

Paläozoologie zwischen gestern und heute*

Von

EMIL KUHN-SCHNYDER

«Nicht wie die Welt ist, ist das Mystische, sondern, dass sie ist.»

L. WITTGENSTEIN

In der Wissenschaft ist es lehrreich, sich von Zeit zu Zeit über das Erreichte Rechenschaft zu geben. Mein Rücktritt vom Lehramt scheint mir als Zeitpunkt geeignet, einen Blick auf den Weg der Paläozoologie während der vergangenen fünfzig Jahre zu werfen. Im Herbst 1923 bezog ich das Eidgenössische Polytechnikum und die Universität Zürich, um Naturwissenschaften zu studieren. Rückblickend gesehen, war es eine Zeit beneidenswerten Glückes. Der persönliche Kontakt mit ausgezeichneten Lehrern vermittelte uns viele bleibende Eindrücke^{1**}. Im Schatten der Nachkriegsjahre hatte man ferner noch das Gefühl, mit dem Abschluss des Ersten Weltkrieges sei der letzte Krieg auf Erden zu Ende gegangen.

Aufgabe meiner Betrachtung kann es selbstverständlich nicht sein, zu zeigen, wie seither die Anhäufung von Einzelkenntnissen zugenommen hat. Dieser Zuwachs ist so ausserordentlich gross, dass mir nicht eine Stunde, sondern Tage und Wochen zur Verfügung stehen müssten, um ihn gebührend würdigen zu können. Ich verfolge vielmehr das Ziel, einige wichtige Kapitel herauszugreifen, die im Brennpunkt paläontologischen Forschens zwischen gestern und heute standen. Wenn ich dabei die Wirbeltierpaläontologie bevorzuge, möge dies damit entschuldigt werden, weil ich ihr ganz besonders verbunden bin. – Einleitend sei der Stand der Paläozoologie zu Beginn unseres Jahrhunderts charakterisiert. Anschliessend wird kurz auf die absolute Zeitrechnung hingewiesen.

1. Die Situation der Paläozoologie zu Beginn des 20. Jahrhunderts

Wie stand es um die Paläozoologie vor fünfzig Jahren? Die Arbeit der Paläontologen war ganz vom DARWINSchen Evolutionsgedanken geprägt. Schon ein Jahrzehnt nach 1859, dem Erscheinen seines Werkes: «Die Entstehung der Arten durch natür-

* Erweiterte Abschiedsvorlesung vom 17. Februar 1976.

** Anmerkungen s. Seite 188.

liche Zuchtwahl», hatte DARWIN seinen Siegeszug auch im Bereich der Paläontologie vollendet. Die Versteinerungen waren damit mehr geworden, als nur tote Denkmünzen zur Bestimmung des relativen geologischen Alters von Schichten. Sie sind Glieder eines gewaltigen Entwicklungsgeschehen, das von nieder zu höher organisierten Formen führt.

Der mächtige Impuls, den die Paläontologie von DARWIN'S Ideen empfing, stellte ihr eine Reihe neuer Aufgaben. Es galt nachzuweisen, dass im Laufe der Erdgeschichte tatsächlich eine Entwicklung von nieder zu höher organisierten Lebewesen stattfand. Gab es ferner jene Zwischenformen, welche die Klassen eines Stammes miteinander verbinden, wie sie DARWIN forderte? Wo liegen die Grenzen der Evolution? Erstreckt sie sich auch auf den anorganischen Bereich und führt sie von den Tieren zum Menschen? Als Teilgebiet der Biologie hat sich die Paläontologie ferner mit allen biologischen Fragestellungen zu beschäftigen, deren Beantwortung die Fossilien gestatten.

Bereits in der Mitte der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hatte die rastlose Tätigkeit der Paläontologen einen kaum überschaubaren, vielsprachigen Wissensstoff angesammelt. Da übernahm es KARL ALFRED ZITTEL² in München, einen erschöpfenden Querschnitt durch den damaligen Kenntnisstand der Paläontologie einheitlich und gleichwertig auszuarbeiten. Sein «Handbuch der Paläontologie», von dem er selbst die vier Bände Paläozoologie (1876–1893) bearbeitete, ist eine Tat ersten Ranges. Sie sicherte die Grundlagen und die Voraussetzungen für einen fruchtbaren Fortschritt der Paläontologie. Ebenso hoch wie als Forscher, war das Ansehen ZITTELS als Lehrer. Schüler aus allen Herren Ländern sassen zu seinen Füßen. Und was ihnen ZITTEL begeistert vortrug, nahmen sie in ihre Heimat mit. Überall, wo zu Beginn unseres Jahrhunderts Paläontologie gelehrt wurde, war es ZITTELS Lehre. Aus dem grossen Handbuch ZITTELS ging sodann das kürzer gefasste Lehrbuch in zwei Bänden: «Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie)», hervor. Neu bearbeitet von F. BROILI und M. SCHLOSSER erschien es zuletzt 1923/24 in 6. beziehungsweise 4. Auflage. ZITTELS Grundzüge waren damals auch meine Bibel.

