daß der Embryo die Stammesgeschichte verkürzt wiederholt. Bei der Embryonalentwicklung der Landtiere werden sie schließlich zu ganz anderen Organen umgebildet. Auch diese Vorgänge weisen auf eine Wiederholung der Stammesgeschichte hin.

3. Die Frösche (Anura) haben im Unterarm bzw. Unterschenkel einen einzigen Knochen (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 10. Schulj., Abb. 65). An der gleichen Stelle weisen ihre Larven zwei lange, knorpelige Skelettstücke auf (Radius-Ulna bzw. Tibia-Fibula), die im Laufe der weiteren Entwicklung verschmelzen. Das weist darauf hin, daß die Ahnen der Anuren paarige Unterarm- bzw. Unterschenkelknochen besessen haben. Diese Annahme wird durch die Paläontologie bestätigt. Die fossilen Panzerlurche (Stegocephalen), die Vorfahren der Lurche, haben die gleichen Extremitäten wie die Larven der Anuren.

4. Der Urvogel (Archaeopteryx, Abb. 20, S. 24) aus dem Oberen Jura besitzt eine lange Schwanzwirbelsäule, wie sie für die Saurier typisch ist, und zweizeilig nacheinander angeordnete Steuerfedern. Viele Vogelembryonen machen ein Entwicklungsstadium durch, in dem ähnliche Merkmale wie beim Urvogel auftreten (Abb. 43).

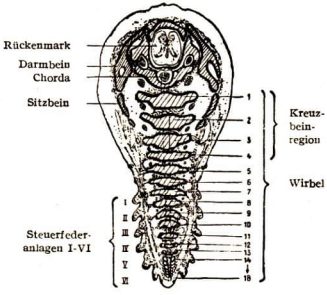


Abb. 43. Horizontalschnitt durch die Schwanzanlage eines Embryos des Waldkauzes (Scheitel-Steißlänge 22 mm) zur Veranschaulichung der embryonalen „Archaeopteryx". Die Schwanzanlage ist zunächst noch lang. Wirbelanlagen ziemlich isoliert. Die Steuerfederanlagen lassen sich den Wirbelsegmenten zuordnen (vgl. arabische Zahlen mit römischen). Diese urvogelhaften Verhältnisse gehen bei der späteren Schwanzverkürzung und Verwachsung zum Pygostyl (Schwanzknochen) verloren.

5. Die Jugendformen der Plattfische sind zweiseitig-symmetrisch. Erst im Verlauf der ontogenetischen Entwicklung treten die charakteristischen Veränderungen auf, wie Rückbildung der Schwimmblase, Verlagerung eines Auges und Farbloswerden der Unterseite (Abb. 44).

6. Beim Embryo der Blindschleiche treten noch die Anlagen der Vorderbeine auf, ein Hinweis auf die Abstammung dieser Tiere von vierbeinigen Lebewesen. Bei der erwachsenen Blindschleiche ist äußerlich von den Extremitäten gar nichts zu sehen, nur im Inneren des Körpers liegen Rudimente des Schulter- und Beckengürtels (Abb. 37, S. 36). So verrät die Embryonalentwicklung in manchen Fällen die Herkunft der Tiergruppe.

7. Die Embryonen der Bartenwale haben im Kiefer viele Zähne, die sogar noch verkalken, aber vor der Geburt wieder resorbiert werden. Da die Ahnenformen dieser Wale bezahnt waren, liegt hier eindeutig ein Hinweis auf die stammesgeschichtliche Entwicklung vor. Das gilt auch für das embryonale Auftreten eines Halses, der Behaarung und der Hinterbeine.

8. Der menschliche Embryo zeigt Merkmale, die eindeutig auf seine Abstammung von tierischen Vorfahren hinweisen. Embryonen besitzen beispielsweise in verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung Kiemenfurchen, ein aus Kammer und Vorkammer bestehendes Herz und Arterienbögen zwischen den Kiemenfurchen (Abb. 42, S. 41), eine dichte Behaarung (Lanugo), einen deutlichen Schwanz, einen neunten Knochen (Os centrale) in der Handwurzel und mehrere Anlagen von Milchdrüsen.

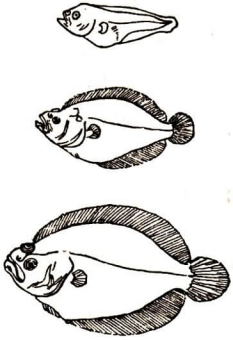


Abb. 44. Verlagerung der Augen bei Plattfischen

9. Viele besondere Eigenschaften eines Tieres werden erst am Ende der Entwicklung ausgebildet, so daß das fast vollständig ausgebildete Tier noch deutlich Beziehungen zu weniger spezialisierten Vorfahren zeigt. So entwickeln sich die sehr langen Schnäbel der Säbelschnäbler und der Pelikane erst nach dem Schlüpfen aus dem Ei. Das frisch geschlüpfte Junge ähnelt Vögeln mit normalen Schnäbeln. Die Fledermäuse besitzen bei der Geburt noch nicht die außerordentlich verlängerten Finger. Diese werden erst während der Säuglingszeit ausgebildet.

In manchen Fällen läßt auch das Verhalten der Tiere auf die Stammform schließen. Flugunfähige Insekten und Vögel zeigen noch Flugbewegungsreflexe, wenn sie in die Luft geworfen werden. Stummelschwänzige Affen und Katzenarten halten den Schwanz noch wie eine Balancierstange gleich den langschwänzigen Arten.

Auch bei den Pflanzen läßt die Untersuchung der Individualentwicklung oft Rückschlüsse auf die Stammesentwicklung zu. Die Embryonen vieler Pflanzen ähneln einander. Die Jugendblätter der Keimlinge spezialisierter Pflanzen sehen oft so aus wie die endgültigen Blätter anderer Arten der gleichen Gattung, die weniger von der Ausgangsform abweichen. So haben die Akazienbäume, die die Trockengebiete Afrikas und Australiens bewohnen, in Anpassung an das Klima anstatt der Blätter verbreiterte Blattstiele. Ihre Jugendstadien zeigen jedoch noch die typischen Fiederblätter der Hülsenfruchtgewächse (Abb. 45). Unter den Nadelhölzern (Koniferen) haben die Zypressengewächse, zu denen der Lebensbaum (Thuja) gehört, allgemein Schuppenblätter, also keine Nadeln. Die jungen Pflanzen jedoch tragen noch Nadeln und ähneln den Jugendformen anderer Nadelbäume. Die Schuppenblätter entstehen erst in einem späteren Stadium der Entwicklung.

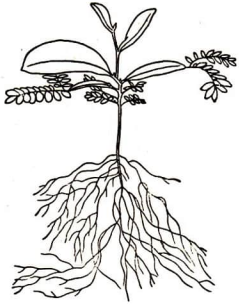


Abb. 45. Junge Pflanze von Acacia pycnantha, unten gefiederte Jugendblätter, nach oben allmählich Ausbildung der Phyllodien (nach Schenck)

Schon diese wenigen Beispiele zeigen, daß das Studium der ontogenetischen Entwicklung der Organismen von großer Bedeutung für die Klärung phylogenetischer Zusammenhänge ist. Da die Ontogenie Entwicklungsvorgänge untersucht, die jederzeit mit modernen wissenschaftlichen Methoden erforschbar sind, kann sie uns eine ganze Reihe von Beweisen für die Abstammungslehre geben.

5. Beweise aus der Tier- und Pflanzengeographie

Weitere Beweise für die Richtigkeit der Abstammungslehre können wir aus der Biogeographie, der Lehre von der geographischen Verbreitung der Tiere und Pflanzen, entnehmen. Es war schon Darwin aufgefallen, daß die Faultiere, Ameisenbären und Gürteltiere nur in Süd- und Mittelamerika verbreitet sind. Von diesen Tieren, die heute zur Ordnung Xenarthra zusammengefaßt werden, sind über 30 rezente Arten bekannt. Die fossilen Vertreter dieser Ordnung stammen aus Süd- und Nordamerika. In Südamerika hatte bereits Darwin Skelettreste dieser Gruppe aufgefunden. Bis heute sind fast 200 ausgestorbene Arten bekannt, die von den rezenten Formen zum Teil sehr verschieden sind. Die Beschränkung einer Tiergruppe auf ein Gebiet ist nur durch die Abstammungslehre erklärbar. Wir wissen, daß Südamerika im Tertiär keine Verbindung zu den übrigen Kontinenten hatte und seine Tierwelt deshalb eine selbständige Entwicklung durchlaufen konnte. Die Halbaffen entwickelten sich unter diesen Verhältnissen zu der Sondergruppe der Breitnasenaffen. Schmalnasenaffen sind in Südamerika nicht vorhanden. Auch Elefanten, Nashörner, Antilopen, die großen Raubtiere und viele andere Säugetiergruppen gab es im Tertiär dort nicht. So blieben die Tiergruppen erhalten, die anderwärts durch höherorganisierte verdrängt wurden. Die primitiven Tiergruppen entwickelten sich weiter, so daß wir heute dort andere Arten dieser Gruppen vorfinden als in früheren Epochen der Erdgeschichte.

Die geographische Isolierung seit dem Mesozoikum führte in Australien zur Erhaltung altertümlicher Vogel- und Säugetierarten. Besonders die Kloakentiere sowie die Beuteltiere, die, mit Ausnahme der überwiegend südamerikanischen Beutelratten, ganz auf das australische Faunagebiet beschränkt sind, sind hier zu nennen. Mit der Pflanzenwelt dieser Gebiete ist es nicht anders bestellt. So sind für Australien die Eukalyptus- und Grasbäume kenn-

zeichnend, die anderwärts fehlen. Noch viele andere Pflanzengruppen, die wir aus den übrigen Teilen der Erde nicht kennen, kommen in diesen Gebieten vor. Auch diese Tatsachen werden durch die Abstammungslehre erklärt, die besagt, daß alle Organismen sich entwickelten und im Laufe der Erdgeschichte veränderten.

Noch auffallender sind diese Erscheinungen bei Inseln. Ein besonders bekanntes Beispiel ist Madagaskar, wo viele höherentwickelte Tier- und Pflanzengruppen nicht vorhanden sind. Die aus Afrika und Indien bekannten Großsäuger und Raubtiere kommen auf Madagaskar nicht vor, dagegen hat sich eine besondere Mannigfaltigkeit an Halbaffen und Insektenfressern erhalten. Madagaskar ist seit dem Tertiär von Afrika und Indien getrennt. Seine Tier- und Pflanzenwelt hat sich unbeeinflußt von den anderen Kontinenten weiterentwickelt.

Kleine, oft durch ganz spezielle Umweltverhältnisse ausgezeichnete Inselgruppen zeigen diese Erscheinungen in noch stärkerem Maße. So war schon Darwin bei seinem Besuch der Galapagos-Inseln aufgefallen, daß jede dieser kleinen Inseln eigene Formen von Reptilien und Vögeln aufzuweisen hat (s. S. 74). Auf dem benachbarten Festland Südamerikas kommen nahe verwandte Arten vor, die jedoch nicht so vielgestaltig sind.

Wir wissen, daß die Galapagos-Inseln zu einer Zeit entstanden, als Südamerika schon eine höherentwickelte Tier- und Pflanzenwelt besaß. Man muß annehmen, daß die nach der Entstehung dieser Inseln von Südamerika hierher gelangten Tierarten sich in dieser Isolierung selbständig entwickelten. Zwischen den einzelnen oft nur wenige Kilometer voneinander entfernten Inseln gab es keine Austauschmöglichkeiten. Dadurch konnten bei manchen Tiergattungen sich die verschiedenen Formen nicht miteinander vermischen, und jede dieser Inseln besitzt nunmehr eigene, nur für sie charakteristische Arten.

Isolierte Inseln oder Inselgruppen in den Ozeanen, die weit entfernt von den Kontinenten liegen, zeichnen sich durch Sonderformen, die nur dort vorkommen, sogenannte Endemiten, aus. Das gilt für die Tiere und Pflanzen der Kerguelen oder St. Helenas ebenso wie für die der Kanaren oder Azoren. Die meisten Tiere und Pflanzen der Kanaren und Azoren sind mit Arten des europäischen Tertiärs verwandt. Einige haben Verwandte in Amerika, sehr wenige in Afrika. Es besteht kein Zweifel, daß sich diese endemischen Arten seit der Trennung der Verbindung zwischen den Inseln und dem Festland in anderer Richtung weiterentwickelt haben als die Arten auf dem Kontinent.

Große Seen innerhalb der Kontinente nehmen eine ähnliche Stellung ein. Sie sind vom Meer ebenso isoliert wie die Inseln vom Festland. In einigen Seen finden wir Tierarten, die zu Meerestieren Beziehungen haben. Diese Tiere dürften also Nachkommen von Meerestieren aus jenen Zeiten sein, da der See noch mit dem Meere in Verbindung stand. In solchen Fällen können wir das Alter der Tierarten genauer angeben, wenn wir wissen, wann diese Seen entstanden sind oder wann sie vom Meer abgeschnitten wurden.

In einigen Seen Schwedens kommen Fischarten vor, die jeweils nur auf einen See beschränkt sind und sonst auf der Erde nicht auftreten. Diese Seen sind

erst am Ende der Eiszeit entstanden, da Skandinavien vorher vom Inlandeis bedeckt war. Ihre endemischen Fischarten haben sich also erst in den letzten 8000 Jahren, seit dem Abschmelzen des Eises, aus anderen Arten entwickeln können. Ähnliches gilt für Seehundarten, die in Seen Kanadas und der Sowjetunion (Ladoga-, Kaspi-, Baikal- und Oronsee) vorkommen. Seehunde sind Meerestiere; es sind nur wenige Seehundarten in Binnenseen bekannt. Die Seen, in denen sie vorkommen, waren zum Teil noch vor 3000 Jahren Meeresbuchten. Erst nach dieser Zeit sind also jene besonderen Seehundarten entstanden.

Vielfach hat die Eiszeit in Europa zur Bildung neuer Formen beigetragen. Das einheitliche Verbreitungsgebiet einer Art wurde durch den tief nach Mitteleuropa vorgeschobenen Eisschild in einen östlichen und einen westlichen Teil zerschnitten. Hier entwickelten sich die zunächst einheitlichen Formen selbständig weiter und bildeten neue Arten oder Rassen, so beispielsweise den kleinen Gimpel im Westen und den großen im Osten. Nach dem Rückgang des Eises breiteten sich beide Formen über das frei gewordene Gebiet Mitteleuropas aus und entwickelten hier, da sie noch miteinander kreuzbar waren, eine mitteleuropäische Bastardrasse.

Bei der Waldtrespe ist diese Weiterentwicklung im gleichen Zeitraum in viel stärkerem Maße erfolgt, so daß wir heute zwei verschiedene Arten in Mitteleuropa unterscheiden, die nicht mehr miteinander fruchtbar zu kreuzen sind.

Die Gemsen leben innerhalb der Baumgrenze. Durch das Zurückgehen der Gletscher wurden sie auf die Hochgebirge des südlichen Europas beschränkt. Ein Austausch zwischen den Gemsengruppen der einzelnen Gebirge war nicht mehr möglich, so daß sich jede Gruppe unbeeinflußt von der anderen weiterentwickelt hat. Heute finden wir in jedem Gebirge, z. B. in den Pyrenäen, den Alpen, den Karpaten und im Kaukasus, eine eigene Gemsenrasse. Diese Rassen können sich also erst nach der Eiszeit herausgebildet haben.

Wir können sogar bei einigen Tier- und Pflanzenarten nachweisen, daß neue Arten oder Rassen erst in historischer Zeit entstanden sind. Der Mais, der Weizen und der Lein sind solche Pflanzenarten, die erst durch den Menschen gezüchtet wurden. Auf den Feldern dieser Kulturpflanzen entwickelten sich durch die besonderen Umweltbedingungen im Zusammenhang mit den Kulturmethoden Unkrautarten, die, wie man aus der Geschichte des Ackerbaus in Westeuropa nachweisen kann, erst vor etwa 3000 Jahren entstanden sind.

Auf den Färöer hat sich eine eigene Rasse der Hausmaus herausgebildet, obwohl die Hausmaus dort erst vor 250 Jahren vom europäischen Kontinent her eingeführt wurde.

So zeigen auch die Beispiele aus der Tier- und Pflanzengeographie, daß sich die Organismen entwickelt haben und sich ständig weiterentwickeln. Durch ihre Weiterentwicklung wirken sie auch auf die Umwelt ein und verändern diese; die Umwelt ist also in ständiger Veränderung durch die Tier- und Pflanzenarten begriffen. Die sich verändernde Umwelt verändert aber auch die Organismen. In dieser wechselseitigen Beeinflussung entwickelten sich die Organismen und ihre Umwelt.

III. Die Entstehung der Arten und die Grundlagen der systematischen Gliederung der Organismen

Die Betrachtung der Entstehung des Lebens auf der Erde hat gezeigt, daß mit dem Leben eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten auftreten, die das Leben als eine neue Qualität charakterisieren und für seine Entwicklung entscheidend sind. Die lebende Materie zeigt die Eigenschaften des Stoffwechsels, der Reizbarkeit, der Fortpflanzung, der Vererbung, der Veränderlichkeit und der Anpassung. Durch Stoffwechsel und Reize, also durch die Wechselwirkungen zwischen Organismus und Umwelt, entstehen ständig Veränderungen. Dabei können sich neue Eigenschaften herausbilden, die weitervererbt werden. Die Umwelt wirkt durch die natürliche Auslese auch richtend auf diese Entwicklung ein. So muß sich die lebende Materie fortwährend verändern; die Lebewesen müssen sich ständig weiterentwickeln. Die Organismen sind absolut veränderlich, unter bestimmten Bedingungen aber sind sie relativ konstant.

Arten können sehr alt sein und sich lange Zeit relativ unverändert erhalten haben; andererseits aber können neue Arten jederzeit entstehen. Das Alter und die relative Konstanz der Arten sind einmal von der Beständigkeit der Umwelt, zum anderen von der Festigkeit ihrer Vererbung abhängig. Ein Beispiel einer alten Art ist der Ginkgobaum. Früher war er über die nördliche Halbkugel der Erde weit verbreitet. Er hat sich seit Jahrhunderttausenden nicht mehr verändert und ist gewissermaßen erstarrt. Heute kann er nur noch unter dem Schutz des Menschen erhalten bleiben. Diese alten, erstarrten Arten sind selten, da sich solche Formen veränderten Umweltverhältnissen nicht mehr anzupassen vermögen. Andere Arten haben sich neuen Bedingungen angepaßt, haben neue Eigenschaften erworben und sich weiterentwickelt.

Wir wissen, daß die Lebewesen nach ihrer morphologischen, anatomischen und physiologischen Ähnlichkeit in sich näher- oder fernerstehende, größere und kleinere Gruppen zusammengefaßt werden können. So schaffen wir ein System, das der Übersichtlichkeit und der Verständigung dient. Die Taxonomie (Systematik), die Lehre von der natürlichen Ordnung der Lebewesen, kann aber diesen praktischen Zwecken nur dienen, wenn sie ein natürliches System schafft. Es ist erwiesen, daß die Organismen von anderen abstammen und miteinander verwandt sind. Dieser Tatsache muß das System gerecht werden, es muß den Abstammungsverhältnissen entsprechen. Die Systematik strebt an, einen Stammbaum aufzustellen, in dem die Organismen nach ihrer Verwandtschaft und Abstammung von gemeinsamen Vorfahren angeordnet sind. Die Verwandtschaft der Organismen ist die Grundlage für ein natürliches, phylogenetisches System. Dieses System wird von den heute noch im Gebrauch befindlichen praktischen und künstlichen Systemen vielfach abweichen. Es wird der Wahrheit näherkommen, je besser man die verwandtschaftlichen Zusammenhänge überblickt.

Der Stammbaum setzt sich aus Abstammungsgruppen oder Abstammungsgemeinschaften verschiedenen Grades zusammen, die einander übergeordnet sind. Wir bezeichnen sie als taxonomische Einheiten oder Kategorien.

Unsere Gartenerbsen sind mit anderen von Menschen gezüchteten Erbsen (z. B. Felderbsen) nahe verwandt. Sie lassen sich leicht miteinander kreuzen und geben eine fruchtbare Nachkommenschaft. Sie gehören alle einer taxonomischen Einheit an, der **Art Saaterbse.**
Mit anderen wilden Erbsenarten zusammen bilden sie eine höhere Abstammungsgruppe, die **Gattung Erbse.**
Auf Grund der gleichgestalteten Schmetterlingsblüten, der eiweißreichen Samen und vieler anderer Merkmale können wir hierzu als Verwandte die Linsen, Bohnen, Lupinen und andere Gattungen rechnen und zu einer **Familie der Schmetterlingsblütengewächse** zusammenfassen. Sie gehören einer Abstammungsgemeinschaft an, die sich von Ur-Schmetterlingsblütlern ableiten dürfte.
Alle Familien mit Hülsenfrüchten, freien Kronblättern, Fiederblättern und noch anderen gemeinsamen Merkmalen vereinigen wir zur **Ordnung der Hülsenfruchtartigen.**
Sie besitzt netznervige Blätter, offene Leitbündel und zwei Keimblätter und bildet zusammen mit anderen Ordnungen, die gleiche Merkmale aufweisen, eine Abstammungsgemeinschaft noch höheren Grades, die **Klasse der Zweikeimblättrigen.**
Mit anderen Klassen wird sie wegen Übereinstimmung in der Samenbildung, der Blütenbildung, der Bestäubung durch Pollen usw. zu dem **Stamm Samenpflanzen** vereinigt, der einen Teil des **Pflanzenreichs** darstellt. Wir erhalten demnach folgende systematische Rangordnung.

Pflanzenreich

Stamm	Samenpflanzen	*Spermatophyta*
Klasse	Zweikeimblättrige	*Dicotyledoneae*
Ordnung	Hülsenfruchtartige	*Leguminosales*
Familie	Schmetterlingsblütengewächse	*Fabaceae (Papilionaceae)*
Gattung	Erbse	*Pisum*
Art	Saaterbse	*Pisum sativum*

Ähnliche Einteilungen können wir bei den Tieren vornehmen. Die zahlreichen Rinderrassen, die der Mensch gezüchtet hat, vereinigen wir zur **Art Hausrind,** die mit dem Ur und anderen Rinderarten zu einer **Gattung Rind** zusammengefaßt werden kann. Zu verwandten Gattungen gehören Büffel und Yak, die gemeinsam die **Familie der Rinder** bilden. Rinder, Ziegen, Schafe, Kamele und andere Familien, die alle durch spezielle Merkmale des Körperbaus und des physiologischen Verhaltens ausgezeichnet sind, zeigen ihnen eigentümliche Entwicklungen des Kau- und Verdauungsapparates. Aus dieser Gleichheit des Baues und aus den paläontologischen Funden schließen wir, daß diese Familien sich alle von Ur-Wiederkäuern ableiten lassen; sie bilden die Unterordnung Wiederkäuer innerhalb der Paarzeherordnung. Zur **Ordnung der Paarzeher** gehört noch eine andere Unterordnung, die Nichtwiederkäuer. Mit vielen anderen Ordnungen zusammen bilden die Paarzeher die **Klasse der Säugetiere,** die durch ihre Milchdrüsen und einen

besonderen Skelett- und Schädelbau charakterisiert sind. Sie stammen von ursprünglichen Säugetieren ab, die sich aus den Reptilien entwickelt haben. Mit den Klassen der Vögel, Reptilien, Lurche und Fische verbindet diese Säugetiere die gemeinsame Eigentümlichkeit einer Schädelkapsel, einer Wirbelsäule sowie die Paarigkeit der Gliedmaßen. Alle zusammen bilden sie den Unterstamm der Wirbeltiere, der mit den Unterstämmen der Schädellosen und der Manteltiere zum **Stamm der Chordatiere** zusammengefaßt wird. Die Vertreter dieses letzten Stammes des **Tierreiches** weisen während gewisser Entwicklungsstufen oder dauernd eine Chorda dorsalis auf, über der das Zentralnervensystem liegt.

Diese Einheiten, benannt als Art, Gattung, Familie usw., sind also Bezeichnungen natürlicher Verwandtschaftsgruppen, die ihre Begründung in der Stammesgeschichte haben. Sie sind reale Einheiten oder Kategorien, auch wenn sie – im Zusammenhang gesehen – veränderlich sind. Sie sind relativ konstant, denn wir betrachten sie in bestimmten historischen Zeitpunkten. Es sind aus der Stammbaumentwicklung zu einem bestimmten Zeitpunkt herausgenommene Querschnitte. Auch die Art ist ein solcher historischer Querschnitt. Sie ist im Augenblick ihrer Betrachtung unveränderlich. Diese relative Unveränderlichkeit kann von kurzer Dauer sein oder auch durch Erdzeitalter hindurch anhalten. Die Art umfaßt also eine mehr oder weniger große Zahl von Individuen gleicher Entwicklungsstufe, die gleiche Merkmale und Eigenschaften aufweisen. Die Individuen einer Art leben in Kreuzungsgemeinschaften und vermischen sich ständig untereinander. So sind die Hunde trotz ihrer sehr großen Verschiedenheit stets untereinander fruchtbar. Sie gehören innerhalb der gleichen Art verschiedenen Rassen an. Auch verwandte Arten können sich bisweilen vermischen, doch sind ihre Kreuzungsprodukte oder Bastarde meist unfruchtbar. So sind beispielsweise die Kreuzungsprodukte von Pferd und Esel, die Maultiere und Maulesel, in der Regel unfruchtbar.

Auch in der Pflanzenwelt sind Bastarde Ausnahmen und in der Regel unfruchtbar. In manchen Gattungen deutet die Häufigkeit von Bastarden darauf hin, daß die Arten noch in Bildung begriffen sind. Sie sind häufig noch nicht scharf voneinander getrennt.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß alle Tier- und Pflanzenarten im Laufe größerer Zeiträume erhebliche Wandlungen durchgemacht haben. Aus wenig differenzierten, primitiven Formen entwickelten sich allmählich neue Arten, Gattungen, Familien und Stämme, wobei die Kompliziertheit von Bau und Funktion ständig zunahm. Die heutige Organismenwelt ist also mit den ausgestorbenen Lebewesen durch mehr oder weniger enge verwandtschaftliche Beziehungen verbunden. Diese Beziehungen lassen sich bildlich durch Stammbäume der Tiere und Pflanzen darstellen.

Der Entwicklungsvorgang ist jedoch in der Gegenwart keineswegs abgeschlossen. Auch die lebenden Organismen sind veränderlich. Das beweisen die zahlreichen Varietäten und die Ergebnisse der Tier- und Pflanzenzüchtung.

IV. Abstammung und Entwicklung des Menschen

Die Abstammungslehre erklärt nicht nur die Entstehung der rezenten Tier- und Pflanzenarten, sondern auch das Werden des Menschen. Seine Körpermerkmale lassen deutlich erkennen, daß er zu den Säugetieren gehört und sich mit ihnen entwickelt hat (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 11. Schulj., S. 15). Trotzdem unterscheidet sich der Mensch grundlegend von allen Tieren. Das ausschlaggebende Merkmal, das ihn qualitativ von allen anderen Vertretern des Tierreiches abgrenzt, ist die Arbeit, die Produktion materieller Güter. Mit dem Entstehen der menschlichen Gesellschaft unterliegt der Mensch nicht mehr allein biologischen Gesetzen; wesentliche Bedeutung gewinnen die der menschlichen Gesellschaft eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten.

Wenn wir die Stammesgeschichte des Menschen kennenlernen wollen, müssen wir uns einen Überblick über die Säugetiergruppe verschaffen, der er angehört. Es sind die Primaten, zu denen man Menschen, Affen *(Simiae)* und Halbaffen *(Prosimiae)* rechnet.

Die Säugetiere waren zu Beginn des Tertiärs noch relativ einheitlich gestaltet. Sie waren meist sehr klein und glichen in ihrem Körperbau weitgehend manchen rezenten Insektenfressern. Aus dieser Gruppe von primitiven Säugern sind alle anderen heute lebenden Säugetierordnungen hervorgegangen, auch die Ordnungen der Primaten. Diese erscheinen im Tertiär zunächst als **Halbaffen** (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 10. Schulj., S. 92). Die Halbaffen ähneln mit ihren langen Schwänzen und den meist langgestreckten Schnauzen noch sehr wenig den Affen. Heute ist diese Ordnung der Primaten fast nur auf Madagaskar zu finden, einige Arten kommen in Zentralafrika und Hinterindien vor.

Von Halbaffen stammen vermutlich die eigentlichen **Affen** ab. Ein Teil von ihnen hat sich in Amerika, das schon frühzeitig von den anderen Kontinenten abgesondert war, zu der selbständigen Gruppe der *Platyrrhina* (Plattnasen) entwickelt. Diese Tiere sind durch ihre seitlich auseinanderstehenden Nasenlöcher mit breiter Nasenscheidewand gekennzeichnet. Die Plattnasen haben sich nicht zu höheren Formen entwickelt.

Die Affen der übrigen Kontinente dagegen entwickelten sich in anderer Weise. Sie bilden heute die Unterordnung der *Catarrhina* (Schmalnasen, s. Lehrb. d. Biologie f. d. 10. Schulj., S. 92), die sich von den Plattnasen durch die nach vorn gerichteten Nasenlöcher und die schmale Nasenscheidewand unterscheidet. Diese formenreiche Gruppe trat in der ersten Hälfte des Tertiärs auf. Zu ihr gehören die Meerkatzen, Makaken, Paviane und andere Formen Asiens und Afrikas. Die Meerkatzenartigen waren im Tertiär auch in Europa weit verbreitet, sind aber hier als kälteempfindliche Tiere bei Beginn der Eiszeit nach Süden ausgewichen oder zugrunde gegangen. Fast alle diese Formen haben noch lange Schnauzen und raubtierhafte Eckzähne; sie sind Allesfresser, die sich gewöhnlich auf allen vieren fortbewegen.

Eine weitere Gruppe bilden die Gibbons oder Langarmaffen. Sie bewegen sich vielfach aufrecht, ihre Schnauze ist nicht mehr so weit vorspringend; ferner sind sie durch das Fehlen des Schwanzes gekennzeichnet.

Zu den Schmalnasen gehören auch die **Menschenaffen** *(Anthropomorphae)*. Die Menschenaffen sind, wie uns Fossilienfunde seit dem Mitteltertiär beweisen, in früheren Zeiten weit verbreitet gewesen. Während die heutigen Menschenaffen Waldtiere sind, gab es damals zahlreiche Menschenaffen, die in waldfreien Gebieten lebten. Von diesen Formen ist auf Grund der bisherigen wissenschaftlichen Ergebnisse der Mensch abzuleiten.

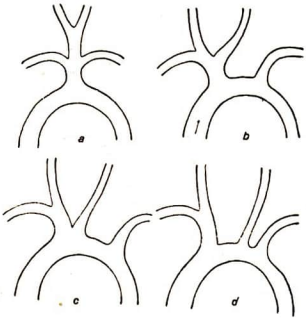


Abb. 46. Abzweigung der Arm- und Halsschlagadern vom Aortenbogen;
a Halbaffen, *b* Schmalnasenaffen ohne Menschenaffen, *c* Orang-Utan, *d* Gorilla – Schimpanse – Mensch

Die heute lebenden Menschenaffenarten sind also Überreste einer früher sehr weitverbreiteten Tiergruppe. Zu ihnen gehören Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse. Der Orang-Utan ist ein Baumtier der Sundainseln. Seine Vorfahren waren früher, wie man aus Fossilien entnehmen kann, weit über Ostasien verbreitet. Die afrikanischen Arten von Gorilla und Schimpanse sind ebenfalls Waldtiere.

Innerhalb der Primaten ist der Mensch den Menschenaffen näher verwandt als den übrigen Affen oder gar den Halbaffen. Dies wird bewiesen durch **vergleichende anatomische und serologische Untersuchungen.**

Bei den meisten Säugetieren mit Einschluß der Halbaffen verläuft in der Regel vom **Aortenbogen** aus eine Hauptschlagader, von der nach rechts und links die Armschlagadern und später die beiden Halsschlagadern abzweigen (Abb. 46). Die Schmalnasenaffen, mit Ausnahme der Menschenaffen, weisen einen selbständigen Ursprung der linken Armschlagader aus dem Aortenbogen auf, während die anderen drei sich noch aus der gemeinsamen Hauptschlagader abzweigen. Beim Orang-Utan ist das Bild dahingehend verändert, daß auch die linke Halsschlagader direkt neben der Hauptschlagader aus dem Aortenbogen austritt. Für Gorilla, Schimpanse und Mensch schließlich ist es charakteristisch, daß die Arterien für die linke Körperseite völlig selbständig aus der Aorta hervorgehen und nur die beiden rechten Arterien noch als gemeinsame Schlagader aus der Aorta abzweigen.

Außerdem sind bei den Menschenaffen dieselben **Blutgruppen** wie beim Menschen festgestellt worden: so die Blutgruppe A und 0 beim Schimpansen, A bei Gorilla, B und AB nur beim Orang-Utan.

Auch der Bau des **Oberkiefers** gibt uns über die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen dem Menschen und den anderen Primatengruppen näheren Aufschluß. Bei allen höheren Säugetieren besteht der Oberkiefer aus vier Knochen, dem rechten und linken Oberkieferknochen und den beiden Zwischenkieferknochen. Die Zwischenkieferknochen tragen die Schneidezähne. Beim Menschen sind sie

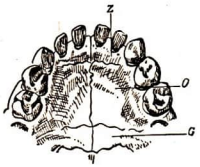


Abb. 47. Oberkiefer mit Milchgebiß. *G* Gaumenbein, *O* Oberkiefer, *Z* Zwischenkiefer

schon in der Jugend so stark mit den beiden Oberkieferknochen verwachsen, daß man sie kaum noch als selbständige Knochen erkennen kann; beim menschlichen Embryo und bei kleinen Kindern jedoch können sie noch als selbständig nachgewiesen werden (Abb. 47). Gleiche Verhältnisse finden sich beim Schimpansen. Beim Gorilla und Orang-Utan erfolgt die Verwachsung zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt.

Auf die Frage, welche der Menschenaffenarten in ihrem Körperbau dem Menschen am nächsten steht, geben uns noch weitere anatomische Untersuchungen eine Antwort. Nur in der Gruppe Gorilla – Schimpanse – Mensch treten **Stirnbeinhöhlen** auf (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 11. Schulj., S. 24). Der Orang-Utan besitzt fast nie Stirnbeinhöhlen. Auch **Siebbeinhöhlen,** die eine Verbreiterung der Nasenwurzel und einen weiten Augenabstand bedingen, finden wir nur bei Gorilla, Schimpanse und Mensch. Der Orang-Utan dagegen hat eine schmale Nasenwurzel und eng zusammenstehende Augenhöhlen.

Ferner finden wir am Handskelett auffallende Unterschiede. Der Orang-Utan hat in der **Handwurzel** neun Knochen. Der neunte Knochen, das Zentralbein (Os centrale) ist bei Gorilla, Schimpanse und Mensch im embryonalen Zustand noch vorhanden, verwächst in den ersten Lebensjahren jedoch mit den Nachbarknochen. Gorilla, Schimpanse und Mensch besitzen also später nur acht Handwurzelknochen.

Besonders wichtig ist schließlich noch der Vergleich der **Samenzellen** oder Spermien. Wenn sich auch die Samenfäden der Primatengruppen sehr ähneln, so kann man sie doch durch mikroskopische Untersuchungen voneinander unterscheiden. Nur zwischen den Spermien von Schimpanse und Mensch ist die Unterscheidung nahezu unmöglich.

Die angeführten Übereinstimmungen im Körperbau von Mensch und Menschenaffen beweisen ihre Verwandtschaft. Daraus darf nicht gefolgert werden, daß der Mensch sich von einer der rezenten Menschenaffenarten ableitet. Die Tatsache, daß der Schimpanse durch eine Reihe physischer Merkmale gerade dem Menschen nahesteht, spricht jedoch für eine gemeinsame Stammform beider Formen.

Obwohl sich der Mensch, wie seine Stammesgeschichte beweist, aus tierischen Vorfahren entwickelt hat, besteht zwischen Mensch und Tier, auch zwischen Mensch und Menschenaffe, ein qualitativer Unterschied.

Die grundlegende Besonderheit des menschlichen Lebens besteht in der Produktion der zum Leben notwendigen materiellen Güter. Der Mensch findet die Gegenstände, die er zum Leben braucht, in den meisten Fällen nicht fertig vor, sie sind Produkte menschlicher Arbeit. Die Arbeit ist das entscheidende Merkmal bei der Kennzeichnung des Unterschiedes zwischen Mensch und Tier.

Die Arbeit, als der „Gebrauch und die Schöpfung von Arbeitsmitteln" (Marx), beginnt mit der ersten Verfertigung von Arbeitsmitteln, von Werkzeugen. Sie

findet ihren historischen Niederschlag in den ältesten Werkzeugen (s. Lehrb. f. d. Geschichtsunterricht f. d. 9. Schulj., S. 13).
Arbeit ist stets eine gesellschaftliche Tätigkeit. Um den gemeinsamen Kampf mit der Natur führen und die einmal gemachten Erfahrungen weitergeben zu können, benötigen die Menschen ein Verständigungsmittel, die Sprache. Mit ihr wiederum ist unlöslich das Denken verbunden. Entstehung der Arbeit, Ausbildung der Hand zur vollendeten Greifhand, Herausbildung der Sprache und Entwicklung des Denkens stehen daher in enger Wechselwirkung miteinander.
Mit der Entwicklung des Menschen aus tierischen Vorfahren und mit der Entstehung der menschlichen Gesellschaft durch die Arbeit trat zugleich eine neue Gesetzmäßigkeit auf. In der belebten Natur fanden wir Stoffwechsel, Reizbarkeit, Vererbung, Vermehrung, Anpassung und Variabilität sowie die natürliche Auslese als entscheidende biologische Gesetzmäßigkeiten. Als sich aber die menschliche Gesellschaft herausgebildet hatte, wirkten sich in zunehmendem Maße auch die Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung aus. Die wesentlichste biologische Voraussetzung zur Entstehung der Arbeit und der menschlichen Gesellschaft war die Erwerbung des aufrechten Ganges durch eine hochentwickelte Affenart.
In den letzten Jahrzehnten (ab 1924) wurden in Südafrika (Transvaal) Reste von aufrecht gehenden Menschenaffen entdeckt. In der paläontologischen und paläoanthropologischen Forschung werden diese Funde als *Australopithecinen* (Einzahl: *Australopithecus* = Südaffe) bezeichnet. Die Australopithecinen lebten am Ende des Tertiärs. Man fand zahlreiche Schädelreste von Individuen verschiedenen Alters, dazu Becken-, Arm- und Schenkelknochen. Die Australopithecinen waren keine Urwaldbewohner wie die Mehrzahl der Affen und wie vor allem auch die heutigen Menschenaffen, sondern lebten in freiem, felsigem Gelände und in Höhlen. Sie waren bis 1,50 m groß und gingen im Gegensatz zu den heutigen Menschenaffen höchstwahrscheinlich aufrecht. Die Beckenform und die als Greiforgane entwickelten Hände zeigen nahezu menschlichen Bau. Der Schädel (Abb. 48) ist in der Seitenansicht schimpansenähnlich, ähnelt aber in der Ansicht von unten, besonders auch in der Gestalt des Zahnbogens, dem Menschenschädel. Die Stirnwölbung ist höher als bei den rezenten Menschenaffen, und die Überaugenbogen sind schwächer entwickelt. Der Schädelinhalt (500 bis über 700 cm^3) ist größer als beim heutigen Schimpansen (500 cm^3).
Die Gruppe der Australopithecinen ist auffallend vielgestaltig. Die Funde stammen allerdings aus einem Zeitraum, der sich über eine Million Jahre erstreckt.
Die älteste Stufe in der Menschheitsentwicklung ist die Stufe der **Affen- oder Urmenschen** *(Pithecanthropus-Stufe)*. Sie umfaßt etwa die Zeit von 600000 bis 200000 Jahre v. u. Z. Hierher gehören die Funde von Trinil auf Java *(Pithecanthropus)*, aus Ostafrika *(Africanthropus)*, von Mauer bei Heidelberg *(Homo heidelbergensis)* und vor allem die umfangreichen Reste von nahezu 60 Individuen, die bei Peking (Chou-Kou-Tien) in China gefunden wurden und die als *Sinanthropus* bezeichnet werden (Abb. 48). Diese bis 1,60 m großen Urmenschen lebten in waldarmen Gebieten und ernährten sich von der Jagd und vom Einsammeln wildwachsender Früchte und Knollen. Die Reste ihrer Mahlzeit zeigen zerschlagene

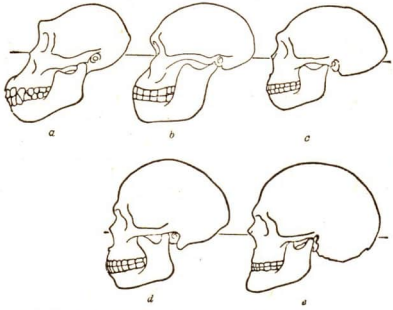


Abb. 48. Entwicklungsstufen des Menschenschädels;
a Schimpanse, *b* Australopithecus, *c* Sinanthropus pekinensis,
d Neandertaler von Ehringsdorf, *e* Cro-Magnon von Oberkassel bei Bonn

Tierknochen und zum Teil auch Reste von Urmenschen, so daß man Kannibalismus annehmen muß. Als Werkzeuge benutzten diese Urmenschen zurechtgeschlagene Steine und Knochen; man fand auch Trinkgefäße, die aus Schädeldächern von Antilopen angefertigt waren. Wie Holzkohlenreste beweisen, kannten sie den Gebrauch des Feuers. Die Urmenschen gingen aufrecht, doch noch etwas vorgeneigt. Ihre Schädel sind langgestreckt, die flache Stirn zeigt über beide Augenhöhlen hinweg ein gradliniges Überaugendach. Der Schädelinhalt (etwa 750 cm^3 bei Pithecanthropus, bis 1200 cm^3 bei Sinanthropus) ist wesentlich größer als bei den Menschenaffen; die Augenhöhlen sind groß und rund, die Nasenbeine jedoch klein. Der vorspringende Oberkiefer wirkt noch stark schnauzenartig, zumal das Kinn nicht entwickelt ist und der Unterkiefer zurückflieht.

Die Weiterentwicklung der Produktionsinstrumente, die ständige Erhöhung der Handfertigkeiten in der Herstellung und im Gebrauch der Werkzeuge, die Vervollkommnung der Sprache und des Denkens führten zu einer Höherentwicklung des Menschen. So entwickelte sich im Laufe eines sich über 400000 Jahre erstreckenden Zeitraumes aus dem Urmenschen der **Altmensch.** Nach dem in Deutschland im Jahre 1856 gemachten Fund (im Neandertal bei Düsseldorf) werden die verschiedenen Funde des Altmenschen unter der Sammelbezeichnung Neandertaler *(Homo neandertalensis)* zusammengefaßt.

Abb. 49. Schädelfund von Steinheim a. d. Murr (nach Berckhemer); rechts Rekonstruktion des Schädels

Der **Altmensch** lebte von etwa 200000 bis 70000 v. u. Z., seine Reste stammen in der Hauptsache aus dem Riß-Würm-Interglazial Europas. Der früheste Fund eines Altmenschen (von Steinheim a. d. Murr, Württ., Abb. 49) gehört aller Wahrscheinlichkeit nach schon in die Riß-Eiszeit. Die Altmenschen zeigen eine Verbreitung über Afrika, Asien und Europa; die Besiedlung des amerikanischen und australischen Kontinents ist für diese Zeit nicht nachgewiesen. Wir kennen heute Reste des Altmenschen aus Südafrika, Ost- und Südasien, Vorderasien und, wie bereits erwähnt, aus Europa (aus der Sowjetunion, aus dem Balkangebiet, aus Italien, Spanien, Frankreich, England, Belgien, Deutschland und der Tschechoslowakei). Eine Gruppe der Neandertaler zeigt in ihrem Körperbau, besonders in der Form ihres Schädels, daß sie ein Zwischenglied in der Entwicklung der Menschheit darstellt. Sie vereinigt in sich das Vergangene — die Stufe des Pithecanthropus — und kündigt bereits das Werdende — den Neumenschen, das heißt den Menschen der Gegenwart — an. Mit dem Pithecanthropus hat der Neandertaler noch den starken Knochenwulst über den Augenbrauen und die geringe Höhe der Schädeldecke gemeinsam. Dagegen lassen der größere Schädelinhalt und die beginnende Herausbildung eines Kinnvorsprungs eine Verwandtschaft mit den Menschen der Gegenwart erkennen. So zeigt das bei Ehringsdorf (bei Weimar) entdeckte Schädeldach, obwohl zu der Stufe des Altmenschen gehörig, eine verhältnismäßig hohe Stirnbildung, die auf die sich anbahnende zukünftige Entwicklung des Menschen hinweist (Abb. 48). Von besonderer Bedeutung für die Erkenntnis des Entwicklungsweges der gegenwärtigen Menschheit ist das in Palästina (im Karmel-Gebirge) entdeckte Skelettmaterial. Aus dem Material, das an den genannten Orten gefunden wurde, kann man schließen, daß die Höherentwicklung des Neandertalmenschen zum Menschen der Gegenwart sich zuerst in Mittel- und Vorderasien vollzogen hat. Einige späte Formen des Neandertalers in Europa sind grob gestaltet und gehören wohl nicht in die Vorfahrenreihe des Neumenschen.

Für die gesamte Kultur des Altmenschen ist ein Werkzeug charakteristisch, das uns in Tausenden von Stücken überliefert ist: der Faustkeil. Er wird in späteren Zeiten kleiner; zu ihm tritt dann ein zweiter Werkzeugtyp: die Handspitze. Mit der weiteren Entwicklung der Produktivkräfte lösen Spezialwerkzeuge, wie Bohrer, Schaber usw., den Faustkeil oder die Handspitze ab. Ernährungsgrundlage der Altmenschen bildete die Jagd, vornehmlich auf größere Säugetiere (Altelefant, Mercksches Nashorn, Wildpferd, Wisent). Vor wenigen Jahren fand man in der Lüneburger Heide das Skelett eines Altelefanten, zwischen dessen Rippen ein 2,15 m langer Holzspieß steckte. Fernwaffen kannten die Altmenschen sehr wahrscheinlich noch nicht. Der Altmensch vermochte vermutlich das Feuer nicht nur zu unterhalten, sondern auch selbst zu erzeugen. Ur- und Altmensch verkörpern die gesellschaftliche Stufe der Urhorde. Die Zeit der Urhorde oder Jägerhorde umfaßt die archäologische Kulturstufe der älteren Altsteinzeit (= Altpaläolithikum).

Mit den verfeinerten Werkzeugen des folgenden Jungpaläolithikums fand man Reste von höherentwickelten Menschen, die als **eiszeitliche Neumenschen** *(Homo sapiens diluvialis*, Abb. 48, S. 54) bezeichnet werden. Sie sind als sogenannte Cro-Magnon-Menschen über Süd- und Mitteleuropa von den Pyrenäen bis zum Kaukasus verbreitet. Der eiszeitliche Neumensch ist in Afrika und auf Java nachgewiesen. Durch ihn erfolgte die Besiedlung Australiens und der Arktis und damit vielleicht auch Amerikas, wenn diese Besiedlung nicht erst in der Nacheiszeit eintrat. Entsprechend den verschiedenen Umweltbedingungen auf den einzelnen Kontinenten fand von dem eiszeitlichen Neumenschen und seinen Nachkommen aus die Bildung der rezenten Rassen statt.

Die eiszeitlichen Neumenschen waren 1,60 bis 1,90 m groß, hatten den aufrechten Gang des heutigen Menschen und die charakteristische S-förmig gebogene Wirbelsäule. Der Kinnvorsprung ist stark entwickelt, die Nasenwurzel in der Regel stark eingezogen. Der Schädelinhalt kam dem des heutigen Menschen (durchschnittlich 1350 cm^3) sehr nahe.

Zwar war der eiszeitliche Neumensch noch immer in der Hauptsache Jäger und Sammler, doch hatte er in der Entwicklung der Produktivkräfte eine weitaus höhere Stufe erreicht als der Altmensch. Diese höhere Stufe ist gekennzeichnet durch die Weiterentwicklung der Spezialwerkzeuge; erstmalig finden sich Werkzeuge zur Werkzeugherstellung. Darüber hinaus wurde der Kreis der zur Werkzeugherstellung verwendeten Rohstoffe erweitert. Neben Stein und Holz traten als Rohstoffe Knochen, Mammutelfenbein und Geweihstücke. Fernwaffen, wie Speer, Harpune, Pfeil und Bogen, kamen in Gebrauch. Die Verbesserung der gesamten Werkzeugtechnik, die Verfeinerung der Jagdmethoden, die Weitergabe der angesammelten Arbeitserfahrungen, die Organisierung des gesamten gemeinschaftlichen Lebens machten die feste Ordnung des gesellschaftlichen Lebens der Jägerhorde erforderlich. So entstand als Folge der Höherentwicklung der Produktivkräfte aus der Urhorde die Jägersippe und mit dieser die Gentilgesellschaft. Jetzt erst finden wir regelrechte Bestattungen der Toten mit Beigaben von Geräten, Werkzeugen oder Speisen. Wir können die Anfänge der Musik und überhaupt der Kunst nachweisen. Die zahlreichen aus jenen Zeiten erhaltenen Schnitzereien und Malereien geben uns gute Vorstellungen vom Leben dieser späten Eiszeitmenschen.

Der heutige Neumensch (Homo sapiens alluvialis oder recens) entwickelte sich seit dem Ende der letzten Eiszeit aus diesen eiszeitlichen Neumenschen.

B. DIE ABSTAMMUNGSLEHRE IM RAHMEN DER GESELLSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG

I. Die Lehren von der Konstanz der Arten

Im Mittelalter hatte sich die Kirche als Vertreterin der Interessen des Feudalismus den Einfluß auf Schulen und Universitäten gesichert. Mit Hilfe der scholastischen Philosophie wurde die Entwicklung der Wissenschaften im Sinne ihrer Glaubenssätze gelenkt. Da die Vertreter des Papsttums frühzeitig erkannten, daß die zunehmende Kenntnis der Natur und ihrer Gesetze allmählich die Grundlage der kirchlichen Dogmen und damit der kirchlichen Macht erschüttern mußte, versuchten sie mit allen Mitteln, die Arbeit der Naturforscher zu begrenzen. Zu diesem Zwecke griffen sie auf die Schriften des griechischen Philosophen Aristoteles (384 bis 322 v.u.Z.) und des Arztes Galen (131 bis 210) zurück, die durch Vermittlung der Araber wieder bekanntgeworden waren. Die Ansicht des Aristoteles, daß die Zweckmäßigkeit in der Welt der Organismen auf eine göttliche Vernunft zurückzuführen sei, und Galens Lobgesang auf die Weisheit des Schöpfers ließen sich leicht in den Rahmen der kirchlichen Scholastik einfügen. Galen und Aristoteles wurden zu Autoritäten gemacht, und nur das, was in ihren Werken stand, durfte gelehrt werden. Wer über ihre Anschauungen hinausging, wurde als Ketzer verfolgt. So endeten bis ins 17. Jahrhundert hinein bedeutende Philosophen und Naturforscher, wie Giordano Bruno (1550 bis 1600) und Lucilio Vanini (1584 bis 1619), auf dem Scheiterhaufen.

Infolge dieser hemmenden Einflüsse entwickelte sich die Biologie nur langsam. Die Gelehrten konnten zwar darüber streiten, wieviel Zähne ein Pferd nach Aristoteles haben mußte, wagten aber nur zögernd, eigene Naturbeobachtungen anzustellen. Im Zeitalter der Entdeckungen und der ersten großen Reisen mehrten sich allmählich die Kenntnisse.

Im 16. Jahrhundert entstand eine Reihe bebilderter Pflanzen- und Tierbücher, darunter das vierbändige Werk von Konrad Gesner (1516 bis 1565) „Die Geschichte der Tiere".

Allmählich wurde, besonders durch die Arbeit der Anatomen, auch der Glaube an die von der Kirche gebilligten Autoritäten erschüttert. Aber noch immer stieß jede neue Entdeckung auf heftigen Widerstand. In dem Werk „Sieben Bücher vom Bau des menschlichen Körpers" hatte sich Andreas Vesalius (1514 bis 1564?) auf Grund eigener Untersuchungen bereits weitgehend von Galen gelöst. Das Buch kam vor die Inquisition, Vesalius konnte die wissenschaftliche Arbeit nicht fortsetzen und mußte kurze Zeit danach seine Professur in Padua aufgeben. Nachdem

er eine Zeitlang Leibarzt am spanischen Hofe gewesen war, verschwand er spurlos auf einer Pilgerfahrt.

Die wirkliche Funktion des Herzens, das Aristoteles für den Sitz der Seele und des Intellekts ansah, wurde durch den Engländer William Harvey (1578 bis 1657) erkannt, der 1628 den Blutkreislauf entdeckte. Aber auch Harvey kam in vielen Punkten nicht über Aristoteles hinaus. Er nahm noch eine Urzeugung niederer Tiere aus faulenden Stoffen an und glaubte an die Unveränderlichkeit der Arten. Um 1674 wies der italienische Arzt Francesco Redi (1626 bis 1697) nach, daß Fliegenmaden auf natürliche Weise aus Fliegeneiern entstehen. Er legte zwei Fleischstücke aus, von denen er eines mit einem Fliegennetz überspannte, das andere aber unbedeckt ließ. Maden entwickelten sich nur in dem unbedeckten Stück. Wegen dieser Entdeckung wurde er der Ketzerei beschuldigt, denn sie widersprach den Lehren des Aristoteles. Im 17. Jahrhundert wurden durch holländische Linsenschleifer die ersten einfachen Mikroskope gebaut; damit wurde die Welt der Kleinlebewesen erschlossen. Der Holländer Anton van Leeuwenhoek (1632 bis 1723) machte mit selbstgebauten Instrumenten zahlreiche Entdeckungen.

Sein Schüler Ludwig van Ham sah als erster Naturforscher menschliche Samenzellen. Leeuwenhoek wies Spermien auch bei einer Reihe von Tieren nach. Die neuen Tatsachen bildeten aber nicht den Ausgangspunkt neuer Theorien, sondern wurden benutzt, um die alten Dogmen zu stützen. Die wahre Bedeutung der Samenzellen wurde nicht erkannt. Man glaubte vielmehr, fertig vorgebildete Lebewesen in Miniaturform zu sehen.

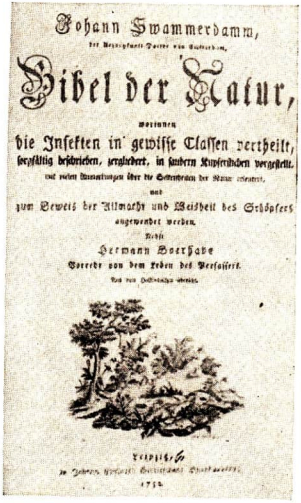

Johann Swammerdamm,
Bibel der Natur,
worinnen
die Insekten in gewisse Classen vertheilt,
sorgfältig beschrieben, zergliedert, in saubern Kupfertrücken vorgestellt,
und vielen Anmerkungen über die Geheimnisse der Natur erläutert,
und
zum Beweis der Allmacht und Weisheit des Schöpfers
angewendet werden.
Nebst
Hermann Boerhave
Vorrede von dem Leben des Verfassers.
Aus dem Holländischen übersetzt.
Leipzig.
1752.

Abb. 50. Titelblatt der deutschen Ausgabe von Swammerdams „Bibel der Natur"

Als der Holländer Jan Swammerdam (1637 bis 1680), der eine ganze Reihe hervorragender anatomischer Untersuchungen wirbelloser Tiere durchgeführt hatte, sich mit der Metamorphose der Insekten beschäftigte, kam er zu der Überzeugung, daß es keine Neuentstehung, keine Entwicklung in der Natur gäbe, sondern daß sich die fertig vorgebildeten Lebewesen nur entfalten würden. So entstand die Präformationstheorie oder Einschachtelungslehre, nach der bei der Erschaffung der Organismen auch die zukünftigen Lebewesen in Form ineinandergeschachtelter Keime miterschaffen seien und im Laufe der

Entwicklung nur „ausgewickelt" würden. Da die ganze Präformationstheorie nur eine scheinwissenschaftliche Abwandlung der Schöpfungslehre darstellte, wurde sie außerordentlich gefördert und war die vorherrschende biologische Theorie des 18. Jahrhunderts.

Während sich die Anhänger der Präformationslehre noch darüber stritten, ob im Ei oder in der Samenzelle die zukünftigen Lebewesen eingeschachtelt seien, hatte der deutsche Arzt und Anatom Caspar Friedrich Wolff (1733 bis 1794) mit seiner Dissertation „Theorie von der Erzeugung" (1759) nachgewiesen, daß die Teile der pflanzlichen und tierischen Lebewesen erst während des Wachstums durch Bildung und Umgruppierung von „Bläschen" (Zellen) entstehen. Da die Vertreter der Präformationslehre, die auf den Lehrstühlen der Universitäten saßen und vom Staat und von der Kirche gefördert wurden, gegen die Theorie Wolffs von der Epigenesis (Neubildung) eingestellt waren, erhielt der bedeutende Gelehrte keine Vorlesungsgenehmigung. Er mußte 1764 seine Heimat verlassen, weil er sich gegen seine zahlreichen Widersacher nicht durchsetzen konnte.

Das Dogma von der Unveränderlichkeit der Lebewesen und die Schöpfungslehre blieben auch in der Folgezeit maßgebend. Beide Theorien wurden wesentlich unterstützt durch die Anschauungen des schwedischen Botanikers Carl von Linné (1707 bis 1778).

Linné hatte sich schon früh für die Botanik interessiert, studierte Medizin und erhielt bereits als Zwanzigjähriger die Erlaubnis, botanische Vorlesungen abzuhalten. Nach mehreren großen Reisen erwarb er 1735 in Holland den medizinischen Doktorgrad. Im gleichen Jahre erschien sein „Natursystem", das von Auflage zu Auflage umfangreicher wurde. Das „Natursystem" umfaßt das Mineral-, das Pflanzen- und das Tierreich. Die Pflanzen wurden nach den Geschlechtsmerkmalen eingeteilt, die Klassen nach der Anzahl der Staubfäden, die Ordnungen nach den Stempeln. Die systematische Einteilung des Tierreiches bestand aus sechs Klassen (Vierfüßer, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten, Würmer). Auch hier erfolgte die Einteilung nach willkürlichen Prinzipien. Um Übersicht in die Fülle der Organismen zu bringen, schuf Linné die binäre Nomenklatur, das heißt, er gab jeder Art zwei Namen, den Gattungs- und den Artnamen.

Trotz bedeutender Verdienste hat Linné die Weiterentwicklung der Biologie gehemmt, da er auf dem Boden der Schöpfungslehre stand und das Dogma von der Unveränderlichkeit der Arten vertrat. Schon im „Natursystem" steht der Satz: „Es gibt keine neuen Arten." Ein Jahr später schrieb Linné: „Wir rechnen so viele Arten, als von Anbeginn geschaffen wurden." Wenn auch Linné später seinen starren Standpunkt milderte, wurde er, nicht zuletzt wegen seines Festhaltens an der Schöpfungslehre und am Konstanzgedanken, zur neuen Autorität. Seine Werke wurden weit verbreitet, und er selbst stand bei kirchlichen und weltlichen Würdenträgern in hohem Ansehen.

Im ganzen 18. Jahrhundert konnte sich infolge solcher hemmenden Einflüsse der Gedanke einer natürlichen Entwicklung der Lebewesen nicht durchsetzen, obgleich sich eine Reihe von Gelehrten gegen die herrschenden Anschauungen wandte.

Im Jahre 1749 erschien der erste Band der „Allgemeinen Naturgeschichte" des Franzosen Buffon (1707 bis 1788). Buffon war ein Gegner der Präformationslehre und deutete bereits die Möglichkeit einer Entwicklung der Tier- und Pflanzenarten an. Menschen und Affen sprach er gemeinsame Ahnen zu. Die Ursachen der Veränderungen und Abstufungen im Tier- und Pflanzenreich sah er in den Beziehungen und Verhältnissen der Lebewesen zur Umwelt. Da viele seiner Gedanken in Widerspruch zu den Anschauungen der Theologen standen, wurde Buffon von der Pariser Theologischen Fakultät angegriffen. Weil er seine glänzende Stellung bei Hofe nicht verlieren wollte, gab er eine Erklärung ab, in der es heißt, daß es ihm niemals in den Sinn gekommen sei, dem Texte der Heiligen Schrift zu widersprechen, und daß er an die göttliche Schöpfung zuversichtlich glaube.

Buffon ist nicht der einzige Gelehrte, der damals den Entwicklungsgedanken aussprach, aber es zeigte sich, wie schwer sich zunächst eine neue Betrachtungsweise der Natur gegen die herrschenden Ansichten durchsetzen konnte. Der Feudalismus in seiner weiterentwickelten Form als Absolutismus versuchte im Kampf um seinen Bestand die herrschenden Zustände als gottgewollt zu verewigen. Dabei boten die Dogmen der Kirche eine wirksame Unterstützung.

Zu dieser Zeit war England den anderen Ländern nicht nur in wirtschaftlicher, sondern auch in politischer Hinsicht voraus. Das blieb nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaften.

In den Jahren 1788 bis 1791 schrieb der vielseitige englische Arzt, Naturforscher und Philosoph Erasmus Darwin (1731 bis 1802, Abb. 51), der Großvater von Charles Darwin, ein Lehrgedicht mit dem Titel „Der botanische Garten". Obwohl dieses Werk viele Schwächen aufweist und durch seine blumenreiche Sprache etwas phantastisch anmutet, verdient es Beachtung, weil Erasmus Darwin darin eine Theorie von der Umbildung der Arten entwickelte. Als Beweis für seine Ansicht führt er eine Reihe rudimentärer Organe bei Tieren und Pflanzen an, „welche anzudeuten scheinen, daß jene von ihrem Urzustande einem schrittweisen Wechsel unterlegen seien": Staubfäden ohne Staubbeutel und Griffel ohne Narben bei manchen Pflanzen, die Flügelreste der Zweiflügler, die Brustwarzen der Männchen oder rückgebildete Zehen bei Tieren.

Abb. 51. Erasmus Darwin

Bezeichnend ist, daß Erasmus Darwin nicht nur als Wissenschaftler über die herrschenden Anschauungen hinausstrebte, sondern daß er auch an den politischen und sozialen Problemen seiner Zeit interessiert war. Jede Art von Unterdrückung war ihm verhaßt. Besonders scharf wandte er sich gegen die Sklaverei. Großen Eindruck machte auf ihn

die französische bürgerliche Revolution von 1789, die er im „Botanischen Garten" als Zeichen einer neuen Zeit begrüßte, als Signal für „die Guten und Tapferen aller Länder, die Welt durch das Band der Freiheit zu einen". Aus diesem Geiste heraus entstand sein Hauptwerk „Zoonomia oder die Gesetze des organischen Lebens" (1794). Die Präformationslehre lehnte Erasmus Darwin ab, weil sie in Widerspruch zu den Beobachtungen steht. Jedes Wesen ist für ihn eine vollständige Neubildung. In der „Zoonomia" vertritt er noch ausführlicher als im „Botanischen Garten" den Gedanken der Entwicklung im Organismenreiche. Zahlreiche Beweise werden aufgeführt: die großen Veränderungen durch die Domestikation, die Ähnlichkeiten im anatomischen Bau vieler Tiere und die Umbildungen, die durch wechselnde Bedürfnisse der Organismen hervorgerufen werden. Erasmus Darwin war davon überzeugt, daß sich erworbene Eigenschaften vererben.

Wegen seiner positiven Einstellung zur französischen Revolution wurde Erasmus Darwin in gehässiger Weise angegriffen. Seine Bücher fanden dennoch eine weite Verbreitung und wurden in mehrere Sprachen übersetzt, ein Zeichen, daß bei vielen Menschen sich eine Abkehr von den alten Dogmen vollzog. Darauf wurde das Hauptwerk von Erasmus Darwin vom Papst auf den Index gesetzt.

Am Ende des 18. Jahrhunderts war die Linnésche Betrachtungsweise der Natur vorherrschend; auf biologischem Gebiet war noch kein grundsätzlicher Umschwung im Denken der Menschen eingetreten. Das Sammeln und Beschreiben der Arten nach äußeren Merkmalen, das bloße Klassifizieren, war zu einer wahren Leidenschaft geworden.

In Frankreich waren inzwischen durch die Revolution die Voraussetzungen für eine breite Entfaltung der wissenschaftlichen Arbeit geschaffen worden. In diese Zeit fällt die Entwicklung Lamarcks zum Begründer einer alle bisherigen Versuche überragenden Entwicklungstheorie.

Nach der Rückkehr der Bourbonen auf den Thron trat eine verschärfte Reaktion ein. So kam es, daß Lamarcks Werk nicht zum Ausgangspunkt einer neuen Betrachtungsweise der Natur wurde, sondern die Lehren von der Konstanz der Arten und von der prinzipiellen Unveränderlichkeit weiterhin dominierten. In dieser Hinsicht übte der französische Naturforscher George Cuvier (1769 bis 1832) zu Beginn des 19. Jahrhunderts einen ähnlich verhängnisvollen Einfluß aus, wie vor ihm der Botaniker Linné.

Cuvier wurde 1794 von dem jungen Zoologieprofessor Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772 bis 1844), der ab 1793 mit Lamarck zusammen am Pflanzengarten in Paris wirkte, in diese Stadt geholt.

Cuvier entstammte einer Emigrantenfamilie, war auf der Karlsschule in Stuttgart erzogen worden und hatte sich als Hauslehrer aus Liebhaberei mit anatomischen Studien beschäftigt. Im Gegensatz zu Lamarck stand er den Auswirkungen der Revolution skeptisch gegenüber. Infolge seiner guten anatomischen Kenntnisse und durch seinen Fleiß brachte er es bald zum Lehrer der Naturgeschichte an der neugegründeten Zentralschule. In der ersten Zeit seines Pariser Aufenthaltes verband ihn eine innige Freundschaft mit Geoffroy Saint-Hilaire, die aber nicht anhielt. Sehr bald trat Cuvier in enge Beziehungen zu Napoleon. Er wurde im

Jahre 1799 bereits Sekretär der Akademie und erlangte so das höchste wissenschaftliche Amt in Frankreich. Im Jahre 1802, als Napoleon lebenslänglicher Konsul geworden war, wurde Cuvier lebenslänglicher Sekretär. Bald darauf ernannte ihn Napoleon zum Generalinspekteur des französischen Schulwesens, und wenig später erhielt Cuvier maßgebenden Einfluß bei der Umgestaltung und Neueinrichtung von Universitäten. In der Zeit der Restauration wurde er Präsident der nichtkatholischen Kulte, erhielt den Titel Baron und wurde zum Staatsrat ernannt.

Cuviers erste Arbeiten galten dem Studium der Meerestiere, besonders der Fische, Mollusken und Würmer. Besonderen Wert legte er auf eine sorgfältige Zergliederung der von ihm bearbeiteten Tiere, deren anatomischen Bau er miteinander verglich. Bei den Tieren unterschied er vier Grundpläne, und zwar den Typus der Wirbeltiere, der Weichtiere, der Gliedertiere und der Strahltiere.

Zu dieser Zeit war bereits eine große Zahl von Resten ausgestorbener Tiere bekannt. Das durch Kalkablagerungen gebildete Pariser Becken ist besonders reich an Versteinerungen, die Cuvier eingehend untersuchte. Er hat auch die Skelette ausgestorbener Tiere mit denen lebender Tiere verglichen. Seine Beschreibungen sind sehr genau, so daß man ihn zu den Begründern der Paläontologie zählen kann.

Cuvier hatte also durch die vergleichend-anatomische und durch die paläontologische Arbeit ein ungeheures Tatsachenmaterial für eine Theorie der Entwicklung der Organismen in der Hand. Weder Buffon noch Erasmus Darwin oder andere Gelehrte, die den Entwicklungsgedanken schon ausgesprochen hatten, haben über ein solches Material verfügt. Aber Cuvier hat dieses Material nicht unter dem Gesichtspunkt der Entwicklungslehre ausgewertet. Er stellte eine Theorie auf, die den Konstanzgedanken und die Schöpfungslehre stützte. Die von ihm beobachteten Veränderungen in der Beschaffenheit der Tierwelt sollen nach dieser Theorie auf großen Umwälzungen der Erdoberfläche in vergangenen Zeiten beruhen. Er meinte, daß durch solche Katastrophen die Organismenwelt von Zeit zu Zeit zerstört würde. Eine Bestätigung seiner Annahme sah er in den Sagen vieler Völker, die von einer großen Flutkatastrophe berichten.

Jede Epoche habe also eine nur ihr eigene Organismenwelt, die dann durch eine vulkanische Umwälzung mit nachfolgender Überschwemmung zugrunde gehe. Nach dieser Theorie habe niemals eine Art die Katastrophe überlebt, und die fossilen Reste würden der Tierwelt einer bestimmten Epoche angehören. Fossile Menschenknochen könne es nicht geben, und wenn man tatsächlich Menschenknochen zusammen mit Fossilien fände, dann könnten sie nur zufällig in die betreffende Schicht hineingekommen sein. Das Alter der einzelnen geologischen Schichten ist nach Cuviers Auffassung sehr gering. Die letzte Periode, in der die heutige Organismenwelt entstanden sei, schätzte er auf ungefähr 6000 Jahre.

Eine Veränderung von Arten hält Cuvier für ausgeschlossen, da man keine Übergänge von ausgestorbenen zu gegenwärtig lebenden Arten kenne. Vergleichend anatomisch könne man nur die Tiere innerhalb eines Typus untersuchen. Zwischen den vier Grundplänen sei ein Vergleich unmöglich (Typentheorie).

Cuviers Anschauungen sind von größtem Einfluß auf die Weiterentwicklung der Biologie gewesen. Obgleich er Gegner hatte, fiel es ihm infolge seiner gesellschaftlichen Stellung und seiner Spezialkenntnisse leicht, seine Autorität zu behaupten. In dieser Hinsicht wurde die große Auseinandersetzung in der Pariser Akademie mit Etienne Geoffroy Saint-Hilaire bedeutsam, die sich vom Februar 1830 mit kürzeren und längeren Pausen bis zum Tode Cuviers (1832) hinzog.

Dieser Pariser Akademiestreit hat eine lange Vorgeschichte. Geoffroy Saint-Hilaire hatte bereits in mehreren Schriften die Cuviersche Typentheorie angegriffen und behauptet, daß es eine Einheit des Bauplans für das gesamte Tierreich gäbe. In seinem Bestreben, die Einheit des Bauplans zu beweisen, beging Geoffroy eine Reihe sachlicher Fehler. So hat er behauptet, daß die Insekten auf dem Rücken laufende Wirbeltiere seien, und hatte ferner in der Akademie eine Arbeit zweier Zoologen verteidigt, die behaupteten, daß der Bau der Tintenfische dem Bau eines über dem Rücken gefalteten Wirbeltieres entspräche.

Geoffroy war dennoch in vielen Punkten Cuvier überlegen. Er betonte ausdrücklich, daß man sich nicht wie Cuvier nur an die Funktionen und Formen der Organe halten dürfe. Er entwickelte eine „Theorie der Analogien", in der etwa unser heutiger Begriff der Homologie enthalten ist (verschiedene Funktionen bedingen eine Abwandlung von Organen bei gleichem morphologischem Ursprung). Im Gegensatz zu Cuvier, der in erster Linie nach der Funktion eines Organs fragte und alles aus der Zweckmäßigkeit erklärte, fragte Geoffroy nach dem Ursprung der Teile und den fehlenden Stücken. Er wies auf die Mißbildungen hin, die Umbildungen von Organen deutlich machen.

Im Verlauf der Auseinandersetzungen kam Geoffroy dem Entwicklungsgedanken sehr nahe, aber diese Frage spielte bei ihm nur eine untergeordnete Rolle. Besonders scharf wandte er sich gegen die Theorie Cuviers, daß die Tiere Einrichtungen hätten, die sie haben „müßten", um leben zu können. Im Laufe der Zeit erregte der Streit immer größeres Aufsehen. Als Sieger galt allgemein Cuvier, obwohl auch Geoffroy Anhänger hatte. Trotz der vielen Irrtümer, die Geoffroy beging, stand er im wesentlichen weit über Cuvier, besonders in der Frage der Funktionen der Organe. Er ging nicht von den Funktionen aus, sondern trug in erster Linie dem Funktionswechsel Rechnung und kam daher zu einer richtigen Vorstellung von der Homologie der Organe. So unterlag zwar im Pariser Akademiestreit nicht die Entwicklungslehre, wohl aber eine außerordentlich wichtige Voraussetzung dieser Lehre: die umfassende und allseitige Methode der Naturbetrachtung.

Cuvier war nicht nur ein Gegner der Methode Geoffroys, sondern auch ein Gegner Lamarcks. Das geht besonders deutlich aus seiner Rede über Lamarck hervor, die er als beständiger Sekretär der Akademie nach Lamarcks Tode halten mußte. In dieser Rede gab er zu, welches Mittel er gegen Lamarcks Ansichten für richtig gehalten hatte, und sagte: „Niemand hielt seine Theorie für so gefährlich, daß sie einer Widerlegung bedurft hätte, und man ließ sie auf sich beruhen ..."

Zwischen Cuvier auf der einen, Lamarck und Geoffroy auf der anderen Seite bestanden starke politische Gegensätze. Während Cuvier ständig im Dienste der

Klasse stand, die sich gegen die Auswirkungen der französischen Revolution stemmte, standen Lamarck und Geoffroy unter dem unmittelbaren Eindruck dieser Revolution. Diese Haltung wirkte sich in beiden Fällen auf ihre wissenschaftliche Einstellung aus.

II. Die Entwicklungslehre Lamarcks

Jean Baptiste Lamarck (1744 bis 1829, Abb. 52) entstammte einer verarmten Adelsfamilie. Da er Geistlicher werden sollte, wurde er in einer Jesuitenschule erzogen. Nach dem Tode seines Vaters trat der Siebzehnjährige freiwillig in die französische Armee ein und stand nach Abschluß des Siebenjährigen Krieges mehrere Jahre als Offizier im Garnisondienst an der Riviera. Dort beschäftigte er sich in seiner Freizeit mit dem Sammeln und Bestimmen von Pflanzen und lernte dabei die reiche Flora des Mittelmeergebiets kennen.

Im Jahre 1768 mußte sich Lamarck in Paris operieren lassen und nahm bei dieser Gelegenheit seinen Abschied. Da die kleine Pension nicht ausreichte, arbeitete er eine Zeitlang in einem Bankgeschäft. Diese Stellung gab er bald wieder auf, um Medizin zu studieren. Die notwendigen Mittel verdiente er mit literarischen Gelegenheitsarbeiten.

Auf botanischen Exkursionen in der Nähe von Paris kam er mit Rousseau in Berührung, dessen Kritik an den in der Gesellschaft bestehenden Verhältnissen die Stimmung der bürgerlichen Schichten widerspiegelte, die sich gegen das Feudalwesen auflehnten. Durch den Botaniker Bernard de Jussieu (1699 bis 1776), der ein natürliches Pflanzensystem anstrebte, wurde Lamarck auf das Studium der französischen Flora gelenkt. In Paris lernte er auch Buffon kennen, der veranlaßte, daß Lamarcks dreibändiges Werk „Flora von Frankreich" (1778) auf Staatskosten gedruckt wurde. Lamarck wandte in diesem Werke zum ersten Male die dichotomische Methode der Pflanzenbestimmung an, die nach dem Prinzip der Gegenüberstellung von Merkmalen ein schnelles Auffinden der gesuchten Pflanzen ermöglicht und heute in Bestimmungsbüchern allgemein angewandt wird. Auf Empfehlung Buffons, der die „Flora von Frankreich" schätzte, weil Lamarck in manchen Punkten Linné widersprochen hatte, wurde er Mitarbeiter am Herbarium des Königlichen Gartens.

Abb. 52. Jean Baptiste Lamarck

In den Jahren 1781 und 1782 unternahm Lamarck mit Buffons Sohn eine größere Reise durch Holland, Deutschland, Österreich und

Ungarn. Dabei hatte er Gelegenheit, seltene Pflanzen und Mineralien zu sammeln, besuchte botanische Gärten, naturhistorische Museen und machte die Bekanntschaft berühmter Gelehrter.

Trotzdem hatte Lamarck in diesen Jahren ständig mit Existenzsorgen zu kämpfen.

In seinen Arbeiten kritisierte er das Linnésche Pflanzensystem, weil es die natürlichen Familien zerreißt. Er wollte ein System schaffen, das auf wirklichen Beziehungen der Lebewesen beruht und dem „Gang der Natur" entspricht.

Inzwischen war in Frankreich die Krise des feudal-absolutistischen Staates immer deutlicher in Erscheinung getreten. Sie führte zur bürgerlichen Revolution von 1789 bis 1793.

In seiner Stellung zur Revolution zeigt sich, daß Lamarck die Bedeutung dieses umwälzenden Ereignisses erkannt hatte. Schon lange war ihm das Intrigenspiel der königlichen Beamten zuwider. 1790 verfaßte er zwei kleine Denkschriften und verteilte sie unter die Mitglieder der Nationalversammlung. Er schlug vor, den bisherigen Pflanzengarten zu einem großen naturhistorischen Museum zu erweitern. Dieses Institut sollte die Gebiete der Agrikultur und Medizin umfassen und Museen, Galerien und botanische Gärten einschließen. Lamarck schlug vor, an diesem Institut regelmäßig öffentliche Vorlesungen und Demonstrationen abzuhalten. Im Jahre 1793 wurden diese Pläne wieder aufgegriffen und zum großen Teil verwirklicht. Bei der Besetzung der beiden neu errichteten Zoologieprofessuren ergaben sich Schwierigkeiten, aber der Enthusiasmus der Zeit kannte keine

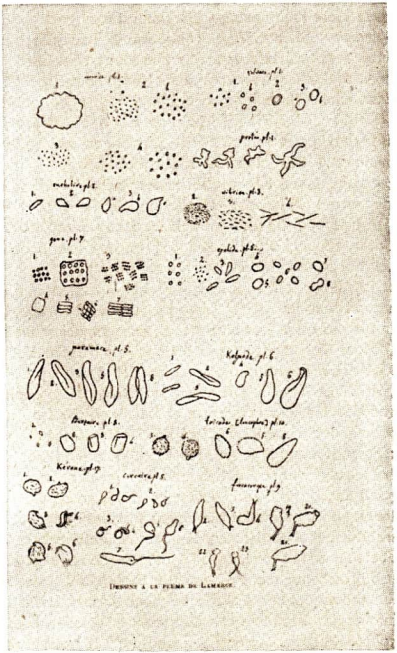


Abb. 53. Eine Probe von Zeichnungen, die Lamarck von Kleinlebewesen anfertigte

Hindernisse. Der 21jährige Geoffroy Saint-Hilaire wurde Professor mit der Aufgabe, die Gruppe der Wirbeltiere zu bearbeiten. Die zweite Zoologieprofessur übernahm der 50jährige Botaniker Lamarck. Seine Aufgabe war schwer, denn für ihn waren die beiden letzten Klassen des Linnéschen Systems geblieben, die Insekten und die Würmer. Zu diesen beiden Klassen hatte Linné alle wirbellosen Tiere zusammengefaßt. Lamarck ging ohne Zögern an diese Riesenaufgabe. Seine persönlichen Verhältnisse waren inzwischen erträglicher geworden.
Jahre vorher hatte er strikt abgelehnt, seine Arbeiten dem König oder einflußreichen Edelleuten zu widmen. Unter dem Eindruck der Revolution widmete er jetzt eine Abhandlung dem französischen Volk und schrieb voller Überzeugung: „Großherziges Volk, Sieger über alle deine Feinde, du verstandest, die heiligen, unverletzlichen Gesetze wiederzuerlangen, welche die Natur dir verlieh, empfange nicht etwa die schmeichlerische Huldigung, die unter der alten Regierung kriechende Sklaven Königen, Ministern oder schützenden Großen boten, sondern den verdienten Zoll der Bewunderung für deine Tugenden, deine Tatkraft, die die Weisheit und die unerschrockene Standhaftigkeit deiner Vertreter bewiesen."
Unter diesen Verhältnissen begann er seine Arbeit. Lamarck beschäftigte sich nicht nur mit der Zoologie, sondern auch mit chemischen, physikalischen und meteorologischen Problemen. Dabei beging er Fehler, die von seinen politischen und wissenschaftlichen Gegnern ausgenutzt wurden.
In der Zoologie beschäftigte er sich eingehend mit Muscheln. Bereits nach einjähriger Vorbereitungszeit hielt er zoologische Vorlesungen. Seine erste wissenschaftliche Leistung bestand in der Prägung der Begriffe „Wirbeltiere" und „wirbellose Tiere". Die völlig unzureichenden Linnéschen Klassen der Insekten und der Würmer erweiterte er beträchtlich. Im Jahre 1807 umfaßte seine Einteilung der wirbellosen Tiere bereits 10 Klassen. (Weichtiere, Rankenfüßer, Anneliden, Krebse, Spinnen, Insekten, Würmer, Strahltiere, Polypen, Infusorien.)
Auf Grund seiner Studien und infolge der Anregung, die ihm die veränderten gesellschaftlichen Verhältnisse gaben, kam er sehr bald zu der Überzeugung, daß die Organismen ihr Dasein einem Entwicklungsprozeß verdanken. Bereits bei der gründlichen Bearbeitung fossiler Weichtiere war er auf Übergangsformen zu lebenden Arten gestoßen. In der Eröffnungsvorlesung des Jahres 1800 ging er ausführlich auf das Problem der Entwicklung ein. Maßgebende Faktoren bei der Entstehung neuer Arten sind nach Lamarck die Zeit und günstige Umstände. Infolge der Einflüsse des Klimas, der Verschiedenheit der Wohnräume, der Gewohnheiten, der Bewegungen und der Tätigkeiten vergrößern und verstärken sich die Fähigkeiten durch den Gebrauch und verändern sich durch neue Gewohnheiten, wenn diese längere Zeit beibehalten werden. So haben sich bei Wasservögeln die Schwimmhäute gebildet. Bei Vögeln, die auf Bäumen leben, sind die Fußzehen dieser Lebensweise besonders angepaßt, bei Vögeln, die am Strande leben, finden sich lange Beine; kurz, die Organe sind das Ergebnis der Umstände, denen die Arten durch die Natur unterworfen sind. „Ich könnte beweisen, daß es nicht die Form des Körpers oder seiner Teile ist, die die Gewohnheiten der Tiere und die Lebensweise bewirkt, sondern, daß es im Gegenteil die Gewohnheiten, die Lebens-

Übersetzung des Briefes:

Paris 18. floréal des Jahres 7
Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit.

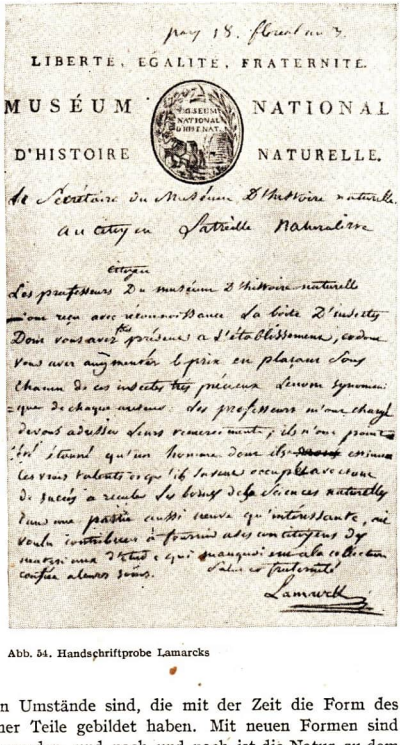
NATIONALMUSEUM
DER NATURGESCHICHTE.

vom Sekretär des Naturgeschichtlichen Museums an den Bürger Latreille Naturforscher

Bürger

Die Professoren des Naturgeschichtlichen Museums haben dankbar die Schachtel mit Insekten empfangen, die Sie der Anstalt zum Geschenk gemacht haben, Sie haben deren Wert erhöht, indem Sie unter jedes dieser Insekten sehr sorgfältig den Namen der Synonyme ebenso wie den von jedem Beschreiber gesetzt haben: die Professoren haben mich beauftragt, Ihnen dafür zu danken; sie sind nicht erstaunt gewesen, daß ein Mann, dessen wahre Talente sie schätzen und den sie mit solchem Erfolg damit beschäftigt wissen, die Grenzen der Naturwissenschaften auf einem ebenso neuen wie interessanten Gebiet hinauszuschieben, gewünscht hat, dazu beizutragen, durch Studienmaterial seine Mitbürger zu versorgen, die nicht verfehlen werden, der Sammlung ihre Fürsorge angedeihen zu lassen.

Gruß und Brüderlichkeit
Lamarck


pay 18. floréal an 7.

LIBERTE, EGALITE, FRATERNITE.

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.

Le Secrétaire du Muséum d'histoire naturelle
au citoyen Latreille Naturaliste

citoyen

Les professeurs du muséum d'histoire naturelle
ont reçu avec reconnoissance la boîte d'insectes
dont vous avez présenté à l'établissement, en
vous en augmentant le prix en plaçant sous
chacun de ces insectes très précieux leur synonime
ainsi que de chaque nom des professeurs m'ont chargé
de vous adresser leurs remerciments; ils n'ont point
été étonné qu'un homme dont ils ~~connoissent~~ estiment
les vrais talents et qu'ils trouvent occupé avec succès
de reculer les bornes de la science naturelle
dans une partie aussi neuve qu'intéressante, ait
voulu contribuer à former des citoyens de
leur ordre à l'étude et qui quoiqu'ils soient de la collection
confier always sous.

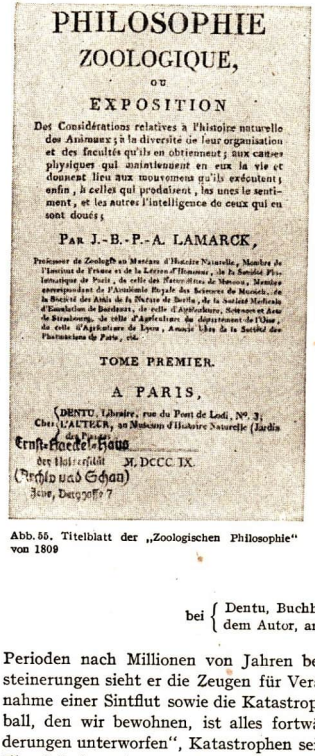
Salut et fraternité

Lamarck

Abb. 54. Handschriftprobe Lamarcks

weise und alle einflußreichen Umstände sind, die mit der Zeit die Form des Körpers der Tiere und seiner Teile gebildet haben. Mit neuen Formen sind neue Fähigkeiten erworben worden, und nach und nach ist die Natur zu dem Zustand gelangt, auf dem wir sie gegenwärtig sehen" (1800).

Um die Jahrhundertwende tauchte bei ihm der Plan eines umfassenden Werkes auf, das sich in einen meteorologischen, in einen geologischen und einen biologischen Teil gliedern sollte. Eine ganze Reihe seiner Arbeiten sind als Vorstudien zu diesem Werk aufzufassen. Im Jahre 1802 veröffentlichte er unter dem Titel „Hydrogeologie" Untersuchungen über den Einfluß der Gewässer auf die Oberfläche des Erdballs und über die Veränderungen und allmähliche Verschiebung der Meeresbecken. Dabei kommt er zu der Erkenntnis, daß die geologischen



PHILOSOPHIE
ZOOLOGIQUE,
OU
EXPOSITION
Des Considérations relatives à l'histoire naturelle des Animaux; à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens qu'ils exécutent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués;
PAR J.-B.-P.-A. LAMARCK,
Professeur de Zoologie au Muséum d'Histoire Naturelle, Membre de l'Institut de France et de la Légion d'Honneur, de la Société Philomatique de Paris, de celle des Naturalistes de Moscou, Membre correspondant de l'Académie Royale des Sciences de Munich, de la Société des Amis de la Nature de Berlin, de la Société Médicale d'Emulation de Bordeaux, de celle d'Agriculture, Sciences et Arts de Strasbourg, de celle d'Agriculture du département de l'Oise, de celle d'Agriculture de Lyon, Associé libre de la Société des Pharmaciens de Paris, etc.
TOME PREMIER.
A PARIS,
DENTU, Libraire, rue du Pont de Lodi, N°. 3;
Chez L'AUTEUR, au Muséum d'Histoire Naturelle (Jardin des Plantes).
M. DCCC IX.

Abb. 55. Titelblatt der „Zoologischen Philosophie" von 1809

Übersetzung des Titelblattes:

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

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

Erster Teil
Paris
bei { Dentu, Buchhändler, Straße der Brücke von Lodi, Nr. 3
dem Autor, am Naturhistorischen Museum (Pflanzengarten)

Perioden nach Millionen von Jahren berechnet werden müssen. In den Versteinerungen sieht er die Zeugen für Veränderungen der Erdoberfläche. Die Annahme einer Sintflut sowie die Katastrophentheorie lehnt er ab. „Auf dem Erdball, den wir bewohnen, ist alles fortwährenden und unvermeidlichen Veränderungen unterworfen", Katastrophen seien nur örtlich begrenzt.

Ebenfalls im Jahre 1802 führt er das Wort „Biologie" ein, ein Begriff, den vor ihm schon der deutsche Anatom Karl Friedrich Burdach (1776 bis 1874) geprägt hatte. Unter Biologie versteht Lamarck alles, „was sich bezieht auf die lebenden Körper, besonders auf ihren Bau, ihre Entwicklung, auf die mit der länger andauernden Ausübung der Lebensbewegung ansteigende Zusammensetzung, auf die Tendenz, spezielle Organe auszubilden, sie zu isolieren, ihre Tätigkeit in einem Brennpunkt zu zentralisieren". Er gesteht, daß er selbst lange Zeit dem Irrtum der Konstanz verfallen gewesen sei. Der Ursprung dieses Irrtums „liegt in der

– auf uns bezogen – langen Dauer des gleichen Zustandes der Verhältnisse an allen Orten, wo Lebewesen existieren; aber diese Dauer ist begrenzt, und in größeren Zeiträumen finden auf jedem Punkt der Erdoberfläche Veränderungen statt, die für alle dort wohnenden Lebewesen auch alle Umstände ändern." Die scheinbare Stabilität in der Natur besteht in Wirklichkeit nicht. Ganz anders als Cuvier bewertet er die Versteinerungen; denn „sie können Licht auf die Natur und den Charakter der Veränderungen werfen, welche die Oberfläche unseres Globus erlitten hat". Das Tatsachenmaterial ist ihm nur Mittel zum Zweck und macht noch nicht die Wissenschaft selbst aus. In einer Vorlesung des Jahres 1806 betont er, daß alle Wissenschaft ihre Philosophie habe, und meint damit die Erkenntnis der allgemeinen Prinzipien und großen Zusammenhänge. „Wenn die Philosophie der Wissenschaft geleugnet wird, bleiben ihre Fortschritte ohne Realität, und das ganze Werk bleibt unvollkommen."

Aus dieser Erkenntnis entstand Lamarcks Hauptwerk, die „Zoologische Philosophie" (1809, Abb. 55). Lamarck hatte zwei Jahre intensiv daran gearbeitet und war bereits 65 Jahre alt, als er dieses Buch der Öffentlichkeit übergab. Ganz klar sah er voraus, daß seiner Theorie Widerstände erwachsen mußten.

Das Studium der Natur ist nach Lamarcks Meinung schwer. Wenn aber neue Wahrheiten entdeckt worden sind, so stehen ihrer allgemeinen Anerkennung noch viel größere Hindernisse im Wege, denn die Macht der alten Ansichten ist groß, „besonders wenn irgendein Interesse, sei es auch noch so gering, dabei im Spiele ist". Dieses „Interesse" lag hier ganz zweifellos vor. In Frankreich wurden in ständig steigendem Maße die Errungenschaften der Revolution unterdrückt. Als wissenschaftliche Autorität beeinflußte Cuvier, der Freund Napoleons und der Günstling der Bourbonen, das Denken im Sinne des Konstanzgedankens.

Unter diesen Verhältnissen konnte sich die neue Betrachtungsweise der Natur, die Lamarck in der „Zoologischen Philosophie" entwickelte, nicht durchsetzen. Cuvier ging schweigend darüber hinweg. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, zog sich Lamarck den Spott seiner Zeitgenossen zu. Man ließ ihn höchstens als botanischen Systematiker gelten. Aber trotz vieler Schwächen, die die „Zoologische Philosophie" aufweist, hatte Lamarck mit diesem Buche das Beste gegeben, was gegeben werden konnte: eine Theorie der Entwicklung der Organismen auf wissenschaftlicher Grundlage.

Seine Beweisführung ist scharfsinnig. Von Anfang an weist er darauf hin, daß die Arten nur relative Konstanz haben. Wenn man mit menschlichen Maßstäben messe, dann befinde sich die Natur scheinbar im Ruhezustande. Da man ihm vorgehalten hatte, daß die von den Ägyptern vor mehreren tausend Jahren einbalsamierten Vögel den lebenden glichen, also keine Umbildung stattgefunden habe, schrieb er in der „Zoologischen Philosophie": „Es wäre wirklich merkwürdig, wenn das nicht so wäre, denn die Lage und das Klima Ägyptens sind heutzutage noch beinahe genauso wie zu jener Zeit."

Scharf wendet er sich gegen die Katastrophentheorie. Die ausgestorbenen Arten, die als Fossilien gefunden werden, leben heute in ihren veränderten Nachkommen fort.

Besonders wichtig ist das 7. Kapitel des ersten Teils seines Werkes. Lamarck bezeichnet darin als sichere Tatsache, daß die Verhältnisse zu jeder Zeit auf die Organismen einwirken, auch wenn das erst nach langer Zeit in Erscheinung tritt. Diese Beeinflussung erfolgt aber nicht direkt, sondern die veränderten Verhältnisse rufen neue Bedürfnisse hervor, so daß neue Gewohnheiten entstehen, die wiederum eine Veränderung der Tiere bewirken. Bei den Pflanzen erfolgt die Einwirkung durch Veränderungen in der Ernährung und durch andere Umweltfaktoren. „Was die Natur mit Hilfe langer Zeiten macht, das tun wir täglich, indem wir selbst bei gewissen Pflanzen die Verhältnisse, in welchen sie sich befinden, verändern." Als Beispiele führt Lamarck die Züchtung von Kulturpflanzen (Weizen, Kohl) und von Haustieren (Hühner, Tauben) an.

Zwei Gesetze leitet er aus seinen Beobachtungen ab:

1. Der ständige Gebrauch stärkt allmählich ein Organ, entwickelt und vergrößert es, während der konstante Nichtgebrauch zur allmählichen Verkümmerung, ja sogar zum Verschwinden eines Organs führt.
2. Alles, was die Tiere durch den Einfluß der Verhältnisse mit der Zeit erwerben oder verlieren, wird durch die Fortpflanzung auf die Nachkommen vererbt, wenn die erworbenen Veränderungen beiden Geschlechtern eigen sind.

Eine idealistische Schwäche seiner Lehre ist die Annahme eines besonderen „Fluidums" als Träger aller Lebenserscheinungen. So war er der Meinung, daß bei einer Reihe männlicher Tiere durch Zornesanwandlungen das „Fluidum" sich im Kopf ansammle, wodurch allmählich Hörner und Geweihe entstanden seien.

Das Wesentliche ist jedoch, daß Lamarck vom Entwicklungsgedanken überzeugt war. Ausdrücklich wendet er sich gegen die herrschende Vorstellung, „daß die Natur (oder ihr Urheber) bei der Schöpfung der Tiere alle möglichen Verhältnisse, in die sie kommen würden, vorausgesehen und jeder Art eine konstante Organisation und eine bestimmte unveränderliche Gestalt gegeben habe". Wichtig ist, daß Lamarck auch den Menschen in das Entwicklungsgeschehen einbezieht. Der Mensch sei aus einer Affenrasse hervorgegangen, die durch die Verhältnisse gezwungen wurde, das Leben auf Bäumen aufzugeben. Das Bedürfnis gegenseitiger Mitteilung habe allmählich die Fähigkeit zu sprechen entwickelt.

Lamarck kommt zu der allgemeinen Erkenntnis: „Die Natur hat alle Tierarten nacheinander hervorgebracht. Sie hat mit den unvollkommensten oder einfachsten begonnen und mit den vollkommensten aufgehört. Sie hat ihre Organisation stufenweise komplizierter werden lassen. Indem sich diese Tiere allgemein auf alle bewohnbaren Orte der Erde ausbreiteten, hat jede Art durch den Einfluß der Verhältnisse, in denen sie sich befand, ihre Gewohnheiten und die Abänderungen in ihren Teilen erhalten, die wir bei ihr beobachten."

Obwohl seine Lehre bei den Zeitgenossen keinen Widerhall fand und obwohl er bei Napoleon in Ungnade gefallen war, ließ sich Lamarck nicht entmutigen, sondern arbeitete unermüdlich weiter. In den Jahren 1815 bis 1822 erschien die „Naturgeschichte der wirbellosen Tiere". In diesem Werk gab Lamarck eine zusammenfassende Darstellung seiner Theorie und versuchte, einen Stammbaum des Tierreiches aufzustellen.

Die wenig bekannte Schrift „Analytisches System der positiven Kenntnisse des Menschen" (1820) zeigt uns, daß Lamarck nicht nur als Wissenschaftler die alten Vorstellungen überwand, sondern daß er auch einen offenen Blick für die Mißstände der Gesellschaft hatte, in der er lebte. Er beklagt, daß der Mensch in vielen Fällen aus kurzsichtigem Egoismus die Natur zerstört, indem er zum Beispiel Wälder, die den Boden schützen, vernichtet. Während viele Menschen schlecht ernährt sind und in ungesunden Wohnungen hausen, leben andere in Müßiggang. „Unter den Wahrheiten, die der Mensch hat entdecken können, ist eine der wichtigsten und eine der höchsten, daß der erste und hauptsächlichste Gegenstand jeder öffentlichen Einrichtung das Wohl der Gesamtheit der Mitglieder der Gesellschaft sein muß und nicht einzig das eines Teiles von ihnen."
Lamarck starb 1829, erblindet und in ärmlichen Verhältnissen, anerkannt als Systematiker, verkannt als Entwicklungstheoretiker.

III. Die wissenschaftliche Begründung der Entwicklungslehre durch Darwin

Kurz nach dem Tode Lamarcks gab der englische Geologe Charles Lyell (1797 bis 1875) seine „Grundsätze der Geologie" (1830 bis 1833) heraus. Lyell verwarf die Katastrophentheorie und wies nach, daß zahlreiche geologische Erscheinungen sich durch die andauernden kleinen Veränderungen erklären lassen, die auch in der Gegenwart die Erdoberfläche umgestalten. Die Einwirkung des Wassers, Hebungen und Senkungen der Erdkruste und die Tätigkeit der Vulkane haben allmählich die großen geologischen Veränderungen hervorgerufen. „Das Gegenwärtige ist der Schlüssel zur Vergangenheit" (Aktualismus).
Lyell legte mit diesen Anschauungen den Grund zu modernen geologischen Auffassungen. Er ging aber in seinem Buch auch auf die Frage nach dem Ursprung der Organismenarten ein und setzte sich eingehend mit Lamarcks Theorie auseinander, die er jedoch ablehnte. Hierin blieb er im wesentlichen auf dem Standpunkt Cuviers stehen.
Der Entwicklungsgedanke wurde in der Biologie erst durch Charles Darwin (1809 bis 1882, Abb. 56) wissenschaftlich begründet und so durch Tatsachen erhärtet, daß er sich trotz erheblicher Widerstände durchsetzen konnte. Darwin, der Sohn eines wohlhabenden Arztes, besuchte zunächst die geistliche Elementarschule und ab 1818 eine Internatsschule in seiner Vaterstadt Shrewsbury. Das Lernen bereitete ihm wenig Freude, desto mehr Eifer entwickelte er beim Sammeln von Insekten und Mineralien. Frühzeitig lernte er fischen und jagen und galt bald als hervorragender Schütze.

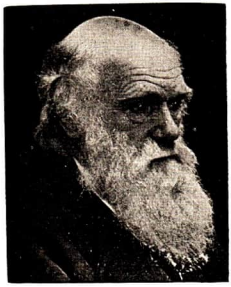


Abb. 56 Charles Darwin

Im Jahre 1825 schickte der Vater den Sechzehnjährigen auf die Universität Edinburgh, wo er Medizin studieren sollte. Darwin fand aber die Vorlesungen „unerträglich langweilig", ging viel lieber auf die Jagd als ins Kolleg, sammelte Muscheln und beschäftigte sich auf Anregung des Zoologen Grant (1793 bis 1874) gelegentlich mit dem Studium von Meerestieren. Dabei entdeckte er, daß die sogenannten Eier von Flustra, einem Moostierchen, in Wirklichkeit bewimperte Larven waren, und identifizierte die Eier eines Fischegels (Pontobdella), die man bis dahin für den Jugendzustand eines Blasentangs gehalten hatte. Durch Grant hörte Darwin zum ersten Male etwas von Lamarck, konnte aber mit dessen Lehre zunächst nichts anfangen, weil ihm das Mißverhältnis zwischen Spekulation und Tatsachen zu groß erschien.