Neben der zurückhaltenden phyletischen Betrachtungsweise ZITTELS wuchs ferner eine betont biologische Richtung der Paläontologie heran. Ausgehend von den meisterhaften Untersuchungen WOLDEMAR KOWALEWSKYS³ über fossile Huftiere (1873 bis 1877), suchte sie Zusammenhänge zwischen Form und Funktion zu erforschen. Jeder Knochen, jedes Gelenk, jeder Zahn wird auf seine Leistung untersucht. So wird das Skelett wieder zum lebenden Tier. Vor allem LOUIS DOLLO⁴ in Brüssel und OTHENIO ABEL⁵ in Wien gingen KOWALEWSKYS Weg weiter. Es galt die Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt, die Umformungen durch Anpassung an die Nahrung und an die Umgebung zu verstehen. Dazu wurden die Probleme der Ursachen des Aufblühens und der Ausbreitung sowie des Niederganges und des Aussterbens von Faunen und Floren diskutiert. Im deutschen Sprachraum waren es vor allem ABELS: «Grundzüge der Paläobiologie der Wirbeltiere» (1912) sowie seine: «Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit» (1. Aufl. 1922), die das Feuer für die Paläontologie schürten.

2. Die absolute Chronologie der Erdgeschichte

Einleitend müssen wir auf eines der bedeutendsten Geschenke hinweisen, die wir der Physik verdanken. Ich meine die Einführung eines absoluten Zeitmassstabes in der Erdgeschichte. Wie alt sind die Fossilien? Auf diese vielfach gestellte Frage antworteten ZITTELS Grundzüge 1924, dass sich ihr Alter nur relativ feststellen lasse. Zur Bildung des gewaltigen Schichtkomplexes der Erdrinde sei eine unermesslich lange Zeit erforderlich gewesen, die sich nicht genau berechnen lasse. Die grosse Wende stand damals bereits vor der Tür. Sie folgte auf die Entdeckung der radioaktiven Elemente. Zu Beginn unseres Jahrhunderts fanden unabhängig voneinander E. RUTHERFORD (1905) in England und B. B. BOLTWOOD (1907) in Amerika, dass man den Zerfall radioaktiver Elemente zur erdgeschichtlichen Zeitmessung verwenden könne. Da ihre Zerfallsgeschwindigkeit von äusseren Bedingungen unabhängig ist, können sie absolute Daten liefern⁶. Den ersten Ergebnissen dieser geologischen Uhren begegneten anfänglich viele mit grösster Reserve. «Das Ansehen der Geologie leidet, wenn man mit solchen, ihrem Wesen durchaus fremden Methoden, Fragen zu beantworten versucht, die im Rahmen einer wissenschaftlich exakten Geo-

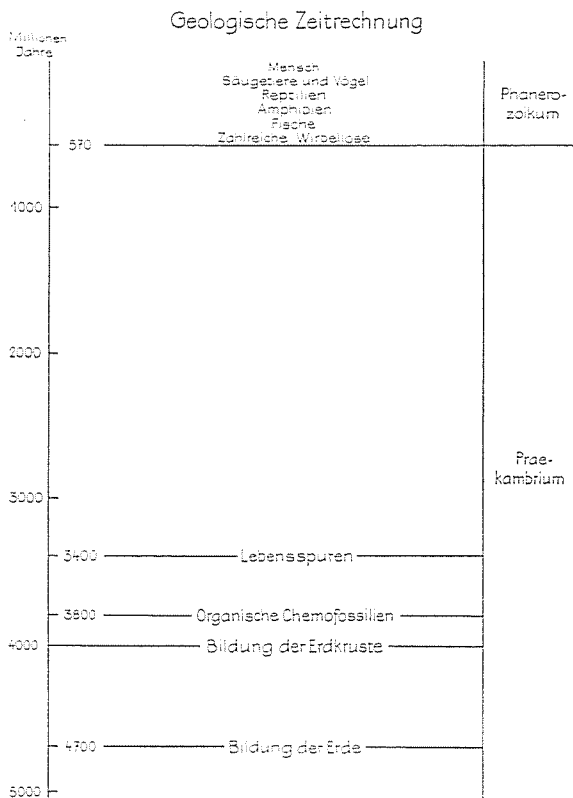


Abb. 1. Absolute Zeitrechnung der Erdgeschichte.

logie keinen Platz haben», wetterte 1927 JOHANNES WALTHER, Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Halle/Saale.

Dank zunehmend verbesserter Methoden werden die absoluten Werte immer zuverlässiger. Aus der Liste der gegenwärtigen Bestimmungen geht hervor, dass das Alter der Erde auf etwa 4700 Millionen Jahre geschätzt werden kann. Die ältesten bekannten Gesteine der Erdkruste sind über 3800 Millionen Jahre alt. Der Beginn des Kambriums liegt vor etwa 570 Millionen Jahren. Das Phanerozoikum, das heisst die Ären des Erdaltertums, des Erdmittelalters und der Erdneuzeit, mit seinen 570 Millionen Jahren, umfasst also weniger als ein Fünftel der Zeitspanne, die seit der Bildung der Erdkruste bis heute verflossen ist. Die Zeitdauer der Erdgeschichte ist ein Vielfaches länger, als noch zu Beginn unseres Jahrhunderts angenommen wurde. Umgekehrt schrumpft die Geschichte der Menschheit zu einem unerwartet kurzen Zeitabschnitt zusammen (Abb. 1).

Die Bedeutung absoluter Altersdatierungen für die Geologie kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Die stratigraphische Eingliederung der Eruptivgesteine und der präkambrischen Sedimente glich lange der Arbeit der Penelope, die nachts auftrennte, was sie am Tag gewoben hatte. Heute ist eine gesicherte Einstufung in vollem Gang. Auch der Paläontologie hat die Physik eine goldene Brücke geschlagen. Die Dimensionen des Lebensstromes sind abgesteckt. Jedes Lebewesen, jeder von uns, hat in ihm seine bestimmten Koordinaten. Deshalb können Schlüsse über die Geschwindigkeit stammesgeschichtlicher Wandlungen gezogen werden.

3. Fortschritte der Paläozoologie

a) Voraussetzungen

Vor dem Ersten Weltkrieg waren weite Gebiete der Erde paläontologisch noch unerschlossen. Im Verlauf der folgenden Jahrzehnte erlebte man ein rasches, geradezu explosives Aufblühen. Diese erstaunliche Entwicklung hing mit dem reichen Material zusammen, das in Asien, Südamerika, Afrika, der Arktis und Antarktis geborgen wurde. Das Untersuchungsmaterial ist immer das Entscheidende in der Paläontologie. Gleichzeitig wurden die Untersuchungsmethoden verfeinert und verbessert. Neue Verfahren der Präparation (Säuren, Sandstrahlen), die Anwendung von Röntgenaufnahmen, die Anfertigung von Serienschliffen sowie der Einsatz des Rasterelektronenmikroskopes trugen wesentlich zur Vermehrung und Vertiefung der Detailkenntnisse fossiler Tiere bei.

Die Paläontologie erschöpft sich nicht nur in der Bestimmung der Fossilien und deren Einreihung in das natürliche System. Kennt man viele Teile des Skelettes, so versucht man das Tier zu rekonstruieren. Um es ins Leben zurückzurufen, muss man sich Gedanken über seine Weichteile, vor allem über die Muskulatur machen. Jede Rekonstruktion wirft zahlreiche Probleme auf und enthüllt schonungslos vorhandene Wissenslücken. Weil mit jeder Struktur ein oder mehrere Funktionen verbunden sind, lassen sich Einsichten in die Leistungen von Organen und deren Funktionswechsel im Laufe der Evolution erreichen. Diese physiologische Seite der Stammesgeschichte gewinnt zunehmend an Interesse und Bedeutung.

Unter welchen Bedingungen haben die Tiere gelebt? Um ihre Lebensweise zu entschlüsseln, ist es notwendig die Begleitfauna und -flora in die Untersuchung einzubeziehen. Diese Forderung kann man am besten durch systematische Grabungen erfüllen⁷. Dabei muss sowohl dem gesamten Fossilinhalt der Lagerstätte, als auch den Sedimenten volle Aufmerksamkeit geschenkt werden. Weil die Gegenwart die Deutung der Vergangenheit erhellt, muss der Paläontologe Aktualismus betreiben. Das Ergebnis der Untersuchung rezenter Vorgänge kann den Schlüssel für die Erklärung von Ereignissen der geologischen Vergangenheit liefern. Einer der ersten, der diese Methode zielbewusst anwandte, war RUDOLF RICHTER (1928, 1929). Er bezeichnete sie als «Aktuopaläontologie». W. SCHAEFER (Frankfurt a. M.) hat solche Untersuchungen entscheidend gefördert⁸. Es ist zu hoffen, dass die bei systematischen Grabungen gewonnenen Erfahrungen, verbunden mit den Erkenntnissen der Aktuopaläontologie, in Zukunft dazu führen werden, aussichtsreiche Fossilagerstätten planmässig zu ermitteln.

Wichtige Anregungen verdankt die Paläontologie auch der Genetik. Um 1900 begannen Genetiker mit Untersuchungen wie Variationen zustandekommen und vererbt werden. Sie arbeiteten vorerst für sich, ohne sich um die Ergebnisse der Paläontologie, der vergleichenden Anatomie und der Systematik zu kümmern. Die Paläontologen ihrerseits lehnten die Ansichten der Genetiker meist ab oder beachteten sie nicht. Erst 1936 versuchte O. H. SCHINDEWOLF⁹ genetische Gesichtspunkte mit paläontologischen Ergebnissen in Übereinstimmung zu bringen. Ein fruchtbarer Einfluss der Genetik kam jedoch erst zustande, als die Populationsgenetik entwickelt wurde. Grosse Verdienste genetische Gesichtspunkte zur Deutung der Fossilgeschichte verwertet zu haben, hat sich G. G. SIMPSON¹⁰ erworben. An einem Beispiel über den Gang der Evolution sei diese Forschungsrichtung erläutert.

b) Der Gang der Evolution

Für stammesgeschichtliche Schlüsse höherer Ordnung genügt unter Umständen die Kenntnis eines einzigen gut erhaltenen fossilen Individuums. Anders sind die Verhältnisse, wenn man den Gang der Evolution studieren möchte. Er spielt sich nicht an Einzelindividuen, sondern an Populationen ab. Eine Population besteht aus Individuen einer Art, die auf einem bestimmten Gebiet gleichzeitig leben und zusammen eine Fortpflanzungsgemeinschaft bilden. Während der Zoologie die Variabilität einer Art mit ihren Populationen in horizontaler Perspektive untersuchen kann, hat der Paläontologe die Möglichkeit, die Änderungen von Populationen in vertikaler, das heisst zeitlicher Sicht zu studieren. Man benötigt dazu grosse Individuenreihen, die man durch zielbewusstes Sammeln gewinnen kann. Allerdings sind grosse Populationen von Makrofossilien, die sich zeitlich folgen, selten zu bergen. Günstiger liegen die Verhältnisse bei Mikrofossilien. Pionierarbeit auf diesem Gebiet hat F. BETTENSTAEDT geleistet, der wertvolle Ergebnisse an Foraminiferen erzielen konnte.