Nach zwei Jahren stellte der Vater fest, daß sein Sohn niemals ein brauchbarer Mediziner werden würde, und bestimmte ihn zum Geistlichen. Im Jahre 1828 ging Darwin nach Cambridge. Das Theologiestudium war in gewisser Hinsicht erfolgreich, denn er konnte 1831 den philosophischen Grad eines Baccalaureus (B. A.) erwerben. In seiner Freizeit beschäftigte er sich mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen. Viele Hinweise und Anregungen verdankte er dem Professor der Botanik Henslow (1796 bis 1861), mit dem er bald eng befreundet war. Henslow lenkte sein Interesse besonders auf die Geologie. Humboldts Reisebeschreibungen und Herschels Einleitung in das Studium der Naturwissenschaft regten in ihm „die brennende Begier an, einen Beitrag, und wenn auch nur den allerbescheidensten, für das erhabene Gebäude der Naturwissenschaften zu liefern". Er begann allmählich zu erkennen, wo seine wirklichen Fähigkeiten und Neigungen lagen.

Im Sommer 1831 bereitete die britische Admiralität eine Expedition vor, um in den südamerikanischen Gewässern Vermessungen durchführen, den südlichen Teil des Feuerlandes aufnehmen und anschließend auf einer Fahrt um die Erde geographische Längenbestimmungen machen zu lassen. Das Schiff, die umgebaute Dreimasterbrigg „Beagle" (Spürhund, Abb. 57), stand unter dem Kommando des Kapitäns Fitzroy, der auf Grund seiner Erfahrungen bei ähnlichen Reisen den Wunsch geäußert hatte, man möge ihm einen Naturforscher mitgeben. Durch Vermittlung Henslows wurde der junge Darwin vorgeschlagen. Nach anfänglichem Zögern gab der Vater die Einwilligung. Am 27. Dezember 1831 lief die „Beagle" aus.

Darwin war, wie er selbst berichtet, auf eine solche Aufgabe schlecht vorbereitet. „Ich wußte nichts von Anatomie und hatte niemals irgendein systematisches Werk über Zoologie gelesen. Ich hatte nie ein zusammengesetztes Mikroskop berührt und hatte erst ungefähr vor sechs Monaten angefangen, mich mit Geologie zu beschäftigen. Aber ich nahm eine Fülle von Büchern mit und arbeitete so angestrengt, wie ich konnte, und zerlegte oberflächlich allerlei niedere pelagische Tiere. Da fühlte ich furchtbar den Mangel an Übung und Kenntnis. Meine (wissenschaftliche) Erziehung begann tatsächlich an Bord der ‚Beagle'." Mit großem Eifer und mit Begeisterung gab er sich vom ersten Tage an seinen naturwissenschaftlichen Studien hin.

Von bedeutendem Einfluß auf sein Denken waren die Anschauungen Lyells, dessen „Grundsätze der Geologie" er in den ersten Wochen sorgfältig studierte.

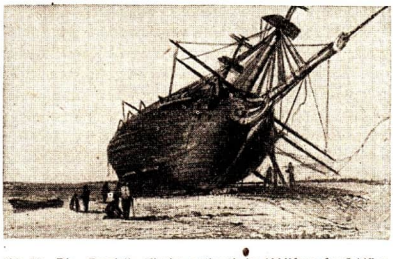


Abb. 57. Die „Beagle". Einzige authentische Abbildung des Schiffes, angefertigt von einem Zeichner, der an der Reise teilnahm

Nach einem kurzen Aufenthalt auf den Kapverdischen Inseln lief das Schiff die südamerikanische Küste an. Ende Februar 1832 betrat Darwin in Bahia zum ersten Male das Festland. Bald wurden die ersten Sammlungen zusammengebracht, und Darwins Tagebuch füllte sich mit zoologischen, botanischen und geologischen Notizen. Bereits im Mai konnte er Henslow brieflich mitteilen, daß er „einige Tatsachen in großem Maßstabe von emporgehobener Küste" festgestellt habe, „die Herrn Lyell interessieren würden". Ähnliche Beobachtungen konnte er noch an verschiedenen Stellen der südamerikanischen Küste machen, so daß er bald zu einem überzeugten Anhänger der Lyellschen Theorie wurde.

Da das Schiff zur Durchführung seiner Aufgaben über drei Jahre an den Küsten Südamerikas kreuzte, fand Darwin Zeit zu mehreren längeren Exkursionen in das Innere des Landes.

Im Spätsommer 1833 entdeckte er nahe der Stadt Bahia Blanca in der großen Pampasformation unweit der Küste die Reste von neun ausgestorbenen Großsäugetieren, darunter Riesenfaultiere von der Gattung Megatherium, Megalonyx und Mylodon, die zum Teil Elefantengröße erreichten. Da in den Kies- und Schlammschichten, in denen er diese Tiere fand, eine Reihe Muschelarten mit eingebettet waren, die heute auch noch lebend vorkommen, schloß Darwin, daß die Großfossilien, „die von denen der Jetztzeit verschiedener sind als die ältesten tertiären Säugetiere Europas, zu einer Zeit lebten, als das Meer von den meisten seiner jetzigen Bewohner bevölkert war". Die unmittelbar auf ihn einwirkenden Tatsachen zwangen ihn zu bestimmten Schlußfolgerungen.

Bei einer eigentümlichen kleinen Gruppe von Vögeln (Thinocorys), die Darwin in den großen südamerikanischen Ebenen beobachten konnte, stellte er fest, daß sie in gewisser Hinsicht (Bau des Schnabels, Form des Fußes, muskulöser Kaumagen) der Wachtel gleichen. Im Flug und im Skelettbau gleicht dieser Vogel aber der Bekassine. Darwin folgerte daraus, daß „diese kleine Familie von Vögeln eine jener Gruppen ist, welche nach ihren verschiedenen verwandtschaftlichen Beziehungen zu anderen Familien, obgleich sie für jetzt nur dem systematischen Naturforscher Schwierigkeiten darbieten, uns doch schließlich helfen können, den großen, der Jetztzeit und den vergangenen Zeiten gemeinsamen Plan zu enthüllen, nach welchem die organischen Wesen erschaffen worden sind".

Ebenfalls in den Pampas fand Darwin neben anderen Fossilien einen Pferdezahn, was ihn zu der Bemerkung veranlaßte: „Sicherlich ist es eine ganz wunderbare

Tatsache in der Geschichte der Säugetiere, daß in Südamerika ein eingeborenes Pferd gelebt hat und dann verschwunden ist, um in späteren Jahrhunderten durch die zahllosen Herden ersetzt zu werden, welche alle die Nachkommen der wenigen mit den spanischen Kolonisten eingeführten Individuen sind." Die Ursache der gegenwärtigen schroffen zoologischen Trennung von Nord- und Südamerika sieht er in geologischen Veränderungen (Landhebungen und -senkungen). Weiterhin hatte Darwin Gelegenheit, die Folgen der in den Jahren 1827 bis 1832 herrschenden großen Dürre in Brasilien zu studieren. Wie ihm ein Augenzeuge mitteilte, stürzten sich ganze Rinderherden in den Parana und ertranken, da sie wegen ihrer Erschöpfung die schlammigen Ufer nicht wieder erklettern konnten. Ihre Skelette wurden schon in den nächsten Jahren bei den nachfolgenden großen Überschwemmungen durch die vom Wasser abgelagerten Stoffe begraben. Das vermittelte ihm eine Vorstellung von einer Möglichkeit der Bildung großer Lagerstätten fossiler Tiere.

In Patagonien konnte Darwin das Skelett einer Macrauchenia (fossiles Sumpfsäugetier von der Größe eines Kamels) ausgraben und Übereinstimmungen mit lebenden Arten (Guanako, Lama) feststellen. Die Verwandtschaft zwischen der Macrauchenia und dem Guanako (Wildform des Lamas), überhaupt die „wunderbare Verwandtschaft zwischen den toten und den lebenden Tieren eines und desselben Kontinents wird noch, wie ich nicht zweifle, später mehr Licht auf das Erscheinen organischer Wesen auf unserer Erde und auf das Verschwinden von ihr werfen als irgendeine andere Klasse von Tatsachen". Schon damals machte sich Darwin Gedanken über die Ursache des Aussterbens dieser großen Tiere und kam zu dem Schluß, daß weder eine Katastrophe noch der Mensch diese vielen großen Säugetiere vernichten konnte. Auf Grund seiner Studien war ihm bekannt, daß dem Aussterben einer Art ein Seltenerwerden vorausgeht, so daß das Aussterben für ihn ein ebenso natürlicher Vorgang ist wie eine Krankheit, die mit dem Tode endet.

Im September 1835 lief das Schiff den Galapagos-Archipel an. Die ungefähr 900 km westlich des südamerikanischen Festlandes unter dem Äquator liegende Inselgruppe ist vulkanischen Ursprungs und zeichnet sich durch eine eigentümliche Flora und Fauna aus. Der Aufenthalt auf diesen Inseln führte Darwin unmittelbar an das Problem der Entstehung von Arten heran. Da diese Inseln innerhalb einer verhältnismäßig jungen geologischen Epoche aus dem Ozean aufgetaucht sind, müssen sich die für die Inseln typischen Arten an Ort und Stelle gebildet haben. Von 26 Arten Landvögeln sind, wie Darwin feststellte, 25 Arten nirgendwo anders zu finden. Sogar zwischen den Bewohnern der verschiedenen Inseln zeigen sich Verschiedenheiten. „Wir scheinen daher in beiden Beziehungen, sowohl im Raume als in der Zeit, jener großen Tatsache, jenem Geheimnis aller Geheimnisse, dem ersten Erscheinen neuer lebender Wesen auf der Erde, nähergebracht zu werden."

Von besonderer Bedeutung schienen Darwin die Grundfinken (Geospiza) zu sein. Diese Vögel zeigen bei den einzelnen Arten eine Abstufung in der Größe des Schnabels. Die Schnabelgrößen variieren von der Größe des Kernbeißerschnabels

bis zur Größe des Buchfinkenschnabels. „Wenn man diese Abstufung und Verschiedenartigkeit der Struktur in einer kleinen, nah untereinander verwandten Gruppe von Vögeln sieht, so kann man sich wirklich vorstellen, daß infolge einer ursprünglichen Armut an Vögeln auf diesem Archipel die eine Spezies hergenommen und zu verschiedenen Zwecken modifiziert worden sei." Darwin machte sich auch Gedanken über die Ursache der Isolierung der einzelnen Inseln voneinander. Sie sind wahrscheinlich niemals miteinander verbunden gewesen und sind durch starke Meeresströmungen voneinander getrennt. Außerdem sind sie fast frei von heftigen Stürmen, so daß weder Vögel noch Insekten oder die leichteren Samen von Insel zu Insel geweht werden können.

Im Oktober 1835 begann die eigentliche Erdumsegelung. Über Tahiti, Neuseeland, Sydney, die Südspitze Tasmaniens und Südwestaustraliens segelte die „Beagle" nach den Kokosinseln, wo Darwin zahlreiche Beobachtungen über die Entstehung der Korallenriffe und -inseln machte.

Über die Insel Mauritius, das Kap der Guten Hoffnung, die Inseln St. Helena und Ascension führte die Reiseroute zum zweiten Male an die brasilianische Küste. Im August wurde von Pernambuco aus über die Azoren die Heimfahrt angetreten. Am 2. Oktober 1836 betrat Darwin wieder englischen Boden.

Zunächst arbeitete er in Cambridge an der Untersuchung der mitgebrachten Mineralien. Kurze Zeit später trat er in persönlichen Verkehr mit Charles Lyell, der ihm riet, kein öffentliches Amt anzunehmen. 1837 zog Darwin nach London.

Es zeigte sich sehr bald, daß Darwin außerordentlich reichhaltiges Material mitgebracht hatte, das nur im Laufe von Jahren und unter Mithilfe namhafter Fachgelehrter Stück für Stück erschlossen werden konnte. Darwin selbst brachte zunächst nur einige kleinere Arbeiten heraus und bereitete die Veröffentlichung seines Reisetagebuches vor, das erstmalig 1839 im Rahmen des Gesamtberichtes über diese Fahrt erschien. Das Wertvollste jedoch, was Darwin von der Reise mitgebracht hatte, bestand nicht in den zahlreichen Sammlungsstücken, sondern in der Anregung, über das Problem der Entwicklung der Arten nachzudenken, obwohl das in den nächsten 20 Jahren nach außen hin nicht in Erscheinung trat.

Bereits im Juli 1837 legte Darwin ein erstes Notizbuch an, in das er gewissenhaft seine Gedanken und Beobachtungen eintrug. Aus diesen Aufzeichnungen geht hervor, daß Darwin schon sehr früh die wesentlichen Gesichtspunkte seiner Theorie herausgearbeitet hatte. Auch die Frage der Übergangsformen bewegte ihn bereits. Das zeigt folgende Notiz: „Der Baum des Lebens sollte vielleicht Korallenstock des Lebens genannt werden, Basis der Zweige abgestorben, so daß Übergänge nicht zu sehen sind." Viele Einwände seiner späteren Gegner sah er voraus. Zur Frage der intermediären Formen notierte er: „Die Gegner werden sagen: Zeige sie mir! Ich werde antworten: Ja, wenn ihr mir jede Übergangsstufe zwischen Bulldogge und Windhund zeigen wollt!"

Im Oktober 1838 las Darwin zufällig das Buch von Malthus (1766 bis 1834) „Abhandlung über die Bedingungen und Folgen der Volksvermehrung" (1798). Malthus versuchte in diesem Buch die Ursachen der sozialen Mißstände zu erklären. Er sah sie nicht in den gesellschaftlichen Verhältnissen, sondern in der ständig

zunehmenden Bevölkerungszahl. Malthus behauptete, daß die Zunahme der Bevölkerung stärker sei als der Zuwachs an Nahrungsmitteln. Aus diesem Mißverhältnis entspränge das ganze menschliche Elend. Im menschlichen Leben sei es genauso wie im Pflanzen- und Tierreich, wo infolge einer Überproduktion an Nachkommen die überzähligen aus Mangel an Raum und Nahrung untergehen. Die bestehenden Klassen der menschlichen Gesellschaft sah Malthus als unveränderlich an. Einen ähnlichen Standpunkt nehmen in unserer Zeit die Neomalthusianisten[1] ein.

Wie auch heute noch viele Menschen nicht in der Lage sind, Irrlehren zu erkennen, so konnte sich auch Darwin damals den falschen Schlußfolgerungen von Malthus nicht entziehen. Zu seiner Zeit herrschten in England, bedingt durch die rasche Industrialisierung, starke soziale Mißstände, die eine Reihe revolutionärer Bewegungen hervorriefen.

Diese Verhältnisse wirkten naturgemäß auf sein Denken ein, obwohl er sich für politische Fragen wenig interessierte. In vielen Punkten teilte er nicht die Meinung seiner Landsleute und mißbilligte besonders die Sklaverei. „Ich habe es verfolgt", heißt es in einem Brief an die Mutter (1833), „wie stetig das allgemeine Gefühl, wie es sich in den Wahlen ausspricht, sich gegen die Sklaverei erhebt. Was für ein Stolz würde es für England sein, wenn es die erste europäische Nation ist, die sie gänzlich abschafft!" Den Charakter der Neger schätzte er sehr hoch ein. Scharf sprach er sich gegen die in England übliche Kinderarbeit aus. Aber die tieferen Ursachen all dieser Mißstände erkannte er nicht. So übertrug er die Irrlehre von Malthus als Gesetz vom „Kampf ums Dasein" auf die Natur und glaubte, damit weitgehend die Erhaltung zweckmäßiger Abänderungen bei den Organismen erklären zu können. „Da ich hinreichend darauf vorbereitet war", schreibt er später in der Autobiographie, „den überall stattfindenden Kampf um die Existenz zu würdigen, namentlich durch lange fortgesetzte Beobachtung über die Lebensweise von Tieren und Pflanzen, kam mir sofort der Gedanke, daß unter solchen Umständen günstige Abänderungen dazu neigen, erhalten zu werden, und ungünstige, zerstört zu werden. Das Resultat hiervon würde die Bildung neuer Arten sein. Hier hatte ich denn nun endlich eine Theorie, mit welcher ich arbeiten konnte." Er hatte, wie Marx 1862 feststellte, „unter Bestien und Pflanzen seine englische Gesellschaft" wiedererkannt.

Im Jahre 1842 schrieb er eine erste Skizze nieder, die er 1844 beträchtlich erweiterte. An eine Veröffentlichung dachte er damals noch nicht, da ihm seine ganze Theorie noch zu wenig durch Tatsachen belegt schien. Nur wenige seiner Freunde wurden eingeweiht. So schrieb er 1844 an den Botaniker Hooker (1817 bis 1911), daß er mit einem „sehr anmaßlichen Werke" beschäftigt sei und daß er zu der Überzeugung gekommen wäre, daß die Arten nicht unveränderlich seien.

Obgleich Darwins Gesundheitszustand, offenbar in Auswirkung der Strapazen der Reise, sehr schlecht war, so daß er häufig seine Arbeit unterbrechen mußte, sind

[1] Der sowjetische Philosoph G. Alexandrow schreibt: „In den kapitalistischen Ländern, insbesondere in den Vereinigten Staaten, wird eine zügellose Propagierung der reaktionären Ideen des Malthusianismus betrieben ... Die imperialistische Bourgeoisie benutzt die reaktionären Ideen des Neomalthusianismus als eines der Mittel der ideologischen Ablenkung, der Vorbereitung eines neuen Weltkrieges." (d. Red.)

seine Leistungen ganz erstaunlich. Unter seinen Veröffentlichungen befindet sich ein Werk „Über den Bau und die Verbreitung der Korallenriffe" (1842), eine Abhandlung über „Vulkanische Inseln" (1844), „Mitteilungen über Pfeilwürmer und Landplanarien" (1844) sowie eine Arbeit „Über die Geologie Südamerikas" (1846). Ferner gab Darwin nach umfangreichen Vorarbeiten Monographien über fossile und lebende Cirripedien (Rankenfüßer) heraus (1851, 1854). Er beschäftigte sich weiterhin mit der Lebensfähigkeit von Pflanzensamen und untersuchte experimentell die Wirkung des Meerwassers auf das Keimen von Pflanzensamen (1857).
Über all diesen Arbeiten verlor er das Problem der Entwicklung der Arten niemals aus den Augen. Schon 1838 schrieb er an Lyell, daß er die Geologie vernachlässigt habe, „und zwar infolge der entzückenden Zahl neuer Gesichtspunkte, welche mir in Massen und stetig gekommen sind, über die Klassifikation, Verwandtschaften und Instinkte der Tiere, und sich auf die Frage nach den Arten beziehen. Notizbuch auf Notizbuch ist mit Tatsachen gefüllt worden, welche sich deutlich unter Nebengesetze gruppieren." Von Anfang an versuchte Darwin, seine Theorie auf eine möglichst breite Basis zu stellen. Sowohl Lamarcks „Zoologische Philosophie" als auch die „Zoonomia" seines Großvaters hatten ihn nicht befriedigt, weil ihm beide Werke zu spekulativ erschienen. Typisch für seine Arbeitsweise ist, daß er sich ständig bei einer ganzen Reihe von Gelehrten nach Einzelheiten erkundigte. An die Öffentlichkeit wandte er sich vorläufig noch nicht. Auf Drängen von Lyell entwarf er im Jahre 1856 den Plan zu einem mehrbändigen Werke über die Entwicklung der Arten. Im September 1857 schickte er dem nordamerikanischen Botaniker Asa Gray eine kurze Abhandlung über seine Theorie, in der er vom Prinzip der Selektion seitens des Menschen spricht und auf die Möglichkeit der Entstehung der heutigen Arten durch natürliche Selektion hinweist. Die endgültige Fassung seiner Theorie lag für ihn damals in weiter Ferne.
Im Juni 1858 schickte ihm der Naturforscher A. R. Wallace (1833 bis 1913) das Manuskript einer Arbeit „Über die Neigung der Varietäten, unbegrenzt vom Originaltypus abzuweichen". Wallace war zu ähnlichen Schlußfolgerungen wie Darwin gekommen. „Ich habe niemals ein auffallenderes Zusammentreffen gesehen", schrieb Darwin an Lyell. „Hätte Wallace meine handschriftliche Skizze vom Jahre 1842 gehabt, so hätte er keinen besseren, kürzeren Auszug machen können." In seiner Bescheidenheit war Darwin bereit, dem anderen die Priorität zu überlassen. Schließlich übergab er die Regelung dieser Angelegenheit vertrauensvoll seinen Freunden.
Lyell und Hooker legten am 30. Juni 1858 dem Sekretär der Londoner Linné-Gesellschaft drei Schriftstücke vor: 1. Auszüge aus dem Manuskript Darwins aus dem Jahre 1844 über das Variieren organischer Wesen im natürlichen Zustande sowie über das Verhältnis domestizierter Rassen zu echten Arten; 2. den Brief Darwins an Asa Gray; 3. die Abhandlung von Wallace.
Die Verlesung fand am 1. Juli ohne jede Diskussion statt. Hooker berichtete darüber: „Das Interesse, das erregt wurde, war intensiv, die Sache war aber zu neu und für die alte Schule von zu bedenklicher Vorbedeutung, als daß man, ohne sich vorher gerüstet zu haben, in den Kampf hätte eintreten können."

Unmittelbar danach ging Darwin daran, einen Auszug aus dem geplanten großen Werk über die Entstehung der Arten zur Veröffentlichung vorzubereiten. Noch während der Drucklegung im Jahre 1859 kamen ihm Bedenken, da er voraussah, daß seine Theorie zu großen Auseinandersetzungen nicht nur fachlicher, sondern auch ideologischer Art führen würde.

Am 24. November 1859 wurde die erste Auflage des Buches „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampf ums Dasein" dem Buchhandel übergeben. Damit war in der Geschichte der Biologie eine neue Epoche eingeleitet worden.

Darwin behandelte in seinem Werke zunächst die Abänderungen im Zustande der Domestikation, deren Ursache er in abweichenden Lebensbedingungen sah. „Es ist klar, daß die organischen Wesen mehrere Generationen hindurch neuen Lebensbedingungen ausgesetzt sein müssen, ehe sie merkliche Veränderungen zeigen, und daß die Veränderung der Organisation, wenn diese einmal zu variieren begonnen hat, gewöhnlich durch viele Generationen fortdauert. Es ist kein Fall bekannt, daß ein variabler Organismus unter den Händen des Menschen zu variieren aufgehört hätte. Unsere ältesten Kulturpflanzen, zum Beispiel Weizen, bringen neue Varietäten hervor, und unsere ältesten Haustiere sind noch immer einer schnellen Abänderung und Veredlung fähig." Als Beispiel führt Darwin die zahlreichen Rassen der Haustaube an, die er selbst jahrelang gezüchtet hatte. Er stellt fest, daß man alle diese Taubenrassen für verschiedene Arten halten könnte, so stark sind die Unterschiede. Sie sind alle vom Menschen gezüchtet worden. Den allmählichen und unmerklichen Veränderungen gibt der Mensch die für ihn nützliche Richtung, er summiert sie. Veränderte Lebensbedingungen sind für die Entstehung von Varietäten von größter Bedeutung.

Der künstlichen Zuchtwahl des Menschen entspricht die „natürliche Zuchtwahl", die Selektion im Naturzustand. Es ist ein Fehler Darwins, daß er zur Erklärung des Vorgangs der Auslese die Übervölkerung und den daraus entstehenden Konkurrenzkampf zwischen den Lebewesen für eine der Hauptvoraussetzungen der Auslese und damit der Artbildung hielt. Hier zeigt sich der Einfluß von Malthus. Allerdings war Darwin ein viel zu gründlicher Naturforscher, als daß er nicht selbst eingesehen hätte, daß der Begriff „Kampf ums Dasein" die wirklichen Vorgänge in der Natur nicht richtig kennzeichnet. Ganz unter dem Einfluß der Malthusschen Lehre stehen noch seine ersten Entwürfe, besonders die 1858 veröffentlichte Abhandlung. In seinem Hauptwerk hingegen beginnt Darwin sich von der engen Fassung des Begriffs „Kampf ums Dasein" zu lösen, obwohl er sich dem Malthusschen Einfluß nicht ganz entziehen kann: „Ich will vorausschicken, daß ich diesen Ausdruck (Kampf ums Dasein) in einem weiten und metaphorischen Sinne gebrauche, unter dem sowohl die Abhängigkeit der Wesen voneinander als auch, was wichtiger ist, nicht allein das Leben des Individuums, sondern auch der Erfolg in bezug auf das Hinterlassen von Nachkommenschaft einbegriffen sind." Darwin führt viele Beispiele an, die zeigen, daß der Kampf ums Dasein bei der Auslese gar nicht die Rolle spielt, die er ihm ursprünglich unter dem Einfluß von Malthus zuschrieb. „Aber man kann auch sagen, eine Pflanze kämpfe am

Rande der Wüste um ihr Dasein gegen die Trockenheit, obwohl es angemessener wäre zu sagen, sie hänge von der Feuchtigkeit ab." Schließlich stellt er fest, daß er in diesen verschiedenen Bedeutungen den Ausdruck „Kampf ums Dasein" nur der Bequemlichkeit halber gebrauche.

Die natürliche Zuchtwahl wird nach Darwin durch die geschlechtliche Zuchtwahl unterstützt. Sie sollte darin bestehen, daß die Tiere ihre Geschlechtspartner aussuchen und dabei solche mit schöner Stimme, starkem Geweih, prächtiger Färbung und dergleichen bevorzugt zur Fortpflanzung gelangten. Im Laufe der Zeit werden so aus Varietäten echte Arten, wobei die verbindenden Zwischenglieder allmählich durch Selektion vernichtet werden.

Im Abschnitt über die Kreuzung der Individuen weist Darwin darauf hin, „daß bei Tieren und Pflanzen eine Kreuzung zwischen verschiedenen Varietäten oder zwischen Individuen verschiedener Stämme der gleichen Varietät den Nachkommen Kraft und Fruchtbarkeit verleiht, während eine enge Inzucht diese Eigenschaften vermindert".

Im Kapitel über die Gesetze der Abänderung führt Darwin als Beispiel für die natürliche Auslese an, daß von den 550 Käferarten der Insel Madeira 200 so unvollkommene Flügel haben, daß sie nicht fliegen können. (Von 29 Gattungen bestehen 23 aus flugunfähigen Arten.) Durch die auf dieser Insel herrschenden Winde sind offenbar ständig viele Käfer ins Meer hinausgeweht worden, so daß sich vorzugsweise die Individuen der ursprünglich geflügelten Arten erhielten, die schwach ausgebildete Flügel hatten. Durch diese über viele Generationen wirkende Auslese ging das Flugvermögen mehr und mehr verloren. Die ungeflügelten Käferarten waren den Daseinsbedingungen auf Madeira besonders gut angepaßt.

Ebensolche Bedeutung mißt Darwin auch anderen Umweltbedingungen bei. Durch stete Anhäufung nützlicher Unterschiede sind alle wichtigen Veränderungen des Körperbaus einer jeden Art entstanden, die in Beziehung zu den Lebensgewohnheiten stehen. Organe, die gleichen Zwecken dienen und bei mehreren weitläufig verwandten Arten vorkommen, faßt er als analoge und nicht als homologe Bildungen auf. Die oft in der Natur vom Standpunkt des Menschen aus als schön empfundenen Formen haben sich durch geschlechtliche Zuchtwahl entwickelt und sind nicht etwa das Produkt eines Schöpfungsaktes zur Freude des Menschen.

Eingehend befaßt er sich mit der Bastardbildung. „Fassen wir alles über die Kreuzungen von Pflanzen und Tieren Ermittelte zusammen, so gelangen wir zu dem Schluß, daß ein gewisser Grad von Unfruchtbarkeit bei der ersten Kreuzung sowie bei den Bastarden die Regel ist, daß aber diese Regel nach dem heutigen Stand unseres Wissens nicht als unbedingt gültig betrachtet werden kann." Die gegenwärtigen Arten waren nach Darwin ursprünglich Varietäten, obwohl sie sich jetzt im allgemeinen nicht mehr kreuzen lassen.

Ausdrücklich weist Darwin auf die Lückenhaftigkeit der geologischen Urkunden hin. Im Vergleich zu dem kleinen Gebiet, dessen geologische Formationen untersucht worden sind, ist die Erde so groß, daß es erklärlich ist, wenn verhältnismäßig wenig paläontologische Funde vorhanden sind.

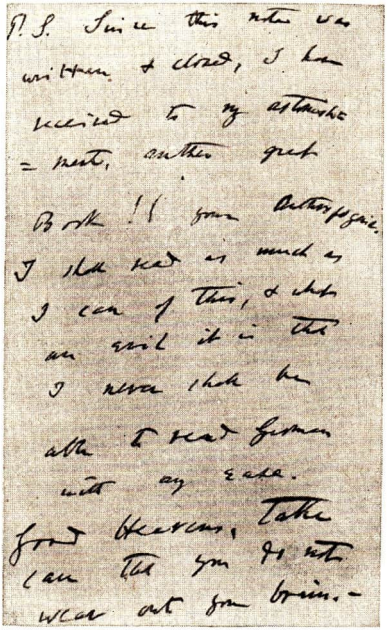


Abb. 58. Handschriftprobe von Charles Darwin

Übersetzung:

„P. S. Nachdem dieses Billet geschrieben und versiegelt war, habe ich zu meinem Erstaunen ein anderes großes Buch!! Ihre Anthropogenie empfangen. Ich werde soviel wie ich kann darin lesen, und was für ein Jammer ist es, daß ich nie fähig gewesen bin, das Deutsche mit genügender Leichtigkeit zu lesen. Um Himmels willen, tragen Sie Sorge, daß Sie Ihr Gehirn nicht überanstrengen. —"
(Aus einem Brief an Haeckel vom 20. Sept. 1874. Original im Ernst-Haeckel-Haus zu Jena.)

Darwin ist der Ansicht, daß jede Art nur auf einem Gebiet entstanden ist und später von hier aus so weit wanderte, wie es ihr möglich war und wie ihre früheren und jetzigen Lebensbedingungen es zuließen. An einigen Beispielen erläutert er die Verbreitungsmittel. Auf Grund seiner eigenen Experimente konnte er nachweisen, daß Samen den Transport über das Meer aushalten, denn von 87 verschiedenen Arten keimten 64, nachdem sie 28 Tage im Seewasser gelegen hatten. Auch durch Eisberge sowie durch Vögel ist eine Verbreitung möglich.

Die Verwandtschaft der Lebewesen zeigt sich deutlich in den morphologischen Übereinstimmungen. Es kommt nur darauf an, die wirklichen Homologien zu finden.

Auch embryologische Untersuchungen werfen Licht auf verwandtschaftliche Beziehungen. Embryonen der verschiedensten Arten und Gattungen derselben Klasse sind sich im allgemeinen sehr ähnlich, werden aber im Laufe ihrer Entwicklung einander immer unähnlicher.

Das Vorhandensein rudimentärer Organe bei vielen Organismen zeigt uns, daß Organe, die infolge veränderter Lebensbedingungen überflüssig geworden sind, allmählich reduziert werden (z. B. Griffelbeine des Pferdes, rudimentäre Hinterextremitäten bei Riesenschlangen, Zähne bei Embryonen von Bartenwalen, rückgebildete Flügel bei manchen Vögeln).

Im Schlußkapitel stellt Darwin fest, daß die Variabilität durch viele komplizierte Gesetze bestimmt wird: durch korrelatives Wachstum (Abänderung eines Teils des Organismus kann Abänderung anderer Teile bewirken), durch Kompensation des Wachstums (Überfluß an einer Stelle bewirkt Mangel an einer anderen), durch vermehrten Gebrauch oder Nichtgebrauch der Teile und durch bestimmten Einfluß der umgebenden Bedingungen. Es ist oft sehr schwer festzustellen, wieweit unsere Haustiere und Kulturpflanzen abgeändert worden sind, doch können wir als sicher annehmen, daß die Summe der Veränderungen groß ist und daß Abänderungen auf lange Zeit hinaus vererbt werden. Wir haben Grund zu der Annahme, daß unter sich gleichbleibenden Lebensbedingungen eine schon durch viele Generationen vererbte Abänderung sich noch durch unbegrenzte weitere Generationen vererben läßt.

Schon vor dem Erscheinen seines Werkes befürchtete Darwin, daß seine Theorie Anstoß erregen könnte. Aus diesem Grunde ging er nicht auf die Frage der Menschwerdung ein, sondern vermied, wie er an Wallace schrieb (1857), „das ganze Kapitel, da es so sehr von Vorurteilen umgeben ist". Aus dem gleichen Grunde machte er in der Entstehung der Arten noch das Zugeständnis an die Schöpfungslehre, „daß der Schöpfer den Keim alles Lebens nur wenigen oder gar nur einer einzigen Form" eingehaucht habe.

Das Erscheinen von Darwins Buch bedeutete nicht nur die Aufnahme des Entwicklungsgedankens in die wissenschaftliche Biologie. Das Wesentliche ist vielmehr, daß hier trotz alles Mangelhaften „zuerst der ‚Teleologie' in der Naturwissenschaft nicht nur der Todesstoß gegeben, sondern der rationelle Sinn derselben empirisch auseinandergelegt" ist (Marx). Marx und Engels erkannten frühzeitig die bahnbrechende Bedeutung der Darwinschen Theorie, die Engels zu den bedeutendsten Entdeckungen des 19. Jahrhunderts zählte, übten jedoch Kritik an der Übernahme des Malthusianismus durch Darwin.

Während in den folgenden Jahren der Kampf um den Darwinismus zu großen ideologischen Auseinandersetzungen führte, lebte Darwin in stiller Zurückgezogenheit auf seinem Landsitz in Down (Abb. 59) und arbeitete. Durch strenge Selbstzucht konnte er dem ständigen Unwohlsein so weit Herr werden, daß die Arbeit des Naturforschers kaum darunter litt. Sein Interesse galt der Klärung einer Reihe von Einzelfragen. So unter-

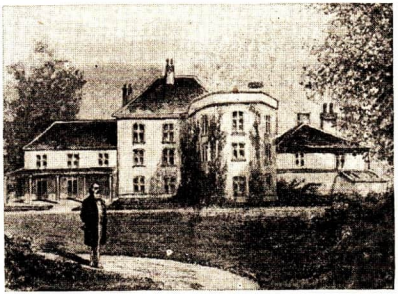


Abb. 59. Darwins Landhaus in Down

suchte er die Befruchtung von Orchideen durch Insekten, weil er feststellen wollte, wie nicht nur zweckmäßige, sondern auch schöne Blütenformen entstanden sind.
Experimente, die sich über 10 Jahre hinzogen, fanden ihren Abschluß in einem Werk über die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung, wobei die Kreuzbefruchtung sich im allgemeinen als vorteilhafter erwies. Im Jahre 1868 erschien in zwei Bänden als Ergänzung zur „Entstehung der Arten" ein Werk über „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation", in dem Darwin die Prinzipien der Vererbung, des Rückschlags, der Kreuzung, der Inzucht und der Züchtung überhaupt darlegte. Nach langem Zögern und nachdem ihm bereits Huxley in England und Haeckel in Deutschland zuvorgekommen waren, entschloß er sich 1871, seine Notizen zur Frage der Menschwerdung unter dem Titel „Über die natürliche Abstammung des Menschen und über die natürliche Zuchtwahl" zu veröffentlichen. Seine weiteren Arbeiten umfassen die verschiedensten Gebiete. Die letzte größere Arbeit erschien im Jahre 1881 und behandelt die Bildung der Ackerkrume durch die Tätigkeit der Regenwürmer.

IV. Der Kampf Haeckels um den Darwinismus

Die Überwindung der alten Vorstellungen durch die Entwicklungslehre konnte sich naturgemäß nur allmählich und unter erheblichen Auseinandersetzungen vollziehen. Schon vor dem Erscheinen der „Entstehung der Arten" (November 1859) schrieb der englische Zoologe Huxley (1825 bis 1895) an Darwin: „Ich glaube sicher, daß Sie sich in keiner Weise von beträchtlichem Tadel und starker Entstellung, die, wenn ich mich nicht sehr irre, Ihrer in reichlicher Menge wartet, werden verstören oder verärgern lassen. Verlassen Sie sich darauf, Sie haben sich die dauernde Dankbarkeit aller denkenden Menschen erworben. Und was die Kläffer betrifft, welche bellen und heulen werden, so müssen Sie sich daran erinnern, daß einige Ihrer Freunde unter allen Umständen mit einem Grade von Kampfbereitschaft . . . ausgerüstet sind und für Sie freudig eintreten."
Bereits 1860 trat Huxley auf einer Versammlung britischer Naturforscher dem Bischof von Oxford entgegen, der die neue Lehre lächerlich machen wollte. Auf die Frage des Bischofs, ob Huxley von großväterlicher oder großmütterlicher Seite mit einem Affen verwandt wäre, antwortete der Gelehrte: „Ich würde mich nicht schämen, von einem armen Tiere mit schwachem Verstande und gebeugtem Gang abzustammen; eher würde ich mich schämen, von einem Menschen mit hoher Begabung und in glänzender gesellschaftlicher Stellung abzustammen, der sich in Fragen einmischt, die ihm vollkommen fremd sind, der Vorurteile hat und die Wahrheit verdunkelt."
In Deutschland gehörte der junge Zoologe Ernst Haeckel (1834 bis 1919) zu den wenigen Gelehrten, die schon frühzeitig die Bedeutung der Darwinschen Theorie erkannten.
Haeckel war in Merseburg als Sohn eines Juristen aufgewachsen und verfügte bereits als Schüler über hervorragende botanische Kenntnisse. Auf Wunsch des

Vaters studierte er in Berlin und Würzburg Medizin. Da er keine besondere Neigung zum Beruf des Arztes verspürte, sondern Naturforscher werden wollte, benutzte Haeckel jede Gelegenheit, um naturwissenschaftliche Studien zu treiben. In den Vorlesungen des Anatomen Kölliker (1817 bis 1906) hörte er zum ersten Male etwas über Meerestiere. Der Zoologe Franz Leydig (1821 bis 1908) regte ihn zu mikroskopischen Arbeiten an, so daß er sehr bald mit dem zelligen Aufbau der Pflanzen und Tiere vertraut wurde.

Haeckel war im Elternhaus streng religiös erzogen worden. Die Vielfalt und Schönheit der Organismenwelt erschien ihm während seiner Studienzeit noch als Offenbarung der göttlichen Allmacht. Rudolf Virchow (1821 bis 1902), der damals in Würzburg das Fach der pathologischen Anatomie vertrat, war ihm in seinen Schlußfolgerungen zu freisinnig. Die Schriften des Vulgärmaterialisten Carl Vogt, die er mit Interesse studierte, stießen ihn ab. Haeckel suchte damals noch eine scharfe Grenze zwischen Wissen und Glauben zu ziehen.

Im Jahre 1854 wurde Haeckel in Berlin Schüler des Physiologen Johannes Müller (1801 bis 1858), der ihn zu einem gründlichen Studium der vergleichenden Anatomie anleitete. Als Haeckel ihn beim Abzeichnen von Wirbeltierschädeln im Museum fragte, ob man diese Tiere nicht auf eine gemeinsame Stammform zurückführen könne, bezeichnete Müller dies als ein noch nicht gelöstes Rätsel.

Ferienaufenthalte auf Helgoland (1854) und in Nizza (1856) begeisterten Haeckel für das Studium der niederen Meerestiere. 1857 legte er die medizinische Doktorprüfung mit einer Arbeit „Über die Gewebe des Flußkrebses" ab.

Nach bestandenem Staatsexamen (1858) ließ sich Haeckel zunächst als praktischer Arzt in Berlin nieder. Auf die medizinische Praxis legte er nur wenig Wert, so daß er reichlich über freie Zeit verfügte, die er zur Vertiefung seiner zoologischen Kenntnisse ausnutzte. Auf Anregung seines Freundes, des Jenaer Anatomen Gegenbaur (1826 bis 1903), unternahm er 1859 bis 1860 eine Studienfahrt nach Italien, die ihm mannigfache Eindrücke vermittelte. Wie aus Briefen hervorgeht, war er in Rom über die hohle Pracht des Katholizismus entsetzt, „der alles aufbietet, um unter dem Deckmantel der Religion die Menschen in niedrigster Unwissenheit und schmählichstem Aberglauben" zu erhalten. Scharf mißbilligte er die politischen Absichten Österreichs, die gegen die Herstellung der deutschen Einheit gerichtet waren: „sollten wir dagegen einberufen werden, um der elenden deutschen Kleinstaaterei und Junkerwirtschaft ein Ende zu machen, die 36 Raubstaaten in ein freies, mächtiges, einiges Deutschland zu verwandeln und die despotischen Raubritter und Fürsten daraus zu verjagen, so würde ich mit Vergnügen alle meine Pläne deswegen aufgeben".

Als zoologische Ausbeute der Reise brachte Haeckel 144 neue Radiolarienarten mit, die er im Golf von Messina entdeckt hatte. Nach der Rückkehr nahm er die medizinische Praxis nicht wieder auf. Auf Gegenbaurs Rat ging er 1861 nach Jena und wurde nach kurzer Zeit Privatdozent für vergleichende Anatomie und Zoologie an der dortigen Universität.

Unmittelbar nach seiner Heimkehr von der italienischen Reise hatte Haeckel das Buch Darwins „Über die Entstehung der Arten" gelesen und war mit einem

Schlage begeisterter Darwinianer geworden. Die große Radiolarien-Monographie, die 1862 erschien, enthält sein erstes Bekenntnis zur Darwinschen Theorie. Er bewundert in der Arbeit Darwins „den ersten, ernstlichen, wissenschaftlichen Versuch, alle Erscheinungen der organischen Natur aus einem großartigen, einheitlichen Gesichtspunkte zu erklären und an die Stelle des unbegreiflichen Wunders das begreifliche Naturgesetz zu bringen". Die Ablehnung, die der neuen Lehre zu dieser Zeit allenthalben begegnete, ist nicht verwunderlich, da man bedenken muß, daß „jede große Reform, jeder gewaltige Fortschritt um so heftigeren Widerstand findet, je rücksichtsloser er eingewurzelte Vorurteile umstößt und herrschende Dogmen bekämpft".

Der Widerstand, von dem Haeckel spricht, ging nicht nur von Theologen und Philosophen aus. Auch zahlreiche Fachgelehrte lehnten damals die neue Lehre ab. Louis Agassiz (1807 bis 1873) verteidigte weiterhin die Katastrophentheorie und stellte die Organismen als Verkörperungen göttlicher Gedanken hin. Der bekannte Infusorienforscher Ehrenberg (1795 bis 1876) bezeichnete die Theorie Darwins abfällig als einen Unterhaltungsroman; der Botaniker Schimper (1803 bis 1867) beschimpfte Darwins Lehre als „die kurzsichtigste, dümmste und brutalste Theorie".

Als im Juraschiefer von Solnhofen der erste Abdruck eines Urvogels (Archaeopteryx) gefunden wurde, erklärte der Hallenser Zoologe Giebel, der Darwins Theorie als „Hirngespinst" bezeichnet hatte, diesen wichtigen Fund für einen Betrug.

Der 29jährige Haeckel mußte also mit einer mächtigen Gegnerschaft rechnen, als er auf der 38. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte (1863) über die Entwicklungstheorie Darwins sprach. In diesem Vortrag brachte er klar zum Ausdruck, daß die Naturforscher von nun an in zwei Lager gespalten seien. Auf der einen Seite die Anhänger Darwins mit der Losung „Entwicklung und Fortschritt", auf der anderen Seite seine Gegner mit dem Ruf „Schöpfung und Spezies".

Haeckel betonte besonders, daß man den Kampf um die Wahrheit offen und klar führen und die Öffentlichkeit darüber informieren müsse.

Den Kampf um den Entwicklungsgedanken führte Haeckel aber nicht nur mit Vorlesungen und Vorträgen, sondern auch in seinen wissenschaftlichen Werken. Im Jahre 1866 erschien die zweibändige „Generelle Morphologie", der großartige Versuch, einen Überblick über die gesamte Organismenwelt unter dem Gesichtspunkt der Darwinschen Lehre zu geben. Haeckel war sich über die großen Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens vollständig klar, denn „noch stehen alle allgemeinen morphologischen Anschauungen in Zoologie und Botanik unter der Herrschaft eines gelehrten Zunftwesens, welches nur in der scholastischen Gelehrsamkeit des Mittelalters seinesgleichen findet. Dogma und Autorität, wechselseitig zur Unterdrückung jedes freien Gedankens und jeder unmittelbaren Naturerkenntnis verschworen, haben eine doppelte und dreifache chinesische Mauer von Vorurteilen aller Art rings um die organische Morphologie aufgeführt, in welche sich der allerorts verdrängte Wunderglaube jetzt als in seine letzte Zitadelle zurückgezogen hat." Haeckel löste sich in der „Generellen Morphologie" vollständig von der Schöpfungslehre und entwickelte die Darwinsche Theorie in ent-

scheidenden Punkten weiter. Dabei begründete er zugleich eine Reihe neuer Wissenschaftszweige. Die Gesamtentwicklung des einzelnen Lebewesens nennt er Ontogenie, die Entwicklung der Stämme Phylogenie. Schon in der „Generellen Morphologie" wies er auf die Parallele zwischen ontogenetischer und phylogenetischer Entwicklung hin, auf die neben anderen Gelehrten vor ihm bereits Fritz Müller (1821 bis 1897) aufmerksam gemacht hatte.

Es kam Haeckel darauf an, über das bloße Tatsachenwissen hinaus zur Erkenntnis der großen Zusammenhänge vorzudringen. Dazu bot ihm die Darwinsche Theorie eine wesentliche Hilfe. Er erblickte in ihr den endgültigen Tod jeder vitalistischen und teleologischen Naturbetrachtung, die für die Erklärung der Lebenserscheinungen besondere zielstrebige und richtunggebende Kräfte annehmen.

Im Gegensatz zu Darwin, der für die ersten, einfachsten Urorganismen auf der Erde noch einen Schöpfungsakt angenommen hatte, versuchte Haeckel die Frage der Entstehung des Lebens materialistisch zu beantworten, indem er die Möglichkeit der Entstehung erster, einfachster Lebewesen aus anorganischer Materie annahm.

Die Ursachen der Entwicklung sieht er in der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung. Dabei betont er ausdrücklich den Einfluß der Umweltfaktoren auf die Veränderung der Organismen. Die Vererbung erworbener Eigenschaften ist für ihn eine Selbstverständlichkeit, und er bezeichnet es als Gesetz, daß die erworbenen Charaktere um so sicherer auf die folgenden Generationen vererbt werden, je anhaltender die Bedingungen einwirken, durch die sie verursacht wurden. Er bedauert es, daß die meisten Zoologen und Botaniker die Probleme der künstlichen Züchtung bisher vernachlässigt haben. Nach seiner Meinung ist für einen guten Züchter eine sorgfältige Naturbeobachtung genauso wichtig wie eine gründliche Kenntnis der Physiologie der Ernährung und der Fortpflanzung.

Das natürliche System der Organismen ist für Haeckel der Stammbaum. Die „Generelle Morphologie" enthält die ersten anschaulichen Stammbäume.

Wesentlich ist, daß Haeckel den Menschen mit in das Entwicklungsgeschehen einbezieht. Während Darwin der Frage zunächst noch ausgewichen war, hatte bereits Huxley in England die Verwandtschaft des Menschen mit den Menschenaffen hervorgehoben (1863).

Haeckel folgerte ebenfalls aus der Darwinschen Theorie, daß der Mensch das Produkt einer Entwicklung sein müsse. Entschieden wandte er sich dabei gegen die eingewurzelten Vorurteile in dieser Frage. Nach der herrschenden Vorstellung, die uns „schon in frühester Kindheit eingeimpft wird, ist der Mensch aus einem ‚Erdenkloß' entstanden. Inwiefern in dieser Vorstellung etwas Erhebenderes liegt als in der wahren Erkenntnis seiner Abstammung von Affen, vermögen wir nicht zu begreifen." Haeckel folgerte weiter, daß gemäß dieser Anschauung Übergangsglieder vorhanden sein müssen, in denen die Etappen der Menschwerdung zum Ausdruck kommen. Er gab einer solchen Übergangsform den Namen „Pithecanthropus" (Affenmensch). Ausdrücklich betonte er, daß keine der lebenden Affenarten als unmittelbarer Vorfahre des Menschen angesehen werden kann. Der mechanisch-materialistische Standpunkt Haeckels geht aus seiner Annahme hervor, daß der

Mensch nur durch quantitative, nicht aber durch qualitative Unterschiede von den übrigen Tieren getrennt ist. Da die „Generelle Morphologie" von den Fachgelehrten kaum beachtet wurde, entschloß sich Haeckel zwei Jahre später, mit einer Sammlung allgemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge an die Öffentlichkeit zu treten und an den gesunden Menschenverstand der „Laien" zu appellieren.

So entstand die „Natürliche Schöpfungsgeschichte" (1868). Haeckel geht in diesem Buche von der Feststellung aus, daß die Erkenntnis der allgemeinen Naturgesetze nicht das Privateigentum einer privilegierten Gelehrtenkaste bleiben darf, sondern Gemeingut der ganzen Menschheit werden muß. Er führt eine ganze Reihe von Beweisen für die Entwicklungstheorie an. Die wichtigsten sind:

1. Die paläontologischen Tatsachen, die uns zeigen, daß die Lebewesen in den aufeinanderfolgenden geologischen Perioden stufenweise auftreten.
2. Die ursächlichen Zusammenhänge zwischen Keimesentwicklung und Stammesentwicklung: die Ontogenese oder die Entwicklung des Einzellebewesens ist eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bedingte Wiederholung der Phylogenese oder der Entwicklung des zugehörigen Stammes, das heißt der Vorfahren (Biogenetisches Grundgesetz). Haeckel weist ausdrücklich darauf hin, daß diese Wiederholung niemals ganz vollständig ist, da die wechselnden Existenzbedingungen ihre Wirkung auf jede einzelne Keimform ebenso ausüben wie auf den entwickelten Organismus. Im Laufe der Zeit wird einerseits der ursprüngliche Entwicklungsgang allmählich vereinfacht, andererseits durch Anpassung an neue Lebensverhältnisse abgeändert. Dadurch weicht das Bild der einzelnen Stufen der Entwicklung mehr oder weniger von dem ursprünglichen Bild der entsprechenden Stammform ab. Merkmale für das Anklingen der Stammform sind zum Beispiel beim menschlichen Embryo auf bestimmten Entwicklungsstufen zu finden (Kiemenbögen, Chorda, Schwanz). Die Anpassung an besondere Bedingungen zeigt sich zum Beispiel in der Bildung von Eihüllen, eines Dottersackes oder einer Plazenta. Die Jugendstadien geben Aufschluß über verwandtschaftliche Beziehungen, die auf andere Weise nicht gefunden werden können. (Da Haeckel die Phylogenese als mechanische Ursache der Ontogenese ansah, erfaßte er in seiner Formulierung des Biogenetischen Grundgesetzes nur eine Seite der Zusammenhänge. Neuere Forschungen haben erkennen lassen, daß die Beziehungen wesentlich komplizierter sind, als Haeckel annehmen konnte.)
3. Die Tatsachen der vergleichenden Anatomie, durch die wesentliche Übereinstimmung im morphologischen Bau verwandter Organismenarten trotz äußerer Verschiedenheit der Formen erschlossen wird.
4. Das Vorhandensein von rudimentären Organen, wodurch die Haltlosigkeit der teleologischen Auffassungen bewiesen wird.
5. Das natürliche System als Ausdruck der Stammverwandtschaft.
6. Die Tatsachen der Chorologie (räumliche Verbreitung der Lebewesen).
7. Die Tatsachen der Ökologie (Beziehungen der Organismen zur Umwelt).

Die „Natürliche Schöpfungsgeschichte" wurde begeistert begrüßt. Viele einfache Menschen erhielten durch dieses Buch zum ersten Male einen Einblick in die modernen Probleme der biologischen Wissenschaft. Aber den prinzipiellen Gegnern der Entwicklungslehre erschien Haeckel jetzt mit einem Schlage gefährlicher als Darwin. Ein Teil der Professorenschaft zog sich von ihm zurück, und ein Jenaer Kirchenrat forderte Haeckels Entfernung von der Universität, weil er die Jugend „verführe". Auch in Berlin hatte die „Natürliche Schöpfungsgeschichte" bei den „Muckern und Finsterlingen" (wie Haeckel seinem Freunde Allmers schrieb) großen Anstoß erregt.

Darwin, mit dem Haeckel seit 1866 in persönlichem Verkehr stand, bewunderte das Werk wegen seiner vielen originellen Gedanken. Ganz jedoch konnte er Haeckels Feuergeist nicht folgen, so daß er seinem Lob die Worte hinzufügte: „... manchmal indessen macht mich Ihre Kühnheit zittern."

Durch die Angriffe, die durch die „Natürliche Schöpfungsgeschichte" ausgelöst wurden, ließ sich Haeckel jedoch nicht entmutigen, sondern trat weiterhin in Wort und Schrift für den Darwinismus ein. Gleichzeitig förderte er die Zoologie durch eine Reihe grundlegender Spezialuntersuchungen über Radiolarien, Schwämme, Medusen, Siphonophoren (Röhrenquallen), Korallen und Echinodermen. Im ganzen beschrieb er rund 4000 neue Tierarten. Auf vielen Reisen und während zweier Tropenfahrten legte Haeckel große Sammlungen an. Viele Fachausdrücke, die er in die Wissenschaft einführte, sind heute nicht mehr zu entbehren. So beschrieb er in seinem dreibändigen Werk über die Kalkschwämme die frühesten Stadien der Embryonalentwicklung und bezeichnete den kugeligen Zellhaufen, der sich zunächst aus der befruchteten Eizelle entwickelt, als Morula (Maulbeerkeim). Aus ihr geht eine mit Flüssigkeit gefüllte Hohlkugel hervor, deren Wandung aus einer Zellschicht besteht. Diese Hohlkugel nannte Haeckel Blastula. Daraus entwickelt sich im einfachsten Falle durch Einstülpung an einer bestimmten Stelle ein becherförmiges Stadium, das durch zwei Zellschichten (inneres und äußeres Keimblatt) und die Urdarmhöhle charakterisiert ist und durch ihn als Gastrula bezeichnet wurde. Später stellte es sich allerdings heraus, daß gerade bei den Schwämmen die Bildung einer typischen Gastrula unterbleibt und eine Scheingastrula entsteht, die äußerlich einer echten Gastrula ähnelt, aber anders gebildet wird.

Durch vergleichende Untersuchungen ergab sich, daß eine große Anzahl vielzelliger Tiere während der Embryonalentwicklung ein solches Gastrula-Stadium durchläuft. Nach dem biogenetischen Grundgesetz läßt sich diese Tatsache durch die Annahme der stammesgeschichtlichen Entwicklung aus einer gemeinsamen Urform (Gastraea) deuten. Gewisse niedere Tiere (Polypen, Medusen) haben sich nicht über dieses Stadium hinaus entwickelt. Diese Theorie wird von Haeckel 1874 in einer Spezialarbeit „Die Gastraea-Theorie" und im Jahre 1875 mit der Abhandlung „Die Gastrula und die Eifurchung der Tiere" sowie durch eine Reihe weiterer Studien ausgebaut. Sie hat sich für die biologische Forschung als außerordentlich anregend erwiesen.

Im Jahre 1874 faßte Haeckel das gesamte damalige Wissen über die Menschwerdung in seiner „Anthropogenie" zusammen (Abb. 60). Dieses Buch bezeichnete

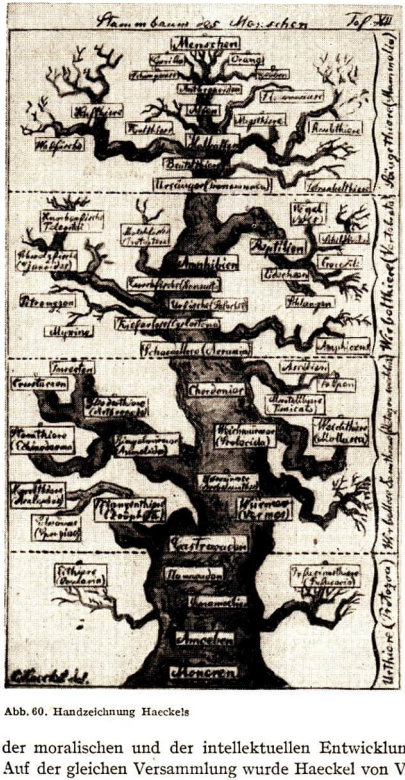


Abb. 60. Handzeichnung Haeckels

ein Bonner Professor als „Attentat auf die Wahrheit der Offenbarung, auf die Grundlage der Religion und auf die Grundlage der Sittlichkeit". Das war für Haeckel ein Anlaß, erst recht für die Verbreitung und Anerkennung der Entwicklungslehre einzutreten. Auf der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in München (1877) betonte er ausdrücklich den Wert der historischen Methode in der Biologie und hob besonders die Anwendung der Entwicklungslehre auf den Menschen hervor. Wichtig ist, daß Haeckel in diesem Vortrage auf die Bedeutung der Darwinschen Theorie für die Bildung einer neuen Weltanschauung einging. In diesem Zusammenhang forderte er die Einführung der Entwicklungslehre in der Schule. Der Vortrag schloß mit einer Absage an das Dogma der Offenbarung und mit einem hoffnungsvollen Fernblick auf einen unendlichen Fortschritt der moralischen und der intellektuellen Entwicklung.

Auf der gleichen Versammlung wurde Haeckel von Virchow angegriffen. Virchow bezeichnete die Entwicklungslehre als ungelöstes Problem der Wissenschaft, das man nicht in die Köpfe der Menschen, besonders der Schullehrer, hineintragen dürfe. Die Anwendung der Darwinschen Theorie lehnte Virchow ab. In seiner Rede verließ er aber sehr bald den Boden einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung, indem er auf „eine ungemein bedenkliche Seite" der neuen Theorie hinwies. Diese Seite ist nach ihm die Tatsache, daß die sozialistische Bewegung die Entwicklungslehre begrüßt habe. Aus dieser Rede geht ganz klar hervor, wie sehr die Entwick-

lungslehre in den herrschenden Kreisen gefürchtet wurde. Nach Virchows Rede triumphierten die Gegner Haeckels, denn jetzt konnten sie sich hinter einer „wissenschaftlichen Autorität" verschanzen. Die Berliner Hofprediger schrieben in der evangelischen Kirchenzeitung, daß „ohne Pietät gegen die Realitäten des Nationalen und Religiösen, des Staats- und Familienlebens" kein Volkswohl möglich sei. Virchow hatte im günstigen Augenblick als „wissenschaftliche Autorität" den Kampf gegen die Entwicklungslehre unterstützt, so daß die katholische Zeitung „Germania" gehässig schreiben konnte: „Die Haeckelianer, respektive Affenfanatiker, haben in München eine entscheidende Niederlage erlitten." Haeckel antwortete mit der Schrift „Freie Wissenschaft und freie Lehre" (1878). Der Grund, der Haeckel zwang, selbst das Wort zu ergreifen, lag, wie er feststellte, „in der fortdauernden ergiebigen Ausbeutung, welche Virchows Rede seit drei viertel Jahren von seiten aller klerikalen und reaktionären Organe zugunsten des geistigen Rückschritts erfährt".

In dieser Schrift setzt sich Haeckel vor allem mit der Frage auseinander, ob es eine objektive Wissenschaft geben könne. Er kommt zu dem Schluß, daß eine Wissenschaft, die bloß aus Tatsachen besteht, nicht denkbar ist. Immer muß zu den Tatsachen eine Theorie kommen. In einem Brief an Haeckel bezeichnete Darwin Virchows Verhalten als schmachvoll.

Kurze Zeit später verfügte der preußische Unterrichtsminister, daß Theorien, wie sie in den Schriften von Darwin und Haeckel zum Ausdruck kommen, in den höheren Lehranstalten nicht behandelt werden dürfen. Haeckel hat die Konsequenzen der natürlichen Weltanschauung nicht gescheut. Im Jahre 1899 brachte er die „Welträtsel" heraus, ein Buch, an dem sich breite Kreise einfacher Menschen schulten.

In diesen Jahren hatte Haeckel auch noch eine Reihe wissenschaftlicher Auseinandersetzungen. Den sogenannten „Neodarwinismus" Weismanns lehnte er ab. Ausdrücklich hob er hervor, daß Darwin von der fundamentalen Bedeutung der Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften überzeugt war. „Ich hatte dreimal das Glück, Darwin in Down besuchen zu dürfen, und jedesmal haben wir über diese Hauptfrage unsere übereinstimmenden Ansichten ausgetauscht."

Die Weismannsche Theorie führt nach ihm zur „Irrlehre der Präformation und zur vitalistischen Teleologie" zurück. Auch mit der Mutationstheorie von Hugo de Vries setzte sich Haeckel auseinander. Die Vorstellung von einzelnen erblichen Anlagen führt nach seiner Meinung wieder zur Einschachtelungslehre zurück. Wie aus Briefen hervorgeht, hat sich Haeckel im hohen Alter auch noch mit dem Mendelismus auseinandergesetzt. Daraus geht hervor, daß er immer die Erkenntnis der großen Zusammenhänge im Auge behalten hatte und sich gegen jede übertriebene Spezialisierung wehrte. Als ihm der Zoologe Richard Semon (1859 bis 1919) den Plan zu einer größeren Arbeit über die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften unterbreitete, antwortete Haeckel: „Hierin kann nicht genug geschehen angesichts der beschränkten Einseitigkeit der modernen Experimentalbiologie mit übertriebener Wertschätzung des Mendelismus usw. Den meisten

modernen Spezialisten fehlt eine klare Übersicht des ganzen Entwicklungsgebietes und besondere Einsicht in die Bedeutung der Paläontologie und vergleichenden Anatomie ..."

Im Jahre 1903 hielt Haeckel in Berlin drei öffentliche Vorträge über den Kampf um den Entwicklungsgedanken, in denen er sich besonders gegen die zahlreichen Versuche wandte, die Entwicklungslehre zu verfälschen oder abzuschwächen.

Ein klares Bild über die wirklichen Ursachen des Kampfes gegen Haeckel vermittelt uns die Rede des Kieler Botanikers Reinke vor dem Preußischen Herrenhaus am 10. Mai 1907. Reinke bezeichnete die Haeckel-Anhänger als eine Organisation von Kräften, die, genauso wie die Sozialdemokratie, im Begriff sei, gegen all das vorzugehen, was in den Schulen und Kirchen aller Konfessionen gelehrt wird. Er meinte, daß ein Philosoph in seiner Studierstube ein religionsfeindliches System ausbrüten könne, es dürfe aber nicht von einer „Schar von Fanatikern" aufgegriffen werden. Aus diesem Grunde vertrat Reinke den Standpunkt, daß auf Haeckel der Artikel 20 der Verfassung (die wissenschaftliche Lehre ist frei) nicht mehr angewandt werden dürfe. Er forderte die Hochhaltung der alten Weltanschauung gegen den Materialismus Haeckels. Den erfolgreichsten Weg gegen Haeckel sieht Reinke in der „Verbesserung" des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den Schulen. Was beispielsweise die Abstammungslehre anbelange, so sei in der Schule ein verständiger Hinweis, daß diese Theorie Idee und Spekulation sei, über welche die Meinungen noch weit auseinandergehen, tausendmal besser, als wenn der Schüler in seinem Wissenshunger diese Lehre „einseitig" dargestellt bekomme. Eine gründliche und vorurteilslose Kenntnis der Biologie führe zum Lichte der alten Weltanschauung zurück. Reinke forderte also bewußt die Verfälschung der Entwicklungslehre und versuchte den Staat gegen Haeckel zu mobilisieren.

So stand Haeckel noch als Dreiundsiebzigjähriger mitten in den großen ideologischen Auseinandersetzungen seiner Zeit. Trotz vieler Schwächen seiner Lehre und trotz der Fehler, die er beging, kann er das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, entscheidend zur Weiterentwicklung des Darwinismus beigetragen zu haben. Eine seiner letzten großen Taten im Dienste der Aufklärung ist die Errichtung des Phyletischen Museums in Jena, wo durch anschauliche Präparate die Entwicklungslehre dargestellt ist.

Seine Hauptbedeutung aber besteht darin, daß er leicht und faßlich das gezeigt hat, „was die Professorenphilosophie vor dem Publikum und vor sich selber zu verbergen suchte – nämlich, daß es einen Eckpfeiler gibt, der sich immer mehr verbreitert und festigt und an dem alle Bemühungen und krampfhaften Anstrengungen der tausendundein Schülchen des philosophischen Idealismus, ... zerschellen. Dieser Eckpfeiler ist der naturwissenschaftliche Materialismus" (Lenin).

V. Weiterentwicklung des Darwinismus zur schöpferischen Biologie

1. Kliment Arkadjewitsch Timirjasew

Im zaristischen Rußland vertrat K. A. Timirjasew (1843 bis 1920, Abb. 61) konsequent die Lehre Darwins und verhalf ihr zur wissenschaftlichen Anerkennung. Damit gewann er in seiner Heimat die gleiche Bedeutung wie Ernst Haeckel in Deutschland. Während Haeckel unter anderem mit der Aufstellung des biogenetischen Grundgesetzes einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklungslehre leistete, leitete Timirjasew durch die Anwendung der Theorien Darwins auf die Praxis die Entwicklung des Darwinismus zum schöpferischen Darwinismus ein.

Er arbeitete nicht nur erfolgreich als Pflanzenphysiologe, sondern griff weit über den Rahmen seines Faches hinaus. So erschien beispielsweise eine Sammlung seiner Aufsätze unter dem Titel „Wissenschaft und Demokratie". In einem dieser Aufsätze, der „Charles Darwin und Karl Marx" überschrieben ist, wies Timirjasew darauf hin, daß im Jahre 1859 nicht nur Darwins „Entstehung der Arten", sondern auch die Arbeit von Karl Marx „Zur Kritik der politischen Ökonomie" erschien und daß dieses Zusammentreffen kein Zufall war. Die gleiche gesellschaftliche Situation bestimmte bei den Wissenschaftlern eine in ihren Grundsätzen ähnliche Denkweise, die beide, jeder auf seinem Gebiet, in den entsprechenden Theorien zum Ausdruck brachten.

Die revolutionär-demokratische Haltung seiner Eltern war von entscheidender Bedeutung für Timirjasews Einstellung zu den gesellschaftlichen Problemen seiner Zeit. In einer Widmung an seine Eltern sagt er: „Vom ersten Bewußtseinsschimmer an, in jener dunklen Zeit, da nach des Dichters Wort ‚unter väterlichem Dach kein ersprießlich Samenkorn des humanen, reinen Lebens in die Seele fiel', habt Ihr mir durch Wort und Tat grenzenlose Liebe zur Wahrheit und feurigen Haß gegen jede, insbesondere gegen die gesellschaftliche Lüge eingeflößt."

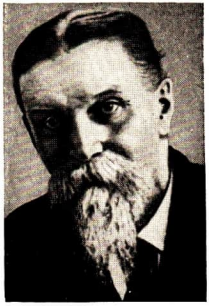


Abb. 61. K. A. Timirjasew

Der Vater Timirjasews war als Zollamtsdirektor tätig und wurde später infolge seiner revolutionären Haltung aus dem Dienste entfernt. Dadurch geriet die Familie in wirtschaftliche Schwierigkeiten. Timirjasew berichtet von dieser Zeit: „Von meinem 15. Lebensjahre an hat meine linke Hand nicht einen Heller ausgegeben, den nicht meine Rechte erarbeitet hatte. Die Erarbeitung der Existenzmittel stand, wie das immer unter solchen Verhältnissen der Fall ist, im Vordergrund, und die Beschäftigung mit der Wissenschaft war eine Sache der Leidenschaft in Mußestunden, die von der durch die Not erzwungenen Arbeit frei blieben. Dafür konnte ich mich mit dem Gedanken trösten, daß ich dies auf eigenes Risiko machte und

nicht auf Kosten unwissender Arbeitssklaven wie die Kinder der Gutsbesitzer und die Kaufmannssöhnchen."
Timirjasews Mutter hat sehr viel zur Bildung Kliment Arkadjewitschs und seiner Geschwister beigetragen.
Die fortschrittliche Gesinnung seiner Eltern zeigt sich deutlich an folgendem Beispiel. Als sein Vater im Jahre 1848 einmal von einem Bekannten gefragt wurde, welche Laufbahn er für seine vier Söhne vorgesehen habe, antwortete er: „Ich lasse fünf blaue Blusen wie die der französischen Arbeiter nähen, kaufe fünf Gewehre, und dann gehen wir den Winterpalast stürmen."
Die wissenschaftliche Ausbildung Timirjasews begann 1861 mit seinem Eintritt in die Mathematisch-Physikalische Fakultät der Petersburger Universität. Diese mußte er jedoch schon im folgenden Jahre wieder verlassen, weil er es ablehnte, eine Verpflichtung zu unterschreiben, die ihm die Teilnahme an studentischen Versammlungen untersagte.
Im Jahre 1863 konnte er das Studium wieder aufnehmen. Drei Jahre später erhielt er für eine Arbeit über Lebermoose den akademischen Grad eines Kandidaten, der etwa unserem Doktorgrad entspricht.
Schon während seines Studiums schrieb er einige Abhandlungen über den Darwinismus und veröffentlichte 1865 das Buch „Kurzer Abriß der Theorien Darwins".
Auf dem Naturwissenschaftlichen Kongreß im Jahre 1868 berichtete Timirjasew „Über die Spaltung der atmosphärischen Kohlensäure durch die Pflanzen unter dem Einfluß des Sonnenlichts". Damit hatte er sich einem Gebiete der Pflanzenphysiologie zugewandt, auf dem er im Verlauf seines weiteren Lebens bedeutende Forschungsergebnisse erzielte. Noch im Jahre 1868 fuhr er ins Ausland und arbeitete bis 1870 bei hervorragenden Wissenschaftlern, wie Kirchhoff, Hofmeister, Bunsen, Helmholtz, bei Claude Bernard, Berthelot, Boussingault u. a.
Mit seiner Arbeit über „Die Spektralanalyse des Chlorophylls" erwarb Timirjasew 1871 den Grad eines Magisters an der Petersburger Universität; 1875 verteidigte er an der gleichen Stelle seine Doktordissertation „Über die Ausnutzung des Lichtes durch die Pflanze".
Durch seine bedeutenden Arbeiten über die Photosynthese der grünen Pflanzen erlangte der russische Gelehrte internationale Anerkennung. Mit außerordentlich gutem experimentellem Geschick untersuchte er die Wirkung der Bestandteile des Sonnenlichtes bei der Assimilation des Kohlenstoffes. Bei Experimenten mit dem Sonnenspektrum beobachtete er die Wirkung der verschiedenwelligen Bestandteile des weißen Lichtes auf die grüne Pflanze und erkannte, daß die größte Bedeutung den langwelligen (roten) Strahlen zukommt. Bestätigt wurde dieses Versuchsergebnis, als der Forscher das Absorptionsspektrum des Chlorophylls untersuchte. Dabei ergab sich, daß vom Chlorophyll hauptsächlich die roten Strahlen absorbiert werden. Timirjasew zeigte, daß bei ihnen die Photosynthese am intensivsten verläuft. Er wies nach, daß die Energie für die Assimilation aus dem Sonnenlicht stammt und daß bei diesem Prozeß eine Umwandlung der strahlenden in chemische Energie stattfindet. Durch ihn wurde damit die Wissenschaft um

die Erkenntnis bereichert, daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie auch für biologische Vorgänge gilt.
Timirjasew sagt im Vorwort zu seinem Buch „Sonne, Leben und Chlorophyll“: „Ich war der erste unter den Botanikern, der anfing, über das Gesetz von der Erhaltung der Energie zu sprechen und der demzufolge das Wort ‚Licht‘ durch die Bezeichnung ‚Strahlende Energie‘ ersetzte ... Indem ich mich auf den Standpunkt der Energielehre stellte, sprach ich als erster den Gedanken aus, daß es logischer sei, eine Abhängigkeit der Kohlensäurespaltung von der Energie der Sonnenstrahlen als von deren Helligkeit zu erwarten ... Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, ist Arbeitsfähigkeit. Bei der Kohlensäurespaltung aber wird chemische Arbeit aufgewandt, es wird die zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff bestehende Affinität zerrissen, als deren Maß, wie die zu jener Zeit entstandene Thermochemie lehrte, wir den Wärmeeffekt der Verbindungsreaktion von Kohlenstoff mit Sauerstoff annehmen müssen.“
Mit der gleichen Folgerichtigkeit, mit der Timirjasew das Gesetz von der Erhaltung der Energie bei seinen physiologischen Arbeiten anwandte, bezog er auch die historische Betrachtungsweise in seine Untersuchungen der Organismen ein. So sieht er in der grünen Farbe der Pflanzen keine zufällige Erscheinung, sondern eine im Prozeß der Entwicklung entstandene Hilfseinrichtung für die Absorption der energiereichsten Bestandteile des Sonnenlichts. Timirjasew schreibt im Vorwort zu seinem Buch „Einige Grundaufgaben der modernen Naturwissenschaft“: „Ich versuche hauptsächlich, die Wechselbeziehungen zwischen den beiden Grundverfahren zur Erforschung der Lebewesen zu erläutern: zwischen der experimentell-physiologischen und der historisch-biologischen Methode.“
Timirjasew war von der grundsätzlichen Bedeutung der Lehre Darwins überzeugt und verbreitete sie mit allen ihm zur Verfügung stehenden Mitteln. So erschienen beispielsweise in den Jahren von 1907 bis 1909 die acht Bände seiner Übersetzung der Werke Charles Darwins. Außerdem erläuterte er in seinen Arbeiten einzelne Probleme der Entwicklungslehre, wie beispielsweise die natürliche Auslese, die Zweckmäßigkeit und den Kampf ums Dasein.
In seinen Schriften und Reden trat er entschieden gegen die mannigfaltigen Versuche auf, die Entwicklungslehre zu verfälschen. Er wies beispielsweise darauf hin, daß es falsch ist, die Anschauungen Darwins und Lamarcks zu trennen. Darwin verurteilte die falschen Versuche Lamarcks, Anpassungen der Organismen an die Umwelt durch den Willen dieser Lebewesen zu einer bestimmten Tätigkeit erklären zu wollen. „Die Abhängigkeit der Form von der Umwelt jedoch, das heißt jenen Teil der Lehre Lamarcks, der seine Bedeutung im vollen Umfange behalten hat, erkannte Darwin von den ersten Schritten an und maß ihr um so größere Bedeutung bei, je weiter er sich entwickelte. Nur eine Verbindung dieser Seite des Lamarckismus mit dem Darwinismus verspricht auch eine vollständige Lösung der biologischen Aufgabe.“
Timirjasew verurteilte scharf die vulgäre Übertragung biologischer Gesetzmäßigkeiten auf die menschliche Gesellschaft und erklärte, daß Darwin keine Schuld an der falschen Auslegung des Begriffes „Kampf ums Dasein“ trage. So stellte

er fest: „... zur Quelle der Unmoral wird der Darwinismus erst dann, wenn der Kampf ums Dasein, in der engsten und groben Form verstanden, als Grundgesetz nicht nur der vergangenen, sondern auch der gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklung des Menschen verkündet wird."
Mit der gleichen Entschiedenheit wandte sich Timirjasew gegen die Vitalisten, die zur Erklärung des Lebens eine besondere „Lebenskraft" annehmen. Hierzu bemerkte er: „Es ist an der Zeit, zu begreifen, daß der Vitalismus niemals eine positive Doktrin war. Er ist nur eine Verneinung des Anrechtes der Wissenschaft auf den morgigen Tag, eine Prophezeiung, daß er niemals dies oder jenes wird erklären können ..."
Timirjasew erkannte die Bedeutung der Theorie für die Praxis und umgekehrt den Wert der Praxis als Kriterium der Theorie. Große Aufmerksamkeit widmete er der Verwertung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse. So trat er beispielsweise tatkräftig für die Gründung eines Netzes von Versuchsstationen ein, auf denen „sowohl der Lehrer der Landwirtschaft als auch der Chemiker und der Pflanzenphysiologe Gelegenheit bekommen werden, allen Interessenten eine anschauliche Vorstellung von dem zu geben, was die Wissenschaft für die Landwirtschaft leisten kann". Timirjasew bereicherte den Darwinismus durch die neue Auffassung des Verhältnisses der Menschen zur Natur. In seiner Arbeit „Der Kampf der Pflanze gegen die Trockenheit", die im Jahre 1893 veröffentlicht wurde, schrieb er im Kapitel „Folgerungen für die landwirtschaftliche Praxis": „Gehen wir jetzt zur Betrachtung jener Maßnahmen über, mit denen der Mensch aktiv auftritt, indem er sich nicht den gegebenen klimatischen Verhältnissen anpaßt, sich nicht der Natur, sondern die Natur sich unterwirft."
Der greise Wissenschaftler erlebte noch den Sieg des Proletariats in seiner Heimat und den Beginn einer neuen Ordnung, die er tatkräftig unterstützte. Noch acht Tage vor seinem Tode nahm er an der Sitzung der landwirtschaftlichen Abteilung des Moskauer Sowjets teil und arbeitete anschließend bis tief in die Nacht hinein an dem Sammelwerk „Sonne, Leben und Chlorophyll".

2. Wassili Robertowitsch Wiljams

Einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung des Darwinismus auf die höhere Stufe des schöpferischen Darwinismus lieferte der sowjetische Bodenkundler und Agronom Wassili Robertowitsch Wiljams (1863 bis 1939). Er klärte die Gesetzmäßigkeiten der historischen Entwicklung des Bodens, erarbeitete die Theorie des einheitlichen Bodenbildungsprozesses und wurde damit zum Begründer der modernen Bodenkunde. Mit seinen Arbeiten schuf Wiljams eine der wesentlichen Grundlagen für die Umgestaltung der Natur durch den Menschen, also für die schöpferische Anwendung der Entwicklungslehre.
Wiljams Vater war Ingenieur; bis zu seinem Tode lebte die Familie in einem gewissen Wohlstand. Der junge Wiljams erlernte schon im frühen Alter die englische, französische, deutsche und italienische Sprache. Die ausgezeichnete Bibliothek des Vaters bot ihm Gelegenheit, sich mit der klassischen Literatur zu beschäftigen;

daneben studierte er frühzeitig geologische und mineralogische Bücher. Als Wiljams dreizehn Jahre alt war, verlor er den Vater. Die Familie geriet in Not, da die Mutter den Unterhalt für ihre drei Söhne und vier Töchter allein aufbringen mußte. Wiljams konnte im Jahre 1879 in eine Moskauer Realschule eintreten und zeigte dort besondere Neigung für die Naturwissenschaften, vor allem für Chemie. Einige seiner Lehrer erkannten dies und vermittelten ihm Kenntnisse, die weit über den Lehrplan der Schule hinausgingen. 1883 trat Wiljams als Student in die Petrow-Akademie in Moskau ein. Neben seinem Studium war er gezwungen, Privatunterricht zu erteilen, um die Familie unterstützen zu können.
Die Petrow-Akademie war zu dieser Zeit durch ihre freisinnigen Studenten und ihre berühmten Professoren bekannt. Unter den Professoren trat K. A. Timirjasew als kämpferischer Darwinist und Demokrat besonders hervor. Er übte auf Wiljams starken Einfluß aus.
Im Jahre 1887 beendete Wiljams das Studium und erhielt das Stipendium höchster Stufe. Er wurde auf die Dauer von drei Jahren ins Ausland gesandt, um dort seine Kenntnisse zu vertiefen. In Paris studierte er bei Louis Pasteur die Bakteriologie des Bodens. Gleichzeitig hörte er chemische und bodenkundliche Vorlesungen. Während der Sommerferien 1888 unternahm er Reisen durch Frankreich, um die landwirtschaftlichen Verhältnisse kennenzulernen.
1889 studierte er in München die Physik und die Chemie des Bodens und lernte die dort gebräuchlichen Verfahren der Bodenuntersuchung kennen. Dabei konnte er die von ihm früher aufgestellten Methoden der mechanischen Bodenanalysen theoretisch begründen.
Im Jahre 1891 fuhr Wiljams nach Moskau zurück und wurde beauftragt, den Lehrgang für allgemeine Landwirtschaft zu übernehmen. Er beendete 1893 seine Forschungsarbeit „Versuchsergebnisse auf dem Gebiete der mechanischen Bodenanalyse", die er schließlich als Magister-Dissertation erfolgreich verteidigte. Am gleichen Tage wurde die berühmte Petrow-Akademie geschlossen, und der fortschrittlichen Studentenschaft und dem gesamten Rat der Akademie wurde die Arbeitsmöglichkeit genommen.
An die Stelle der Akademie trat am 26. September 1894 das Moskauer Landwirtschaftliche Institut, in dessen Professoren-Kollegium Wiljams auf den Lehrstuhl für Bodenkunde und allgemeinen Ackerbau berufen wurde. Bevor seine Vorlesungen begannen, wurde er nach Chicago geschickt, um dort die russische landwirtschaftliche Abteilung auf der Columbia-Weltausstellung zu organisieren. In Chicago hatte er Gelegenheit, über die Probleme der Bodenchemie mit dem großen russischen Gelehrten Mendelejew zu sprechen, der seinen wissenschaftlichen Theorien zustimmte. Von Chicago aus besuchte Wiljams Kanada, Dakota, Kalifornien und Utah, um landwirtschaftliche Probleme zu studieren.
Im November 1894 reiste Wiljams nach Rußland zurück und gründete im gleichen Jahr die erste Versuchsanlage für Selektion. In der Begründung für ihre Notwendigkeit schrieb er: „Ist es nicht eine Schande, daß wir uns verbesserten Pskower Lein aus dem Auslande kommen lassen müssen, statt unsere russischen Pflanzen aus eigenen Kräften zu verbessern?"

Als Leiter der agronomischen Abteilung einer Expedition in das zentrale Gebiet des europäischen Rußlands studierte Wiljams im Frühjahr 1895 die Wälder und ihre Beziehungen zur Wasserwirtschaft und zum Ackerbau. Er berichtete, daß diese Expedition zu entscheiden hatte, welche Wälder bei der immer mehr um sich greifenden Entwaldung geschont werden mußten, und wo neu aufzuforsten sei. Dabei sollten neben den Bedürfnissen des Ackerbaus auch die Belange der Wasserwirtschaft berücksichtigt werden.
Im Jahre 1897 organisierte Wiljams im Auftrage der Moskauer Stadtverwaltung in Ljublin bei Moskau die ersten Rieselfelder. Noch im gleichen Jahre reiste er mit einer Kommission nach Westeuropa, um dort ähnliche Einrichtungen zu studieren. Nach seiner Rückkehr übernahm er die Leitung der Ljubliner Anlage. Ununterbrochen und systematisch führte er dabei Beobachtungen und Versuche über die biologische Tätigkeit des Bodens durch, deren Ergebnisse er in mehreren Arbeiten zusammenfaßte. Die aus diesen Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse bildeten die Grundlagen für seine Theorie über die bodenbildenden Prozesse, die er in seiner berühmten Bodenkunde darstellte.
Nach hartnäckigem Kampf gegen Rückschritt und Unverstand konnte Wiljams im Jahre 1897 die ersten Samenkontroll- und Versuchsstationen Rußlands einrichten. 1898 wurde er zum Direktor der landwirtschaftlichen Abteilung des Moskauer Polytechnischen Museums ernannt; dieses Amt verwaltete er bis zum Jahre 1923.
Im Jahre 1902 wurde Wiljams vom Landwirtschaftsministerium zur Pariser Weltausstellung abgeordnet. Von dort aus unternahm er eine Reise, um den Erfolg der Maßnahmen dieses Landes gegen die Salzböden kennenzulernen.
Nach Rußland zurückgekehrt, begann Wiljams mit den Arbeiten über die organischen Substanzen des Bodens. Es gelang ihm, mehrere Humussäuren zu isolieren und ihre Eigenschaften sowie ihre Bildung unter verschiedenen Umweltbedingungen zu bestimmen. In seiner Bodenkunde schreibt er darüber: „In Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen Berzelius', die durch meine Arbeit im allgemeinen bestätigt wurden, stellen die natürlichen Humussubstanzen drei Säuren dar. Bei den Namen zog ich vor, diejenigen beizubehalten, die in die Wissenschaft eingegangen sind: Ulminsäure, Huminsäure und Krensäure. Diese drei Säuren sind stets an drei Zersetzungstypen der natürlichen organischen Substanzen gebunden:

Ulmin- oder braune Humussäure an anaerobe Zersetzung;
Humin- oder schwarze Humussäure an aerobe Zersetzung;
Kren- oder farblose Humussäure an pilzliche Zersetzung.

Immer, wenn sich im Boden diese Prozesse vollziehen, erscheinen die entsprechenden Säuren."
Wiljams ist als der Schöpfer der biologischen Richtung in der Bodenkunde zu bezeichnen. Er sieht im Boden ein Produktionsmittel und sagt: „Der Boden ist der lockere, obere Horizont des Festlandes der Erdkugel, der zur Erzeugung von Pflanzenerträgen fähig ist."
Das Gestein wird durch die Verwitterungsprozesse zu einer Zerfallsmasse, aus

der sich der Boden bildet. Die entscheidende Eigenschaft des Bodens, die ihn vom unfruchtbaren Stein unterscheidet, ist seine Fruchtbarkeit. In seiner Arbeit „Die Bedeutung der organischen Substanzen des Bodens" schreibt Wiljams, daß der gesamte Chemismus des Bodens nichts anderes als die Funktion der organischen Substanz ist. Im Muttergestein und in dessen Zerfallsmasse sind diese organischen Substanzen nicht vorhanden; beide sind unfruchtbar. „Bringt man in diese Gesteinssubstanz die organischen Substanzen hinein, so gibt man ihr das Leben, und die unbelebte Substanz des Muttergesteins verwandelt sich schnell in einen lebenden Komplex, der die mineralische Natur mit der organischen, die unbelebte mit der lebenden verbindet; sie ist zum Boden geworden."
Im Boden entsteht bei der Zersetzung pflanzlicher Überreste durch Kleinlebewesen Humus. Dieser bildet mit den Bodenteilchen Bodenkolloide, die die Krümelstruktur bedingen. In jedem Krümel sind viele Bodenteilchen miteinander verkittet, zwischen denen sich ein Kapillarsystem befindet, in dem das Bodenwasser gehalten wird. Zwischen den Krümeln liegen größere Hohlräume, die mit Luft gefüllt sind. Dadurch finden sich im Boden kapillare und nichtkapillare Hohlräume nebeneinander. Durch die Krümelung ist der Boden in der Lage, das Niederschlagswasser in hohem Maße aufzusaugen; der Wasserhaushalt wird stabil. In diesem Strukturzustand enthält der Boden Wasser, Nährstoffe und Luft unter den für die Pflanze günstigsten Bedingungen.
Neben der Erforschung der organischen Substanzen im Boden untersuchte Wiljams die biologischen Besonderheiten der Gräser und Leguminosen. Ihm gelang die Selektion einer besonderen Form des englischen Raygrases, die für die Wiesen Rußlands bedeutungsvoll wurde, sowie die Zucht von Luzernesorten, unter denen die Kasakluzerne vorzugsweise in den USA angebaut wird.
1904 erhielt Wiljams die Erlaubnis zur Errichtung des Staatlichen Instituts für Wiesenbau, das später durch die Sowjetregierung zum Wissenschaftlichen Unions-Forschungsinstitut für Futterbau reorganisiert wurde. Die Aufgaben des Instituts bestanden darin, Aussaattechniken für Wiesen und Weiden im System der Futterbau-Fruchtfolgen zu entwickeln und die Erweiterung des Grasanbaues innerhalb der Ackerbau-Fruchtfolgen zu ermöglichen. In diesem Institut entwickelte Wiljams sein Trawopolnaja-System der Landwirtschaft. Er ging davon aus, daß die bisher üblichen Brache- und Fruchtwechselsysteme die stabile Krümelstruktur des Bodens nicht wiederherstellen können. Ebenso können sie dem Aufbau einer stabilen Futtergrundlage für die Viehwirtschaft nicht genügen. Wiljams schlug vor, das Land in ein Netz von Nutzflächen (Wald, Feld, Wiese) einzuteilen und die Landwirtschaft mit der Wasserwirtschaft zu verbinden. Er wies nach, daß in jede Fruchtfolge der periodische Wechsel einjähriger Kulturpflanzen mit mehrjährigen Gräsern eingeordnet werden muß. Einjährige Kulturpflanzen zerstören die Bodenstruktur, da sie gerade im Hochsommer, wenn für aerobe Bodenbakterien günstigste Lebensbedingungen bestehen, absterben, so daß die pflanzlichen Überreste innerhalb von 20 Tagen bis zu ihren mineralischen Bestandteilen abgebaut werden. Dieses Moment fällt bei mehrjährigen Gräsern und Leguminosen weg. Ihre Rückstände werden hauptsächlich von anaeroben Bakterien zersetzt, durch deren

Tätigkeit kein restloser Abbau der Rückstände erfolgt, sondern aktiver Humus gebildet wird. Aus diesem Grunde und wegen der stärkeren Wurzelbildung entsteht bei der Kultur mehrjähriger Gräser und Leguminosen eine ausgezeichnete Krümelstruktur.

Wiljams stellte folgende **Elemente des Trawopolnaja-Systems** der Landwirtschaft auf, die harmonisch ineinandergreifen und sich gegenseitig ergänzen.

1. Die **Fruchtfolgen** jedes landwirtschaftlichen Betriebes müssen in Ackerbau- und Futterbau-Fruchtfolge geteilt werden. Die Ackerbau-Fruchtfolge hat den Anbau von Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben, Ölfrüchten u. a. zu regeln. Die Futterbau-Fruchtfolge betrifft die Grünfutterflächen, die Silofutterpflanzen, die Futterhackfrüchte und einige technische Kulturen (Faserpflanzen).

2. Das System der **Bodenbearbeitung.** Hier unterteilt Wiljams in die Bodenbearbeitung durch die Winterfurche und in Arbeiten vor der Aussaat. Die Bearbeitung durch die Winterfurche unterstützt die Bildung der Krümelstruktur, die am Ende der Vegetationsperiode dem Boden meist fehlt. Die Bodenbearbeitung vor der Aussaat soll eine obere Isolierschicht schaffen, die das Wasser im Boden festhält.

3. Das System der **Pflanzendüngung.** Es soll den Nährstoffgehalt im Boden regulieren. Dazu schreibt Wiljams: „Man muß sich fest einprägen, daß eine beliebige mineralische Düngung ihre ganze Wirkung nur im Rahmen einer vollen und ununterbrochenen Versorgung mit Wasser, das heißt auf dem Strukturboden entfalten kann."

4. Das System der feldschützenden **Waldstreifen.** Diese Schutzwaldstreifen bewahren den Böden und die Pflanzen vor schädlichen Winden, sie sorgen für Schneeansammlungen, fördern das Eindringen des Regens in den Boden und beseitigen die starken Schwankungen der Temperatur und der Feuchtigkeit im Boden und in der Luft.

Mit dem Trawopolnaja-System der Landwirtschaft hat Wiljams einen zuverlässigen Weg für den Kampf gegen die Dürre gewiesen. Es ermöglicht die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und die Erreichung hoher, stabiler Erträge, es beseitigt die Abtragungen und Verwehungen der Böden, festigt die Sande und fördert die richtige Ausnutzung des Bodens.

Mit der Einführung des Trawopolnaja-Systems wird gleichzeitig eine Futterbasis geschaffen, die eine starke Entwicklung der Viehwirtschaft ermöglicht.

Der Erfolg des Trawopolnaja-Systems der Landwirtschaft hängt ab von der Versorgung der Bauern mit leistungsfähigen Maschinen zur Bodenbearbeitung. Daher forderte Wiljams von der Industrie die Entwicklung landwirtschaftlicher Geräte und arbeitete selbst eine Lehre über das System landwirtschaftlicher Maschinen aus.

Mit der genauen Kenntnis der Struktur des Bodens und der Fähigkeit, ihn zu verbessern, durch die Anwendung des Trawopolnaja-Systems der Landwirtschaft und die Konstruktion neuer landwirtschaftlicher Maschinen greift der Mensch in die Natur gestaltend ein und verändert sie nach seinem Willen.

Wiljams stand, als die Große Sozialistische Oktoberrevolution in Rußland den Zarismus hinwegfegte, auf der Höhe seiner Schaffenskraft. Er begrüßte begeistert

die Neuordnung und trat mit 65 Jahren in die KPdSU (B) ein, durch die seine Arbeit erst zur vollen Wirkung kommen konnte.
Der Beschluß des Ministerrates der UdSSR und des Zentralkomitees der KPdSU (B) vom 23. Oktober 1948 „Über den Plan zur Anlage von feldschützenden Waldstreifen, zur Einführung der Trawopolnaja-Fruchtfolgen und zum Ausbau von Teichen und Wasserbassins, um hohe und stabile Erträge in den Steppen- und Waldsteppengebieten des europäischen Teils der UdSSR sicherzustellen", ist die Anerkennung der Arbeit von Wiljams durch den sozialistischen Staat. Damit entsteht das Neue auch in der Landwirtschaft: die Anwendung der Theorie durch Millionen Menschen in der Praxis.

3. Iwan Wladimirowitsch Mitschurin

Iwan Wladimirowitsch Mitschurin (1855 bis 1935, Abb. 62) wurde am 28. Oktober 1855 in der Nähe des Städtchens Pronsk im Gebiete von Rjasan geboren. Er entstammt dem kleinen verarmten Landadel; sein Vater beschäftigte sich mit Obstbau und Bienenzucht. Im Alter von vier Jahren verlor er seine Mutter und schloß sich daher enger an den Vater an, der ihn frühzeitig mit den Techniken des Okulierens und Kopulierens vertraut machte. Mitschurin besuchte das Gymnasium in Rjasan, das er jedoch infolge korrupten Verhaltens des Direktors wieder verlassen mußte.
Vom Ende des Jahres 1872 an stand er zwölf Jahre im Dienst der Eisenbahn des Koslower Bezirks. Durch diese Tätigkeit war es Mitschurin möglich, sich insbesondere mit dem Stand des Obstbaus in Mittelrußland zu beschäftigen. Das niedrige Niveau des Obstbaus veranlaßte ihn, sich zwei kühne Aufgaben zu stellen: das Sortiment der Obst- und Beerenpflanzen der Mittelzone durch Sorten zu ergänzen, die einen hohen Ertrag von guter Qualität brachten, und die Anbaugrenze südlicher Kulturen weit nach Norden zu verlegen.

Abb. 62. И. В. Мичурин

Die Arbeitsmethoden Mitschurins

Akklimatisation. Die Arbeit der russischen Obstzüchter wurde in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts von der Theorie der Akklimatisation beherrscht, die vor allem von dem Moskauer Obstzüchter Dr. Grell vertreten wurde. Nach dieser Theorie sollte eine Verbesserung des Obstsortiments der mittel- und nordrussischen Gebiete durch Einführung west- und südeuropäischer Sorten in die strengen klimatischen Verhältnisse Zentralrußlands möglich sein. Man nahm an, daß sich diese Sorten den dort herrschenden Bedingungen anpassen würden. Diesen Weg beschritt zunächst auch

Mitschurin. Er schrieb darüber: „Als ich mir aus dem Auslande – dem Süden – Pflanzen bestellte, da glaubte ich, diese Fremdlinge würden bei uns wachsen und Früchte tragen, aber die betreffenden Versuche waren nicht von Erfolg gekrönt, da die Pflanzen gleich im ersten Winter erfroren. Einzelne Exemplare trugen allerdings Früchte, aber auch sie gingen schließlich ein oder kamen doch für den weiteren Anbau in unserer Gegend nicht in Betracht."
Diese Mißerfolge veranlaßten Mitschurin, die Methode der einfachen Akklimatisation zu erweitern, indem er die Reiser südlicher Sorten auf winterharte Wildlinge pfropfte. Er war der Auffassung, daß dadurch zumindest bei den nächstfolgenden Sämlingsgenerationen eine raschere Anpassung an das härtere Klima stattfände, so daß die Auslese neuer, besserer Sorten möglich werde. Der praktische Erfolg dieser Methode war jedoch ebenfalls gering.
Außerdem ließ sich Mitschurin aus west- und südeuropäischen Ländern Samen von Edelsorten schicken. Die Mehrzahl der durch Aussaat gewonnenen Sämlinge erfror im ersten Winter. Da er immer wieder versuchte, mit dieser Methode zu brauchbaren Ergebnissen zu gelangen, erlitt Mitschurin volle zehn Jahre hindurch einen Fehlschlag nach dem anderen, entsprach doch die neue Umwelt nicht den Bedürfnissen der fremden Sorten.

Generative Hybridisation. Bei den folgenden Arbeiten hielt Mitschurin an dem Grundsatz fest, daß man bei der Züchtung neuer Sorten stets von dem Samen ausgehen müsse. Auch der Versuch der Massenauslese an Sämlingen bester einheimischer und ausländischer Sorten blieb ohne Erfolg; es wurden nur unbedeutende qualitative Verbesserungen erzielt. Deshalb ging Mitschurin zur Methode der generativen Kreuzung beziehungsweise Hybridisation über. Zunächst kreuzte er Pflanzen der gleichen Gegend, die also unter relativ gleichen Umweltbedingungen aufgewachsen waren. Es entstanden schwächliche Bastarde ohne die erstrebten Eigenschaften. Daraufhin ging Mitschurin zur Kreuzung einheimischer Sorten mit solchen aus dem Süden des Landes über. Die so gewonnenen Früchte besaßen wohl bessere Eigenschaften, waren jedoch nicht lagerungsfähig. Die wertvollen Merkmale der aus dem Süden stammenden Pflanzen traten nur schwach in Erscheinung. Mitschurin begann nun, Pflanzen zu kreuzen, deren Heimatorte außerordentlich weit voneinander entfernt lagen, wobei sich die südlichen Sorten durch wertvolle Eigenschaften, wie guten Geschmack und Lagerungsfähigkeit, auszeichneten, während die nördlichen Sorten die größere Kälteresistenz besaßen. Die so erhaltenen Hybriden wurden als Sämlinge in der neuen Gegend, also in einer neuen Umwelt, aufgezogen.
Die Aufzucht dieser Hybriden führte Mitschurin erstmalig zum Erfolg. Er kreuzte beispielsweise die wildwachsende „Ussuri-Birne" aus dem Ussuri-Gebiet Ostsibiriens mit der Sorte „Beurré-Royal" aus Italien. Die Ussuri-Birne verträgt Temperaturen bis zu −40° C und ist damit die frostwiderstandsfähigste Sorte überhaupt. Ihre Früchte sind jedoch kaum genießbar. Die Beurré-Royal zeichnet sich durch Schmackhaftigkeit aus und läßt sich gut lagern. Das Ergebnis der Kreuzung, unter mittelrussischen Umweltbedingungen aufgezogen, nannte Mitschurin „Bere simnjaja Mitschurina" (Mitschurins Winterbutterbirne, Abb. 63). Diese

neue Sorte besitzt die wertvollen Eigenschaften beider Eltern, nämlich den guten Geschmack, die Lagerungsfähigkeit und eine hohe Frostresistenz.
Mitschurin beobachtete bei solchen Kreuzungen, daß im allgemeinen die Eigenschaften des Wildlings im Charakter der Hybriden überwiegen. Wählt man jedoch Wildlinge, die in den ersten Blütejahren stehen, so werden diese Eigenschaften wesentlich zugunsten der Edelsorte abgeschwächt.

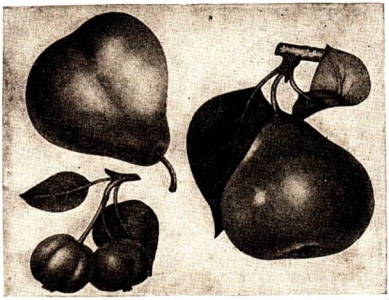


Abb. 63. Mitschurins Winterbutterbirne (rechts) mit ihren Stammformen (links)

Vegetative Hybridisation. Mitschurin hybridisierte nicht nur generativ, sondern bediente sich auch der Methoden des Kopulierens und Okulierens. Er erhielt auf diese Weise Pflanzen, die sich bei genauer Untersuchung in den folgenden Generationen als Hybriden erwiesen. Da diese auf ungeschlechtlichem Wege erzeugt waren, bezeichnete er sie als vegetative Hybriden. Für sie gelten in bezug auf die Auswahl der Reiser und der Unterlage die gleichen Prinzipien wie für die Auswahl der Eltern bei generativer Hybridisation. Die Besonderheit besteht darin, daß das Reis Umweltfaktor für die Unterlage und umgekehrt die Unterlage Umweltfaktor für das Reis ist, da Reis und Unterlage sich über ihren Stoffwechsel beeinflussen.

Mentormethode. Durch zweckmäßige Verbindung der generativen mit der vegetativen Hybridisation entwickelte Mitschurin die Mentormethode. Die durch generative Hybridisation erzeugten Pflanzen vereinigen zwar in sich die vom Züchter gewünschten Eigenschaften ihrer Eltern. Sie werden sich jedoch oft nicht in erforderlichem Maße ausprägen. Um das Züchtungsergebnis weiter zu verbessern, schloß Mitschurin an die generative Hybridisation die vegetative an. Er pfropfte auf eine junge generative Hybride das Reis einer alten Pflanze, welche die gewünschten, in der Hybride nur mangelhaft ausgeprägten Eigenschaften besaß.
Mitschurin verstand unter jungen Pflanzen solche, die sich in den ersten Blütejahren befinden, unter alten die, welche bereits eine Anzahl Jahre in denselben Umweltverhältnissen geblüht haben, in denen sie sich vorher entwickelt hatten.
Er berücksichtigte nicht nur den Einfluß eines alten Reises auf eine Hybride, sondern auch die Wirkung einer alten Unterlage auf das Reis, das einer jungen Hybride entstammte. Die alte Unterlage beziehungsweise das alte Reis, durch das er die Hybride in der gewünschten Richtung beeinflußte, nannte er „Mentor".

Vegetative Annäherung. Mitschurin beobachtete bei der Anwendung des Mentorverfahrens, daß die Veränderlichkeit der generativen Hybriden verhältnismäßig groß ist, wenn die Eltern der Hybriden verschiedenen Arten oder Gattungen entstammen.