Von Wirbeltieren können Zähne von Mikrosäugern oft in grosser Zahl durch Schlämmen und andere Aufbereitungsmethoden gewonnen werden. Als Beispiel einer ausgezeichneten Studie über Populationsverschiebungen bei tertiären Nagern möchte

ich diejenige von V. FAHLBUSCH (1970) in München anführen. Er stützte sich dabei auf 6600 Einzelobjekte mit über 7000 verwertbaren Einzelzähnen von Eomyiden. Diese Familie ausgestorbener Nager gehört in die Verwandtschaft der nordamerikanischen Taschenmäuse (Geomyoidea). Das Material stammt aus drei oligozänen und vier miozänen Spaltenfüllungen im süddeutschen Jura. FAHLBUSCH konnte relativ gesicherte Aussagen über die phylogenetischen und stratigraphischen Beziehungen der untersuchten Formen machen (Abb. 2). – Um die Entdeckung, Bergung und Auswertung fossiler Säugetierreste aus zahlreichen tertiären Spaltenfüllungen des

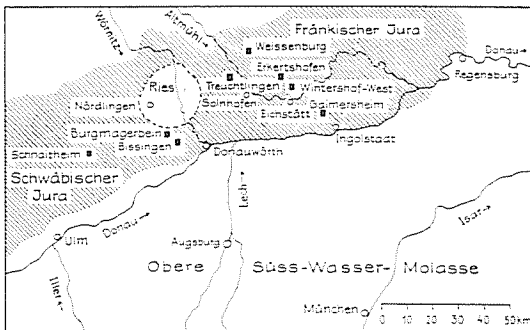
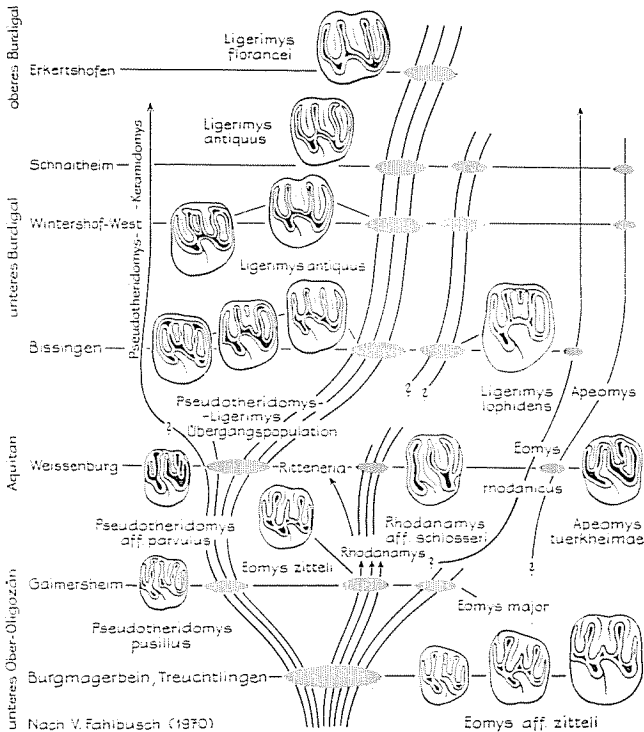


Abb. 2 (Legende siehe nebenstehende Seite).

Juras haben sich RICHARD DEHM und seine Schüler in München grosse Verdienste erworben.

c) Stammesgeschichte der niederen Wirbeltiere

Auf keinem Gebiete der Stammesgeschichte der Wirbeltiere sind die Fortschritte in den letzten Jahrzehnten so bedeutend wie auf demjenigen der niederen Wirbeltiere. Nachdem sich der Abstammungsgedanke durchgesetzt hatte, stand die Evolution der Säugetiere über die Stufen Amphibien-Reptilien zu Beginn unseres Jahrhunderts nicht mehr zur Diskussion. Auch die Auffassung über die Stammesgeschichte der Fische galt damals als eines der sichersten Kapitel der Phylogenie (Abb. 3). Den Anstoss zur Renaissance der Systematik auf dem Gebiet der Niederen Wirbeltiere gab 1927 die Monographie von ERIK A:SON STENSIÖ (Stockholm) über die Cephalaspiden aus dem Devon Spitzbergens. Die Cephalaspiden sind eine Gruppe merkwürdiger Fossilien aus dem Silur und Devon, deren Wirbeltiernatur lange nicht erkannt wurde. In den Stammbaum der Fische passten sie nicht recht

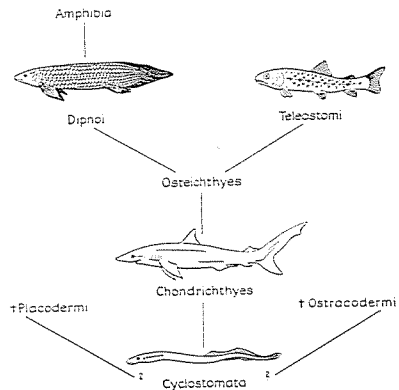


Abb. 3. Stammbaum der niederen Wirbeltiere nach der Ansicht zu Beginn unseres Jahrhunderts.

Abb. 2. Phylogenese einiger oligozäner und miozäner Eomyiden Europas. Nach V. FAHLBUSCH (1970, Populationsverschiebungen bei tertiären Nagetieren, eine Studie an oligozänen und miozänen Eomyidae Europas. Bayer. Akad. Wiss. Math.-natw. Kl. Abh. N.F. 145, München). Im unteren Ober-Oligozän vollzieht sich eine Aufspaltung in drei Arten, von denen eine zu einer neuen Gattung führt (*Rhodanomys*). Im Ober-Aquitain/Unter-Burdigal erfolgt eine kontinuierliche Umwandlung von einer Gattung zur anderen, welche in ihren Typusarten deutlich verschieden sind. Im Burdigal ist für die Gattung *Ligerimys* eine interspezifische, im unteren Burdigal ein intraspezifischer Evolutionsprozess zu verfolgen. V. FAHLBUSCH versuchte ferner gewisse Aussagen über die absolute Dauer der intergenerischen Veränderungen zu machen. Diese scheinen auf relativ kurze Zeiträume beschränkt zu sein, während sich kleinere Umwandlungen – auf spezifischem und niedrigerem Niveau – ständig, aber wohl ebenfalls mit unterschiedlicher Geschwindigkeit vollziehen. Zeiträume, für welche eine erhöhte Variabilität und phylogenetisch bedeutsame Veränderungen zu beobachten sind (1–2 Mill. Jahre) sind vergleichsweise gering gegenüber dem Intervall, das für den Übergang von *Pseudotheridomys pusillus* zu *P. parvulus* oder von *Ligerimys antiquus* zu *L. florancei* zur Verfügung steht.

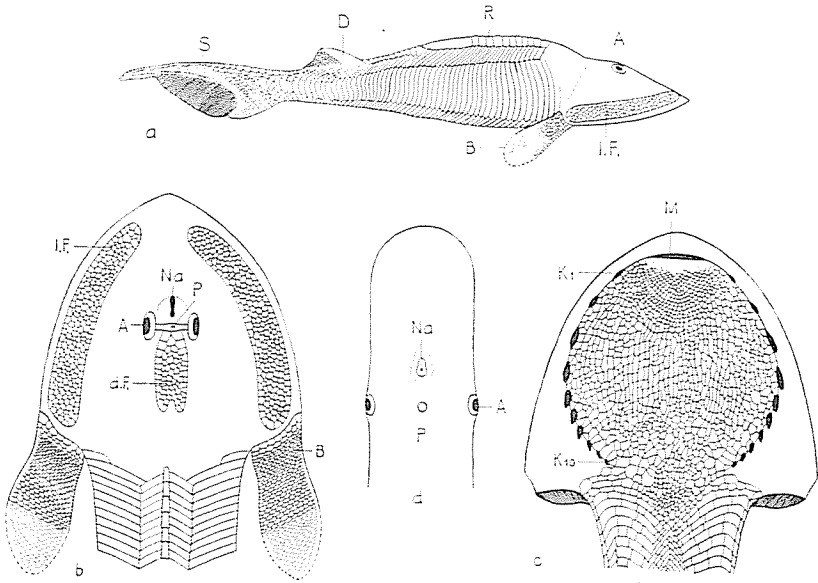


Abb. 4. *Hemicyclaspis munchisoni* (EGERTON) aus dem englischen Silur (Gotlandium), ein Vertreter der Cephalaspiden. a Rekonstruktion von der Seite. b Ansicht des Kopfpanzers von oben. c Ansicht des Kopfpanzers von unten. d *Lampreta fluviatilis* (L.) = *Petromyzon fluviatilis* L. Ansicht des Kopfes von oben. A Auge, B Brustflosse, D Dorsalflosse, d.F. dorsales Sinnesfeld, l.F. laterales Sinnesfeld, K₁-K₁₀ äussere Kiemenöffnungen, M Mundöffnung, Na Nasen-Hypophysenöffnung, P Pinealöffnung (Öffnung für das Scheitelauge), R Rückenschuppen, S Schwanzflosse. Nach E. KUHN-SCHNYDER (1953).

hinein. Deshalb wurden sie meist anhangsweise aufgeführt oder noch besser übersehen. Seit STENSIÖS genialer Arbeit ist dies anders geworden¹¹.

Aus der Untersuchung von STENSIÖS geht klar hervor, dass die Cephalaspiden und die Cyclostomen (Rundmäuler) verwandte Formen sind (Abb. 4). Beide gehören zum Unterstamm der Agnatha oder der Kieferlosen. Die heute lebenden parasitischen Rundmäuler sind hochspezialisiert. Die Cephalaspiden sind nicht die einzigen fossilen kieferlosen Wirbeltiere. Anderen Vertretern fehlt ein knöchernes Innenskelett im Kopfgebiet. Doch ist man wegen des Vorkommens eines knöchernen Hautskelettes über ihre äussere Erscheinung relativ gut unterrichtet. Sie werden mit den Cephalaspiden als Ostracodermen zusammengefasst. Älteste Ostracodermen-Reste, zahlreiche kleine Bruchstücke von Panzern und Schuppen, kennt man aus dem Ordovizium Nordamerikas. Erst 50 Millionen Jahre später erreichten die Ostracodermen im oberen Silur ihre Blütezeit, die bis ins Unter-Devon andauerte. Zu Ende des Devons starben sie aus. Als Vorfahren der Gnathostomen kommen die Ostracodermen nicht in Frage¹².

An diese ältesten Wirbeltiere schliesst sich eine sehr gemischte Gesellschaft an. Es sind die Arthrodiren und Acanthodier. Sie zeichnen sich durch den Besitz von Kiefern aus, haben jedoch die Organisationshöhe der «Knorpel-» und «Knochen-