Dabei stellte Mitschurin fest, daß:

1. „die zwischenartliche Kreuzung viel leichter gelingt, wenn als mütterlicher Erzeuger keine Pflanze reiner Art verwendet wird, sondern eine junge Hybride während ihrer ersten Blüte;

2. bei solchen Kreuzungen eine Methode höchst förderlich ist, die ich als vorherige vegetative Annäherung bezeichne. Sie besteht in folgendem: Man nimmt einige Reiser von einjährigen Hybridensämlingen (d. h. Reiser von Hybriden, die durch Kreuzung von zwei Unterarten der gleichen Pflanzenart gewonnen wurden, unbedingt von jungen, noch nicht fruchtenden Hybriden und nicht Reiser unserer alten Obstbaumsorten) und pfropft sie durch Kopulation auf die Zweige der Krone eines erwachsenen Baumes einer anderen Art oder Gattung, z. B. Birne auf Apfel, Eberesche auf Birne, Quitte auf Birne, Mandel, Aprikose oder Pfirsich auf Pflaume usw.

Von einigen derart gepfropften Reisern verwächst manchmal nur ein Teil gut, besonders bei den Steinobstarten. In den folgenden fünf bis sechs Jahren entwickeln sich diese Reiser unter dem ständigen Einfluß des gesamten Laubsystems der Krone der Unterlage und verändern allmählich bis zum Zeitpunkt der Blüte teilweise ihre Struktur, wodurch die darauffolgende Kreuzung erleichtert wird.

Ferner stellte sich heraus, daß die Unfruchtbarkeit von zwischenartlichen Pflanzenhybriden nicht in allen Fällen eine beständige Erscheinung ist. Es gibt im Gegenteil viele Hybriden, die zwar in den ersten Jahren des Fruchtens keine keimfähigen Samen liefern, dafür aber in den nächsten Jahren allmählich ihre Struktur verbessern und schließlich völlig keimfähige Samen liefern . . . Das . . . war bei einer vegetativen Hybride zwischen Apfel und Birne der Fall; sie brachte eine hervorragende neue Apfelsorte, die ich als Bergamotte-Renette bezeichnete."

Auf diese Weise kreuzte Mitschurin auch einjährige Gemüsepflanzen, zum Beispiel Kürbis mit Melone und Gurke, nachdem vorher ein Endtrieb auf eine besonders gut entwickelte Pflanze einer anderen Art gepfropft worden war.

Weitere Erfolge bei der Kreuzung von systematisch entfernten Pflanzen erzielte Mitschurin durch die Anwendung von Pollengemischen. Bei diesem Verfahren fügte er dem Pollen der Pflanzen, mit dem die Blüten der anderen Pflanzenart bestäubt werden sollten, eine kleine Menge Pollen einer dritten Art hinzu, die einer der Mutterpflanze nahe verwandten Unterart entstammte. Durch Anwendung dieser Methode gelang es Mitschurin, Hybriden zwischen der Mandelart Amygdalus georgica und der Pflaumenart Prunus pumila zu erzielen, die sich sonst nicht miteinander kreuzen lassen.

Durch Anwendung von Pollengemischen war es Mitschurin sogar möglich, die Hybridisation zwischen verschiedenen Gattungen herbeizuführen. Er betonte

jedoch ausdrücklich, daß ein Erfolg nur eintritt, wenn die Pflanzen in ihrer ersten Blüte stehen und daß sich selbst dann oft Schwierigkeiten ergeben.

Veränderungen von Merkmalen durch Umweltbedingungen. Bei der Aufzucht von Hybriden stellte Mitschurin fest, daß durch die jeweiligen Umweltverhältnisse die Entwicklungsrichtung nach dem einen oder anderen Elternteil bestimmt wird. Einen wesentlichen Einfluß übt der Boden aus. Ähnelt er in seiner Zusammensetzung dem Boden, auf dem sich der eine oder andere Elternteil entwickelte, so wird der Hybridensämling entsprechend beeinflußt. Mitschurin berichtet hierüber folgendes: „Bei der Erziehung unserer Zwergweichsel Prunus chamaecerasus von Samara mit der Sauerkirsche Roditelewa Wladimirskaja habe ich mir eigens aus der Stadt Wladimir einige Pud Erde kommen lassen, auf der dort die allbekannten süßen Weichseln Roditelewa wachsen. Und obgleich ich dadurch die Umweltbedingungen für die Erziehung der Hybriden nur teilweise den Wachstumsbedingungen dieser Kirsche in ihrer Heimat angleichen konnte, sind aus der Gesamtzahl der Hybridensämlinge die wenigen Exemplare, deren Boden stark mit der aus Wladimir bezogenen Erde vermischt war, doch beträchtlich in ihrer Form zur Sauerkirsche Roditelewa abgewichen und unterschieden sich deutlich von den übrigen, auf unserem gewöhnlichen Boden erzogenen Sämlingen."
Damit stellte Mitschurin fest, daß Hybriden, die unter den Umweltverhältnissen des einen Elternteiles und dessen Vorfahren aufgezogen werden, im wesentlichen dessen Merkmale aufweisen. Durch entsprechende Wahl der Umweltverhältnisse dominieren im allgemeinen jeweils die Merkmale des einen oder anderen Elternteils.

Die theoretischen Schlußfolgerungen aus den Arbeiten Mitschurins

Als Mitschurin mit seinen Arbeiten begann, knüpfte er an die zu seiner Zeit bekannten und gebräuchlichen Methoden der Obstzüchtung an. So lag für ihn nahe, sich der von Dr. Grell vertretenen Methode der Akklimatisierung zu bedienen. Er führte also aus südlichen Gebieten Edelsorten ein und mußte feststellen, daß sich diese Pflanzen nicht an die Verhältnisse des Klimas und des Bodens Mittelrußlands anzugleichen vermochten.
Mitschurin schloß daraus, daß sich die Vorfahren dieser südlichen Pflanzen durch viele Generationen hindurch zu diesen Umweltverhältnissen adäquaten Formen entwickelt haben und diese Pflanzen bereits in ihrer Ontogenese die festen Strukturen ihrer Vorfahren erreicht hatten.
Die Pflanzen waren nicht in der Lage, den zwangsläufig entstandenen Widerspruch zwischen sich und den Bedingungen Mittelrußlands zu überwinden. Sie erfroren, weil bei ihnen die Frostresistenz nicht entwickelt war.
Mitschurin suchte Wege, die Pflanzen so zu verändern, daß sie den gegebenen Verhältnissen entsprachen. Sein erster Schritt, die Pfropfung eingeführter Reiser auf einheimische, also frostresistente Unterlagen, führte zu keinem Erfolg, weil die Reiser bereits feste Strukturen besaßen. Auch der zweite Schritt, die Aussaat

der Samen von Sorten aus westlichen und südlichen Gebieten, zeigte nur sehr vereinzelt Erfolge. Mitschurin führte diese darauf zurück, daß die Sämlinge während der ersten Entwicklungsphasen in beschränktem Maße veränderlich sind.
Mitschurin begann daraufhin mit der Anwendung der generativen Hybridisation. An den Sämlingen, die aus der Kreuzung zwischen einheimischen und südlichen Sorten hervorgegangen waren, bemerkte er geringe Veränderungen, die in der angestrebten Richtung lagen. Diese Erscheinung erklärte Mitschurin folgendermaßen: In den Hybriden werden Eigenschaften beider Elternteile organisch vereinigt. Diese Eigenschaften unterscheiden sich stark voneinander, da sie im Laufe der Phylogenese unter verschiedenen Bedingungen erworben wurden. Die während der Ontogenese in den Hybriden erfolgende Auseinandersetzung der Elternteile steigert ihre Variabilität. Da die einheimischen Pflanzen, die zur Kreuzung benutzt wurden, phylogenetisch wesentlich älter waren als die Kultursorten aus dem Süden, besaßen sie eine festere anatomische und physiologische Konstitution. Diese dominierte in den Sämlingen über die Eigenschaften der südlichen Pflanzen, weil ihr die relativ unveränderten Verhältnisse die Wirkung erleichterten. Um das zu vermeiden, zog Mitschurin die Hybriden in Umweltverhältnissen auf, die sich von denen beider Eltern unterschieden. Einheimische Kreuzungspartner kamen damit für die Hybridisation nicht mehr in Frage. Mitschurin verwendete Sorten aus östlicheren und nördlicheren Gebieten; die Hybriden aus diesen und den südlichen Sorten zog er in Mittelrußland auf. Durch die Verwendung von Sorten aus geographisch entfernten Gebieten wurde die Auseinandersetzung der elterlichen Anteile in der Hybride verstärkt und die Plastizität des Organismus erhöht. Damit ist die Voraussetzung geschaffen, daß der Organismus nicht mehr zugrunde geht, sondern den Widerspruch zwischen sich und der Umwelt zu überwinden vermag, indem er sich zu einer dieser Umwelt adäquaten Form entwickelt.
In dem Bestreben, die Eigenschaften der erhaltenen Hybriden weiter zu verbessern, kombinierte Mitschurin die generative mit der vegetativen Hybridisation. Seine Erkenntnisse über das Verhalten der generativen Hybriden und die Bedeutung der Umwelt bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Mentormethode.

Zu welchen Ergebnissen war Mitschurin bisher gekommen?

1. Pflanzen, die eine lange phylogenetische Entwicklung in relativ gleichen Umweltverhältnissen durchlaufen haben, also **phylogenetisch alt** sind (Ussuri-Birne, Schlehdorn, Traubenkirsche, Mandelbaum u. a.), haben eine verhältnismäßig feste anatomische und physiologische Konstitution, die sie in hohem Maße auf ihre Nachkommen übertragen.
Haben phylogenetisch alte Pflanzen bereits mehrere Jahre gefruchtet, das heißt, sind sie gleichzeitig auch ontogenetisch alt, so ist ihre Konstitution noch stabiler als die der phylogenetisch alten, aber ontogenetisch jungen Pflanzen.
Besteht die Notwendigkeit, die relativ feste Konstitution im Interesse des Zuchtziels zu lockern, so kommen bei der Auswahl nur solche Pflanzen in Frage, die erstmalig blühen, also ontogenetisch jung sind.

2. Phylogenetisch junge Pflanzen sind gegenüber phylogenetisch alten Formen wenig stabil (sämtliche Kulturpflanzen).

Will man die Eigenschaften dieser phylogenetisch jungen Pflanzen in Kreuzungsprodukten erhalten, so muß man ontogenetisch alte Pflanzen benutzen, die eine relativ feste Konstitution besitzen.

Gilt es, phylogenetisch junge Pflanzen zu verändern, so greift man zu ontogenetisch jungen Exemplaren.

Unter den angegebenen Fällen besitzt die letzte Gruppe die größte Plastizität.

Die weitere Verbesserung der generativen Hybriden nahm Mitschurin auf vegetativem Wege vor. Zu diesem Zwecke pfropfte er in die Krone einer generativen Hybride Reiser einer phylogenetisch und ontogenetisch alten Sorte, welche die gewünschten Eigenschaften besaßen. Gute Erfolge erreichte er mit Reisern des jeweiligen Elternteils, da zwischen dessen Konstitution und der zu verstärkenden Eigenschaft der Hybride weitgehende Übereinstimmung besteht. Wenn das Reis mit der Unterlage verwachsen ist, erfolgt über den Stoffwechsel eine gegenseitige Beeinflussung, deren Wirkung insbesondere bei der plastischen Hybride in Erscheinung tritt. Kombiniert man eine stabile Unterlage mit einem plastischen Reis, so verläuft dieser Prozeß in der umgekehrten Richtung.

Mitschurin wertete bewußt die gegenseitige Beeinflussung der Kreuzungspartner für die Lenkung in der gewünschten Zuchtrichtung aus. Im Gegensatz zu den meisten Obstzüchtern seiner Zeit berücksichtigte er die phylogenetische Entwicklung und deren Bedeutung für die Ontogenese. Voraussetzung dafür war die Erkenntnis, daß die Einheit von Organismus und Umwelt für die Phylogenese und damit zugleich für die Ontogenese von entscheidender Bedeutung ist.

Mitschurin untersuchte die Zusammenhänge zwischen Organismus und Umwelt, um aus den gewonnenen Erkenntnissen Methoden zur Veränderung der Organismen zu entwickeln.

Bei seiner Arbeit ging Mitschurin stets von dem Grundsatz aus, daß im Sämling allgemein nur diejenigen Merkmale und Eigenschaften der Eltern auftreten beziehungsweise dominieren, für deren Entwicklung die notwendigen Umweltbedingungen vorhanden sind. Die Umweltverhältnisse entscheiden also, ob bestimmte Eigenschaften ausgebildet werden beziehungsweise dominieren oder ob sie nicht hervortreten beziehungsweise rezessiv sind. Damit ist der Pflanzenzüchter in der Lage, die Entwicklung und Festigung der von ihm gewünschten Eigenschaften im Organismus zu lenken.

Mitschurin stellte fest, daß die Umweltfaktoren am stärksten auf junge plastische Pflanzen wirken. Durch die für jedes Vegetationsgebiet allgemein charakteristischen Klimaverhältnisse, die Klimaveränderungen innerhalb eines Jahres sowie die täglichen Schwankungen wird die Konstitution der Pflanzen wesentlich bestimmt.

Ebenso wirken die Bodenverhältnisse, wie Bodenstruktur, Azidität, Wasserverhältnisse, Bodenorganismen u. a., gestaltend auf den Organismus ein.

Es ist beispielsweise nicht gleichgültig, unter welchen Bedingungen und zu welchem Zeitpunkte die Bestäubung von Pflanzen vorgenommen wird. Mitschurin beobachtete, daß Kreuzungen, die im Frühjahr bei warmem Wetter durchgeführt wurden, den Eigenschaften von südlichen Sorten zum Durchbruch verhalfen. Schon dieses Beispiel zeigt, daß man alle Faktoren, mit deren Wirksamkeit der Züchter rechnen muß, in jeder Phase der Entwicklung der Organismen untersuchen und beachten muß.

Das Ergebnis der schöpferischen Arbeit Mitschurins bildet die Züchtung von rund 300 neuen Obstsorten für ein Gebiet, in dem der Obstbau bis dahin kaum Bedeutung hatte.
Bereits zur Zarenzeit hatte Mitschurin eine Reihe von Erfolgen errungen, die im Ausland früher anerkannt wurden als im eigenen Land. Als ihn Amerikaner aufforderten, nach Amerika zu kommen oder zumindest sein Sortiment an sie zu verkaufen, lehnte er dieses Ansinnen als echter Patriot ab.
Im zaristischen Rußland wurden Mitschurin bei seiner Arbeit nur Schwierigkeiten bereitet. Mit der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution änderten sich seine Arbeitsverhältnisse grundlegend. Mitschurin schrieb hierüber: „Ich habe zwei Zaren überlebt und arbeite schon das siebzehnte Jahr in den Verhältnissen der sozialistischen Ordnung. Ich bin aus einer Welt in die andere übergegangen, die das diametrale Gegenteil der früheren darstellt. Diese Welten trennt ein Abgrund."
Die Anerkennung Mitschurins zeigt sich unter anderem in dem persönlichen Interesse Lenins und Kalinins für seine Arbeiten und in der großen materiellen Förderung durch den Sowjetstaat. Mitschurin schreibt in seinem Brief an den Genossen J. W. Stalin: „Die Sowjetmacht und die von Ihnen geführte Partei machten auch mich aus einem still dahinlebenden Versuchsgärtner, den die offizielle Wissenschaft und die Beamten des zaristischen Landwirtschaftsministeriums nicht anerkannten und sogar verlachten, zum Leiter und Organisator von Versuchen mit Hunderttausenden von Pflanzen. Die Kommunistische Partei und die Arbeiterklasse gaben mir alles Erforderliche, alles, was ein Experimentator für seine Arbeit nur wünschen kann. Der Traum meines ganzen Lebens erfüllte sich: die von mir gezüchteten wertvollen neuen Obstsorten wanderten von den Versuchsparzellen nicht zu einzelnen reichen Kulaken, sondern auf die weiten Flächen der Kolchos- und Sowchosgärten, wo sie die ertragarmen, schlechten alten Sorten ablösten. Die Sowjetregierung würdigte mich der höchsten Auszeichnung, die es für einen Bürger unserer Heimat gibt, indem sie die Stadt Koslow in Mitschurinsk umbenannte, mir den Leninorden verlieh und meine Werke in reicher Ausstattung herausgab."

4. Trofim Denissowitsch Lyssenko

Trofim Denissowitsch Lyssenko (Abb. 64) wurde am 29. September 1898 im Dorfe Karlowka im Gebiet von Poltawa geboren. Er entstammt einer Bauernfamilie. Seine Ausbildung erhielt er an der Gartenbauschule in Poltawa und an dem landwirt-

Abb. 64.

schaftlichen Institut in Kiew bis zum Jahre 1925. Während seines Studiums arbeitete er gleichzeitig als Pflanzenzüchter auf der Selektionsstation von Belaja-Zerkow. Hier erzielte er seinen ersten Erfolg in der Züchtung der frühen Tomatensorte „Erliana 17". Von 1925 bis 1929 war er auf der Selektionsstation Gandsha tätig. Er beschäftigte sich mit den verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Von 1929 an arbeitete er am ukrainischen Institut für Genetik in Odessa. In diesem Institut entstanden seine wichtigsten Arbeiten über die Stadienentwicklung bei Samenpflanzen, die er 1932 im „Bulletin der Jarowisation" veröffentlichte. Auf Grund seiner Leistungen wurde er zum Direktor des Instituts für Genetik an der Akademie der Wissenschaften in Moskau ernannt und steht seit 1938 als Präsident an der Spitze der W.-I.-Lenin-Akademie der Agrarwissenschaften der Sowjetunion.

Lyssenkos Lehre von der stadialen Entwicklung der Samenpflanzen

Lyssenko stellte fest, daß die verschiedenen Pflanzen im Verlauf ihrer Entwicklung unterschiedliche Umweltbedingungen benötigen. So sind beispielsweise die zur Entwicklung von Wintergetreide erforderlichen Bedingungen anders als die von der Baumwolle benötigten. Lyssenko bezeichnet diese Bedingungen als einen bestimmten Komplex von Faktoren, zu denen – abgesehen von den für die Ernährung notwendigen Mineralstoffen – Temperatur, Licht, Luft, Feuchtigkeit und andere gehören. Dabei wechselt in diesem Komplex die spezifische Wirkung der einzelnen Faktoren, die im Entwicklungszyklus der Pflanzen von der befruchteten Eizelle bis zum Abschluß der Ausbildung des Samens erforderlich sind. So darf für Wintergetreide von der Aussaat an etwa 20 bis 50 Tage lang die Temperatur nicht mehr als 10° C betragen. Am Ende der Entwicklung, also bei der Samenreifung, müssen dagegen die Temperaturen bedeutend höher liegen. Lyssenko zeigte, daß sich die Entwicklung der Pflanzen von der Keimung bis zur Samenreife in qualitativen Veränderungen vollzieht. Bereits Mitschurin hatte festgestellt, daß sich Pflanzen einer Art bei verschiedenem Alter in wesentlichen Dingen unterscheiden. Auf der Grundlage der von Mitschurin gewonnenen Erkenntnisse und seiner eigenen Betrachtungen stellte Lyssenko die Theorie der stadialen Entwicklung der Pflanzen auf.

Diese Theorie besagt, daß sich die Entwicklung der Pflanzen in einzelnen Stadien vollzieht. In jedem dieser Stadien kommen bestimmte Faktoren (Temperatur, Licht) aus der Gesamtheit der Umwelt besonders zur Wirkung. Sind die für ein bestimmtes Entwicklungsstadium erforderlichen Faktoren nicht wirksam, so kann dieses Stadium nicht abgeschlossen werden. Infolgedessen kann die Pflanze

nicht in das sich anschließende Stadium ihrer Entwicklung eintreten. Sind die notwendigen Umweltverhältnisse während eines Entwicklungsstadiums vorhanden, so führen sie zu qualitativen Veränderungen im Organismus. Diese qualitativen Änderungen sind die Voraussetzung für den Übergang der Pflanze in das nächste Entwicklungsstadium. Jedes Stadium ist also durch das Auftreten neuer Qualitäten gekennzeichnet. Die Entwicklungsstadien entsprechen nicht den Veränderungen der äußeren Gestalt, die sich in der Keimung, Sprossung, Belaubung, Blütenbildung usw. äußern. Die morphologischen Erscheinungen können erst auftreten, wenn die qualitativen Veränderungen in der Pflanze stattgefunden haben. Die Wirkung der Umweltfaktoren in einem bestimmten Stadium wird also erst später am Organismus sichtbar. Beispielsweise ist die Ährenbildung des Winterweizens nur möglich, wenn während und nach der Aussaat neben der Feuchtigkeit und anderen Bedingungen die Temperatur unter 10° C liegt.

Bisher hat Lyssenko zwei Entwicklungsstadien genauer beschrieben: Das Jarowisationsstadium, bei dem die Temperatur besonders wirksam ist, und das Lichtstadium. Die anderen Entwicklungsstadien sowie ihre Gesamtzahl konnten bis jetzt noch nicht eindeutig ermittelt werden.

Auf Grund seiner Beobachtungen an Langtagpflanzen (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Flachs, Erbse u. a.) und Kurztagpflanzen (Soja, Mais, Hirse, Reis u. a.) stellte Lyssenko fest, daß die Pflanzen außer dem Jarowisationsstadium das Lichtstadium durchlaufen. Er beobachtete beispielsweise, daß der Weizen nach dem Jarowisationsstadium den langen Tag beziehungsweise eine ununterbrochene Belichtung nicht für die gesamte Entwicklungsperiode benötigt, sondern daß die Belichtung nur für einen Teil der Entwicklung erforderlich ist. Diese Etappe der Entwicklung bezeichnet Lyssenko als das Lichtstadium. Es beginnt beim Weizen und bei anderen Brotgetreidearten gewöhnlich zur Zeit des ersten Schossens, wenn im Vegetationspunkt der Stengelspitze bereits die Differenzierung der Ährenanlage erfolgt.

Seine Untersuchungen über die stadiale Entwicklung der Pflanzen veranlaßten Lyssenko, grundsätzlich zwischen Wachstum und Entwicklung zu unterscheiden

Bisher wurden das Wachstum und die Entwicklung häufig als Bezeichnung für ein und dieselbe Erscheinung im Leben der Pflanze gebraucht. Die Beobachtungen des Pflanzenlebens haben jedoch gezeigt, daß Wachstum und Entwicklung der Pflanze keine gleichbedeutenden Erscheinungen sind. Lyssenko sagt hierüber: „Unter Entwicklung einer Samenpflanze verstehen wir jenen Weg notwendiger qualitativer Veränderungen des Zellinhaltes und der organbildenden Prozesse, den die Pflanze vom ausgesäten Samen bis zur Reife neuer Samen durchläuft. Man kann beobachten, daß eine bestimmte Pflanze unter gegebenen Bedingungen keine reifen Samen zu bringen und nicht einmal zur Bildung von fruchttragenden Organen zu schreiten vermag. Die Ursache kann darin liegen, daß sich diese oder jene Organe der Pflanzen nicht entwickelt haben, oder auch darin, daß der Zellinhalt eines gegebenen Organs nicht die erforderliche Eigenschaft erwarb, die nötig ist, damit die Pflanze sich normal entwickeln kann.

Unter Wachstum der Pflanze verstehen wir in unseren Arbeiten das gleiche, was gewöhnlich in der Praxis darunter verstanden wird, nämlich Gewichts- und Um-

fangsvermehrung außerhalb der formbildenden Prozesse. Unter Wachstum verstehen wir Zunahme der Masse, unabhängig davon, welche Organe oder Merkmale während ihrer Entwicklung die Kosten getragen haben. Wachstum ist eine Eigenschaft der Entwicklung der Pflanze."
Pflanzen können bei gegebenen Umweltbedingungen unbestimmt lange wachsen, das heißt Gewicht und Größe (Blattmasse) vermehren und dabei in demselben Entwicklungsstadium stehenbleiben, also nicht in das nächstfolgende Stadium eintreten.

Bei Versuchen mit Soja und Baumwolle stellte Lyssenko fest, daß die einzelnen Abschnitte im Gewebe des Sprosses sich in verschiedenen Stadien der Entwicklung befinden können.
Hierbei steht das tiefer liegende Gewebe in einem früheren Entwicklungsstadium als das höher gelegene. Aus dieser Tatsache schloß Lyssenko, daß die Stadienveränderungen in den Zellen des Vegetationspunktes lokalisiert sind und den Zellen übermittelt werden, die jeweils in diesem Stadium von ihnen gebildet werden.
Zusammenfassend stellt Lyssenko fest: „1. Die einzelnen Stadien der Entwicklung folgen einander in einer strengen Reihenfolge. 2. Jedes Entwicklungsstadium setzt den Abschluß des vorhergehenden Stadiums und das Vorhandensein der entsprechenden Umweltbedingungen voraus. 3. Die Gewebezellen entlang des Sprosses können im Sinne der Stadienentwicklung verschieden sein."
Schon Timirjasew hatte darauf hingewiesen, daß „der Einfluß der Außenbedingungen die wichtigste und letzten Endes einzig mögliche Quelle für die Entstehung völlig neuer Eigenschaften im Bau und in der Funktion der Organismen ist". Indem Lyssenko von der grundsätzlichen Auffassung ausging, daß der Organismus und die für sein Leben erforderlichen Bedingungen eine Einheit darstellen, entwickelte er in seinen Arbeiten die Lehren Mitschurins weiter. Erstmalig stellte er auf Grund seiner Arbeiten fest: „Während der verschiedenen Stadien seiner Entwicklung stellt der pflanzliche Organismus unterschiedliche Anforderungen an die Umweltbedingungen ... Die Eigenschaft der Pflanzen, bestimmte Umweltbedingungen für das Durchlaufen der verschiedenen Entwicklungsstadien zu verlangen, stellt eine historisch entstandene Anpassung dar, die im Prozeß der natürlichen und künstlichen Auslese ausgebildet und erblich gefestigt worden ist. Die Entwicklungsgeschichte der Art, die Phylogenese, welche die individuelle Entwicklung der vorangegangenen Generationen umfaßt, kommt in der Ontogenese einer Pflanze, das heißt in ihrer individuellen Entwicklung, zum Ausdruck, und zwar nicht nur in Gestalt morphologischer Veränderungen, sondern auch in den Anforderungen der Pflanze gegenüber den Lebensbedingungen. Das Bedürfnis der Pflanze nach bestimmten Außenbedingungen als Voraussetzungen für das Durchlaufen der einzelnen Stadien ihrer Entwicklung wird somit durch die Natur der Pflanze, durch ihre Erbgrundlage bestimmt. Veränderungen in der Ontogenese der Pflanze wiederum üben ihrerseits einen Einfluß auf die Richtung der weiteren Phylogenese der Art aus."

Hieraus ergibt sich eine neue Auffassung von der Vererbung als einer Eigenschaft des Organismus als Ganzes. Nach der Definition Lyssenkos ist die Vererbung „die Eigenschaft des lebenden Körpers, für sein Leben, für seine Entwicklung bestimmte Bedingungen zu verlangen und in bestimmter Weise auf diese oder jene Bedingungen zu reagieren".

Nach der formalen Genetik ist der Vererbungsvorgang im wesentlichen von den Chromosomen abhängig, die an bestimmte Teilchen gebundene starre „Erbanlagen" tragen sollen, wobei eine erbliche Veränderung der Organismen nur zufällig und ungerichtet von innen heraus, ausschließlich durch „Mutationen" möglich sei. Im Gegensatz dazu beweisen die Arbeiten Mitschurins, Lyssenkos und anderer sowjetischer Wissenschaftler, daß der Organismus in seiner Gesamtheit die Eigenschaft besitzt, „relativ bestimmte Bedingungen für sein Leben, für sein Wachstum und seine Entwicklung zu fordern", so daß im allgemeinen die Nachkommen ihren Eltern ähneln.

Im August 1948 wurde von der W.-I.-Lenin-Akademie der Agrarwissenschaften der UdSSR eine Tagung durchgeführt. Auf dieser Tagung hielt T. D. Lyssenko das Referat „Über die Lage in der biologischen Wissenschaft". In seinen Ausführungen trat Lyssenko allen unwissenschaftlichen Theorien in der Frage der Vererbung und der Veränderlichkeit der Organismen mit überzeugender wissenschaftlicher Beweisführung entgegen.

Aus den Untersuchungen Lyssenkos über die Vererbung und Veränderlichkeit der Organismen ergeben sich folgende wichtige allgemeine biologische Tatsachen:

1. Die Eigenschaft der Vererbung ist nicht auf gewisse Teile der Organismen beschränkt, die Erblichkeit stellt vielmehr eine biologische Eigenschaft des ganzen lebenden Körpers dar.

2. Die Erbgrundlagen sind nicht unveränderlich. Sie verändern und entwickeln sich ständig.

3. Die Ursache für die Veränderung des lebenden Körpers, seine reproduzierenden Zellen eingeschlossen, liegt in der Veränderung des Assimilations-, des Stoffwechseltypus.

Arbeiten Lyssenkos zur Umgestaltung der Natur der Pflanzen

Lyssenko entwickelte verschiedene Verfahren der Agrotechnik und der Pflanzenzüchtung, die zu einer bedeutenden Ertragssteigerung bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen führten.

Besondere praktische und wissenschaftliche Bedeutung erlangte das von Lyssenko ausgearbeitete Verfahren der Jarowisation landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Schon viele Wissenschaftler hatten zu klären versucht, worin der Unterschied zwischen den Winter- und Sommerformen begründet sei, um so die Ursache für das Ausbleiben der Fruchtbildung bei der Frühjahrsaussaat von Winterformen aufzudecken. In Deutschland sprach Professor Gaßner in einer 1918 veröffent-

lichten Arbeit die Ansicht aus, daß die Wintersorten während ihrer ersten Entwicklungsetappe eine Kälteperiode benötigen. Daraufhin wurde das Verfahren der „kalten Keimung" oder „Vernalisation" entwickelt. Dabei läßt man die Pflanzen unter einer Temperatur von wenig über 0° C bis zur Bildung von 2,5 bis 3 cm langen Wurzeln keimen. Lyssenko bemerkt hierzu: „Die Auffassung Gaßners, daß die Winterformen während eines bestimmten Entwicklungsabschnittes niedrige Temperaturen benötigen, ist unbestreitbar richtig. Nicht richtig ist jedoch das Verfahren der kalten Keimung als solches. Mit dieser Methode kann in Gewächshäusern nicht immer und bei Aussaat im Felde während der warmen Jahreszeit im Frühjahr fast niemals Wintergetreide zu normalem Schossen veranlaßt werden." Die Wissenschaftler gingen, als sie die Ursachen für das Ausbleiben des Schossens aufzudecken suchten, von der falschen Meinung aus, daß es sich bei den Sommer- und Winterformen um zwei streng getrennte systematische Gruppen handele. Lyssenko dagegen wies nach, „daß die in der Natur vorkommenden Weizen- und ebenso die Roggen- und Gerstensorten nicht in die isolierten Gruppen der Winter- und Sommerformen getrennt sind. Sie sind durch eine Reihe von Übergängen von ausgesprochenen Winterformen zu weniger ausgeprägten Winter-, das heißt Sommerformen verbunden. Das Auftreten als Sommer- oder Winterform ist abhängig von den Umweltbedingungen, unter denen diese Sorten ausgesät werden und aufwachsen".

Lyssenko zeigte, daß im Frühjahr ausgesäte Winterpflanzen Früchte tragen, wenn sie eine bestimmte Zeit lang einer Temperatur unter 10° C, am besten zwischen 2 und 0° C, und entsprechender Feuchtigkeit ausgesetzt werden. Ist dies nicht der Fall, so wachsen sie zwar, entwickeln sich aber nicht. Um die Pflanzen zur Entwicklung zu bringen, setzte Lyssenko bereits das Saatgut den erforderlichen Temperaturen aus. Bei dieser Behandlung des Saatgutes, der Jarowisation, durchläuft die Pflanze das Jarowisationsstadium bereits im Samen.

Der Fachausdruck für dieses Verfahren – Jarowisation – kam Mitte des Jahres 1929 auf. Zum ersten Male in der Geschichte der Agrarwissenschaft hatte im Frühjahr ausgesäter Winterweizen nach entsprechender Behandlung des Saatgutes unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis einheitlich und voll geschoßt. Der Vater Lyssenkos, D. N. Lyssenko, bewies in der Praxis, daß die Untersuchungsergebnisse seines Sohnes richtig sind. Im Jahre 1935 führten über 40000 Kolchosen und Sowchosen die Aussaat jarowisierten Saatgutes von Sommergetreide auf einer Fläche von über 2100000 Hektar durch. Zu diesem Großversuch schreibt Lyssenko: „Die Praxis zeigte, daß die Jarowisationsversuche in den Sowchosen und Kolchosen bei entsprechender Verbindung mit Arbeiten des Instituts theoretische und praktische Ergebnisse zeigten, die man von Forschungsanstalten niemals hätte erwarten können."

Die Methode der Jarowisation, deren Bedeutung in der Verkürzung der Vegetationsperiode liegt, wird in der Sowjetunion in großem Maße angewandt. So war es möglich, die Getreideanbaufläche nach Norden zu verschieben, weite Gebiete Sibiriens für den Getreideanbau nutzbar zu machen und die Getreideernte in den Steppengebieten zu sichern.

In seiner gesamten Arbeit führt Lyssenko das von Mitschurin begonnene Werk, die planmäßige Lenkung der Entwicklung von Pflanzen und Tieren, weiter.
Die Erfolge und Lehren der fortschrittlichen sowjetischen Wissenschaftler zeigen, daß der Mensch durch die Anwendung biologischer Gesetzmäßigkeiten in der Lage ist, in die Naturvorgänge einzugreifen und die Natur umzugestalten. Diese Wissenschaftler, vornehmlich Timirjasew, Wiljams, Mitschurin, Lyssenko und seine Schüler, haben den Darwinismus auf die höhere Stufe des schöpferischen Darwinismus weiterentwickelt.
Erstmalig beschreitet Lyssenko den neuen Weg, bei der Auswertung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse die Arbeit der wissenschaftlichen Institute mit der breiten landwirtschaftlichen Praxis zu verbinden. Diese neue Methode der Zusammenarbeit von Wissenschaftlern mit den werktätigen Massen, der unmittelbaren Verbindung von Theorie und Praxis, bildet eine der Voraussetzungen für die schnelle Entwicklung der Wissenschaft im Dienste des gesellschaftlichen Fortschrittes.
Lyssenko arbeitet in der Periode des Sozialismus und verfügt über alle Mittel zur wissenschaftlichen Forschungsarbeit in Theorie und Praxis. Die Ergebnisse seiner Arbeit und die der anderen großen Wissenschaftler der Sowjetunion schaffen die Grundlage für die gigantischen Pläne der Umgestaltung der Natur. Durch die Großbauten des Kommunismus — die Anlage von feldschützenden Waldstreifen zur Veränderung des Klimas und des Bodens und durch die Bewässerung von Wüsten — wurden große, bisher für den Menschen wertlose Gebiete erschlossen.

C. DIE WEITERENTWICKLUNG DER ORGANISMEN DURCH DEN MENSCHEN

I. Die Züchtung von Pflanzen

1. Zur Geschichte der Pflanzenzüchtung

Im 8. und 7. Jahrtausend v. u. Z. gingen in Asien Jägergruppen zum regelmäßigen Ernten von wildwachsendem Getreide und schließlich zum Anbau von Pflanzen über. In Siedlungen des 6. und 5. Jahrtausends v. u. Z., z. B. Jarmo (Irak), Hotu-Höhle (Iran), Fayum (Unterägypten), sind bereits Kulturpflanzen angebaut worden. Die Menschen nahmen in der folgenden Zeit noch viele neue Pflanzen in Kultur und entwickelten sie ständig weiter. Zu Beginn unserer Zeitrechnung gab es bereits zahlreiche hochentwickelte Kulturpflanzen, besonders Getreide, Flachs, Obst und Gemüse.

Sicher bestand die züchterische Arbeit schon sehr früh in der **Auslese** derjenigen Pflanzen, die den Bedürfnissen der Menschen am besten entsprachen. Die größten Getreidekörner, die aus den längsten Ähren stammten, wurden als Saatgut verwendet; Samen solcher Flachspflanzen, deren Fasern besonders fest und lang waren, wurden aufgehoben und im nächsten Jahre ausgesät. Auf Grund praktischer Erfahrungen und zunehmender theoretischer Erkenntnisse sind im Laufe von Jahrtausenden die Methoden der Pflanzenzüchtung bedeutend verfeinert und abgeändert worden. So entwickelten sich aus den einfachen praktischen Ausleseverfahren schließlich die wissenschaftlich begründeten Züchtungsmethoden unserer Zeit.

Die bei der planmäßigen Auslese geeigneter Samen angewandte Methode der **Massenauslese** führte zur Gewinnung besseren Saatgutes, wobei allerdings auch manche weniger wertvolle Eigenschaft der Pflanzen mit in Kauf genommen werden mußte. Um diese auszumerzen, entwickelte man das Verfahren der **Einzelauslese.** In Deutschland erzielte mit ihr der Züchter Adolf Dippe in Quedlinburg zum ersten Male bei Zuckerrüben große Erfolge (1885).

Schon sehr früh ist die **geschlechtliche Kreuzung** (Bastardierung, Hybridisierung) in der Pflanzenzüchtung angewandt worden. So wurden in China bereits vor Jahrtausenden Blumen gekreuzt. Zur Zeit der römischen Kaiser hybridisierte man Rosen. Im 17. Jahrhundert wurden in Holland durch künstliche Bestäubung neue Sorten von Tulpen und Aurikeln gezüchtet. Man verstand jedoch noch nicht, die Bastardierung zur Entwicklung landwirtschaftlicher

Nutzpflanzen anzuwenden. Erst nachdem Ende des 17. Jahrhunderts von Rudolf Jacob Camerarius die Geschlechtlichkeit der Pflanzen bewiesen worden war (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 9. Schulj., S. 221), konnte die Methode der geschlechtlichen Kreuzung bewußt in der praktischen Kulturpflanzenzüchtung angewendet werden.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erzeugte so Koelreuter die ersten Hybriden, die im Tabakanbau Bedeutung erlangten. Er übertrug den Pollen von *Nicotiana paniculata* (Rispentabak) auf die Narbe von *Nicotiana rustica* (Bauerntabak).

Durch die Methoden der sowjetischen Biologen und Agrarwissenschaftler, die von der Darwinschen Theorie ausgehen, wurden der Pflanzenzüchtung völlig neue Wege gewiesen. Diese Wissenschaftler untersuchten besonders die Abhängigkeit der Pflanzen von ihrer Umwelt und zeigten, daß sich die Organismen unter veränderten Bedingungen ebenfalls verändern und daß diese Veränderungen erblich sind. Durch bewußte Veränderung der Umwelt kann der Mensch die Lebewesen nach seinen Bedürfnissen gestalten.

2. Aufgaben und Ziele der Pflanzenzüchtung

Bei uns in der Deutschen Demokratischen Republik hat die Landwirtschaft die Aufgabe, ständig die Ernteerträge und die Erzeugung tierischer Produkte zu steigern. Sie muß den Bedarf der Bevölkerung an Nahrungsmitteln weitgehend aus der Inlandserzeugung sichern und in verstärktem Maße zur Deckung des Rohstoffbedarfs der Industrie beitragen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist es erforderlich, daß die Züchter innerhalb kurzer Zeit verbesserte Sorten schaffen. Dabei ist besonderer Wert zu legen auf die Quantität und Qualität der Früchte, auf Widerstandsfähigkeit gegen Frost und Dürre, auf Resistenz gegen pflanzliche und tierische Schädlinge und damit auf Ertragssicherheit, Beschleunigung des vegetativen Ablaufs, Anpassung an die Umweltverhältnisse, Schaffung günstiger Voraussetzungen für die Technik des Anbaus und der Ernte.

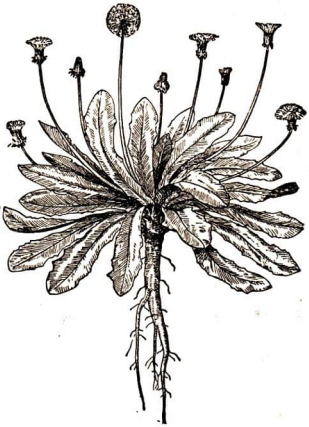


Abb. 65. Kok-saghys Pflanze

Eine besondere Aufgabe der Pflanzenzüchtung besteht darin, neue, bisher

ungenutzte Pflanzen aufzufinden, die sich durch Zuchtmaßnahmen zu Kulturpflanzen entwickeln lassen.

Ein Beispiel dafür bildet die Züchtung der Löwenzahnart Kok-saghys (Abb. 65). Diese Pflanze war noch vor 20 Jahren nur als Wildpflanze bekannt. Nachdem in ihrer Wurzel Kautschuk entdeckt worden war, begannen sowjetische Wissenschaftler und Kolchosbauern diese Pflanze anzubauen und züchterisch zu bearbeiten. Heute wird Kok-saghys in warmen, sandigen Gegenden der Sowjetunion mit stetig steigendem Ertrag angebaut.

3. Methoden der Pflanzenzüchtung

Züchtung durch Selektion

Indem der Mensch Wildpflanzen in Kultur nimmt und sie in geschlossenem Bestande anbaut, verändert er bereits ihre Umwelt. Er bearbeitet vor der Aussaat den Boden, düngt ihn, bestimmt die Standweite der Pflanzen und bekämpft die Unkräuter. Den kultivierten Pflanzen werden damit die Bedingungen gegeben, unter denen sie sich gut entwickeln können. Es ist anzunehmen, daß schon bei der Züchtung der ersten Kulturpflanzen die Ackerbauern das Saatgut von den Pflanzen nahmen, die ihnen die höchsten Erträge gebracht hatten. Damit entwickelten sie eines der noch heute üblichen Züchtungsverfahren, die **positive Massenauslese.** Sie besteht darin, daß man eine größere Anzahl von Pflanzen mit besonders günstigen Eigenschaften ausliest, ihre Samen sorgfältig sammelt und später gemeinsam aussät. Aus einer Weizenernte werden zum Beispiel die größten Körner zur neuen Aussaat ausgewählt oder die längsten Ähren gesammelt und ihre Körner zur Nachzucht verwendet. Bei der **negativen Massenauslese** dagegen werden kranke und im Ertrag schlechte Pflanzen aus der Masse der übrigen ausgesondert. Die negative Massenauslese wird beispielsweise bei der Kartoffelvermehrung durch Aussonderung kranker Pflanzen angewendet. Dadurch wird die Vermehrung viruskranker Kartoffeln vermindert.

Durch das Verfahren der Massenauslese wird keine neue Sorte geschaffen, da die Pflanzen in ihrer Gesamtheit erblich noch nicht einheitlich sind. Das ist selbst dann nicht möglich, wenn mehrere Jahre hintereinander die Samen der Pflanzen mit den höchsten Erträgen zur Aussaat gebracht werden.

Um eine gewisse Einheitlichkeit der folgenden Generationen zu erreichen, wendet der Züchter die **Gruppenauslese** an. Dabei werden aus einem Feldbestande Pflanzen ausgelesen, die sich in gewissen Merkmalen gleichen, zu Gruppen zusammengestellt und vermehrt. Aus den folgenden Generationen scheidet der Züchter wiederum die Pflanzen aus, die abweichende Eigenschaften zeigen. Auch mit Hilfe der Gruppenauslese können noch keine erblich einheitlichen Sorten gezüchtet werden.

Will der Züchter die für den Anbau wichtige Einheitlichkeit bestimmter Merkmale innerhalb einer Sorte erreichen, so wendet er das Verfahren der **Einzel-** oder

Individualauslese an. Hierbei isoliert er jede einzelne ausgelesene Pflanze. Er liest aus ihrer durch Selbstbefruchtung erzielten Nachkommenschaft die Individuen aus, die seinem Zuchtziel entsprechen. Durch die Individualauslese läßt sich für jede „Elitepflanze" ein Stammbaum aufstellen. Das Endergebnis dieser züchterischen Arbeit ist ein Saatgut, das als **Stammsaatgut** bezeichnet wird. Die daraus hervorgehenden Sorten sind gegenüber den Ausgangsformen wesentlich verbessert und erblich ausgeglichen.

Verhältnismäßig schwer und langwierig wird das Ausleseverfahren, wenn dem Züchter ganz spezielle Aufgaben gestellt werden. So beispielsweise dann, wenn er Pflanzen züchten soll, deren Gehalt an Eiweiß, Fett, Kohlenhydraten, Säuren oder anderen Stoffen einen bestimmten Grad besitzen. Ein Beispiel dafür ist die Züchtung der Süßlupine (Abb. 66). Infolge ihres Gehaltes an Bitterstoffen (Alkaloiden) waren die Lupinen als Futterpflanzen unbrauchbar. Dr. v. Sengbusch unterzog in den Jahren 1927 bis 1930 über eine Million Samen der Gelben Lupine *(Lupinus luteus)* einer chemischen Untersuchung auf ihren Gehalt an Bitterstoffen. Dazu stellte man nach einer von Dr. v. Sengbusch ausgearbeiteten Methode – und zwar durch Zutropfen eines Alkaloidfällungsmittels – den Alkaloidgehalt jedes einzelnen Samens fest. Die Lösung aus bitteren Pflanzen ergab einen kräftigen Niederschlag, während bei alkaloidarmen Lupinen nur eine leichte Trübung auftrat. Man fand, daß es vollständig alkaloidfreie Pflanzen unter *Lupinus luteus* nicht gibt. Schon im Jahre 1928 fand man drei Pflanzen, deren Gehalt an Bitterstoffen sehr gering war. Aus ihnen wurden die ersten gelben Süßlupinen gezüchtet, die als hochwertiges Viehfutter verwendet werden. Durch Anwendung des gleichen Verfahrens gelang es, auch bei der Schmalblättrigen und der Weißen Lupine „süße" Sorten zu schaffen.

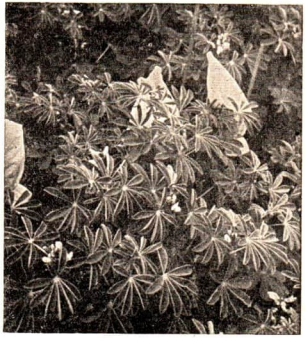


Abb. 66. Süßlupinen mit eingebeuteltem Blütenständen

Kreuzungszüchtung

Durch die Auslesezüchtung allein lassen sich nicht alle Zuchtziele erreichen. Wertvolle Eigenschaften, wie Frostresistenz, Dürrefestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, fehlen häufig bei den Kultursorten; sie finden sich aber manchmal bei verwandten Formen oder besonders bei Wildpflanzen. Es ist möglich, mit der **Methode der Kreuzung** die gewünschten bei zwei verschiedenen Pflanzen auftretenden Eigenschaften in einer Pflanze zu vereinen.

Die Technik der Kreuzung wird durch die Eigenart der Fortpflanzungsorgane be-

stimmt. Der Züchter muß besonders berücksichtigen, daß unter den Kulturpflanzen sowohl Selbstbefruchter als auch Fremdbefruchter zu finden sind. Selbstbefruchtung hat im Laufe der Generationen zu einer relativen Konstanz der Arten geführt. **Selbstbefruchter** sind die Getreidearten mit Ausnahme von Roggen und Mais. Auch die Soja- und Gemüsebohne sind Selbstbefruchter. Bei Erbse, Wicke, Lupine erfolgt meist Selbstbefruchtung, jedoch kommt bei diesen Arten auch Fremdbefruchtung vor. Bei Rotklee, Weißklee, Bastardklee, Gelbklee, Luzerne, Esparsette, Raps, Mohn, Hanf, Lein und Kartoffel wurde sowohl Selbst- als auch Fremdbefruchtung festgestellt. **Fremdbefruchter** unter den Kulturpflanzen sind Roggen, Mais und die Futtergräser. Da bei der Fortpflanzung der Fremdbefruchter immer eine natürliche Kreuzung stattfindet, weichen die Eigenschaften der Nachkommen mehr oder weniger von denen ihrer Vorfahren ab. In vielen Fällen kann der Züchter bei Fremdbefruchtern durch Bestäubung mit Pollen der gleichen Blüte („Selbsten") in mehrjähriger Arbeit Pflanzengenerationen schaffen, die morphologisch und physiologisch große Einheitlichkeit besitzen. Sie werden als „reine Linien" bezeichnet und ergeben für die Weiterzüchtung zum Teil die Voraussetzung für weitgehend einheitliche Sorten. Durch den Einfluß der Umwelt können auch innerhalb der „reinen Linien" noch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Pflanzen auftreten. Das „Selbsten" ist nicht immer anwendbar; es kann zu Inzuchtschäden führen (z. B. bei Mais).

Bei der praktischen Durchführung der Kreuzung muß unbedingt vermieden werden, daß zusätzlich ungewollte Befruchtungen auftreten; denn diese würden die geplante Arbeit des Züchters zunichte machen. Deshalb ist bei Zwitterblüten vor der künstlichen Bestäubung eine **Kastrierung** erforderlich. Man bedient sich bei Kastrationsarbeiten feinster spitzer Pinzetten, mit denen man die Staubbeutel entfernt, bevor der Pollen reift. Sojablüten zum Beispiel müssen fast noch im Zustand der Knospe kastriert werden. Nach der Entfernung der männlichen Organe werden die Blüten durch Gazesäckchen oder Pergamenttüten vor natürlicher Bestäubung geschützt. Wenn die weiblichen Organe reif sind, die Narbe also aufnahmefähig ist, wird mit einem Haarpinsel die künstliche Bestäubung durchgeführt; der Pollen des vorgesehenen Partners wird auf die Narbe übertragen. Auch nach der Bestäubung, die den eigentlichen Kreuzungsvorgang einleitet, muß die Blüte vor weiterer Bestäubung geschützt werden, bis sich der Fruchtansatz zeigt oder die Blüte verblüht ist. Durch die Methode der Kreuzung ist der Züchter in der Lage, gewisse Eigenschaften der Eltern in den Nachkommen zu kombinieren.

Besondere Bedeutung erhielt diese **Kombinationskreuzung,** als man begann, die Kulturpflanzen mit ihren Stammformen oder nahe verwandten Wildformen zu kreuzen, um Frost-, Dürre- oder Krankheitsresistenz sowie ähnliche wertvolle Eigenschaften der Wildpflanzen mit den positiven Eigenschaften der Kulturpflanzen zu vereinen. Die Züchtungsinstitute verfügen heute zumeist über umfangreiche Sortimente an Wildpflanzen, die sie ständig ergänzen. Zu diesem Zweck sind wiederholt Sammelexpeditionen in die Ursprungs- und Ausbreitungsgebiete der Kulturpflanzen entsandt worden.