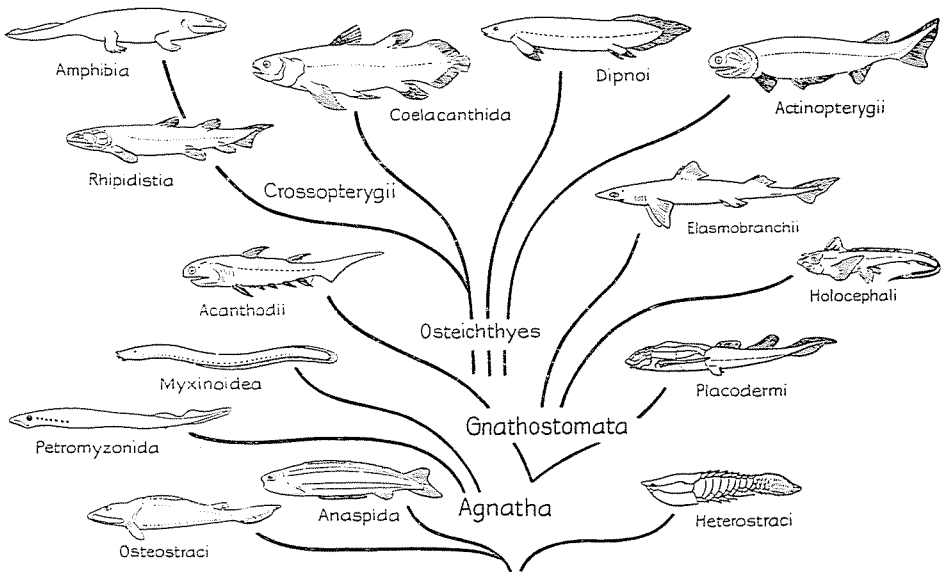


Abb. 5. Stammbaum der niederen Wirbeltiere nach der heutigen Auffassung.

fische» noch nicht erreicht. Sie sind alle ausgestorben. Ihre Beziehungen zu den Chondrichthyes beziehungsweise Osteichthyes sind noch nicht restlos geklärt.

Der Fortschritt in der Beurteilung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge der niederen Wirbeltiere tritt deutlich hervor, wenn wir die heutige Auffassung (Abb. 5) mit derjenigen zu Beginn unseres Jahrhunderts vergleichen (Abb. 3). Man täusche sich jedoch nicht. Auch unser gegenwärtiges Wissen ist Stückwerk. Das natürliche System der Tiere ist in stetem Fluss und wird es wohl immer bleiben. Ständig tauchen neue fossile Vertreter auf, deren Stellung im System isoliert und oft unsicher ist. Doch hoffen wir der Wahrheit immer näher zu kommen. – Grosse Fortschritte bezüglich der Stammesgeschichte sind auch bei den anderen Wirbeltierklassen zu verzeichnen. Dass die phylogenetische Forschung nicht ausschliesslich eine Domäne der Paläontologie ist, hat in jüngerer Zeit E. THENIUS gezeigt. Paläontologie bedarf interdisziplinärer Kooperation, nicht nur mit der Anatomie, sondern auch mit der Ethologie, der Genetik u. v. a.

d) Die Zwischenformen

Bei der Begründung seiner Lehre kannte DARWIN noch keine Zwischenformen, missing links, welche die einzelnen Wirbeltierklassen miteinander verbinden. Das Fehlen dieser notwendigen Beweise für eine reale Evolution bot den Gegnern der Abstammungslehre einen höchst willkommenen Angriffspunkt. Ein erster schlagender Beweis für DARWIN war die Entdeckung des «Urvogels» *Archaeopteryx* 1861.

Erfolgreich war auch die Jagd nach einem Missing link zwischen Fischen und Vier-

füssern. Sie spielte sich in Grönland ab. Als Teilnehmer einer dänischen Expedition in Grönland entdeckte der junge G. SÄVE-SÖDERBERGH 1931 im oberen Devon des Celsiusberges beim Kaiser-Franz-Josef-Fjord sieben mehr oder weniger vollständige Schädel eines unbekanntes Wirbeltieres. Der Bau der Schädel entsprach jenem Bindeglied eines unbekanntes Wirbeltieres. Den Crossopterygiern und Tetrapoden schliessen konnte. War diese *Ichthyostega*, wie sie genannt wurde, bereits ein Vierfüsser? War sie noch ein Fisch? Weitere Funde lösten das Rätsel. *Ichthyostega* besass Landextremitäten; sie war ein Tetrapode. Man glaubte damit das letzte Geheimnis enthüllt zu haben. In Grönland wurde mit Zähigkeit weitergesammelt. Im Jahre 1952 konnte E. JARVIK zeigen, dass *Ichthyostega* einen echten Fischeschwanz besass (Abb. 6). Eine Analyse der Merkmale von *Ichthyostega* zeigt, dass sie eine

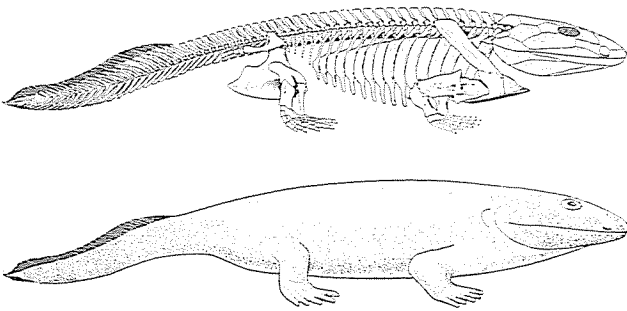


Abb. 6. *Ichthyostega*, der älteste bisher bekannte Vierfüsser aus dem Ober-Devon. Länge ca. 1 m.
Nach E. JARVIK (1955).

Mischung, ein Mosaik von Fisch- und Amphibienmerkmalen besass. Entsprechende Beobachtungen macht man bei allen Zwischenformen. Die Merkmale entwickeln sich weitgehend unabhängig voneinander. Da jedes Organ offenbar sein besonderes Entwicklungstempo besitzt, treffen wir im Übergangsfeld zwischen zwei Klassen Mosaikformen an. Dieser Mosaikmodus der Evolution durch heterochrone Merkmalsverschiebung wurde von G. DE BEER (1954) zu Ehren des grossen englischen Wirbeltierpaläontologen D. M. S. WATSON¹³ als WATSONSche Regel bezeichnet¹⁴. – Es fällt auf, wie wenig Übergangsformen bis heute bekannt geworden sind. Man muss wohl annehmen, dass sie in örtlich beschränkten Räumen lebten und wohl auch zahlenmässig nicht sehr verbreitet waren.