Werden Kultursorten mit Wildpflanzen gekreuzt, so ist es häufig notwendig, die Tochtergeneration mit der Kulturform rückzukreuzen, weil die Eigenschaften der Wildform noch zu stark auftreten. Dabei ist es nicht gleichgültig, ob für die Rückkreuzung die Vater- oder die Mutterpflanze gewählt wird. Der Einfluß der Mutterpflanze ist stärker, da sich die Keimzellen in ihr entwickeln.

Abb. 67. Panzerweizen *(c)* und seine Stammformen: schwedischer Landweizen *(a)* und Dickkopfweizen *(b)*

Eine der erfolgreichsten Kombinationszüchtungen war der Panzerweizen (Abb. 67). Der schwedische Pflanzenzüchter Nilsson-Ehle kombinierte die Winterfestigkeit des schwedischen Landweizens mit der hohen Ertragfähigkeit des englischen Dickkopfweizens. Durch weitere Kreuzungen konnte er außerdem die Resistenz gegen verschiedene Krankheiten erhöhen sowie eine frühere Reife und größere Standfestigkeit erreichen. Die von ihm gezüchteten Winterweizensorten brachten unter dem rauhen Klima Schwedens gegenüber den alten Landsorten 30 % bis 40 % höhere Erträge. Auf ähnliche Weise gelang es, durch Kombinationskreuzung weichschalige, platzfeste Süßlupinen zu züchten, nachdem man unter blauen und gelben Lupinen einige weichschalige und einige mit platzfesten Hülsen gefunden hatte.

J. W. Mitschurin zeigte als erster, daß der Kreuzungszüchtung eine wesentlich größere Bedeutung zukommt, als die Vertreter der Mendelschen Vererbungstheorie erkennen konnten. Sie sehen in der „Neukombination der Erbanlagen" die einzige Möglichkeit, durch Kreuzung zu Sorten mit anderen, nicht einmal neuen Eigenschaften zu gelangen. Ebenso sind nach ihren Auffassungen die Merkmale der Hybriden mit vollzogener Befruchtung endgültig festgelegt. Seit Mitschurin wissen wir, daß die Bedeutung der Kreuzungszüchtung gerade in einer Lockerung der Erbgrundlagen der Organismen liegt. Auf Grund dieser Erkenntnis konnte Mitschurin eine Reihe von neuen Züchtungsmethoden entwickeln und die Organismen weitgehend nach seinem Willen formen. Die Züchtungsarbeiten Mitschurins betreffen hauptsächlich Obstsorten, doch ist er selbst schon zur Züchtung anderer Kulturpflanzen übergegangen. Lyssenko und andere sowjetische Wissenschaftler führen das Werk Mitschurins fort und zeigen, daß seine Art der Züchtung auf alle Kulturpflanzen anwendbar ist.

Kreuzung systematisch oder geographisch voneinander entfernter Pflanzen

Hybriden, die aus der Kreuzung nahe verwandter Sorten hervorgegangen sind, zeigen häufig eine Auflockerung der Erbnatur. Sie sind in der Lage, sich bestimmten Umweltbedingungen besser anzupassen als die Nachkommen einer „reinen" Sorte. Noch plastischer sind Hybriden, deren Eltern nur entfernt miteinander verwandt sind oder sich an geographisch voneinander entfernten Orten unter stark unterschiedlichen Umweltverhältnissen entwickelt haben.

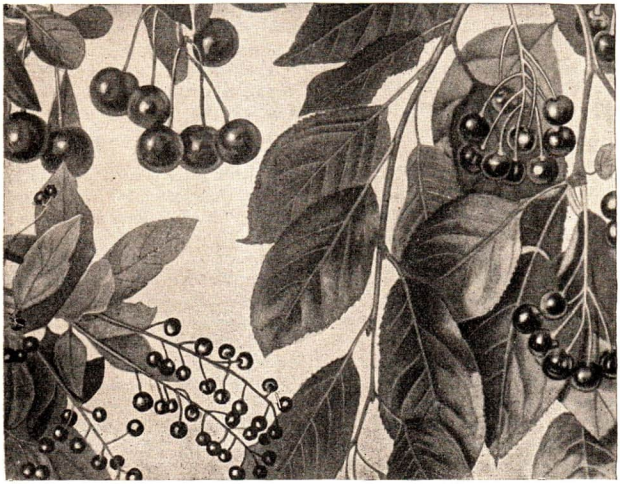


Abb. 68. „Cerapadus" mit seinen Ausgangsformen; links oben: Sauerkirschsorte „Ideal", unten. Japanische Traubenkirsche, rechts: „Cerapadus Nr. 1"

Ein charakteristisches Beispiel für die Kreuzung solcher Pflanzen bildet die von Mitschurin gezüchtete Prunus-Art „Cerapadus Nr. 1" (Abb. 68), eine Hybride, die aus der japanischen Traubenkirsche *(Prunus padus Maackii)* und der Sauerkirschsorte „Ideal" entstanden ist. Dabei wurden die Blüten der Sauerkirschsorte „Ideal" mit Pollen der Traubenkirsche bestäubt. Diese in verschiedenen Jahren wiederholten Befruchtungen ergaben immer nur Hybriden gleichen Typs, die in keinem einzigen Merkmal mit den Eltern übereinstimmten. Die Sämlinge dieser Hybriden waren auch in den nachfolgenden Generationen gleichartig; es war keine Aufspaltung festzustellen, wie das nach den Mendelschen Regeln zu erwarten wäre. Infolge ihres schnellen Wachstums und ihrer Frostresistenz werden diese Hybriden als gute Unterlage für schlecht wachsende Kultursorten von Sauerkirschen benutzt. Deshalb sind sie von großer Bedeutung, obwohl ihre Beeren wegen des bitteren Geschmacks ungenießbar sind.

Oft erhalten die Züchter bei der Kreuzung verschiedener Arten in mehreren Generationen Hybriden, die genau der mütterlichen Form entsprechen. In diesen Hybriden dominieren also die mütterlichen Eigenschaften, während die väterlichen Eigenschaften ihre Wirksamkeit verloren haben. Dabei handelt es sich jedoch

nicht um die Dominanz von Eigenschaften, die im Sinne der Mendelisten an starre, unveränderliche Mechanismen (Chromosomen) gebunden sind.
Mitschurin hatte bei der Kreuzung von Formen, die aus geographisch weit voneinander entfernten Gebieten stammten, die gleichen Erfolge wie bei der Kreuzung systematisch entfernter Verwandter. Die Züchtung von „Mitschurins Winterbutterbirne" ist dafür ein typisches Beispiel (s. S. 100 bis 101).

Pollengemische

Zur Erzielung generativer Hybriden aus verschiedenen Arten benutzte Mitschurin oft Gemische von Pollen. Waren die Pflanzen Fremdbestäuber, so setzte er dem fremden Pollen bis zu 25 % Pollen der mütterlichen Art zu. Er konnte feststellen, daß Blütenstaub der eigenen Art die Narbe so beeinflußt, daß der fremde Pollen zur Befruchtung gelangt. Der Pollen anderer Arten ist nach Angaben Mitschurins allein dazu nicht in der Lage. Andere sowjetische Forscher haben die Versuche mit Pollengemischen fortgesetzt. So wurden durch Awakjan Blüten der Winterweizensorte „Hostianum 0237" kastriert und mit Pollen des Sommerweizens „1160" bestäubt. Diese Kreuzung ergab keine lebensfähigen Nachkommen. Setzte der Züchter dem fremden Pollen solchen der Mutterform „Hostianum 0237" zu, so entstand eine kräftige Nachkommenschaft. Ein Teil der Nachkommen zeigte die Behaarung der Vaterform „1160". Er mußte also aus der Kreuzung „Hostianum 0237" mit der Sommerweizensorte „1160" hervorgegangen sein. „Hostianum 0237" ist Selbstbefruchter. Hier wurde durch Anwendung von Pollengemischen das Prinzip der Selbstbefruchtung durchbrochen.
Die physiologischen Ursachen dieser Wirkung der Pollengemische konnten bisher noch nicht endgültig geklärt werden. Mitschurin gelang es, mit Hilfe der Pollengemische Arten und Gattungen zu kreuzen, die zuvor als nicht kreuzbar galten. Darin liegt der große Wert dieser Methode.

Vegetative Hybridisation

So wie der Züchter durch *generative* Hybridisation Organismen mit neuen Eigenschaften erzielen kann, ist dies auch durch *vegetative* Hybridisation möglich. Durch Pfropfen oder durch Verpflanzen von Keimlingen in das Nährgewebe der Samen einer anderen Pflanze ist es möglich, Organismen zu schaffen, die Eigenschaften beider Komponenten aufweisen, also vegetative Hybriden darstellen. Erfahrene Obstzüchter haben immer wieder die Beobachtung gemacht, daß sich Reis und Unterlage eines veredelten Obstbaumes gegenseitig so beeinflussen, daß die Nachkommen neue Formen darstellen. Ihre Meinung wurde von den Theoretikern, die unter dem Einfluß der Lehren der formalen Genetik standen, meist nicht beachtet. Mitschurin wies nach, daß zwischen generativen und vegetativen Hybriden keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen und daß auch durch vegetative Kreuzung neue Sorten gezüchtet werden können. Mitschurins „Bergamotte-Renetten" sind dafür ein Beispiel (s. S. 102).
Eine vegetative Hybride ist meist aus zwei, seltener aus mehreren Komponenten aufgebaut. Die größten Erfolge wurden mit der vegetativen Hybridisation im

Obstbau erzielt; denn die Vermehrung der Edelsorten des Obstes wird in den meisten Fällen durch „Veredeln", das heißt durch Übertragen von Reisern oder „Augen" (Knospen) auf eine Unterlage, vorgenommen.
Ein Obstbaum bedarf zwar nicht unbedingt einer Unterlage, also einer fremden Wurzel, er wird auch dann fruchten, wenn er als Sämling heranwächst. Da die Eigenschaften der verbesserten Edelsorte aber dann meist nicht erhalten bleiben und der Baum oft erst später ertragfähig wird, entstehen daraus wirtschaftliche Nachteile. Besonders Apfel- und Birnensorten bringen nach Veredlung schon frühzeitig Erträge. Dazu kommt die starke Veränderung, die gerade durch die Unterlage erzielt wird. Neben der Verankerung des Baumes im Boden, der Aufnahme des Wassers und der Nährsalze beeinflußt die Unterlage Wuchs, Art der Entwicklung, Lebensdauer, Ertrag und Fruchtausbildung.
Einen Nachteil hat die Anwendung von Unterlagen allerdings insofern, als sie die Lebensdauer der Bäume verkürzt. Gegenüber den Vorteilen, die sie bringt, ist dieser Nachteil jedoch unbedeutend. Die Unterlage kommt nur dann voll zur Geltung, wenn sie der Eigenart der Edelsorte, dem Verwendungszwecke des künftigen Baumes und seinen Anbauverhältnissen genau entspricht.
Viel gärtnerische Erfahrung und Wissen sind nötig, damit bei der Auswahl der Unterlagen keine Fehler entstehen. Die Unterlage kann der gleichen Obstart angehören wie die Edelsorte (Sauerkirschausläufer als Unterlage für Sauerkirschen), sie kann aber auch von einer anderen Gehölzart abstammen (Steinweichsel als Unterlage für Sauerkirschen). Nach der Art der Vermehrung der Unterlagen unterscheidet der Züchter Sämlingsunterlagen und ungeschlechtlich vermehrte Unterlagen (z. B. Ausläufer).
Wird die Veredelung sachgemäß und sorgfältig ausgeführt, so treten selten Mißerfolge auf. Durch die neu entstehenden Zellschichten wandern Saftströme und Wuchsstoffe sowohl des Edelreises als auch der Unterlage. Auf diese Weise beeinflussen sich beide gegenseitig; Eigenschaften der Unterlage werden am Edelreis sichtbar und umgekehrt. Die Beeinflussung kann so stark sein, daß Zwischenformen, also Hybriden, entstehen. Diese Tatsache hat man in Deutschland bisher wenig beachtet. Die große Bedeutung der gegenseitigen Beeinflussung wurde erst durch Mitschurin erkannt.
Die generative Kreuzung zwischen systematisch voneinander entfernt stehenden Arten und Gattungen bereitet häufig Schwierigkeiten. Sie ist leichter möglich nach einer Pfropfung. Die nur entfernt verwandten Arten werden durch den gemeinsamen Stoffwechsel einander so angeglichen, daß zum Beispiel die Blüten eines Pfirsichreises, das auf einen Pflaumenbaum gepfropft wurde, durch den Pollen der Pflaumenblüten befruchtet werden können. Gleiche Erfolge erzielte Mitschurin mit Birne auf Apfel, Eberesche auf Birne, Quitte auf Birne, Mandel oder Aprikose auf Pflaume. Er nannte dieses Verfahren **vegetative Annäherung** (s. S. 102).
Die vegetative Hybridisation ist nicht nur bei Obstbäumen möglich, sondern kann auch bei anderen Kulturpflanzen durchgeführt werden. Von großer theoretischer Bedeutung sind die Versuche des sowjetischen Biologen I. J. Glustschenko. Er pfropfte auf eine junge gelbfrüchtige Tomate ein ontogenetisch altes Reis einer

rotfrüchtigen Sorte. Die Unterlage trug zwei gelbe, eine rotgelbe und eine rote Frucht. Die Nachkommen aus den Samen der unter dem Einfluß des Reises veränderten Früchte wurden in fünf Generationen untersucht. Es zeigte sich, daß nicht nur die Fruchtfarbe vererbt wurde, sondern daß auch die stoffliche Zusammensetzung der Früchte und die Chromosomen der Pflanzen erblich verändert worden waren.

Erstmalig wandte Mitschurin die Methode der vegetativen Hybridisation zur Erzielung neuer Sorten im Obstbau an. Heute sind sowjetische und andere fortschrittliche Pflanzenzüchter an der Arbeit, sie auf allen anderen Gebieten der Pflanzenzüchtung erfolgreich anzuwenden.

Mitschurins Mentormethode

Die Tatsache, daß sich Unterlage und Reis gegenseitig beeinflussen, führte Mitschurin zu der von ihm entwickelten und vielfältig angewandten Mentormethode (s. S. 101). Oft zeigen die durch Kreuzung entstandenen Pflanzen nicht sofort die gewünschten Eigenschaften. Bei solchen Hybriden wandte Mitschurin sein Mentorverfahren an. Er wollte damit den Einfluß desjenigen Elternteiles stärken, das die gewünschte Eigenschaft besaß. Mitschurin wandte den Einfluß des Mentors in verschiedener Weise an. Er pfropfte oder okulierte einen Hybridensämling auf die Unterlage, oder er pfropfte ein Reis eines Elternteiles als Mentor auf den Sämling. In diesem Falle wurde, sobald der gewünschte Erfolg eintrat, das Mentorreis wieder entfernt.

Eine weitere Form der Mentormethode ist das Pfropfen eines Reises des Sämlings in die Krone desjenigen Elternteiles, dessen Eigenschaften verstärkt wirken sollen. Das beeinflußte Reis wird später auf andere Unterlagen gepfropft.

Mit der Mentormethode kann zum Beispiel einer guten, aber frostempfindlichen Obstsorte die Frostresistenz anerzogen werden. Dafür ein Beispiel: Mitschurin bestäubte Blüten des in Ostsibirien und Nordchina beheimateten „Kitaika-Apfels" mit dem Pollen der Apfelsorte „Kandil-Sinap" (Abb. 69). Diese Sorte

Abb. 69. Frucht eines „Kandil-Sinap"

Abb. 70. „Kandil-Kitaika" des ersten Fruchtjahres

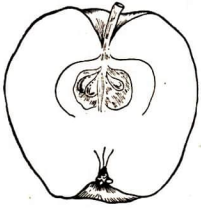


Abb. 71. „Kandil-Kitaika" des vierzehnten Fruchtjahres

wächst im Süden der Sowjetunion; sie ist besonders kälteempfindlich. Aus den Samen der Kreuzung wurden Sämlinge gezogen, die im ersten Jahre vollständig frostresistent waren, diese Eigenschaft aber allmählich verloren. Die Jungpflanzen nahmen die Eigenschaften des „Kandil-Sinap" an. Um die Kälteempfindlichkeit zu überwinden und den Einfluß der Mutterpflanze zu verstärken, okulierte Mitschurin Augen des besten Hybridensämlings in die Krone des Mutterbaumes, also des „Kitaika-Apfels". Im folgenden Jahre beließ er dem Mutterbaume neben den aus den okulierten Augen gewachsenen Trieben den größten Teil der Krone des „Kitaika" und erwartete einen größeren Einfluß des Mutterbaumes auf das Reis. Dieser trat ein: die Triebe wurden frostfest. Allmählich entfernte Mitschurin die Zweige des „Kitaika". Als der Baum die ersten Früchte brachte, waren diese klein und ohne besonderen Geschmack (Abb. 70). Von Jahr zu Jahr verbesserten sich jedoch die Früchte und übertrafen schließlich in ihrer Güte die des „Kandil-Sinap". Mitschurin nannte die neue Sorte „Kandil-Kitaika" (Abb. 71).

Zwischenveredelung

Werden bestimmte Birnensorten auf Quittenunterlage gepfropft, so bricht oft das Reis nach einigen Jahren an der Veredelungsstelle ab. Unterlage und Edelreis zeigen eine schlechte vegetative Verträglichkeit. Deshalb muß eine andere Sorte als vermittelndes Zwischenglied, als Zwischenveredelung, eingeschaltet werden. Man okuliert auf die Quitte zunächst eine Sorte, die sich mit ihr gut verträgt, und veredelt die Unterlage im nächsten Jahre mit der gewünschten Edelsorte.

Züchtung neuer Sorten durch Veränderung der Umwelt

Mit den Methoden der generativen und der vegetativen Hybridisation verändert der Mensch die erblichen Eigenschaften der Pflanzen. Mit Hilfe der Auslesezüchtung wiederum begünstigt er die Pflanzen, die wertvolle erbliche Eigenschaften besitzen. Bei der Hybridisation und der Auslese, die beide im Zusammenhang angewendet werden, beeinflußt der Züchter die Pflanzen unmittelbar. Die Umwelt, in der diese Pflanzen leben, ist bei diesen Züchtungsmethoden erst in zweiter Linie wichtig. Welche große Bedeutung jedoch gerade die Umweltveränderungen für die Züchtung neuer Pflanzen haben, erkannte Lyssenko, der auf den Lehren Mitschurins neue Methoden aufbaute. In seiner Stadienlehre weist er nach, daß jede Pflanze bestimmte Entwicklungsstadien nacheinander durchlaufen muß, in denen sie bestimmte Außenbedingungen (niedere Temperaturen oder lange beziehungsweise kurze Belichtungszeit) verlangt. Auf dieser Erkenntnis aufbauend, entwickelte Lyssenko die Methode der Jarowisation, die es beispielsweise ermöglicht, Winterweizen auch im Frühjahr auszusäen und im gleichen Jahre zum Fruchttragen und Reifen zu bringen. Die Methode der Jarowisation eröffnet der Pflanzenzüchtung neue Wege. So züchtete Lyssenko auf Grund seiner Stadientheorie beispielsweise aus einer Winterweizensorte die Sommerweizensorte „Kooperatorka", die in den Kolchosen der Ukraine angebaut wird.

Einem Schüler Lyssenkos, W. K. Karapetjan, gelang es, aus dem Sommerhartweizen (*Triticum durum* mit 28 Chromosomen) Winterweichweizen (*Triticum*

vulgare mit 42 Chromosomen) zu züchten, der in den folgenden Generationen seine erworbenen Merkmale weitervererbte. Karapetjan hat also durch bewußte Veränderung der Umwelt eine Art in eine andere Art verwandelt.

Polyploidiezüchtung

In jüngster Zeit behandelt man Pflanzen mit chemischen und physikalischen Mitteln, unter anderem mit Colchizin, einem aus der Herbstzeitlose gewonnenen Alkaloid, mit Röntgenstrahlen oder wechselnd hohen und tiefen Temperaturen. Dadurch wird die Reduktionsteilung unterbunden oder die Bildung zweier getrennter Kerne verhindert. Es entstehen Pflanzen mit einem Vielfachen der ganzen Chromosomensätze, sogenannte **polyploide Pflanzen** oder **Polyploide**.
Unter Polyploiden finden sich häufig größere und kräftigere Exemplare, die man weiterzüchtet. Die Ergebnisse der Polyploidiezüchtung stehen noch nicht endgültig fest, da die Arbeiten nicht frei von Zufälligkeiten sind. Man erhoffte große Erfolge, weil man gefunden hatte, daß viele Unkräuter (z. B. Hirtentäschel, Schwarzer Nachtschatten) und die meisten unserer Kulturpflanzen Polyploide sind. So haben: Einkorn 14 (2n), Emmer 28 (4n), heutige Kulturweizensorten 42 (6n), Kartoffelsorten 24 (2n), 36 (3n), 48 (4n), Apfelsorten 34 (2n), 51 (3n), 68 (4n) Chromosomen. Die großen Erwartungen, die vor allem die formalen Genetiker in diese Züchtungsmethode setzten, haben sich jedoch nur teilweise erfüllt.
Lyssenko schreibt darüber: „... Haben doch die Menschen jahrhundertelang nicht gewußt, daß viele gute Sorten, zum Beispiel Birnen, Polyploide sind. Keine kleinere Zahl ebensolcher guter Birnensorten gibt es in der Praxis, die nicht polyploid sind. Allein schon auf Grund dieser Tatsachen kann man zu dem Schlusse kommen, daß die Qualität einer Sorte nicht durch die Chromosomenzahl bestimmt wird. Es gibt gute und schlechte Sorten des 28-chromosomigen Hartweizens und gute und schlechte Sorten des 42-chromosomigen Weichweizens."

4. Die Pflanzenzüchtung in der Deutschen Demokratischen Republik

Die Pflanzenzüchtung in unserer Republik trägt in starkem Maße dazu bei, den Lebensstandard der Bevölkerung zu heben. Vor den Züchtern stehen große Aufgaben, die nur in enger Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Praktikern gelöst werden können. Von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der Pflanzenzucht war die Gründung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften im Oktober 1951. Ihre Aufgaben umreißt der Regierungsbeschluß, der zur Gründung der Akademie führte:
„Die Entwicklung der ökonomischen und gesellschaftlichen Verhältnisse in der deutschen Landwirtschaft, insbesondere die Aufgaben, die der Fünfjahrplan der landwirtschaftlichen Produktion stellt, erfordern, daß die Agrarwissenschaft und -forschung gefördert, breit entfaltet und weiterentwickelt werden, daß ihre Aufgabenstellungen geplant und koordiniert und ihre Ergebnisse allen landwirtschaftlichen Produzenten schnellstens zur Verfügung gestellt werden. Um diese Auf-

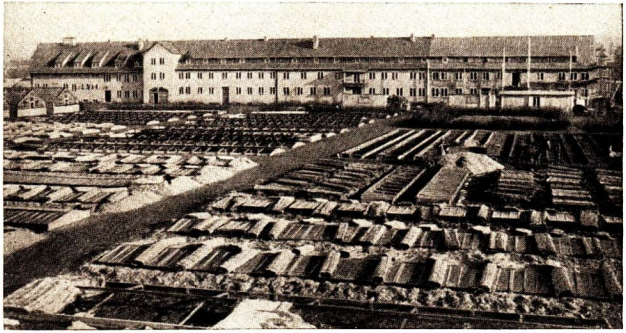


Abb. 72. Wirtschaftsgebäude und Frühbeetanlage im Institut für Kulturpflanzenforschung Gatersleben, Kreis Aschersleben

gaben durchführen zu können, wird die Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften gegründet."

In der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften sind auch eine Reihe von Züchtungsinstituten mit einer großen Zahl von Zweig- und Außenstellen zusammengefaßt. Ihre Zahl wird ständig vergrößert. Dadurch können sich diese Institute in ihrer Aufgabenstellung spezialisieren und ihre Arbeit verbessern. Außerdem werden Zuchtarbeiten in den Pflanzenzuchtinstituten der Universitäten und in den Instituten der Deutschen Akademie der Wissenschaften (Abb. 72) geleistet.

Der Weg des Saatgutes von der Neuzüchtung bis zur Praxisreife

Hat der Züchter einen neuen Zuchtstamm geschaffen, der den gestellten Zielen entspricht, so muß dessen amtliche Anerkennung erfolgen, bevor der Anbau als landwirtschaftliche Kulturpflanze in der Deutschen Demokratischen Republik erfolgen darf. Schon während der Arbeit im Zuchtgarten beginnt der Züchter die Konstanz und die Leistungen seines Zuchtstammes zu prüfen. Sind diese Prüfungen zufriedenstellend ausgefallen, so wird die Neuzüchtung beim **Sortenamt für Nutzpflanzen** des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft der Deutschen Demokratischen Republik angemeldet. In diesem Sortenamt und seinen Außenstellen wird in mehrjährigem Anbau die Sorte auf alle ihre Eigenschaften überprüft. Hat die amtliche Hauptprüfung ergeben, daß der Zuchtstamm bessere Eigenschaften hat als die bisher bekannten Sorten oder daß er überhaupt etwas Neues und Besseres darstellt, so wird er dem **Sortenzulassungsausschuß** vorgelegt. Dieser tagt unter dem Vorsitz des Ministers für Land- und Forstwirtschaft jährlich einmal.

Hier wird über die Zulassung der Neuzucht zum Anbau entschieden. Bei einer positiven Entscheidung erfolgt die Aufnahme in die **Sortenliste** der in der Deutschen Demokratischen Republik zugelassenen Sorten von Kulturpflanzen. Danach geht die neue Sorte aus der **Neuzucht** in die **Erhaltungszucht** über, deren Aufgabe es ist, die Sorte in ihren Sorten- und Werteigenschaften zu erhalten und durch einen sogenannten Zuchtaufbau die Voraussetzungen für die anschließende Vermehrung zu schaffen.
Damit der Neu- und Erhaltungszüchter nicht mit der **Vermehrung** seiner Sorten belastet ist, wird diese heute fast ausschließlich durch die volkseigenen Güter durchgeführt. Hier liegt jedoch auch eine wichtige Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften. Sie können ebenfalls auf großen Flächen die Vermehrung durchführen und durch gleichmäßige Bodenbearbeitung, Düngung und Pflege eine einheitliche Qualität des Saatgutes gewährleisten. Ihre Mitarbeiter haben die Möglichkeit, sich zu spezialisieren und dadurch zu qualifizierten Fachleuten zu werden, die ihre Arbeiten fachmännisch durchführen.
Der Züchter kann seine Sorte während der oberen Vermehrungsstufen selbst betreuen, ehe die Deutsche Saatgut-Handelszentrale diese Betreuung übernimmt. Folgende Bezeichnungen werden für die einzelnen **Vermehrungsstufen** angewendet:

I. **Stammelite:** für die Saat aus dem Zuchtaufbau des Erhaltungszüchters
II. **Zuchtgartenelite:** für die daraus erzeugte Vermehrung
III. **Super-Super-Elite:** für das aus der Zuchtgartenelite gewonnene Saatgut
IV. **Super-Elite:** für das aus der Super-Super-Elite erzeugte Saatgut
V. **Elite:** für das aus der Super-Elite erzeugte Saatgut
VI. **Hochzucht:** für das aus der Elite erzeugte Saatgut
VII. **Anerkannter Nachbau** (aus der Hochzucht): nur bei Futter- und Faserpflanzen, bei Kartoffeln und Korbweiden
VIII. Die Erzeugung der **Absaat** erfolgt durch die Bäuerlichen Handelsgenossenschaften.

Die einzelnen Vermehrungsstufen unterliegen dem sogenannten Anerkennungsverfahren, das aus einer Feldanerkennung und einer Laboruntersuchung besteht. Ergeben sowohl die Besichtigung als auch die Untersuchung, daß das Saatgut sortenecht, frei von Krankheiten und Unkrautsamen ist und die nötige Keimfähigkeit und Triebkraft besitzt, wird es attestiert beziehungsweise endgültig anerkannt.
Zur Steigerung unserer landwirtschaftlichen Produktion ist die Verwendung anerkannten und damit hochqualifizierten Saatguts unbedingt nötig. Diese Forderung erhält den entsprechenden Nachdruck dadurch, daß die landwirtschaftlichen Betriebe zu einem Saatgutwechsel gesetzlich verpflichtet sind (obligatorischer Saatgutwechsel). Das früher selbsterzeugte Pflanzgut, das jahrelang hintereinander angebaut wurde, zeigte Abbauerscheinungen, die sich in einem Absinken der

Erträge ausdrückten. Diese Erscheinung ist besonders auffällig bei Kartoffeln. Der Mehrpreis für Hochzuchtsaatgut wird durch die höheren Erträge um ein Vielfaches aufgewogen.
Auch heute noch gibt es Bauern, die das Saatgut für den obligatorischen Saatgutwechsel auf einer kleinen Parzelle im eigenen Betrieb vermehren. Da sie meist keine Spezialisten auf dem Gebiet der Saatgutvermehrung sind, tritt der beabsichtigte Erfolg nur selten ein. Deswegen wurden in vielen Dörfern Saatbaugemeinschaften gebildet. Die Gründung der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften beseitigt alle auf diesem Gebiet eingetretenen Schwierigkeiten. Hier ist die Voraussetzung für die Gewinnung eines einwandfreien Saatgutes für den obligatorischen Saatgutwechsel gewährleistet. Dadurch wird erreicht, daß alljährlich unsere gesamte Ackerfläche mit einwandfreiem Saatgut von der für den jeweiligen Boden geeigneten Sorte bestellt werden kann.

II. Die Züchtung von Tieren

1. Zur Geschichte der Tierzüchtung

Die Geschichte unserer Haustiere ist eng mit der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft verbunden. Sie durchläuft in den verschiedenen Regionen der Erde mehr oder weniger ähnliche Stadien. Im Verhältnis zum Alter der menschlichen Gesellschaft ist die Haltung und Züchtung von Tieren eine junge Errungenschaft des Menschen, die sich etwa 8 bis 10 Jahrtausende zurückverfolgen läßt. Dieser Zeit stehen mindestens 500000 Jahre eines haustierlosen Jäger- und Sammlerdaseins gegenüber, gegen deren Ende es der Mensch lernte, Wildtiere in seiner Nähe zu halten.
Wie der erste Pflanzenanbau, so entwickelte sich auch die älteste Tierhaltung mit großer Wahrscheinlichkeit in Asien. Neue archäologische Funde, beispielsweise von Behshahr (Nordiran), weisen darauf hin, daß der Übergang zur Tierhaltung etwa gleichzeitig mit dem ältesten Anbau von Getreide erfolgt ist. Bei der Ausbreitung dieser für die Entfaltung der Produktivkräfte so bedeutsamen Errungenschaften der Menschen kam es verschiedentlich zu Änderungen im zeitlichen Verhältnis bei der Aneignung von Pflanzenbau und Tierhaltung. In Europa werden beispielsweise Hinweise für Tierhaltung in älteren Schichten gefunden als Beweise für den Pflanzenanbau, weil die Tiere im Zusammenhang mit der Ausbreitung der Tierhaltung vom Orient her für die Anpassung an das nördliche Klima weniger Zeit brauchten als die Getreidearten. Die archäologischen Funde machen es sehr wahrscheinlich, daß die Menschen in Nordeuropa die Tierhaltung früher übernahmen als den Pflanzenanbau.
Unter den Funden aus der Maglemose-Kultur Skandinaviens (etwa 7900 bis 6500 v. u. Z.) befinden sich Hundeknochen, die auf einen kleinen spitzartigen Haushund schließen lassen. In den Anhäufungen von Küchenabfällen (Kjökken-

möddinger), die an den Förden und Buchten des Kattegats zahlreich vorkommen und aus dem Beginn des Neolithikums (etwa 3000 v. u. Z.) stammen, finden sich neben Resten der Jagdbeute die Knochen von weiteren Haustieren (Hund in zwei Rassen, Rind, Schaf und Ziege).
Bei jüngeren Kjökkenmöddingern treten dann auch Knochen des Schweines auf. Die Keramik dieser Schichten zeigt Abdrücke von Getreidekörnern und belegt somit die Kenntnis des Ackerbaus.
Charakteristisch für die Haustierhaltung ist, daß meist Herdentiere gezähmt wurden, die vorher Jagdwild waren (Ausnahme z. B. Katze). Bei den Herdentieren waren durch den Herdentrieb besonders günstige Voraussetzungen für die Zähmung gegeben (z. B. Hund). Nicht alle Tiere, die der Mensch gezähmt hat, haben sich zu Haustieren entwickelt (Tanzbär und andere Zirkustiere, Jagdfalke). Andere Tiere, wie Perlmuschel und Weinbergschnecke, die der Mensch nutzt, können ebenfalls nicht zu den Haustieren gerechnet werden. Ausschlaggebend für die Züchtung ist der wirtschaftliche Nutzen. Sieht man von den Tieren ab, die der Mensch lediglich aus Liebhaberei hegt, beispielsweise Zierfische, so setzt sich der Bestand an Haustieren wie folgt zusammen:

I. Säuger:

1. Hausrind, Hausbüffel, Gayal, Balirind, Zebu (Buckelrind), Yak, Damararind
2. Schaf, Ziege
3. Ren
4. Dromedar, Trampeltier, Lama, Alpaka
5. Schwein
6. Pferd, Esel, Maultier, Maulesel
7. Indischer Elefant
8. Katze, Hund
9. Kaninchen, Meerschweinchen.

II. Vögel:

Haushuhn, Truthuhn, Perlhuhn, Ente, Gans, Taube, Pfau.

III. Fische:

Karpfen, Forelle, Schleie.

IV. Insekten:

Biene, Seidenspinner.

Betrachten wir in der vorstehenden Aufzählung die einzelnen Arten und überlegen, wo sie gehalten werden, so erkennen wir, daß der Haustierbestand in den verschiedenen Gebieten der Erde nicht einheitlich ist (z. B. Lama nur in Südamerika). Vergleicht man die Entstehungsgebiete der Haustiere mit ihren derzeitigen Verbreitungsgebieten, so stellt man fest, daß unter dem Einfluß des Menschen vielfach eine Verbreitung von Haustieren über die Erde stattgefunden

hat (z. B. beim europäischen Hausrind). Trotz des langen Zeitraumes, über den sich die Haustierhaltung erstreckt, hat sich der Bestand an Arten kaum verändert, wenn auch innerhalb der Arten oft eine überaus große Mannigfaltigkeit erzielt wurde (z. B. Hund).

Der jahrhundertealte Haustierbestand wurde erst in der neuesten Zeit ergänzt durch Tiere, die zwar nach Art von Haustieren genutzt werden, aber trotzdem nur geringe Bindungen an den Hausstand des Menschen haben. Hierher gehören beispielsweise Strauß, Silberfuchs, Marder, Nutria, Nerz, Waschbär, der Elch als Schlittenzugtier und Schlangen, deren Gift als Heilmittel verwendet wird. In der Sowjetunion wird der Maral *(Cervus asiaticus)* gehalten, aus dessen Geweih Sexualhormone für Heilzwecke gewonnen werden.

Haustier	Stammart	Vorkommen zur Zeit der Haustierwerdung	Ungefähre Zeit der Haustierwerdung
Haushund	Unbekannte Stammform oder Wolf — oder Wolf, Maikong und Schakal	Nördliches Europa und Asien	16000—6000 v. u. Z.
Hausrind	Ur (ausgestorben)	Europa, Asien	6000—2000 v. u. Z.
Hausziege	1. Capra prisca (ausgest.) 2. Bezoarziege 3. Schraubenziege	1. Galizien, Balkan 2. Mittelmeergebiet 3. Kaukasus, Hochasien	6000—2000 v. u. Z.
Hausschaf	1. Mufflon 2. Arkal 3. Argali	1. Mittel- und Südeuropa, Westasien 2. Steppen in Zentralasien 3. Gebirge in Zentralasien	6000—2000 v. u. Z.
Hausschwein	1. Europäisches Wildschwein 2. Mittelmeerschwein 3. Asiatisches Wildschwein	1. Mitteleuropa 2. Mittelmeerländer 3. Süd- und Ostasien	6000—2000 v. u. Z.
Pferd	1. Tarpan (ausgestorben) 2. Asiatisches Wildpferd 3. Schweres Waldpferd (ausgestorben)	1. Europa, Westasien 2. Europa, Zentralasien 3. Europa	4000—2000 v. u. Z.
Katze	Falbkatze	Ägypten, Nubien	Um 2000 v. u. Z.
Kaninchen	Wildkaninchen	Südeuropa	Spätes Altertum
Haustaube	Felsentaube	Westeuropa, Mittelmeerländer, Asien	Um 3000 v. u. Z.
Haushuhn	Bankivahuhn	Hinterindien	Um 3000 v. u. Z.
Hausgans	Graugans	Europa, Asien	Altertum
Hausente	Stockente	Europa, Asien, Nordafrika, Nordamerika	Altertum

2. Aufgaben und Ziele der Tierzüchtung

Die Aufgabe der Tierzüchtung ist es, Tiere zu schaffen, die der Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse nach Nahrung, Kleidung u. a. dienen. Je geringer die Zahl der Haustierarten ist, die in einem Gebiet gehalten werden, desto vielseitiger ist ihre Nutzung durch den Menschen. Ein typisches Beispiel für ein vielseitig genutztes Haustier ist das zweihöckrige Kamel oder Trampeltier *(Camelus bactrianus)*. Man gebraucht es als Zug-, Last- und Reittier und nutzt von ihm Haar, Fell, Milch und Fleisch. Der Kot wird als Heizmaterial verwandt. Ähnlich vielseitig ist die Nutzung beim Ren.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der menschlichen Gesellschaft vermehrten sich die anfangs nur auf Nahrung und Kleidung gerichteten Bedürfnisse. Das hatte eine weitere Differenzierung der Zuchtziele zur Folge. Das Zuchtziel besteht im allgemeinen in zwei oder drei Nutzleistungen (beim Rind z. B. Milch und Fleisch oder Milch, Fleisch und Arbeit). Für die Erreichung des Zuchtzieles ist die Arbeit der Forschungs- und Lehrinstitute und ihre enge Zusammenarbeit mit der Praxis von größter Bedeutung. Sämtliche angestrebten Zuchtziele stehen unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt: Steigerung der Nutzleistung bei möglichst niedrigen Erzeugungskosten.

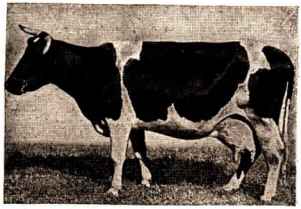


Abb. 73. Kuh „Walze", Züchter und Besitzer: Volkseigenes Gut Deubachshof, Kreis Eisenach

Die großen Unterschiede zwischen den Leistungen unserer Haustiere und denen ihrer Wildformen zeigen, in welchem Maße der Mensch innerhalb relativ kurzer Zeit den tierischen Organismus verändern kann. Eine Wildkuh erzeugt im Durchschnitt jährlich etwa 600 kg Milch; das ist die zur Aufzucht ihres Kalbes notwendige Menge. Heute liefern gut durchgezüchtete Tiere 5000 bis 6000 kg Milch und mehr. Dabei liegt der Wert der Milch nicht nur in ihrer Menge, sondern auch in ihrem Fettgehalt. Der durchschnittliche Fettgehalt, der etwa bei 3,4 % liegt, kann noch gesteigert werden. Die Kuh „Walze" (Abb. 73) lieferte im Jahre 1951 10661 kg Milch mit 383 kg (3,64 %) Fett. Höchstleistungen liegen bei über 17000 kg Milch im Jahre und werden weiter gesteigert. Sie zeigen, welche Leistungen durch planmäßige Züchtung in Verbindung mit richtiger Haltung und Ernährung erreicht werden können.

Neben der Milch nutzt man beim Rind das Fleisch. Das Gewicht der in Deutschland gehaltenen Kühe betrug zu Anfang des 19. Jahrhunderts durchschnittlich 3 bis 4 dz, während es jetzt vorwiegend zwischen 4,5 und 7 dz schwankt.

Schafe werden zweckmäßig auf zweifache Nutzung, Wolle und Fleisch, gezüchtet, wobei meist die Wolleistung im Vordergrund steht. Auch in der Deutschen Demokratischen Republik wird die Wolleistung besonders berücksichtigt, da Wolle als Rohstoff für unsere Industrie große Bedeutung hat. Die Wolle ist ein typisches

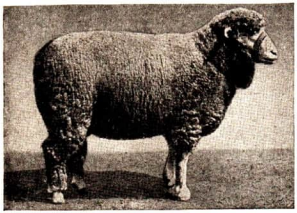


Abb. 74. Merino-Fleischschaf-Bock

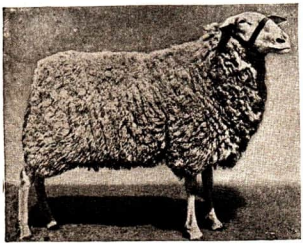


Abb. 75. Ostfriesisches Milchschaf

Erzeugnis der Schafzüchtung; Wildschafe haben keine Wolle, sondern wie alle behaarten Tiere Ober- und Unterhaare. Die Oberhaare sind markhaltig, grob und dick; die marklosen Unterhaare oder Wollhaare sind mehr oder weniger fein und gekräuselt. Wolle entsteht dadurch, daß das Oberhaar mehr und mehr zurücktritt und dafür das Unterhaar dichter und länger wird. Das Merinoschaf (Abb. 74), das auch reines Wollschaf genannt wird, weist keine Oberhaare mehr auf. Das Wildschaf erzeugt kaum Wolle; von Schafrassen, die auf hohen Wollertrag gezüchtet werden, gewinnt man jährlich 4 bis 5 kg Rohwolle je Tier.

Eine dreifache Nutzung haben wir beim Milchschaf. Die vornehmlich auf Milchleistung gezüchteten Rassen, wie das Ostfriesische Milchschaf (Abb. 75), weisen eine Milchleistung von 400 bis über 600 kg im Jahre auf. Der Fettgehalt der Milch beträgt 5 bis 6%.

In den Ländern ohne Schweinezucht tritt beim Schaf neben die Woll-, Fleisch- und Milchnutzung die Züchtung auf Fettgewinnung. So kann der Schwanz bei Fettschwanzschafen ein Gewicht bis zu 10 kg erreichen.

Es gibt außerdem Schafe, die zur Pelzgewinnung gezüchtet werden. Die wertvollste Rasse der Breit- oder Fettschwanzschafe ist das Karakul- oder Persianerschaf, das mit besonderem Erfolg in den mittelasiatischen Republiken der Sowjetunion gezüchtet wird. Sein Lamm (Abb. 76) liefert das schwarze, lockige Fell, das zu Persianerpelz verarbeitet wird. Auch in Deutschland wird das Karakulschaf mit Erfolg gezüchtet.

Das Hauptziel der **Ziegenzucht** ist die Milchleistung. Eine Hausziege erreicht gegenüber der Wildziege, die in einer

Abb. 76. Karakul-Lamm

Laktationsperiode 100 kg Milch gibt, durchschnittlich 600 bis 800 kg. Allerdings kann die Milchleistung bei guten Tieren auch 1000 kg und als Spitzenleistung über 2000 kg betragen.

Am Beispiel der langhaarigen Ziegen des Vorderen Orients läßt sich erkennen, wie weit die Differenzierung der Zuchtziele eine ursprünglich einheitliche Tiergruppe aufteilen kann. Die langhaarigen Ziegen treten heute in drei Gruppen auf. Im östlichen Kleinasien werden weiße Angoraziegen auf markloses Unterhaar gezüchtet, jenseits des Taurus die meist schwarzen Mambĕrziegen auf langes, schlichtes Oberhaar und im Himalaja die Kaschmirziegen auf eine besonders feine Wolle unter dem Grannenhaar.

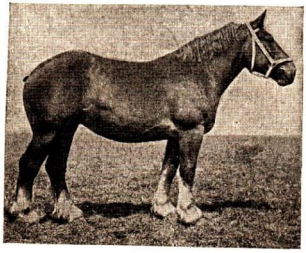


Abb. 77. Kaltblutstute

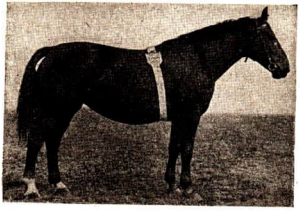


Abb. 78. Warmblutstute

Die **Schweinezucht** ist vor allem auf Fleisch- und Speckleistung gerichtet. Die Voraussetzungen hierzu bilden Schnellwüchsigkeit und Frühreife der Tiere. Noch im Jahre 1870 brauchten Jungschweine 18 Monate, ehe sie 100 kg Gewicht erreichten. Heute haben die Schweine dieses Gewicht bei gutem Futter bereits nach 6 Monaten. Ein weiteres Ziel der Schweinezucht ist die Erzielung einer hohen Zahl von Ferkeln mit guter Gesundheit.

Die **Pferdezüchtung** strebt Erhöhung der Schnelligkeit oder Zugleistung an. Das Vollblutpferd (Rennpferd) ist einseitig auf Schnelligkeit und Ausdauer gezüchtet, während bei der Züchtung des schweren Kaltblutpferdes (Abb. 77) die Zugleistung für schwere Lasten im Vordergrund steht.

Durch Kreuzung von englischen und arabischen Vollblutpferden mit einheimischen Rassen entstand die deutsche Warmblutzucht. Wir unterscheiden das leichte und das schwere Warmblutpferd. Warmblutpferde dienen als leichte beziehungsweise schwere Reit- und Wagenpferde (Abb. 78).

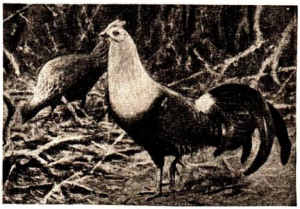


Abb. 79. Bankivahuhn; im Vordergrund Hahn, links dahinter Henne

Die Wildform unseres **Huhnes**, das Bankivahuhn (Abb. 79), legt im Jahre 8 bis 12 Eier. Im 19. Jahrhundert betrug die durchschnittliche Legeleistung des Haushuhnes etwa 60 Eier im Jahre, während sie heute 120 und mehr Eier beträgt. Von guten Legerassen (Abb. 80) erhalten wir über 200 Eier. Spitzenleistungen liegen bei über 300 Eiern im Jahre. Auch das Gewicht der Eier wurde durch die Züchtung bedeutend erhöht. Das Ei des Bankivahuhnes wiegt etwa 35 g, das unserer Wirtschaftshühner 60 bis 70 g. Zahlreiche Geflügelhalter bevorzugen einen etwas schwereren Typ, der neben guter Legeleistung einen höheren Fleischertrag bringt (Abb. 81).

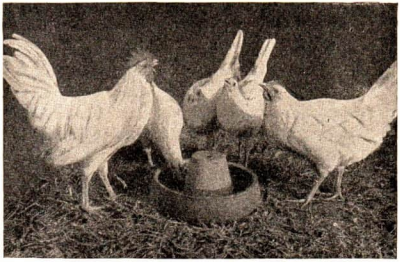


Abb. 80. Weiße Leghorn (Jungtiere)

Wenn auch bei der Züchtung der Haustiere die einzelnen Nutzungsrichtungen im Vordergrund stehen, so dürfen – will man keine Rückschläge erleiden – die allgemeinen Gesichtspunkte nicht vernachlässigt werden. Hierher gehören beispielsweise gute Konstitution, Frühreife, Wüchsigkeit, Futterverwertung, Fruchtbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten.

Die angeführten Tatsachen zeigen, daß es der Mensch im Laufe seiner geschichtlichen Entwicklung verstanden hat, die Haustiere entsprechend seinen Bedürfnissen zu verändern.

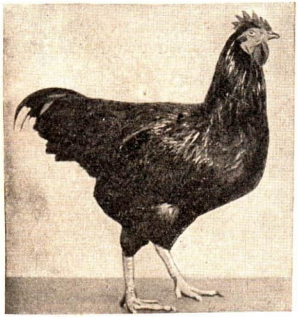


Abb. 81. Rhodeländer-Hahn

Mit verfeinerten und wissenschaftlich begründeten Züchtungsmethoden ist es gegenwärtig in viel stärkerem Maße als je vorher möglich, die Haustiere zielbewußt zu verändern. Welche Erfolge bei der Anwendung neuer Methoden auf der Grundlage der fortschrittlichen Biologie möglich sind, beweisen besonders deutlich die Ergebnisse der sowjetischen Tierzucht.

Bei der Schaffung der Grundlagen des Sozialismus in der Deutschen Demokratischen Republik sind der Tierzucht große Aufgaben gestellt. Die Volkswirtschaftspläne sehen eine

starke Steigerung der Viehbestände wie auch eine Erhöhung der Leistung des einzelnen Tieres vor. Das erfordert, daß das Vieh gesund ist, gegen Seuchen geschützt wird und daß genügend geeignete Futtermittel vorhanden sind; das erfordert aber vor allem züchterische Maßnahmen.
Das Ziel, die planmäßige Vermehrung der Viehbestände und ihre qualitative Verbesserung, ist erreichbar durch die Anwendung der Erkenntnisse des schöpferischen Darwinismus.
Der theoretische Kern des Darwinismus ist die Lehre von der Variabilität der Organismen und der daraus sich ergebenden natürlichen und künstlichen Auslese (Zuchtwahl). Durch Selektion gelangen diejenigen Lebewesen zur Fortpflanzung, die unter den jeweils herrschenden Bedingungen am lebensfähigsten sind beziehungsweise dem Menschen den höchsten Nutzen bringen. In seiner „Entstehung der Arten" bringt Darwin zum Ausdruck, daß die Entwicklung der Organismen auf Grund der Variabilität durch die Lebensbedingungen bestimmt wird. Er schreibt: „Soweit ich nach der Beschäftigung mit dem Gegenstand urteilen kann, äußern sich die Lebensbedingungen auf zweierlei Art: direkt auf die ganze Organisation oder nur einen bestimmten Teil, indirekt durch Einwirkung auf die Fortpflanzungsorgane. Bei der direkten Einwirkung dürfen wir nicht außer acht lassen, . . . , daß es da zwei Faktoren gibt: die Beschaffenheit des Organismus und die Natur der Lebensbedingungen." (Charles Darwin, Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl.)
Darwin hatte also erkannt, daß enge Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt bestehen. Die Umwelt bestimmt durch die Auslese im wesentlichen die Richtung, in der sich der Organismus weiterentwickelt. Methodische und zielbewußte Auslese durch den Züchter führen dazu, daß diese Veränderungen in einer bestimmten Richtung fortgesetzt werden. Mitschurin baute auf Darwins Lehre auf und vervollkommnete sie. Er erkannte, daß der Organismus mit seiner Umwelt eine Einheit bildet. Durch bewußte und planmäßige Gestaltung der Lebensbedingungen sowie durch die richtige Auswahl der Zuchttiere ist der Mensch in der Lage, die Entwicklungsrichtung und somit die Konstitution und Leistungsfähigkeit der Tiere weitgehend zu bestimmen.