Um von einer Klasse zur nächst höheren zu gelangen, wird ein Übergangsfeld in kleinen und kleinsten Schritten überquert. Die weite Verbreitung paralleler Entwicklungsreihen verdeckt vielfach echte Verwandtschaftsbeziehungen. So erfolgte der Übergang von den Amphibien zu den Reptilien gleitend, ohne grundlegende Änderungen des Skelettes¹⁵. Als ausserordentlich wichtige Erfindung muss einzig die Entwicklung des Amnioteneies beurteilt werden. Dadurch wurden die Reptilien vom Wasser unabhängig. Dazu lassen sie sich durch eine Reihe von Entwicklungstendenzen charakterisieren. Es differenziert sich eine typische Halsregion aus, was einen

leicht gebauten Schädel verlangt. Es wurden Schläfenöffnungen entwickelt, und die Zahl der Schädelelemente wurde reduziert.

Nachdem im Oberkarbon die Entwicklungsstufe der Reptilien erreicht worden war, verlieren wir im Perm fast alle Fäden. Einzig die Linie der Synapsiden, die zu den Säugetieren führt, bildet eine Ausnahme. Zu Ende des Perms war die Erde überwiegend von zwei Gruppen von Vierfüßern belebt, von labyrinthodonten Amphibien und von Synapsiden. Die Vierfüßerfauna war ausgesprochen erdgebunden. Sie fehlte dem Meer, sie fehlte in der Luft. Mit der Trias traten die Reptilien in eine neue Phase. Der Unterschied gegenüber der Fauna des Perms beruht weniger auf dem Verschwinden altertümlicher Gestalten, als auf dem Auftreten neuer Formen, nicht nur neuer Gattungen, sondern neuer Ordnungen. Diese überraschen durch die Mannigfaltigkeit ihrer Anpassungen. Anpassungen an ein marines Leben, Erwerbung der Bipedie, des Fliegens und der Warmblütigkeit, Ausbildung von Panzern (Abb. 7). Die Ordnungen sind wohl abgegrenzt. Bei der Bestimmung von Reptilfunden aus der Trias bestehen keine Schwierigkeiten mehr. In den folgenden 200 Millionen Jahren tritt keine einzige neue Reptilordnung hinzu. Dagegen starben Ordnungen vor und am Ende der Kreidezeit aus.

Wer wird dabei nicht an die Erfahrungen der Säugetierpaläontologen erinnert. Nach einem verborgenen Leben, nach einer Inkubationszeit von über 100 Millionen

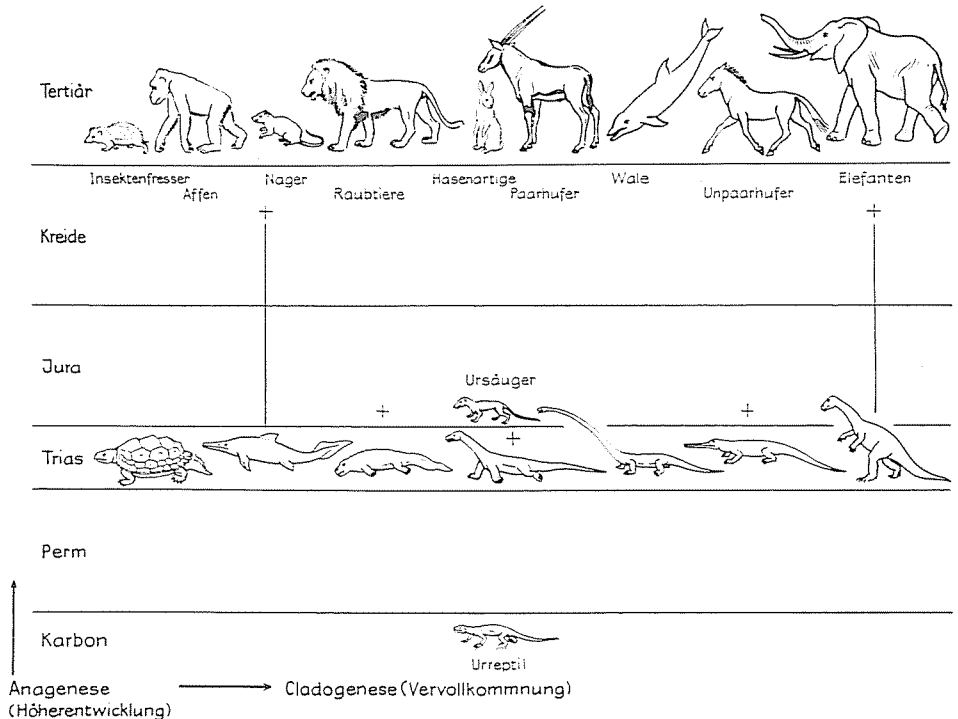


Abb. 7. Cladogenese (Vervollkommnung) der Reptilien (ohne Synapsiden) und der Säugetiere.