3. Methoden der Tierzüchtung

In der Tierzüchtung muß oft anders gearbeitet werden als in der Pflanzenzüchtung. Da der Wert des einzelnen Tieres größer ist als der von Pflanzen, können keine großangelegten Versuchsreihen wie in der Pflanzenzüchtung durchgeführt werden. Die Sexualverhältnisse sind wesentlich komplizierter als bei Pflanzen; vor allem fällt die Möglichkeit der Selbstbefruchtung weg. Die Entwicklungszeit von Großtieren ist lang und die Zahl der Nachkommen gering, so daß Versuche längere Zeiträume benötigen. Die Ausmerzung von ungeeigneten Tieren ist nicht ohne weiteres möglich, wenn keine bedeutenden wirtschaftlichen Verluste eintreten sollen. Diese besonderen Bedingungen in der Tierzüchtung erfordern deshalb, daß die Arbeiten in den entsprechend ausgestatteten Instituten

und Forschungsbetrieben in enger Verbindung mit der breiten landwirtschaftlichen Praxis durchgeführt werden.
Die Erfolge der sowjetischen Landwirtschaft sind zu einem großen Teil auf die enge Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis zurückzuführen. Der Professor für Tierzucht an der Timirjasew-Akadamie in Moskau, Liskun, betrieb seine Forschungsarbeiten über die fortschrittliche Tierernährung in erster Linie auf zahlreichen Kolchosen der verschiedensten Gebiete der Sowjetunion. Auf diese Weise wurden seine Forschungsergebnisse ständig durch die landwirtschaftliche Praxis kontrolliert. Auf den Kolchosen und Sowchosen der Sowjetunion wurde durch die Haltung, Fütterung und Pflege der Tiere nach den Angaben von Professor Liskun eine Leistungssteigerung auf äußerst breiter Basis erreicht.

Die agrobiologischen Voraussetzungen der Tierzüchtung

Wenn der Mensch mit seinen züchterischen Maßnahmen Erfolg haben will, muß sein Viehbestand gesund und fruchtbar sein. Die Voraussetzungen hierzu sind erst dann gegeben, wenn die allgemeinen landwirtschaftlichen Bedingungen, die Unterkunft der Tiere und insbesondere die Futterverhältnisse, einen guten Stand aufweisen; denn die geordnete Fortpflanzung unserer Haustiere ist zu einem großen Teil ein Problem der guten Fütterung. Die planmäßig vergrößerten Viehbestände erfordern mehr Futter, das durch stärkeren Anbau von Zwischenfrucht und durch Ertragssteigerung der anderen Kulturen gewonnen werden kann.
Der Wert des Futters von Weiden, Wiesen und Äckern wird stark vom Wasserhaushalt des Bodens, von der Düngung, der Bodenbearbeitung und der Zusammensetzung des Grünlandes beeinflußt; die erfolgreiche Tierzüchtung beginnt bereits mit allgemeinen ackerbaulichen Maßnahmen, dem Futteranbauplan, der sachgemäßen Ernte, Aufbewahrung und Zubereitung der Futterpflanzen.
Um eine gehaltvolle und ausgeglichene Futterzusammenstellung während des gesamten Jahres – vor allem in den Wintermonaten – zu erreichen, lagert man in den Sommermonaten den überschüssigen Teil des Grünfutters in Silos ein. Auch die Futterzusammensetzung für die einzelnen Tierarten muß genau berechnet werden und der Leistung des einzelnen Tieres entsprechen. Höchstleistungen sind nur bei einem richtigen Verhältnis der einzelnen Nährstoffe zueinander erzielbar. Eine biologisch vollwertige Nahrung (Eiweiße, Kohlenhydrate, Mineralstoffe und Vitamine), die abwechslungsreich zusammengesetzt ist, ist für die Gesundheit und die Leistung der Tiere unbedingt notwendig.
Die gute Entwicklung der Tiere ist ferner von deren Haltung abhängig.
Der Züchter muß alle Voraussetzungen schaffen, damit sich die Tiere voll entwickeln können. So müssen beispielsweise die Stallungen hell und luftig sein. Das Sonnenlicht tötet und schwächt Krankheitserreger ab, beschleunigt den Stoffwechsel und regt die Bildung des wichtigen antirachitischen Vitamins D in der Haut an. Die Ställe müssen trocken sein. Sehr wichtig ist die dauernde Entlüftung der Stallungen, da Sauerstoffmangel sowie die Anreicherung der Stalluft mit Ammoniak und anderen schädlichen Gasen zur Verschlechterung der Atmung

und zu erhöhter Krankheitsanfälligkeit führen. Die Stalltemperatur muß den Bedürfnissen der jeweiligen Rasse entsprechen. Für die Aufzucht der Jungtiere wird sie vorteilhafterweise niedriger gehalten, als dies bisher üblich war. Da die einseitige Stallhaltung unserer Haustiere zu einer Erhöhung der Anfälligkeit und zu Konstitutionsschäden geführt hat, geht man heute immer mehr zu einer sachgemäßen Haltung mit viel Aufenthalt im Freien über. Rinder müssen möglichst nicht nur im Sommer auf die Weide geführt werden; sie benötigen auch im Winter einen entsprechenden Auslauf. Dadurch wird die Konstitution der Tiere gefestigt. Eine rentable und gesunde Aufzucht von Rindern und Pferden ist ohne Weide nicht möglich. Die Aufzucht und Haltung von Schweinen in Schweinehütten kräftigt die Tiere und erhöht deren Leistungen sowohl in der Nutzung als auch in der Zucht.

Um beste Leistungsveranlagungen auf eine große Anzahl von Tieren zu übertragen und die Verbreitung von Deckseuchen zu verhindern, bedient man sich der technischen Besamung. Durch sie können die Anlagen hochwertiger Vatertiere zur Steigerung der Nutzleistung und Verbesserung der Form in einem Zuchtgebiet besser als bisher ausgenutzt werden.

Die Zuchtwahl

Sind gute Züchtungsbedingungen geschaffen, so bestehen die wichtigsten Maßnahmen des Züchters in der Durchführung der Zuchtwahl, das heißt in der Auswahl der Zuchttiere, und in ihrer Paarung. Der Züchter wählt nur solche Tiere aus, die sowohl die Nutzungsleistungen in Milch, Fett, Fleisch, Wolle usw. erhöhen als auch Körperfehler oder -mängel ausgleichen und beseitigen können.

Die Zuchtwahl wird dadurch erschwert, daß das männliche Tier selbst eine Reihe von Leistungen nicht unmittelbar aufweist. Das trifft beispielsweise für die Milchergiebigkeit, Fruchtbarkeit, Legeleistung und Aufzuchtfähigkeit zu. Andererseits können von einem guten Bullen bei natürlicher Paarung jährlich 80 und mehr Kälber stammen, während eine Kuh in der gleichen Zeit ihre wertvollen Eigenschaften nur auf ein Kalb vererben kann. Darum wird der Vatertierhaltung auch von seiten des Staates erhöhte Bedeutung zugemessen.

Die zur Zucht ausgewählten Tiere sollen eine solche Konstitution besitzen, das heißt anatomisch und physiologisch so ausgebildet sein, daß sie den zwischen sich und ihrer Umwelt bestehenden Widerspruch in der bestmöglichen Weise überwinden können. Alle nützlichen Veränderungen, durch die sich der Organismus an die gegebenen Lebensbedingungen angepaßt hat, werden durch den Vererbungsprozeß und die planmäßige Gestaltung eben dieser Bedingungen durch den Züchter weiterentwickelt. Da das Tier von seiner Umwelt geformt ist, werden sich nur solche Tiere züchterisch durchsetzen können, die an ihre Umwelt angepaßt, also bodenständig sind. Die Vernachlässigung dieser Tatsache hat in der Vergangenheit zu schweren Rückschlägen geführt.

Der Züchter verändert den Organismus indirekt mit Hilfe der Lebensbedingungen. Unter veränderten Umweltbedingungen treten neue Eigenschaften auf. Je länger bestimmte Umweltbedingungen auf den Organismus einwirken und

je mehr Generationen sich mit ihnen auseinandersetzen müssen, desto stärker werden die den betreffenden Umweltbedingungen entsprechenden Anlagen und Eigenschaften im Organismus gefestigt. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Eigenschaften der Eltern bei den Nachkommen wieder auftreten, wird dadurch erhöht.

Zur Feststellung des Zuchtwertes eines Tieres wendet man drei Verfahren an: die Beurteilung der Tiere, die Feststellung der Abstammung und Leistung der Vorfahren und die Prüfung der Nachkommen. Da die Umweltverhältnisse die Leistungen der Tiere stark beeinflussen, müssen sie bei diesen Feststellungen berücksichtigt werden.

Bei der **Beurteilung** der Tiere kann der Züchter bereits aus äußeren Merkmalen Schlüsse auf die Leistungsfähigkeit ziehen. Bei Kühen mit guter Milchleistung ist beispielsweise das Euter groß, breit ausgelegt und erstreckt sich weit nach vorn. Es soll fein behaart und weich sein, nach dem Melken erschlaffen und gute „Milchadern" zeigen. „Milchadern" sind Venen, die das Blut aus dem Euter abführen. Ferner sollen die Milchlöcher groß und tief sein. Das Tier soll einen breiten und feinbehaarten Milchspiegel haben, der sich vom Euter bis zur Scheide hinzieht (unter Milchspiegel versteht man eine Hautfläche mit gegen den Strich stehender Behaarung). Alle diese Milchzeichen, zu denen noch einige Merkmale des Körperbaues gehören (nicht zu grobe Hörner mit feiner Faser, Beschaffenheit von Haut und Haar u. a.), können jedoch nur als Anhaltspunkte dienen. Ein genaues Urteil ergibt erst die Leistungsprüfung, die sich auf die Menge der Milch und ihren Fettgehalt erstreckt. Die Futterverwertung, die Gewichtszunahme, die Mastfähigkeit und die Fruchtbarkeit spielen sowohl beim Rind als auch beim Schwein eine entscheidende Rolle als Leistungsmerkmale.

Im Laufe der Zeit wurden Maßstäbe und ein genaues Bewertungssystem für die Beurteilung der Tiere geschaffen, die für die Anerkennung als Zuchttiere, die sogenannte Körung der Vatertiere und die Herdbuchaufnahme, von Bedeutung sind. Heute dürfen nur solche Vatertiere zur Zucht benutzt werden, die von einer Sachverständigenkommission (Körkommission) ausgewählt und zum Decken zugelassen sind (Körbuch mit Deckerlaubnis).

Die zweite Maßnahme ist das **Studium der Abstammung** der Tiere und die Nachforschung nach den Leistungen ihrer Vorfahren. Man kann durch sie feststellen, ob die augenblickliche Leistung schon in einigen Generationen gefestigt wurde oder lediglich gegenwärtig günstigen Umständen entspringt. Besonders wichtig ist die Kenntnis der Abstammung für die Beurteilung männlicher Tiere, da bei diesen äußerlich wenig Anzeichen in Erscheinung treten, aus denen man auf die Leistung schließen kann. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß man die Abstammung eines Tieres nicht überschätzen darf.

Wichtiger als die Nachforschung nach den Vorfahren ist die **Prüfung der Nachkommen.** Bei einem Vergleich des Muttertieres mit seinen weiblichen Nachkommen kann der Züchter wertvolle Schlüsse auf den Wert des Muttertieres ziehen und gewinnt gleichzeitig einen Überblick über den Zuchtwert des jeweils benutzten Vatertieres. Daraus kann er erkennen, welche Maßnahmen er ergreifen muß, um die angestrebten Ziele zu erreichen.

Von grundsätzlicher Bedeutung ist das Alter der Tiere, die man paaren will. Nur Tiere im Alter der besten Fortpflanzungsfähigkeit werden befriedigende Ergebnisse aufweisen. Werden sie in noch nicht zuchtfähigem Alter zugelassen, so sind schwächliche Nachkommen die Folge.

Betreibt man Zuchtwahl mit Tieren der gleichen Rasse, so nennt man dies **Reinzucht**. Die Reinzucht wird in der Praxis der Tierzucht in weitestem Umfange angewandt, wobei je nach dem Zuchtziel verwandte oder fremde Tiere gepaart werden.

Die Kreuzung

Da es keine Tiere gibt, die in allen Eigenschaften vollständig übereinstimmen, ist strenggenommen jede Paarung, also auch die Paarung bei der Reinzucht, eine **Kreuzung.** Man schränkt jedoch den Begriff der Kreuzung auf die Paarung von Tieren ein, die zwei verschiedenen Rassen, Schlägen oder Zuchten angehören, also in einzelnen wesentlichen Merkmalen erheblich voneinander abweichen. Bereits in den ersten Anfängen der Tierhaltung und -züchtung dürfte die Kreuzung – teils unbeabsichtigt, teils beabsichtigt – eine wichtige Rolle gespielt haben.

Durch die Kreuzung erhält der Züchter die Möglichkeit, verschiedene, für die einzelnen Rassen charakteristische Merkmale in einem Tier zu vereinigen.

Je nach dem verfolgten Zweck unterscheidet man im wesentlichen drei Verfahren der Kreuzung: Kombinationskreuzung, Verdrängungskreuzung und Gebrauchskreuzung. Bei diesen Verfahren handelt es sich jedoch nicht nur um eine „Kombination von Erbanlagen", wie dies die formalen Genetiker lehren. Diese züchterischen Maßnahmen lassen sich vielmehr nur verstehen, wenn man bei ihrer Bewertung von der Tatsache ausgeht, daß Organismus und Umwelt eine Einheit sind. Von ausschlaggebender Bedeutung sind die äußeren Maßnahmen des Züchters, wie Haltung, Fütterung und Pflege. Mit ihrer Hilfe – und nicht durch einfache „Kombination von Erbanlagen" der Ausgangsrassen – formt er aus den Ausgangstieren einen neuen Typ. So züchteten die Engländer aus orientalischen, insbesondere arabischen Pferden und dem einheimischen Keltenpony durch **Kombinationskreuzung** das englische Vollblutpferd, ein neues Pferd, das sich eben nur

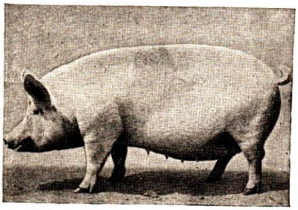


Abb. 82. Edelschwein-Sau

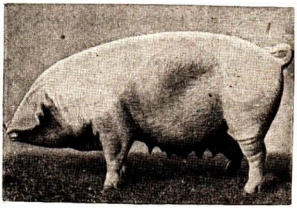


Abb. 83. Veredeltes Landschwein

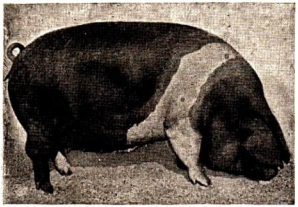


Abb. 84. Sattelschwein-Sau

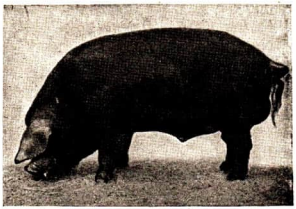


Abb. 85. Cornwall-Eber

unter den in England herrschenden Bedingungen entwickeln konnte. Mit Hilfe von eingeführten englischen Vollbluthengsten und einheimischen deutschen Landschlägen entstanden in Deutschland verschiedene Warmblutzuchten.

Aus dem Bindenschwein hatten die Malaien ein mittelgroßes, frühreifes, fettwüchsiges und fruchtbares Schwein gezüchtet. In England war aus dem europäischen Wildschwein ein großwüchsiges, starkknochiges und spätreifes Hausschwein entstanden. Die Engländer kreuzten diese beiden Formen und schufen durch strenge Selektion aus ihren Nachkommen große, frühreife fleisch- und fettwüchsige Schweine. Aus diesen englischen Schweinen, dem aus ihnen gezüchteten deutschen Edelschwein (Abb. 82) und dem alten, langohrigen deutschen Marschschwein wurde durch Kreuzung, einheitliche Fütterung, Haltung, Aufzucht und andere Maßnahmen das veredelte Landschwein gezüchtet (Abb. 83).

Der erbliche Einfluß eines Tieres und einer bestimmten Nutzungsrichtung wird besonders deutlich, wenn die Umweltverhältnisse, unter denen die zum Vergleich stehenden Tiere aufwachsen, vom ersten Augenblick ihrer Entwicklung an dieselben sind. Der Einfluß der Vererbung ist am besten bei sogenannten Halbwurfgeschwistern feststellbar. Unter Halbwurfgeschwistern versteht man die Nachkommen aus dem Wurf einer Sau, die durch doppeltes Decken von zwei Ebern verschiedener Rassen abstammen.

Diese aus einem Wurf hervorgegangenen Halbwurfgeschwister bieten für die Untersuchung den Vorteil, daß die Umweltfaktoren, die auf das Jungtier einwirken, von der Befruchtung der reifen Eier an und im Verlauf der embryonalen Entwicklung gleich sind. Auftretende Unterschiede müssen also weitgehend durch die verschiedenen Eber bedingt sein. Zur Durchführung einer derartigen Untersuchung wurde im Institut für Tierzuchtforschung in Dummerstorf bei Rostock eine Angler-Sattelschwein-Sau (Abb. 84) von je einem Eber des Edelschweines und des Cornwall-Schweines (Abb. 85) belegt.

Die fettwüchsigen Cornwall-Schweine heben sich durch eine niedrigere Widerristhöhe, feinere Skelettbildung und einen kürzeren und weicheren Rücken deutlich von den fleischwüchsigen Edelschweinen ab. Auch in dem prozentualen Anteil von Fleisch, Fett und Knochen kommen die Typenunterschiede zum Ausdruck.

Entsprechend den Unterschieden der väterlichen Rassen haben die Cornwall-Eber-Nachkommen einen festeren Speck; im Knochenbau sind sie wesentlich feiner als ihre Wurfgeschwister.
Der beschriebene Versuch bestätigt, daß die Typenzugehörigkeit der Kreuzungspartner die Nachkommenschaft beeinflußt. So kann der Züchter durch überlegte Auswahl der Zuchttiere die Nutzleistung bestimmen.
Die **Verdrängungskreuzung** verfolgt das Ziel, bestimmte Merkmale einer Rasse durch entsprechende einer anderen Rasse zu ersetzen. Dabei werden von der Rasse, die verbessert werden soll, die Muttertiere, und von der Rasse, die die günstigere Eigenschaft besitzt, die Vatertiere gewählt. Von den Nachkommen werden im allgemeinen nur die Muttertiere zur weiteren Zucht benutzt. Diese paart man dann wieder mit eingeführten reingezüchteten männlichen Tieren der besseren Rasse. Das beschriebene Verfahren wird einige Generationen fortgesetzt, bis die so erhaltenen Tiere die beabsichtigten Formen und Eigenschaften besitzen.
Ein typisches Beispiel für die Verdrängungskreuzung bietet die Rinderzucht in Süddeutschland. Ende des 18. und Mitte des 19. Jahrhunderts waren dort verschiedene Landschläge vorhanden. Durch die Einführung von Simmentaler Bullen wurden diese Landschläge im Laufe einiger Jahrzehnte bis auf wenige Ausnahmen grundlegend umgestaltet.
Das dritte Kreuzungsverfahren besteht in der sogenannten **Gebrauchskreuzung.** Die dabei gewonnenen Tiere werden unmittelbar der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt und sind nicht zur Weiterzucht zu verwenden. Durch die Paarung von zwei Rassen, die, jede für sich, wertvolle Eigenschaften besitzen, werden diese in dem Kreuzungsprodukt vereinigt. Die Kreuzungsprodukte werden Hybriden oder auch Bastarde genannt. Der hannoversche Landschweinschlag, das spätreife deutsche Weideschwein, zeichnet sich durch gute Futterverwertung, Widerstandsfähigkeit und hohe Fettleistung aus, bleibt jedoch in der Fleischleistung zurück. Werden Sauen dieser Rasse mit den frühreifen, groß- und fleischwüchsigen Ebern des deutschen Edelschweines gepaart, so sind deren Nachkommen für die Mast besonders gut geeignet. Sie weisen eine gute Speck- und Fleischleistung auf. Für die Weiterzucht kommen diese Tiere jedoch nicht in Frage. Deshalb muß die Gebrauchskreuzung immer wieder neu vorgenommen werden.
Sehr vorteilhaft wirken sich Gebrauchskreuzungen auch bei Hühnern aus. Die Bastarde der meisten leistungsfähigen Rassen übertreffen die Leistungen ihrer Eltern. Bei ihnen liegt die Eierzahl höher, die Schlupffähigkeit und die allgemeine Widerstandsfähigkeit sind besser. Die Bastarde des Rheinländer-Hahnes und der Leghorn-Henne legen durchschnittlich 48 Eier mehr als die reinrassigen Muttertiere.

Die innerverwandtschaftliche Paarung

Die richtige Einschätzung der Tiere und ihrer Beziehungen zur Umwelt ist von ausschlaggebender Bedeutung für das Problem der innerverwandtschaftlichen Paarung. Die Züchtungspraxis zeigt bei objektiver Betrachtung sowohl Erfolge als auch Mißerfolge, die lange nicht geklärt werden konnten. So haben die hervor-

ragenden englischen Züchter Bakewell und die Brüder Collings bei ihrer Rinderzucht große Erfolge durch Inzucht erzielt, während beispielsweise bei den Merinoschafen in Sachsen, den Elektoralschafen, die Tiere infolge Inzucht so geschwächt wurden, daß ganze Herden zugrunde gingen. Die Lehre Mitschurins und Lyssenkos erklärt auch diese scheinbaren Zufälligkeiten. Die Praxis lehrt, daß Inzucht im allgemeinen ebenso zum Erfolg führt wie außerverwandtschaftliche Paarung, wenn die gepaarten Tiere unter möglichst stark unterschiedlichen Lebensbedingungen aufgewachsen sind. Ist dies nicht der Fall, so treten Degenerationserscheinungen auf.
Wir finden also bei diesem Verfahren der Tierzüchtung eine Erscheinung, wie sie jener analog ist, die Mitschurin bei der Kreuzung geographisch weit voneinander entfernter Pflanzen feststellte. Auch die Nachkommen solcher Tiere lassen sich erfolgreich verändern. Sie besitzen infolge der gegenseitigen Einwirkung der elterlichen Elemente eine große Plastizität.

Die Bedeutung der Umwelt

Mit den verschiedenen Methoden der Kreuzung hat die Tierzüchtung bedeutende Erfolge erzielt. Auftretende Mißerfolge sind verständlich, weil der Züchter beim sogenannten „Sammeln bester Erbanlagen" bei Reinzucht und bei Kreuzung vom Zufall abhängig ist. Nach unseren heutigen Erkenntnissen hängt der gewünschte Zuchterfolg von der genauen Erforschung und Beachtung aller in Frage kommenden Umweltfaktoren und deren Einwirkung auf die Zuchtpartner und ihre Nachkommen ab.
Der bedeutende Schweinehochzüchter Temme-Springmeyer aus Erpen, Kreis Iburg, hat bis zu seinem Tode im Jahre 1942 in seiner Zucht keinerlei Zuchtschäden, Schwächen und Degenerationserscheinungen erlitten. Dieser Züchter erkannte den Einfluß der Lebensbedingungen auf die Entwicklung der Tiere und wählte die Eber nach ihrer Vitalität aus. Da er seine Schweine selbst betreute, Haltung, Fütterung, Pflege usw. selbst bestimmte, wurde er ein scharfer Beobachter aller züchterisch wichtigen Eigenarten seiner Tiere. Die genaue Kenntnis der Zuchttiere und deren Lebensbedingungen ermöglichten ihm eine derartig erfolgreiche Züchterleistung.
Die Erfahrungen und Erfolge dieses hervorragenden Schweinezüchters erhalten ihre theoretische Begründung durch die Lehren Mitschurins und Lyssenkos. Die große Bedeutung dieser Lehren für die Tierzucht beweisen die durch ihre bewußte Anwendung erzielten Erfolge der sowjetischen Züchter. Besonders charakteristisch hierfür ist die Entwicklung der nach 1945 neu anerkannten Kostromarasse (s. Lehrb. d. Biologie f. d. 10. Schulj., S. 181 bis 184). Die Ursprungsherde des Sowchos „Karawajewo", in dem diese Rasse gezüchtet wurde, war aus Tieren verschiedener Rassen zusammengesetzt. Unter ihnen befanden sich Bastarde von eingeführten Tieren aus der Schweiz und von einheimischen Rassen. Bei der Zusammenstellung der Herde wurden die Tiere nach ihrer Milchleistung, der Konstitution und dem Gesundheitszustand bewertet. Rasse und Abstammungsnachweis blieben unberücksichtigt. Die Milchleistung der Kühe betrug 1932 nicht mehr als 1940 kg im Jahr, ihr Lebendgewicht durchschnittlich 417 kg. Die erste

Maßnahme des Züchters, des Stalinpreisträgers und Helden der Sozialistischen Arbeit S. J. Steiman, bestand in einer überlegten Verbesserung der Fütterung und Haltung. Die Jungtiere wurden besonderen Bedingungen ausgesetzt, beispielsweise nach der Geburt in kühlen Stallungen aufgezogen. Die Kühe wurden intensiver gemolken und die Euter massiert. Das Ergebnis dieser und einer Reihe weiterer planmäßiger Haltungs- und Züchtungsmaßnahmen war eine neue Rasse, die sich deutlich von allen anderen Rinderrassen unterscheidet und den höchsten bisher erreichten Grad der Wirtschaftlichkeit hat. Die Tiere der Herde des Sowchos „Karawajewo" gaben 1949 durchschnittlich 6031 kg Milch; ihre Leistungen steigen ständig. Das Lebendgewicht einiger Kühe übersteigt 800 kg und erreichte beispielsweise bei der Kuh „Kantowka" fast 1000 kg. Steiman charakterisiert seine Arbeit wie folgt: „Die Züchtungsarbeit ist ein Komplex von Maßnahmen: Gute Fütterung und Aufzucht der Jungtiere, richtige Zuchtwahl und Auslese der Tiere, vorbildliche Haltung der Rinder. Wenn man aus dieser allgemeinen Kette auch nur ein Glied herausläßt, wird man niemals einen vollen Erfolg haben."

Mit ähnlichen Methoden wurden in der Sowjetunion bis 1949 zehn neue Schafrassen gezüchtet. Von diesen wogen die 1934 bestätigten „Feinvlies-Askanier", die das Akademiemitglied Iwanow gezüchtet hat, durchschnittlich 106 kg und lieferten bei einer Schur 17,5 kg Wolle (andere Schafrassen etwa 4 bis 5 kg).

Im Sibirischen wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Tierzüchtung wurde in der Nähe des 60. Breitengrades die Rasse der „Nordsibirischen Schweine" gezüchtet, die den rauhen klimatischen Verhältnissen Sibiriens sehr gut angepaßt ist und einen guten Fettansatz aufweist.

Um derartige Erfolge erzielen zu können, muß der Züchter genau beobachten, wie sich die Tiere gegenüber ihren Lebensbedingungen und den entsprechenden Züchtungsmaßnahmen innerhalb der einzelnen Stadien ihrer Entwicklung verhalten; denn nur in bestimmten Entwicklungsstadien ist der Organismus durch einzelne Umweltfaktoren stärker zu beeinflussen. Steiman sagt hierzu: „Der jugendliche Organismus unterliegt den als Ergebnis des menschlichen Eingreifens entsprechenden Veränderungen leichter. Es ist am zweckmäßigsten, mit einem vorgefaßten Ziel gerade im jugendlichen Alter auf die Ausbildung eines Tieres einzuwirken."

4. Die Tierzüchtung in der Deutschen Demokratischen Republik

Wie für die Pflanzenzüchtung bedeutet die Gründung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften auch für die Tierzüchtung die Voraussetzung für eine wesentliche Verbesserung der Arbeit. In der Deutschen Demokratischen Republik befindet sich das größte Institut für Tierzuchtforschung in Dummerstorf bei Rostock unter der Leitung hervorragender Wissenschaftler. Züchtungen werden mit Groß- und Kleinvieh durchgeführt. Dieses Institut unterhält in Thüringen und im Harz Außenstellen, um auch unter den dort herrschenden Umweltverhältnissen Forschungen durchführen zu können. In der Deutschen Demokratischen Republik dienen außerdem folgende Institute der Tierzüchtung: die

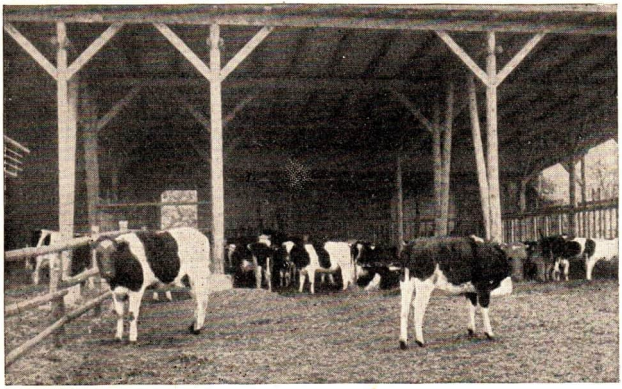


Abb. 86. Jungtiere im Rinderschuppenstall auf dem volkseigenen Gut Neu-Gattersleben, Kreis Bernburg

Universitäts-Institute an den Landwirtschaftlichen und Veterinärmedizinischen Fakultäten und die Institute für Fortpflanzungsphysiologie (geburtshilfliche Institute und Kliniken) bei den Veterinärmedizinischen Fakultäten. Ferner sind noch die verschiedenen Tierzuchtlehr- und Versuchswirtschaften zu nennen. Eine besondere Bedeutung haben die volkseigenen Güter, insbesondere die Tierzuchthauptgüter (Abb. 86). Ihre Aufgabe besteht vor allem in der Erzeugung von hochwertigen Vatertieren, die sie für den weiteren Ausbau der breiten Landestierzucht zur Verfügung stellen.

Unsere Regierung fördert die Entwicklung der Tierzucht und sorgt für den Schutz unserer Tierbestände. Unter ihren Maßnahmen sind zunächst die zu nennen, die dem wirtschaftlichen und gesundheitlichen Schutz dienen. Das sind in erster Linie die Vorschriften für die Bekämpfung der Viehseuchen und die damit in Zusammenhang stehenden vorbeugenden Maßnahmen.

Neben diesen dem Schutze der Tierbestände dienenden Maßnahmen ist weiterhin die Überwachung der Haltung und Aufstellung der männlichen Zuchttiere wichtig. Alle zum Belegen von weiblichen Tieren vorgesehenen Vatertiere müssen gekört werden. Für die Körung der männlichen Tiere werden bestimmte Anforderungen gestellt, und zwar sowohl an das Vatertier selbst als auch an dessen Vorfahren, in bezug auf die Eier- und Milchleistung im besonderen an die Mutter. Außerdem ist gesetzlich vorgeschrieben, daß für eine bestimmte Anzahl weiblicher Tiere ein gekörtes Vatertier zur Verfügung stehen muß. Die Pflicht zur Haltung der Vatertiere obliegt grundsätzlich den Gemeinden, die diese Verpflichtung auch an

Gemeinschaften zur Vatertierhaltung, Bäuerliche Handelsgenossenschaften oder landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften übertragen können.
Von großer Bedeutung für die Tierzucht sind die von der Regierung errichteten Besamungsstationen. In ihnen können mit besonders wertvollen Vatertieren etwa zehnmal soviel Färsen und Kühe besamt werden, als das bei normaler Bedeckung möglich wäre.
Die Verbesserung der Zuchttierbestände erfolgt durch staatliche Förderungsmaßnahmen, die vom Ministerium für Land- und Forstwirtschaft veranlaßt werden. Dem Ministerium unterstehen eine Reihe von Außenstellen, die unmittelbar mit der praktischen Tierzucht die züchterischen Maßnahmen verwirklichen. Ihre wichtigsten Aufgaben sind: Durchführung der Körungen, Herdbuch- oder Zuchtbuchaufnahmen, Beratung der Züchter durch den zootechnischen Beratungsdienst, Durchführung der Leistungsprüfungen und – in Zusammenarbeit mit der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften – deren Auswertung.

Gleichzeitig obliegt diesen Stellen die züchterische Anleitung der technischen Besamung und die Betreuung, Anleitung und Kontrolle der gesamten Vatertierhaltung. Bei den Vereinigungen der gegenseitigen Bauernhilfe (Bäuerliche Handelsgenossenschaften) bestehen Tierzuchtgemeinschaften. Sie haben die Aufgabe, die Viehhalter in allen Fragen der Beschaffung von Zuchttieren, der Aufzucht, Fütterung und Haltung der Tiere zu beraten und gleichzeitig eine enge Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis herzustellen. Regelmäßig abgehaltene Tierschauen, besonders Dorftierschauen zur Beurteilung der Nachzucht, vermitteln den Züchtern nicht nur einen Überblick über den jeweiligen Stand der Zucht, sondern dienen durch die dabei mögliche Kritik auch der Belehrung und Anleitung zur Verbesserung der züchterischen Arbeit.
Auch die landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften haben auf dem Gebiete der Tierzucht große Aufgaben zu erfüllen. Durch die Zusammenlegung der einzelnen Felder und deren gemeinsame Bewirtschaftung, ebenso durch die Anwendung neuer landwirtschaftlicher Maschinen werden die Arbeitsbedingungen der Bauern erleichtert. Sie haben dadurch mehr Zeit für die Pflege ihres Viehs und können ihr Wissen über die Haltung, Fütterung und Pflege der Haustiere vertiefen. Noch größere Erfolge lassen sich erzielen, wenn auf einer höheren Stufe der Produktionsgenossenschaft auch Zucht- und Nutzvieh gemeinsam gehalten wird. Durch Anwendung moderner agrartechnischer Maßnahmen läßt sich die Futterbasis vergrößern und über die bessere Fütterung die Leistung der Tiere erhöhen. In einem Großviehstall kann die Stallarbeit durch Anwendung von Melkmaschinen, Stallbahnen und anderen Einrichtungen wesentlich erleichtert werden. Gleichzeitig ist es möglich, Spezialisten für die Tierzucht heranzubilden, die wissenschaftliche Methoden in einem breiten Rahmen anwenden und damit dem Vieh die bestmögliche Pflege geben.

D. ANHANG

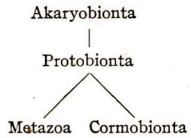
Das natürliche System der Organismen

Wir kennen gegenwärtig rund 1 300 000 lebende Tier- und Pflanzenarten, wobei jede Art durch zahlreiche Individuen vertreten ist. Um uns in dieser Fülle von Arten zurechtzufinden, benutzen wir in der Biologie eine bestimmte Ordnung der Organismen, das *System*. Ein solches System muß nach bestimmten Gesichtspunkten aufgestellt werden, so daß sich abgegrenzte zusammengehörige Gruppen mit bestimmten gemeinsamen Merkmalen ergeben, die von der Art an aufwärts zu immer höheren Kategorien führen (s. S. 48). Das System erlaubt weitgehende Verallgemeinerungen. Mit seiner Hilfe lassen sich neuentdeckte Arten ohne weiteres richtig in die bestehende Ordnung einfügen.

Von den höheren Kategorien können heute die Stämme auf Grund eingehender morphologischer, vergleichend-anatomischer, ontogenetischer und phylogenetischer Untersuchungen als weitgehend abgeschlossene Verwandtschaftsgruppen gelten.

Erwähnt sei, daß in dem folgenden System einige Stämme, die nur durch wenige Arten vertreten sind und keine praktische Bedeutung besitzen, weggelassen wurden. Allerdings stellen oft gerade diese Gruppen sehr interessante Seitenzweige der Entwicklung dar und können dem Wissenschaftler wichtige Aufschlüsse geben.

Da unser System im wesentlichen den wirklichen Beziehungen der Organismen zueinander und ihrer Phylogenese entspricht, also keine willkürliche Ordnung darstellt, bezeichnen wir es als ein natürliches System. Trotzdem sagt es aber noch nichts aus über die Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen Gruppen untereinander. Das hat seinen Grund in der linearen Anordnung. Bei unserer Schreibweise können folgende Beziehungen nicht zum Ausdruck kommen:



Innerhalb des Unterstammes der Wirbeltiere lassen wir auf die Vögel die Säuger folgen. Es könnte der Eindruck entstehen, die Säuger stammen von den Vögeln

ab. Wir wissen aber, daß beide Klassen unabhängig voneinander aus den Reptilien hervorgegangen sind. Wir müßten also eigentlich schreiben:

Reptilia
/ \
Aves Mammalia

In ähnlicher Weise wäre unser gesamtes System in Form eines Stammbaumes darzustellen. Abgesehen davon, daß wir dabei auf technische Schwierigkeiten stießen und den Überblick verlören, wären wir dazu auch gar nicht in der Lage. Es fehlen uns viele Zwischenformen, die ausgestorben und auch als Fossilien nicht erhalten sind, so daß solch ein Stammbaum sehr lückenhaft sein würde. Beim Lesen unseres Systems müssen wir uns also immer vor Augen halten, daß wir es nicht mit einem Stammbaum der Organismen zu tun haben, sondern mit einer Aufzählung von Gruppen, die weitgehend nach ihrer Verwandtschaft, im übrigen aber nach ihrer Organisationshöhe geordnet sind.

Wir sagen, ein Organismus hat dann eine höhere Organisationsstufe, wenn er komplizierter gebaut ist als ein anderer mit ihm verglichener Organismus. Diese Tatsache läßt aber noch keine phylogenetischen Schlußfolgerungen zu. Es ist keineswegs immer so, daß ein einfach und primitiv gebautes Lebewesen stammesgeschichtlich älter ist als ein komplizierter gebautes. Betrachten wir etwa die Rhizopoden und die Mastigophoren! Die Amöben stellen einfache Protoplasmaklümpchen ohne feste Gestalt dar. Die Flagellaten dagegen haben eine feste Zellwand, sind mit Geißeln zur Fortbewegung und anderen hochspezialisierten Organellen ausgerüstet. Trotzdem sehen wir aber die Flagellaten heute als die ursprünglicheren Lebewesen an, die Amöben dagegen als sekundär abgewandelte, vereinfachte Formen. Das hat seinen Grund vor allem in der Lebensweise. Wir kennen unter den Geißeltieren Arten, die sich rein autotroph, also mit Hilfe von Assimilationsfarbstoffen nach Art der Pflanzen ernähren. Auf der anderen Seite gibt es solche, die eine rein heterotrophe, also tierische Lebensweise führen. Ja selbst ein und dieselbe Art kann sich je nach den Bedingungen in der einen oder anderen Weise ernähren. Wir nennen solche Lebewesen mixotroph. Damit ist schon angedeutet, daß die Flagellaten eine zentrale Gruppe unter den heute lebenden Organismen darstellen. Sie sind teils Pflanze und teils Tier, wenn man Pflanze und Tier nur nach ihrer Ernährungsweise definiert. Deshalb wurde diese Gruppe früher auch im botanischen wie im zoologischen System aufgeführt. Heute wissen wir, daß sich eine Umwandlung von autotrophen in heterotrophe Organismen sogar experimentell erzielen läßt. Wir kennen auch in allen autotrophen Gruppen heterotrophe Formen, die sekundär entstanden sind.

Die verwandtschaftliche Stellung vieler Gruppen ist noch völlig unklar. Vor allem ist die Phylogenie der Stämme bei weitem noch nicht geklärt. Die Ansichten der Forscher gehen hier zum Teil weit auseinander. Unser System stellt also keine endgültige Lösung dar; ein endgültiges und abgeschlossenes System gibt es noch nicht. Unter diesem Gesichtspunkt muß auch die nun folgende Übersicht betrachtet werden.

DAS NATÜRLICHE SYSTEM DER ORGANISMEN

I. Akaryobionta (Kernlose)

Einzeller, bisweilen in Verbänden. Zellen stets ohne Kerne und Plastiden. Vermehrung durch Spaltung. Erhaltung und Verbreitung durch Sporen.

Stamm: Schizophyta (Spaltpflanzen)

1. Klasse: Schizomycota (Bakterien, Spaltpilze)

Meist heterotrophe und farblose Saprophyten oder Parasiten, vielfach pathogen. In Wasser, Luft und Erde allgemein verbreitet: *Bakterien, Bazillen, Strahlenpilze, Spirochäten.*

2. Klasse: Cyanophyceae (Blaualgen, Spaltalgen)

Meist autotrophe, blaugrüngefärbte Lebewesen. Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, Carotine, Phykoerythrin und Phykozyan) diffus im Plasma verteilt. Im Wasser und an feuchten Stellen verbreitet, auch Symbionten in Flechten usw.: *Nostoc, Anabaena, Oscillatoria.*

II. Protobionta (Protisten)

Einzeller, Kolonien oder einfache Zellverbände bzw. Geflechte (Lager, Thallus) bildend. Zellen stets mit einem oder mehreren Zellkernen. Falls mit Assimilationsfarbstoffen, dann diese in Plastiden. Vermehrung durch Teilung, durch geschlechtliche oder ungeschlechtliche Sporenbildung.

1. Stamm: Pyrrhophyta (Feueralgen)

Durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, Carotine, Phykozyan und Phykoerythrin) rotgefärbte Algen. Begeißelte Einzeller mit zwei ungleichen Bandgeißeln, selten Kolonien bildend. Vermehrung durch Teilung. Geschlechtliche Fortpflanzung sehr selten. Reserve-Substanz Stärke.
Süße und salzige Gewässer, auch Parasiten in Fischen und anderen Meerestieren.

1. Klasse: Cryptophyceae (Bohnenalgen)

Nackte, bohnenförmige Zellen. Geißeln frei.

2. Klasse: Desmophyceae (Schalenalgen)

Meist zweischalige Zellen. Geißeln frei.

3. Klasse: Dinophyceae (Panzeralgen)

Meist mit mehrschaligem Panzer. Geißeln in Furchen. *Peridineen.*

2. Stamm: Rhodophyta (Rot-Tange, Rotalgen)

Durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, Phykozyan, Phykoerythrin, Carotine) rotgefärbte, mehrzellige, hochorganisierte Lager (Thallus). Generationswechsel: Vermehrung ungeschlechtlich durch unbegeißelte Sporen und geschlechtlich durch Oogamie und unbegeißelte Spermatien. Membranen aus Pektinen (Agar-agar). Reserve-Substanz: Florideen-Stärke.

1. Klasse: Rhodophyceae (Rot-Tange)

Selten im Süßwasser, verbreitet in allen Meeren: *Bangieen, Florideen: Delesseria.*

3. Stamm: Phaeophyta (Braunalgen)

Durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, Carotine, Fucoxanthin) braungefärbte Algen. Einzeller meist begeißelt, Vielzeller vorübergehend begeißelte Zustände entwickelnd. Geißeln stets verschieden lang, eine längere, fiedrig bewimperte und eine kürzere Peitschengeißel.

1. Unterstamm: Chrysophytina (Goldalgen)

Einzeller, selten Kolonien bildend. Vermehrung meist durch Teilung, geschlechtliche Fortpflanzung selten. Zellwand oft zweischalig. In Süß- und Salzwasser verbreitet.

1. Klasse: Chrysophyceae (Goldalgen)

Zellen meist begeißelt. Zweischalige, verkieselte Ruhezellen. Ein bis mehrere braune oder orange Plastiden. Reserve-Substanz Öl und Leukosin.

2. Klasse: Diatomophyceae (Kieselalgen)

Mit zweischaligen Kieselpanzern. Begeißelte Stadien nur als Schwärmzellen. Ein bis zwei oder mehrere gelbliche oder braune Plastiden. Reserve-Substanz Öl.

3. Klasse: Xanthophyceae (Gelbalgen, Heterokonten)

Zellwand oft zweischalig. Bewegliche Stadien begeißelt. Einzelne bis zahlreiche gelbgrüne Plastiden. Reserve-Substanz Öl.

2. Unterstamm: Phaeophytina (Braun-Tange)

Vielzellige, hochorganisierte Lager (Thallus). Generationswechsel: Ungeschlechtliche Vermehrung durch begeißelte Zoosporen, geschlechtliche durch Isogamie bis Oogamie. Wenigstens die männlichen Schwärmer begeißelt.

4. Klasse: Phaeophyceae (Braun-Tange)

In allen Meeren verbreitet: *Fucus, Sargassum, Laminaria.*

4. Stamm: Mycophyta (Pilze)

Farblose, heterotrophe ein- oder mehrzellige Organismen ohne Plastiden. Myzelien (Geflechte) aus Hyphen (schlauchförmigen Zellen). Vielfach Generationswechsel: Ungeschlechtliche Vermehrung durch Sporen, geschlechtliche zum Teil durch begeißelte Schwärmer, zum Teil durch Hyphen. Reserve-Substanz Glykogen und Öl. Saprophyten und Parasiten, verbreitet im Wasser und auf dem Lande.

1. Klasse: Phycomycota (Algenpilze)

Myzelium meist ohne Querwände. Zoosporen meist begeißelt. Im Wasser und auf dem Lande: *Mucor, Pilobolus;* auch pathogen: *Plasmodiophora brassicae* erzeugt Kohlhernie, *Synchytrium endobioticum* erzeugt Kartoffelkrebs.

2. Klasse: Ascomycota (Schlauchpilze)

Myzelium stets mit Querwänden. Sporen in Schläuchen (Asci). Verbreitet über die Erde: *Saccharomyces, Aspergillus, Penicillium, Morchella, Tuber.*

3. Klasse: Basidiomycota (Ständerpilze)

Myzelium stets mit Querwänden. Sporen in Ständern (Basidien). Verbreitet über die Erde: *Amanita, Boletus, Bovista;* auch pathogen: *Puccinia, Ustilago.*

4. Klasse: Lichenomycota (Flechten)

Symbiontische Organismen aus Pilzen und Algen (durch diese autotroph), verschiedengestaltige Lager bildend. Über die Erde verbreitet, vielfach an Felsen: *Lecanora, Cetraria, Cladonia.*

5. Stamm: Euglenophyta (Euglenen)

Fast stets begeißelte, durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, b, Carotine) meist grüngefärbte Einzeller, auch farblos, heterotroph, mit animalischer Ernährung. Ein bis zwei einseitig bewimperte Geißeln. Reserve-Substanz Paramylum, Fett. Geschlechtsvorgänge unbekannt.

1. Klasse: Euglenophyceae (Rotäugelein)

In stehenden Gewässern und Jauchetümpeln: *Euglena.*

6. Stamm: Chlorophyta (Grünalgen)

Ein- und Vielzeller, durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, b, Carotine) grün gefärbt. Begeißelte Schwärmer stets mit zwei oder vier usw. Peitschengeißeln. Reserve-Substanz Stärke.

1. Klasse: Chlorophyceae (Grünalgen)

Ein- oder Vielzeller, auch vielzellige, hochorganisierte Lager und begeißelte Ein- oder Mehrzeller. Häufig Generationswechsel: Ungeschlechtliche Vermehrung durch begeißelte Schwärmsporen, geschlechtliche durch Isogamie oder Oogamie, wenigstens männliche Zellen begeißelt. In Süß- und Salzwasser, an feuchten Stellen auf der Erde verbreitet: *Chlamydomonas, Pandorina, Volvox, Ulothrix, Oedogonium, Vaucheria, Ulva.*

2. Klasse: Conjugatophyceae (Jochalgen)

Ein- und Mehrzeller. Begeißelte Zustände und ungeschlechtliche Vermehrung fehlen. Geschlechtliche Vermehrung durch Konjugation. Einzeller, Kolonien oder fadenförmige Mehrzeller. Süß- und Salzwasser. Zieralgen: *Cosmarium.* Schraubenalgen: *Spirogyra.*

3. Klasse: Charophyceae (Armleuchteralgen)

Vielzeller. Ungeschlechtliche Vermehrung fehlt, geschlechtliche Vermehrung durch Oogamie, männliche Gameten zweigeißlig. In Knoten mit quirligen Ästen und berindeten Internodien hochdifferenzierte Algen. Süß- und Brackwasser: *Chara.*

7. Stamm: Protozoa (Urtierchen)

Die oft ins Tierreich gestellten Protozoen sind farblose, heterotrophe Einzeller mit Vermehrung durch Teilung und geschlechtliche Fortpflanzung, die von gefärbten Protisten abstammen dürften. So sind farblose Formen den Cryptophyceae, Chlorophyceae usw. zugeordnet worden. Selbständige Gruppen, deren Ursprung zum Teil noch unsicher ist, sind:

1. Klasse: Mastigophora (Geißeltierchen)

Einkernige Schwärmer mit zwei oder mehr Peitschengeißeln. Verbreitete Darmparasiten: *Trichomonas.*

2. Klasse: Rhizopoda (Wurzelfüßer)

Amoebozoa (Amöben). Teils nackt *(Amoeba)*, teils beschalt *(Arcella, Difflugia* und die *Foraminifera).*

Heliozoa (Sonnentierchen). Kugelig, mit starren Scheinfüßchen mit Achsenfaden. In Süß- und Salzwasser verbreitet: *Actinophrys.*

Radiolaria (Strahltierchen). Oft vielkernig, kugelig mit fädigen Scheinfüßchen und mit Kieselskeletten. Nur in den Meeren: *Alocoris.*

Myxomycota (Schleimpilze). Amöben zu vielkernigen Plasmodien zusammenfließend, daraus Fruchtkörper mit Sporenbildung, Sporen zu ein- bis zweigeißligen Schwärmern auskeimend. Saprophyten, besonders in Wäldern: *Fuligo, Didymium.*

3. Klasse: Sporozoa (Sporentierchen)

Darm-, Zell- und Blutparasiten der Tiere. Männliche Gameten oft mit zwei Geißeln: *Eimeria, Plasmodium.*

4. Klasse: Ciliata (Infusorien, Wimpertierchen)

Vielgestaltiger Zell-Leib mit zahlreichen Wimpern (Cilien) zur Fortbewegung. Meist mit Zellafter, Zellmund und kontraktilen Vakuolen. Großkern und Kleinkern. Fortpflanzung durch Querteilung oder Knospung, daneben Konjugationen. Im Wasser verbreitet. Einige festsitzend *(Vorticella)*, sonst frei *(Paramaecium)*, einzelne Parasiten (*Balantidium* im Darm des Menschen).

III. Metazoa (Tiere)

Heterotrophe Vielzeller ohne Assimilationsfarbstoffe. Fortpflanzung durch geschlechtlich differenzierte Keimzellen.

I. Abteilung: Parazoa

Einfach organisierte Metazoa ohne echte Gewebe und Organe.

1. Stamm: Porifera (Schwammtiere)

Mit dem Urmundpol festsitzend, meist Stöcke bildend. Außenschicht (Dermallager); Innenschicht (Gastrallager) mit Kragengeißelzellen. In der Außenschicht Zellenlager mit skelettbildenden Zellen (Kalk, Kieselsäure, Horn) und Geschlechtszellen. Keine Muskelzellen, keine Sinnes- und Nervenzellen. Fortpflanzung ungeschlechtlich und geschlechtlich.

1. Klasse: Spongiae (Schwämme)

Kalkschwämme, 3- und 4strahlige Kieselschwämme *(Gießkannenschwamm)*, Netzfaserschwämme *(Badeschwamm, Süßwasserschwamm)*.

II. Abteilung: Eumetazoa

Mit echten Geweben und Organen. Zellen zu Geweben vereinigt. Muskel-, Sinnes- und Nervenzellen vorhanden. Im einfachsten Falle zwei Keimblätter (Ekto- und Entoderm), in der weiteren Entwicklung Ausbildung eines dritten Keimblattes (Mesoderm).

1. Unterabteilung: Coelenterata

Mit den Merkmalen des gleichnamigen Stammes.

2. Stamm: Coelenterata (Hohltiere)

Ekto- und Entoderm, dazwischen Stützlamelle, in die oft Zellen einwandern (Mesenchym). Ein Hohlraum = Urdarmhöhle der Gastrula. Ungeschlechtliche Vermehrung (Knospung) und Stockbildung häufig. Teils festsitzend, teils frei schwimmend. Oft Generationswechsel. Verbreitung: Meer, selten Süßwasser (einige Hydrozoa).

1. Unterstamm: Cnidaria (Nesseltiere)

Nesselkapseln zum Beutefang und zum Schutz. Polypen und Medusen. Radiärsymmetrisch.

1. Klasse: Hydrozoa

Meist Generationswechsel, dann Polypen meist koloniebildend, Medusen klein. Zum Teil nur Polypen *(Süßwasserpolyp)* oder nur Medusen. Siphonophora *(Röhrenquallen)* frei schwimmende Stöcke.

2. Klasse: Scyphozoa

Polypen klein, Stockbildung selten. Medusen meist groß (Durchmesser bis 2 m): *Ohrenqualle.*

3. Klasse: Anthozoa (Korallentiere)

Nur Polypen. Einzeltiere oder Stöcke. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung. Oft durch Kalkgerüste riffbildend (Korallenriffe).

Lederkorallen, Rindenkorallen *(Edelkoralle)*, Seeanemonen, Steinkorallen.

2. Unterstamm: Acnidaria

Statt Nesselzellen Greifzellen (Klebzellen).

4. Klasse: Ctenophora (Rippenquallen)

Frei schwimmend. Zweistrahlig-symmetrisch. Starkes Mesenchym. Acht Reihen von Flimmerplatten (Rippen). Meist zwei Fangfäden. Zwitter. Entwicklung direkt. Verbreitung: Meer. *Melonenqualle, Venusgürtel.*

2. Unterabteilung: Bilateralia

Zweiseitig-symmetrisch gebaute Tiere. Ausbildung eines dritten Keimblattes (Mesoderm).

1. Stammgruppe: Protostomia (Erstmünder)

Zentralnervensystem liegt fast stets auf der Bauchseite. Der Mund stellt den Rest des Urmundes dar.

3. Stamm: Plathelminthes (Plattwürmer)

Meist afterlose, niedere Würmer mit abgeplattetem Körper. Körperhöhle mit Mesenchym ausgefüllt. Überwiegend Zwitter. Verbreitung: Meer und Süßwasser oder Parasiten mit Wirts- und Generationswechsel. Als Darmparasiten anaerob.

1. Klasse: Turbellaria (Strudelwürmer)

Meist frei lebend, mit bewimperter Haut und blindgeschlossenem Darm. Wenige Arten Parasiten. Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land. *Planaria.*

2. Klasse: Trematodes (Saugwürmer)

Parasiten mit Haftorganen, Mund und Darm. Metamorphose, oft mit Generationswechsel und Wirtswechsel. *Leberegel.*

3. Klasse: Cestodes (Bandwürmer)

Entoparasiten mit Haftorganen, Mund und Darm fehlen. Entwicklung meist Metamorphose, seltener Generationswechsel. Zwitter. Darmparasiten. *Fischbandwurm, Rinder-* und *Schweinebandwurm, Blasenwurm.*

4. Klasse: Nemertini (Schnurwürmer)

Meist frei lebend, bewimpert, einfacher Darm mit After. Rüsselapparat. Blutgefäßsystem. Meist getrenntgeschlechtig. Verbreitung: hauptsächlich Meer, wenige Parasiten.

4. Stamm: Nemathelminthes (Rundwürmer)

Körper meist drehrund, lang und fadenförmig. Mit Darm und After. Ohne Blutgefäßsystem. Leibeshöhle vorhanden. Meist getrenntgeschlechtig. Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land, zum Teil Parasiten.

1. Klasse: Rotatoria (Rädertierchen)

Sehr klein, mit Wimperkranz (Räderorgane) und Kauapparat im Vorderdarm; Männchen oft rückgebildet (Zwergmännchen). Parthenogenesis häufig. Verbreitung: meist Süßwasser.

2. Klasse: Nematodes (Fadenwürmer)

Frei lebende Arten klein (Erd- und Fäulnisbewohner), Parasiten meist bis 40 cm lang. Körper mit Kutikula. Speiseröhre als Saugrohr ausgebildet. Darm gerade. Exkretionskanal aus einer einzigen Zelle gebildet. Meist getrenntgeschlechtig. *Spulwurm, Madenwurm, Trichine, Grubenwurm, Filaria bancrofti* (einer der Erreger von Elephantiasis), *Rübennematode, Essigälchen.*

5. Stamm: Articulata (Gliedertiere)

Körper in Segmente gegliedert. Strickleiternervensystem, Blutgefäßsystem.

1. Unterstamm: Annelida (Ringelwürmer)

Gegliederte sekundäre Leibeshöhle (Coelom), Hautmuskelschlauch, Blutgefäßsystem geschlossen. Segmentale Exkretionsorgane: Nephridien. Getrenntgeschlechtig oder zwittrig. Oft Larve: Trochophora. Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land.

1. Klasse: Chaetopoda (Borstenwürmer)

Langgestreckt, deutlich gegliedert. Segmental angeordnete Borsten in der Haut, meist Fühler und Cirren am Kopf.

Polychaeta (Vielborster: *Nereïs*), Oligochaeta (Wenigborster: *Regenwürmer*), Hirudinea (Egel: *Medizinischer Blutegel*).

2. Unterstamm: Onychophora (Urtracheentiere)

Wurmförmige Tiere mit Anneliden- und Arthropodenmerkmalen. Verbreitung: Land; nur Südamerika, Südafrika, Neuseeland. *Peripatus.*

3. Unterstamm: Arthropoda (Gliederfüßer)

Gegliederte Extremitäten. Gehirn mit Sinnes- und Assoziationszentren, anschließend segmental angelegte Bauchganglienkette. Hautskelett aus Chitin. Wand der sekundären Leibeshöhle aufgelöst, daher primäre und sekundäre Leibeshöhle vereinigt. Gefäßsystem offen; fast stets getrenntgeschlechtig. Artenreichste Gruppe der Tiere. Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land.

1. Überklasse: Chelicerata (Spinnentiere)

Körper in Vorder- und Hinterleib gegliedert (Ausnahme Milben). Keine Fühler. Keine kauenden Mundwerkzeuge. Erstes Gliedmaßenpaar bildet Cheliceren. Selten Kiemen, meist Tracheen oder Tracheenlungen. Getrenntgeschlechtig, einige Arten lebendgebärend. Entwicklung direkt. Verbreitung: Land, selten Süßwasser oder Meer.

1. Klasse: Xiphosura (Schwertschwänze)

Körper abgeflacht, breiter Rückenschild. Erstes Gliedmaßenpaar mit Schere. Kiemen. Verbreitung: Meer. *Molukkenkrebs.*

2. Klasse: Arachnida (Spinnentiere)

Von 6 Extremitätenpaaren das erste oder die beiden ersten zu Mundgliedmaßen umgebildet. Meist eierlegend, wenige Arten lebendgebärend (Skorpione). Verbreitung: Land, unter Milben viele Parasiten.

Skorpione, Spinnen, Weberknechte, Milben.

2. Überklasse: Crustacea (Krebstiere)

Zwei Paar Fühler. Meist durch Kiemen atmende Wassertiere. Chitinskelett meist mit Kalkeinlagerung. Entwicklung meist Metamorphose. Gliedmaßen aus Spaltfüßen gebildet. 1 Paar Mandibeln, 2 Paar Maxillen. Meist getrenntgeschlechtig. Larven: Nauplius und Zoea. Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land.

1. Klasse: Entomostraca (Niedere Krebse)

Wasserflöhe, Hüpferlinge, Seepocken.

2. Klasse: Malacostraca (Höhere Krebse)

Bachflohkrebs, Assel, Hummer, Flußkrebs.

3. Überklasse: Tracheata (Tracheentiere)

1 Paar Fühler, 1 Paar Ober-, meist 2 Paar Unterkiefer (zweites Paar meist zur Unterlippe verwachsen). Atmung durch Tracheen. Meist getrenntgeschlechtig.

1. Klasse: Myriapoda (Tausendfüßer)

Fast der gesamte Rumpf trägt Beinpaare.

1. Unterklasse: Chilopoda. An jedem Körperring ein Beinpaar. Erstes Laufbein zu Giftklaue umgewandelt. *Steinläufer.*

2. Unterklasse: Diplopoda. An jedem Körperring zwei Beinpaare. *Julus.*

2. Klasse: Insecta (Kerbtiere)

Mit rund 750000 Arten die artenreichste Tierklasse. Körper deutlich in Kopf, Brust und Hinterleib gegliedert. 3 Beinpaare. Facettenaugen. Tracheensystem. Getrenntgeschlechtig; zum Teil Parthenogenese. Verbreitung überall.

1. Unterklasse: Apterygota (Ur-Insekten). Flügellos, beißende oder stechende Mundwerkzeuge. 3 Beinpaare. Am Hinterleib Gliedmaßenreste. Entwicklung direkt. Verbreitung: feuchte, dunkle Orte. Boden. *Silberfischchen, Springschwänze.*

2. Unterklasse: Pterygota (Geflügelte Insekten). Zahlreiche Ordnungen. Mundwerkzeuge verschieden ausgebildet. Flügel können sekundär rückgebildet sein. Entwicklung teils direkt, teils durch Metamorphose. Verbreitung: allgemein. Eintagsfliegen, Steinfliegen, Libellen, Heuschrecken, Schaben, Tierläuse, Schnabelkerfe, Käfer, Schmetterlinge, Flöhe, Hautflügler, Zweiflügler.

6. Stamm: Mollusca (Weichtiere)

Gedrungen gebaute Tiere ohne Segmente. Körper bildet einen Eingeweidesack, Kopf (fehlt bei Muschel), muskulösen Fuß und Mantel (Hautfalte von der Form eines Umlegekragens, die in der Regel eine Kalkschale abscheidet). Blutgefäßsystem offen. Kiemen oder Lungen. Geschlechtliche Fortpflanzung. Vielfach Metamorphose, eine der Trochophora ähnliche Larve (Veligerlarve). Verbreitung: Meer, Süßwasser, Land.

1. Klasse: Amphineura (Urmollusken)

Teils abgeflacht, teils wurmförmig; Fuß wenig entwickelt. Verbreitung: Meer. *Käferschnecken.*

2. Klasse: Gastropoda (Schnecken)

Kopf mit Fühlern. Eingeweidesack meist spiralig eingerollt. Meist Schalenbildung. Getrenntgeschlechtig oder Zwitter. Verbreitung: Meer, Land, weniger Süßwasser.

1. Unterklasse: Vorderkiemer. Meist unpaare Kiemen vor dem Herzen. Getrenntgeschlechtig. Verbreitung: meist Meer. *Wellhornschnecke, Sumpfdeckelschnecke.*

2. Unterklasse: Hinterkiemer. Kiemen hinter dem Herzen. Schale meist rückgebildet. Zwitter. Verbreitung: Meer. *Flügelschnecken.*

3. **Unterklasse: Lungenschnecken.** Schale meist spiralig, selten rückgebildet. Mantelhöhle als Lunge entwickelt. Zwitter. Verbreitung: Land, Süßwasser. *Schlammschnecken, Wegschnecken, Weinbergschnecke, Bänderschnecken.*

3. **Klasse: Bivalvia, Lamellibranchiata** (Muscheln)

Paarige Mantellappen mit paariger Schale. Mantel verwächst oft bis auf drei Öffnungen: Zwei zum Ein- und Ausströmen des Wassers, eine für das Herausstrecken des Fußes. Blattkiemen. Meist getrenntgeschlechtig, besonders bei Süßwasserformen Brutpflege. Oft Larve vom Trochophora-Typus. Verbreitung: Meer, Süßwasser. *Flußmuschel, Teichmuschel, Miesmuschel, Perlmuschel, Auster.*

4. **Klasse: Cephalopoda** (Kopffüßer, Tintenfische)

Kopf groß. Fuß nahe der Mundöffnung zu Armen mit Saugnäpfen umgebildet, hinten als Trichter gestaltet. Meist mit Tintenbeutel. Zentralnervensystem und Augen hochentwickelt. Schale oft rudimentär (Rückenschulp). Verbreitung: Meer. *Sepia, Octopus, Nautilus.*

7. Stamm: Tentaculata (Kranzfühler)

Festsitzende, zum Teil in Gehäusen lebende Tiere mit vielen Fühlern (Tentakeln) an einem Tentakelträger vor dem Mund. Hautbedeckung oft als zweiklappige Schale entwickelt. Getrenntgeschlechtig und Zwitter. Verbreitung: Meer und Süßwasser. *Bryozoa* (Moostierchen), festsitzend, stockbildend. Entwicklung meist mit Metamorphose. *Brachiopoda* (Armfüßer), festsitzend, Tier in Rücken- und Bauchschale eingeschlossen, die oft mit Muschelschalen verwechselt werden (Muscheln haben aber rechte und linke Schale). Getrenntgeschlechtig, Metamorphose. Heute artenarm, in früheren Erdperioden weit verbreitet.

2. Stammgruppe: Deuterostomia (Zweitmünder)

Der Urmund wird im Verlauf der Ontogenese zum After. Die endgültige Mundöffnung entsteht sekundär am Vorderende des Bauches. Das Zentralnervensystem liegt meist in der Rückenlinie des Tieres.

8. Stamm: Hemichordata, Enteropneusta (Schlundatmer, Eichelwürmer)

Meerestiere, deren Körper in drei Hauptabschnitte gegliedert ist. Die Eichel dient zum Einbohren in den Sand. Vorderdarm mit Kiemenspalten. Getrenntgeschlechtig. Entwicklung mit Metamorphose. Die Larve (Tornaria) ist der Stachelhäuterlarve ähnlich. Verbreitung: Meer. *Eichelwurm.*

9. Stamm: Echinodermata (Stachelhäuter)

Erwachsene Tiere fünfstrahlig, Larven meist bilateral. Skelett aus Kalkplatten, meist mit Stacheln. Wassergefäßsystem (Ringkanal, 5 radiäre Kanäle, die seitlich viele Kanäle zu kleinen Füßchen abgeben). Die Füßchen besorgen die Fortbewegung und sind gleichzeitig Tastorgane. Zufuhr von Seewasser durch siebartige Platte möglich (Madreporenplatte, die durch Steinkanal mit Ringkanal verbunden ist). Meist getrenntgeschlechtig. Verbreitung: Meer.

1. **Klasse: Crinoidea** (Haarsterne)

Gestalt kelchförmig, teilweise mit Stiel festsitzend. *Seelilie.*

2. **Klasse: Asteroidea** (Seesterne)

Arme allmählich in Körperscheibe übergehend. Magen sackartig mit Blindschläuchen, die in die Arme reichen, Hautskelett aus Kalkplatten. Am Ende der Arme Lichtsinnesorgane. Getrenntgeschlechtig.

3. **Klasse: Ophiuroidea** (Schlangensterne)

Arme zum Teil verzweigt, scharf von der Körperscheibe abgesetzt, schlangenartig biegsam. Darm ohne Blindschläuche. Getrenntgeschlechtig.

4. Klasse: Echinoidea (Seeigel)

Kugelig oder scheibenförmig. Ohne Arme. Um den Schlund oft ein Kaugerüst mit Zähnen. Getrenntgeschlechtig.

5. Klasse: Holothurioidea (Seewalzen)

Wurmförmig gestreckt. In der Haut einzelne Kalkkörperchen. Kräftiger Hautmuskelschlauch. Wasserlungen. Zum Teil zwittrig.

10. Stamm: Chordata (Chordatiere)

Zweiseitig symmetrische Tiere mit innerem Achsenskelett, das sich beim Embryo aus der Rückenwand des Urdarmes als Stab (Chorda dorsalis) abschnürt. Zentralnervensystem über der Chorda. Vorderdarm zumindest beim Embryo von Kiemenspalten durchbrochen. Herz ventral.

1. Unterstamm: Tunicata (Manteltiere)

Mantel aus zellulosehaltiger Ausscheidung. Festsitzend oder frei schwimmend. Chorda tritt meist nur während der Entwicklung auf. Meist Zwitter. Verbreitung: Meer.

1. Klasse: Copelata

Kleine frei schwimmende Meerestiere mit Ruderschwanz, der zeitlebens Chorda enthält. Gallertartiges Gehäuse. *Appendicularia.*

2. Klasse: Ascidiacea (Seescheiden)

In der Regel festsitzend, mit Zellulosemantel. Ausströmungs- und Einströmungsöffnung. Kiemendarm. Neben geschlechtlicher Fortpflanzung ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung, dadurch Stockbildung. Metamorphose. *Ciona.*

3. Klasse: Thaliacea (Salpen)

Frei schwimmende walzenförmige Tiere. Entwicklung mit Generationswechsel. Einzeltiere pflanzen sich ungeschlechtlich, Kettenformen geschlechtlich fort. *Salpa.*

2. Unterstamm: Acrania (Schädellose)

Chorda dorsalis zeitlebens erhalten. Ohne Gliedmaßen und Kopf. Vorderdarm als Kiemendarm ausgebildet. Gestalt lanzettförmig. Statt des Herzens muskulöse Anschwellungen an den Kiemenarterien. Geschlechtliche Fortpflanzung, Metamorphose. Verbreitung: Im Meeressand eingegraben. *Lanzett-Tierchen.*

3. Unterstamm: Vertebrata (Wirbeltiere)

Mit innerem gegliedertem Achsenskelett: Wirbelsäule (Ausnahme bei niedersten Formen). Drei Körperabschnitte: Kopf, Rumpf, Schwanz. Vorderabschnitt des Nervensystems bildet Gehirn. Aus vorderem Darmabschnitt entstehen Kiemen beziehungsweise Lungen. Geschlossenes Blutgefäßsystem. Flossen oder 2 Gliedmaßenpaare. Hochentwickelte Sinnesorgane. Getrenntgeschlechtig. Bis zu den niedersten Säugetieren meist eierlegend.

1. Klasse: Cyclostomata, Hemicraniota, Agnatha (Rundmäuler, Halbschädler, Kieferlose)

Ohne Wirbelkörper und paarige Gliedmaßen. Mundöffnung kreisförmig. Nase unpaar. Verbreitung: Meer, Süßwasser. *Neunauge.*

2. Klasse: Pisces (Fische)

Mit Wirbelsäule und Schädel. Meist Kiemen-, seltener Luftatmung. Schwimmblase meist vorhanden. Schuppen. Nase paarig. Seitenorgane. Augen mit fast kugeliger Linse. Verbreitung: Meer, Süßwasser.

1. **Unterklasse: Elasmobranchii** (Knorpelfische). Skelett knorpelig. Keine Schwimmblase. Teilweise lebendgebärend. *Haie, Rochen.*

2. **Unterklasse: Dipnoi** (Lurchfische, Lungenfische). Kiemen- und Lungenatmung. *Ceratodus, Protopterus.*

3. **Unterklasse: Teleostomi** (Knochenfische). In der Regel 4 Paar Kiemen, deren Öffnungen vom Kiemendeckel bedeckt sind. Skelett mehr oder weniger stark verknöchert.

   Flösselhechte, Störe, echte Knochenfische (Teleostei). Zu den Knochenfischen gehören die meisten Fische. Knöcherne Wirbel; knöcherner Schädel. Schwimmblase in der Regel vorhanden. *Heringe, Karpfen, Aale, Welse, Hechte.* Zum Teil abweichender äußerer Bau *(Seenadel, Seepferdchen).*

3. Klasse: Amphibia (Lurche)

Haut weich, drüsig. Wechselwarm. Kopf durch Hals deutlich vom Rumpf abgesetzt. Erwachsene atmen meist mit Lungen, Larven mit Kiemen. Metamorphose. Schwanzlurche *(Salamander, Molche)*; Froschlurche *(Frösche, Laubfrösche, Kröten).* Blindwühlen in den Tropen.

4. Klasse: Reptilia (Kriechtiere)

Wechselwarm. Mit Vögeln und Säugetieren gehören die Reptilien zu den Amnioten (Ausbildung von embryonalen Hüllen); die 1. bis 3. Klasse werden ihnen als Anamnia gegenübergestellt. Teilung der Herzkammern noch nicht vollständig. Körper meist mit Hornschuppen. Atmung ausschließlich durch Lungen. Embryonal noch Kiemenspalten. Entwicklung direkt. Schildkröten, Brückenechsen (Neuseeland), Krokodile, Schuppenkriechtiere (Eidechsen, Chamäleons, Schlangen).

5. Klasse; Aves (Vögel)

Konstante Körpertemperatur. Mit Federn. Vorderextremitäten zu Flügeln umgebildet. Herzkammern vollständig geteilt. Lunge mit Luftsäcken. Schädel mit einem Gelenkhöcker.

Strauße (flugunfähig), Kasuare (flugunfähig), Kiwis (flugunfähig), Hühnervögel, Tauben, Gänsevögel (Schwäne, Gänse, Enten), Schreitvögel (Reiher, Störche), Ruderfüßer (Kormoran, Pelikane), Sturmvögel (Sturmschwalbe), Pinguine, Steißfüßer (Taucher), Möwen, Sumpfvögel (Kiebitz, Schnepfe), Raubvögel (Geier, Adler, Falken), Eulen, Papageien, Kuckucke, Nachtschwalben, Segler, Kolibris, Eisvögel, Wiedehopfe, Spechte, Sperlingsvögel (umfangreiche Ordnung mit Schreivögeln und Singvögeln).

6. Klasse: Mammalia (Säugetiere)

Konstante Körpertemperatur. Behaart. Herzkammern vollständig geteilt. Fast alle lebendgebärend, Milchdrüsen. Schädel mit 2 Gelenkhöckern. Wirbelsäule mit 5 Abschnitten (Hals, Brust, Lenden, Kreuzbein, Schwanz). Zähne sitzen mit Wurzeln in besonderen Höhlen und sind meist stark spezialisiert. Verbreitung: Land, einige Arten Wasser.

1. **Unterklasse: Monotremata** (Kloakentiere). Eierlegend. Bezahnung rückgebildet. *Ameisenigel. Schnabeltier.*

2. **Unterklasse: Didelphia** (Beuteltiere). Lebendgebärend. Junge vollenden ihre Entwicklung in einem Beutel. *Känguruhs* (Australien), *Opossum* (Nordamerika), *Beutelwolf* (Tasmanien).

3. **Unterklasse: Monodelphia** (Plazentatiere). Lebendgebärende Säugetiere mit Plazenta.

   Insektenfresser, Fledermäuse, Zahnarme (Schuppentiere, Faultiere, Ameisenbären, Gürteltiere), Nagetiere, Raubtiere, Wale, Elefanten. Seekühe, Paarzeher, Unpaarzeher, Primaten.

Zur Gruppe der Primaten werden die Halbaffen und Affen zusammengefaßt. Die Ordnung der Affen umfaßt die Unterordnungen der Platyrrhina (Breitnasen, Westaffen) und der Catarrhina (Schmalnasen, Ostaffen). Zur letzten Unterordnung gehören neben den Hundsaffen und Langarmaffen die Menschenaffen. In die Verwandtschaft der letzteren gehört der Mensch.

IV. Cormobionta (Pflanzen)

In Sproß, Blatt und Wurzeln gegliederte, durch Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a, b, Carotine) in Plastiden grüngefärbte Vielzeller aus echten Geweben mit Spaltöffnungen, Leit- und Stützgewebe. Stets mit antithetischem Generationswechsel. Meist Festlandbewohner, doch auch sekundär in Süß- und Salzwasser. Selten ohne grüne Farbstoffe.

1. Stamm: Psilophyta (Nacktsprosser)

Ausgestorbene, einfache Uferpflanzen des Silur und Devon mit beginnender Gliederung in Sproß und Blätter, ohne Wurzeln. Vermehrung durch Sporen.

2. Stamm: Bryophyta (Moose)

Geschlechtspflanze meist in Sproß und Blatt gegliedert, wurzellos, mit Archegonien und Antheridien (Spermatozoiden-Befruchtung). Sporenpflanze von dieser ernährt. Vermehrung durch Sporen.

1. Klasse: Bryopsida (Laubmoose)

Geschlechtspflanze mit Vorkeim radiär. Sporenkapsel mit Haube. Über die Erde verbreitet: *Bryum, Mnium, Polytrichum, Leucobryum.*

2. Klasse: Hepaticopsida (Lebermoose)

Vorkeim stark rückgebildet, Geschlechtspflanze zweiseitig. Sporenkapsel mit Scheide am Grunde. Über die Erde verbreitet: *Marchantia.*

3. Stamm: Pteridophyta (Farnpflanzen)

Sporenpflanze in Sproß, Blatt und Wurzeln gegliedert. Geschlechtspflanze einfach, thallusartig, mit Archegonien und Antheridien. Spermatozoiden-Befruchtung. Vermehrung durch Sporen.

1. Klasse: Lycopsida (Bärlappe)

Stamm dicht mit kleinen Blättern besetzt. Sporangien meist in endständigen Ähren. Über die Erde verbreitet: *Lycopodium, Selaginella.*

2. Klasse: Sphenopsida (Schachtelhalme)

Stamm gegliedert in glatte Internodien und gezähnte wirtelige Blattscheiden. Sporangien in endständigen Ähren. Über die Erde verbreitet: *Equisetum.*

3. Klasse: Pteropsida (Farne)

Stamm meist kurz, mit großen, meist vielteiligen jung eingerollten Blättern (Wedeln). Sporangien meist zahlreich auf der Blattunterseite. Über die Erde verbreitet: *Dryopteris, Polypodium, Osmunda, Blechnum;* selten im Süßwasser: *Salvinia.*

4. Stamm: Spermatophyta (Samenpflanzen)

Gliederung in Geschlechts- und Sporenpflanze verdeckt. Befruchtung in Samenanlagen durch Pollen. Vermehrung durch Samen.

1. Unterstamm: Gymnospermophytina (Nacktsamer)

Samenanlagen freiliegend, nackt. Spermatozoiden- und Pollenschlauch-Befruchtung. Samen mit primärem Endosperm.

1. Klasse: Pteridospermopsida (Samenfarne)

Ausgestorbene farnähnliche Bäume des Devon bis Perm mit Frucht- und Samenbildung.

2. Klasse: Cycadopsida (Cycadeen, Farnpalmen)

Palmenähnliche Rosettenbäume mit gefiederten Blättern. Befruchtung durch bewegliche männliche Spermatozoiden. Nur Tropen: *Cycas*.

3. Klasse: Ginkgopsida (Ginkgobäume)

Bäume mit fächerförmigen Blättern mit gabeliger Nervatur. Befruchtung durch bewegliche männliche Spermatozoiden. Nur Ostasien (bei uns angepflanzt): *Ginkgo*.

4. Klasse: Coniferopsida (Nadelhölzer)

Bäume mit Nadelblättern. Pollenschlauch-Befruchtung durch unbewegliche männliche Zellen. Verbreitet über die Erde: *Pinus, Picea, Abies, Juniperus*.

2. Unterstamm: Angiospermophytina (Bedecktsamer)

Samenanlagen in Fruchtknoten eingeschlossen. Pollenschlauch-Befruchtung. Samen mit sekundärem Endosperm. Verbreitet über die Erde.

5. Klasse: Monocotyledonopsida (Einkeimblättler)

Blätter parallelnervig. Ein Keimblatt. Gefäßbündel zerstreut. Verbreitet über die Erde: *Cyperaceae, Liliaceae*.

6. Klasse: Dicotyledonopsida (Zweikeimblättler)

Blätter fiedernervig. Zwei Keimblätter. Gefäßbündel ringförmig angeordnet. Verbreitet über die Erde: *Fagaceae, Rosaceae, Asteraceae*.

SACH- UND NAMENREGISTER

* verweist auf eine Abbildung

Abbauerscheinungen 126
Abstammung des Menschen 50
Abstammungsgruppen 47
Abstammungslehre 13
Abwandlungen der Extremitäten 28*
Acacia pycnantha 44*
Acetaldehyd 6
Africanthropus 53
Agassiz, L. 84
Akazie, Jugendform 43, 44*
Akklimatisation 99, 103
Algonkium 5, 15
Altmensch 54
Altsteinzeit 55
Ammoniak 6
Ammonit 18*, 20, 22*
Amphibienschädel 27*
Analogie 25
Anatomie, vergleichende 25
Anerkennung von Saatgut 126
Angiospermae 20, 21
Angoraziege 132
Anpassung 10
Anthropogenie 87
Anthropomorphae 51
Antikörper 38
Aorta 31*
Aortenbogen 51*
Arbeit (Menschwerdung) 52
Archaeopteryx 23, 24*, 35, 42, 84
Archaikum 5, 15
Archigonie 12
Aristoteles 11, 57
Armfüßer 16*
Arrhenius, Svante 12
Arterienbogen 31*, 43
Asteroxylon 17*
Asymmetrie 8
Atavismus 37
Atomzerfall 14
aufrechter Gang 53
Auslese 8, 113, 115
Aussterben von Organismengruppen 23
Australien 44
Australopithecus 53
Azoren 45

Bankivahuhn 132
Bartenwal 43
Bastard 49, 79, 149
Baustoffwechsel 10
„Beagle", Expeditionsschiff 75*
Belemnit 20*
Besamungsstation 144
Betriebsstoffwechsel 10
„Beurré-Royal" 100
binäre Nomenklatur 59
Biogenesis 12
biogenetisches Grundgesetz 40, 86, 91
Blastula 39, 87
Blaualgen 15
Blindschleiche, Reste des Beckengürtels 36*, 42
Blütenanatomie, vergleichende 35
Blutgefäßsystem 30, 31*
Blutgruppen 57, 51
Bodenbakterien 97
Bodenbearbeitung 94
Bodenkunde 94
Brachiopoda 16*
Braunalgen 16
Braunkohlenwald 20
Breitnasenaffen 44
Bruno, G. 57
Buffon, G. L. 11, 60, 64
Burdach, K. Fr. 68

Camerarius R. J. 113
Catarrhina 50
Cenogenese 41
„Cerapadus Nr. 1" 119
Ceratites 23*
Chemosynthese 9
Chlorophyll 92
Chorda 28*, 41, 86
Chordatiere 27, 49
Chorologie 86
Chromosomen 110, 124
Cornwall-Eber 139*
Cro-Magnon 56
Cuvier, G. 61, 63, 69
Cyanamide 6

Darwin, Ch. 14, 40, 44, 71*, 83, 87, 89, 93, 114
Darwin, E. 60*
Darwinismus 134
Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 125, 142
Devon 16
Dextrose 8
dichotomische Methode 64
Dickkopfweizen 118*
Donnerkeil 20*
Dornen 26*
Driesch, H. 12
dynamisches Gleichgewicht 10

Edelreis 121
Edelschwein 138*, 140
Ehringsdorf 55
Einzelauslese 113, 115
Eisencarbid 6
eiszeitlicher Neumensch 56
Eiweißkörper 37
Eiweißstoffe 7, 9
Elefantenschädel 22*
Embryonalentwicklung 39, 41, 42, 87
Embryonen 80
Empedokles 12
Engels, F. 81
Entstehung der Arten 47, 78
Entstehung des Lebens 6, 11, 85
Entwicklung des Gehirns 33*
Entwicklungsreihen 21
Entwicklungsstadien 107
Epigenesis 59
erbliche Veränderung 114
Erbse 48
Erdaltertum 15
Erdmittelalter 19
Euglena 55
Extremitäten, Homologie 28

Farnpflanzen 17, 19, 21
Färöer 46
Faustkeil 55
Federn 34*
Fernkreuzung 118
Fische 17
Fledermaus 43
Fließgleichgewicht 10
Flügelreduktion bei Lausfliegen 36*
„Fluidum" (Lamarck) 70
Foraminiferen 19
Fossilien 14, 69
Französische Revolution 61, 65
Fremdbefruchtung 117
Frosch 42
Fruchtfolge 98
Futtergrundlage für Tierzucht 135

Galapagos-Inseln 45, 74
Galen, Cl. 57
Gassner, G. 110
Gastrula 39, 40*, 87
Gebrauchskreuzung 140
Gegenbaur, K. 83
Gehirn 32
Gehörknöchelchen 27*
Gel 7
generative Hybridisation 100, 115, 123
„Generelle Morphologie" Haeckels 84
Gentilgesellschaft 56
Geoffroy, Saint-Hilaire 61, 63, 66
geographische Isolierung 44, 74
geologische Formationen 15
Gesner, K. 57
Gibbon 50
Gimpel 46
Ginkgobaum 47
Glustschenko, I. J. 121
Gorilla 51
Grant, U. S. 72
Graphit 5, 15
Graptolithen 15, 16*
Gray, A. 77
Greil, Dr. 99, 103
Großbauten des Kommunismus 112
Große Sozialistische Oktoberrevolution 98, 106
Grottenolm 36
Grundfink 74
Gruppenauslese 115
Guanako 74
Gymnospermae 17, 21

Haber-Bosch-Verfahren 6
Haeckel, E. 11, 40, 82, 88*, 91
Halbaffen 44, 50
Halbwurfgeschwister 139
Ham, L. van 58
Handwurzel 52
Harvey, W. 58
Haustrind 48, 120*
Haustiere 128
Haustierhaltung der Vorzeit 127
Helena, St. 45
Henslow, Prof. 72
Herdbuch 144
Herschel, W. 72
Herz 30
Heterochronie 41
Höhlenbär 24
Homo heidelbergensis 53
Homologie 25, 26
Homo sapiens 56
Hooker, J. D. 76
Hotu-Höhle 55
Huf 30*
Huftiere 28
Hühnerzucht 133
Hülsenfruchtartige 48
Humboldt, A. v. 72
Humussäure 96
Hund 49
Huxley, T. 83, 85
Hybriden 102, 103, 114, 118, 120, 123
„Hydrogeologie" Lamarcks 67

Insekten 19
Institut für Kulturpflanzenforschung 125*
Institut für Tierzucht 134, 139, 142
Inzucht 140

Jarowisation 108, 110, 123, 138
Jura 20
Jussieu, B. de 64

Kaltblutstute 132*
„kalte Keimung" 111
Kambrium 15
Kamel 130
Kampf ums Dasein 76, 78, 93
Kandil-Kitaika-Apfel 122*
Karakul, Lamm 131*
Karapetjan W. K. 123
Karbon 17
Karmel-Skelett 55
Katastrophen-Theorie 62, 69, 71, 84
Kiemenbögen 86
Kiemenfurchen 43
Kiemenspalten, embryonale 41*
Kjökkenmöddinger 127
Klimawechsel 24
Kloakentiere 44
Koazervat 7
Kölliker, A. 83
Koelreuter, J. G. 114
Körn von Vatertieren 137, 143, 144
Körperdecke der Wirbeltiere 34
Kohlenstoff 5
Kohlenwasserstoff 6
Kok-saghys 114*, 115
Kombinationskreuzung 117, 138
Koniferen 19
Konstanz der Arten 57, 68
Konvergenz 26
Korallen 16*
Kosmozoen 12
Kostromarind 141
Kralle 30*
Krebse, niedere 39*
Kreide 20
Kreuzung von Pflanzen 113, 116
Kreuzung von Tieren 138

künstliche Bestäubung 117
künstliche Zuchtwahl 134, 136
künstliches System Linnés 59
Kurztagspflanzen 108

Lama 74
Lamarck, J. B. 11, 61, 63, 64*, 72, 93
Landschwein 138*, 140
Langtagspflanzen 108
Lävulose 8
Leeuwenhoek, A. van 58
Leitfossilien 14
Lenin, W. I. 90
Leydig, F. 83
Lichtenergie 9
Lichtsinnesorgane 35
Linné, C. von 59, 65
Liskun, Prof. 135
Lunge 32*
Lupine 116*
Lyell, Ch. 71, 72, 77
Lyssenko, T. D. 106*, 123, 141

Macrauchenia 74
Madagaskar 45
Maglemose-Kultur Skandinaviens 127
Malthus, T. R. 75, 78, 81
Mammut 24
Manticoceras 23*
Maral 129
Marx, K. 81, 91
Massenauslese 113, 115
Maultier 49
Megatherium 73
Mendelejew D. I. 95
Mendelismus 89
Mendelsche Vererbungstheorie 118
Menschenfossilien 21, 51
Menschwerdung 50, 81, 87
Mentormethode 101, 122
Merinoschaf 131*
Merkmalsveränderung durch Umwelt 103
Metamorphose der Insekten 58
Milchdrüsen 43
Milchzeichen 137
Mitschurin, I. W. 99*, 118, 120, 121, 123, 134, 141
Mittelohr 27*
Morula 39, 87
Müller, F. 39, 40, 85
Müller, J. 12
Mundwerkzeuge (Insekten) 26*
Mutation 110

Nadelbäume 19
Nagel 30*
„Natursystem" Linnés 59
„Natürliche Schöpfungsgeschichte" Haeckels 86
natürliches System 86
natürliche Zuchtwahl 78, 134
Nauplius-larven 39*
Neandertaler 54
Neodarwinismus 89
Neolithikum 128
Neuzeit 20
Nummuliten 19*

Oberkiefer mit Milchgebiß 51, 52*
Obersilur 16
Ökologie 86
Ontogenese 10, 39, 85, 86, 103, 109
Oparin, A. I. 5, 12
Orang-Utan 51 [131
Ostfriesisches Milchschaf

Paarzeher 48
Paläontologie 14, 62
Paläozoologie 35
Palingenese 41
Panzerlurche 17, 42
Panzerweizen 118*
Pasteur, L. 11, 95
Patagonien 74
Pelikan 43
Perisphinctes 23*
Perm 19
Persianerschaf 131
Pferdehand, Entwicklung 22*
Pferdezucht 132, 138
Pferde, überzähliger Huf 37*
Pflanzendüngung 98
Pflanzengeographie 44
Pflanzenzuchtinstitute 125*
Pflüger, E. 12
Pfropfen 102, 121
Photosynthese 9, 92
Phyletisches Museum 90
Phylogenese 10, 13, 40, 85, 86, 109
phylogenetisches System 47
Pithecanthropus 53, 55
Plattfische 42, 43*
Plattnasen 50
Platyrrhina 50
Pollengemisch 120
Polyp 40*
Polyploidiezüchtung 124
Präformationstheorie 58
Präzipitine 38
Primaten 50
Produktionsgenossenschaften 126, 144
Proteale 38
Psilophyten 15, 17*
Purpurbakterien 9

Ranken* 25*
Redi, F. 58
Reinke 90
Reptilien 19
Rhodeländer-Hahn 133*
Rieselfelder 96
Riesenfaultier 73
Riesenhirsch 24
Rind 48, 137, 140, 141
Rinderschuppenstall 143
Riß-Würm-Interglazialzeit 55
Rousseau, J. J. 64
rudimentäre Organe 35, 80, 86 [36
Rudimente beim Menschen

Saaterbse 48
Saatgutvermehrung 126
Säbelschnäbler 43
Samenpflanzen 48
Samenzellen 52
Sattelschwein 139*
Sauerstoff 6
Säugetiere 20, 48
Saurier 20, 23
Schädelentwicklung beim Menschen 54*
Schädelinhalt 53, 54
Schädel von Steinheim 54*
„Schafbaum" 11*
Schafzucht 130, 131*
Schimpanse 51
Schmalnasen 50
Schmetterlingsblütengewächse 48
schöpferischer Darwinismus 91, 112
Schöpfungsgeschichte, natürliche 86
Schöpfungsmythen des Orients 11
Schuppen (Fische, Reptilien) 34*
Schutzwaldstreifen 98
Schweinehütten 131
Schweinezucht 132, 139
Schwimmblase 32*
Seelilie 19*
Selbstbefruchter 117
Selektion 115, 134
Semon, R. 89
Serologie 37
serologische Verwandtschaft 38
Siebbeinhöhle 52
Silur 15
Sinanthropus 53
Skelett der Hinterbeine 28*
Skelettrückbildungen 36
Solnhofen 84
Sommerformen 111
Sortenamt für Nutzpflanzen 125
sowjetische Pflanzenzucht 91, 121
sowjetische Tierzucht 141
Sprache 53
stadiale Entwicklung 107
Stadienlehre Lyssenkos 123
Stalin, J. W. 106
Stammbaum des Menschen 88*
Stammesgeschichte 13
Steiman, S. J. 142
Steinkohlen 50
Stickstoff 6
Stirnbeinhöhle 52
Stoffwechsel 9
Strahlungsdruck des Lichtes 12
Südamerika 44, 74, 77
Süßlupine 116*
Swammerdam, J. 58*
Syntheseprozeß 8
Synthese von Lebewesen 13
Systematik 47

Taxonomie 47 [144
technische Besamung 136,
Temperaturbedingungen 11, 107
Tertiär 20, 53
Thales aus Milet 12
Thinocorys 73
Thuja 43
Tiergeographie 44
Tierzucht 127 [142
Tierzuchtinstitute 135, 139,
Timirjasew, K. A. 91*, 109
Trampeltier 130
Traubenkirsche 119*
Trawopolnaja-System 97
Trias 19
Trilobiten 15*, 19
Trochophora 39, 40*
Turrilites 23
Typentheorie 62, 63

Übergangsformen 21, 22*, 35, 66
Umgestaltung der Natur 94, 110, 112
Umweltanpassung von Pflanzen 114, 115
Umweltbedingungen 10, 24, 46, 56, 79, 85, 103, 105, 107, 109
Umwelteinfluß (Tierzucht) 134, 136, 141
Umweltveränderung (Pflanzen) 123
Unterlagen für Veredlungen 121
Unveränderlichkeit der Arten 59
Urhorde 55
Urmensch 53
Urozean 6
Urzeit 15
Urzeugung 11
Ussuri-Birne 100

vegetative Annäherung 102, 121
vegetative Hybridisation 101, 120, 123
Veränderung 110
Veredeln 121 [138*
Veredeltes Landschwein
Vererbung 8, 55, 110
vergleichende Anatomie 51, 86
Verlagerung der Augen bei Plattfischen 43*
Vermehrung 8
Vernalisation 111
Versteinerungen 14
Vesalius, A. 57
Viehseuchen 143
Virchow, R. 83, 88
Viren 11
Vögel 20
Volvox 41
Vordergliedmaßen von Wirbeltieren 29*
Vries, H. de 89

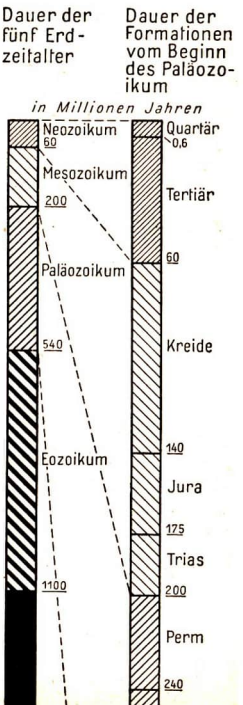
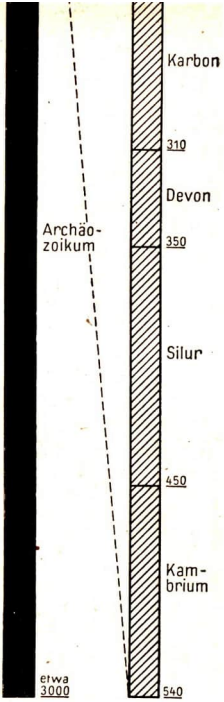
Wachstum 8, 108
Wal 36
Waldkauz, embryonale Schwanzanlage 42*
Waldstreifen, feldschützende 98
Waldtrespe 46
Wallace, A. R. 77
Warmblutzucht 132*
Wasserhaushalt 97
Weismann 89
weiße Leghorn 133*
Werkzeug 55
Wildformen 117
Wiljams, W. R. 94
Winterbutterbirne, Mitschurins 100,101*, 120
Winterformen 111
Wirbelsäule 27
Wolff, C. F. 59

Xenarthra 44

Zähne 34
Zelldifferenzierung 21
zentrale Stelle für Tierzucht 144
Ziegenzucht 131
„Zoologische Philosophie" Lamarcks 68*, 69
Züchtung von Pflanzen 113
Züchtung von Tieren 127
Zuchtwahl bei Tieren 136
Zweikeimblättrige 48
Zwischenkiefer 51
Zwischenveredlung 123
Zuchtziele bei Haustieren 130

Gliederung der erdgeschichtlichen Vorgänge im Gebiet Deutschlands

Zeitalter (Ära)	Formation (Periode)	Abteilung (Epoche)	Wichtige biologische Daten, absolute Zeitrechnung	Erdgeschichtliche Vorgänge	Charakteristische Ablagerungen	Wichtige Bodenschätze und Lagerstätten
Känozoikum oder Erdneuzeit	Quartär	Holozän oder Alluvium	Entwicklung des Menschen vom Mesolithikum bis zur Gegenwart. Beginn vor etwa 10000 Jahren	Herausbildung der heutigen Oberflächenformen und Küsten, letzter Vulkanismus in der Eifel vor etwa 8 000 Jahren	Auenlehm, Talsand, Wattenschlick, Moortorf, Kies	Torf, Raseneisenerz
		Pleistozän oder Diluvium	Auftreten des Menschen. Beginn vor etwa 600000 Jahren	Mehrere Kalt- und Wärmezeiten, starke Schwankungen des Meeresspiegels	Moränen, Geschiebemergel, Löß	Lehme und Sande
	Tertiär	Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paläozän	Entwicklung der höheren Säugetiere, große subtropische Wälder, reich an Sumpfzypressen und Magnolien, Palmen. Beginn vor etwa 60 Millionen Jahren	Abschluß der alpidischen Gebirgsbildung, Herausbildung und starke Zerstückelung der deutschen Mittelgebirge, an Bruchlinien starker Vulkanismus (Trachyt, Phonolith, Basalt)	Sande und Tone wechsellagernd mit Braunkohle	Braunkohlen, Kaolin, Keramische Tone, Glas- und Formsande, Bernstein
Mesozoikum oder Erdmittelzeit	Kreide	Obere Kreide	Aussterben der Saurier; Ammoniten und Belemniten; Korallen, Muscheln. Palmenwälder, Nadelhölzer, die ersten Laubbäume	Beginn der alpidischen Gebirgsbildung	Quadersandstein des Elbsandsteingebirges. Schreibkreide auf Rügen	Brauneisenerz von Peine und Ilsede
		Untere Kreide	Beginn vor etwa 140 Millionen Jahren	Faltungen im Harzvorland (Ausklang der saxonischen Gebirgsbildung)		Brauneisenerz von Amberg, Brauneisenerz von Salzgitter, Erdöl NW-Deutschlands, Steinkohle im Deistergebiet (bei Hannover)
	Jura	Oberer Jura	Erste Vögel und Knochenfische; Blütezeit der Saurier	Saxonische Faltung im Weserbergland	Weiße Kalksteine (Weißer Jura) Schwäbische u. Fränk. Alb	Lithographenkalkstein von Solnhofen
		Mittlerer Jura			Braune, an Eisenerzen reiche Sandsteine (Brauner Jura)	Brauneisenerze Süddeutschlands, Erdöl NW-Deutschlands
		Unterer Jura	Beginn vor etwa 175 Millionen Jahren		Dunkle Tone (Schwarzer Jura)	
	Trias	Keuper	Erste primitive Säugetiere		Bunte Tone mit Salz und Gipslagern	
		Muschelkalk	Nadelhölzer, Farnbäume		Helle Kalke	Steinsalz von Heilbronn
		Buntsandstein	Beginn vor etwa 200 Millionen Jahren		Bunte, meist rote Sandsteine	Bleierze von Mechernich (Eifel)



Paläozoikum oder Erdaltzeit	Perm	Zechstein	Farn- und Bärlappbäume, Panzerlurche, erstes Auftreten der Reptilien Beginn vor etwa 240 Millionen Jahren	Eindampfen des deutschen Zechsteinmeeres	Salzlager mit Gipsen, Kalken und Dolomiten	Hauptmasse der deutschen Stein- und Kalisalzlager, Kupferschiefer von Mansfeld
		Rotliegendes		Ausklingen der varistischen Gebirgsbildung, starker Vulkanismus (Porphyrdecken bei Halle und Leipzig, im Thüringer Wald)	Rote und graue Sandsteine, Konglomerate, Letten	Kleinere Steinkohlelager (Freital bei Dresden), Spateisenstein von Kamsdorf (bei Saalfeld in Thüringen)
	Karbon	Oberes Karbon	Erstes Auftreten von Landtieren (Amphibien und Insekten)	Varistische Gebirgsbildung. Eindringen mächtiger magmatischer Massen in die Erdkruste (Granit, Syenit, z. T. Erzbildung)	Steinkohlelager (produktives Karbon); dem Rotliegenden ähnliche Gesteine (Kyffhäuser)	Steinkohlelager von Aachen, Ruhrgebiet, Saargebiet, Zwickau-Oelsnitz
		Unteres Karbon	Baumfarne, Schachtelhalm- und Bärlappbäume Beginn vor etwa 310 Millionen Jahren		Stark gefaltete Schiefer	Ein erheblicher Teil der Erzvorkommen (Gänge) in den deutschen Mittelgebirgen (Erzgebirge, Harz u.a.)
	Devon	Oberes Devon	Fische, Hauptzeit der Trilobiten (Dreilapper)	Starker untermeerischer Vulkanismus (Diabas); Ausklingen der kaledonischen Gebirgsbildung	Zu Schiefer und Quarziten umgewandelte Sandsteine, Diabastuffe	Roteisenerzlager des Lahn-Dill-Gebietes und des Oberharzes, Spateisensteingänge des Siegerlandes, Schwefel-Eisenkieslager von Meggen (Westfalen) und vom Rammelsberg bei Goslar
		Mittleres Devon	Die ersten Landpflanzen			
		Unteres Devon	Beginn vor etwa 350 Millionen Jahren			
	Silur	Oberes Silur (Gotlandium)	Erste Panzerfische, Riesenkrebse, Trilobiten (Dreilapper)	Kaledonische Gebirgsbildung (Nordengland und Skandinavien)	Schiefer, Quarzite, Kalk, Sandsteine, Tonschiefer	Kieseleisenerze von Schmiedefeld (Kreis Saalfeld, Thüringer Wald), Dachschiefer, Griffelschiefer
		Unteres Silur (Ordovicium)	Beginn vor etwa 450 Millionen Jahren			
	Kambrium	Oberes Kambrium	Trilobiten (Dreilapper), Muscheln, Korallen		Dunkle Tone, meist zu kristallinen Schiefern umgewandelt	
		Mittleres Kambrium				
		Unteres Kambrium	Beginn vor etwa 540 Millionen Jahren			
Eozoikum oder Erdfrühzeit			Spuren von Muscheln, Schnecken und Krebsen. Beginn vor etwa 1100 Millionen Jahren		Konglomerate, kristalline Schiefer und Quarzite	
Archäozoikum oder Erdurzeit			Beginn vor etwa 3000 Millionen Jahren		Granite, Gneise