Jahren erscheint mit Beginn des Tertiärs die ganze Formenfülle der höheren Säugetiere. Es tauchen 25 Ordnungen auf, die in den folgenden 60–70 Millionen Jahren nicht mehr vermehrt werden. Dagegen starben einige Ordnungen aus. Natürlich stand die Entwicklung nicht still. Es wurden zahlreiche Sonderanpassungen gebildet. Am meisten beeindruckten dabei jene Typen, wie die Fledermäuse und Wale, die unvermittelt auf der Bildfläche erscheinen. Dasselbe beobachten wir bei den Reptilien, von denen die Fisch- und Flugsaurier plötzlich formvollendet auftauchen.

e) Anagenese und Cladogenese

Wir können zwei Evolutionsprozesse unterscheiden. Der eine Vorgang zielt darauf hin, eine höhere Organisationsstufe zu erreichen, eine höhere Klasse. Man hat ihn Anagenese genannt. Der andere Prozess, die Cladogenese, spielt sich im Bereich einer Entwicklungsstufe, einer Klasse ab. Die Cladogenese trachtet darnach, durch Anpassung möglichst viele Lebensräume zu erobern. Auf die erfolgreiche Anagenese, dank einer bisher unbekanntenen, leistungsfähigeren Merkmalskombination, folgt nach kürzerer oder längerer Zeit explosionsartig die Cladogenese mit ihren kleinen und grossen Verzweigungen. Diese biologische Vervollkommnung geht meist auf Kosten zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten.

Anagenese bedeutet Höherentwicklung. Was haben wir darunter zu verstehen? Wenn wir den faszinierenden Aufstieg der Wirbeltiere im Laufe der Erdgeschichte verfolgen, sind vor allem zwei Fortschritte besonders eindrücklich. Es sind die zunehmend bessere Fürsorge für die Nachkommenschaft und die wachsende Unabhängigkeit von der Umwelt.

Die Fische sind streng an das Wasser gebunden. Die Amphibien müssen ihre Jugend noch im Süsswasser verbringen. Erst die Reptilien konnten sich endgültig vom Wasser lösen. Die warmblütigen Vögel und Säugetiere kennen keine klimatischen Schranken mehr. Diese Emanzipation von den Fesseln des Milieus ist einer Reihe von Leistungssteigerungen zu verdanken, die wir bei allen Organsystemen beobachten können. Kein anderes Organ ist jedoch für die Anagenese so wichtig wie das Gehirn. Die Höherentwicklung der Endhirnhemisphären ist das eindrucksvollste Geschehen bei der Evolution der Wirbeltiere. Die paarigen Ausstülpungen des Vorderhirns begannen als Orte der Geruchsrezeption. Langsam wurden sie zu grossen Zentren der sensiblen Korrelation ausgebaut. Auf der Stufe der Säugetiere sind die Hemisphären zum Sitz höchster geistiger Fähigkeiten geworden.

Neben all diesen Leistungssteigerungen ist ein weiterer Fortschritt im Laufe der Stammesgeschichte der Wirbeltiere sinnfällig. Es ist die zunehmend bessere Fürsorge für die Nachkommenschaft. Brutpflege kommt zwar bereits bei Fischen und niederen Vierfüssern vor. Bei den Vögeln spielt sie eine wichtige Rolle. Allen andern Wirbeltieren sind jedoch die lebendgebärenden Säugetiere darin überlegen, dass sie dem Keim Nahrung, Wärme und Schutz im Innern der Mutter bieten. Um die Art zu erhalten, kann deshalb die Zahl der Nachkommen drastisch gesenkt werden. Nach der Geburt werden die Jungen umsorgt und für das Leben vorbereitet. Für die Entwicklung und Ausgestaltung nervöser und anderer Mechanismen wird dadurch eine lange Zeitspanne gewonnen, ehe die Jungen ins Leben hinausgeschickt werden.

f) Paläozoologie und die Theorie der Kontinentalverschiebung

Die Ausdehnung paläontologischer Untersuchungen über Europa und Nordamerika hinaus hat weitere wichtige Erkenntnisse geliefert. Als ich studierte, galten Kontinente und Ozeane als unverrückbar feste Grössen. Während vieler Millionen Jahre der Erdgeschichte schienen sie sich nur im Detail verändert zu haben. Um die vielen Übereinstimmungen von Pflanzen und Tieren verschiedener Kontinente zu erklären, nahm man Landbrücken an. Nur wenige teilten die Ansicht ALFRED WEGENERS¹⁶, nach der die Kontinente ihre jetzige Lage im Laufe der Erdgeschichte durch langsame Driftbewegungen erreicht hätten. Als WEGENER 1930 auf dem grönländischen Inlandeis ein tragisches Ende fand, wurde es um die Theorie der Kontinentalverschiebung still. Wie DARWIN in TH. H. HUXLEY, fand WEGENER in ALEXANDER L. DU TOIT einen leidenschaftlichen Mitkämpfer. «Africa forms the key», Afrika bildet den Schlüssel, steht als Motto auf der Titelseite seines Werkes: «Our wandering continents», das 1937 erschien. In Zürich vertrat RUDOLF STAUB 1928 die Ideen WEGENERS in abgewandelter Form. Die Mehrzahl der Geologen erblickte dagegen in WEGENERS kühner Theorie kein ernsthaftes Problem, ja sie sahen in ihr ein Hindernis für den geologischen Fortschritt. Noch 1944 verspottete sie BAILY WILLIS als Märchen.

Die Situation änderte sich mit Beginn der sechziger Jahre. Entscheidende Bedeutung erlangten die Ergebnisse der Erforschung der Meeresböden und des Paläomagnetismus. Vor allem englische und amerikanische Geophysiker erweiterten das alte Konzept der Kontinentalwanderung zu der eleganten erdumfassenden Theorie der Plattentektonik.

Wie reagierte die Paläontologie? Lange zweifelte auch sie an einer Kontinentaldrift. Dann entdeckte PETER BARRET 1968 einen fossilen Knochenrest in der Antarktis. Er wurde von EDWIN A. COLBERT als Teil des Unterkiefers eines labyrinthodonten Amphibiums bestimmt. DARWIN bemerkte einmal, dass der Zufall nur zu gut vorbereiteten Geistern komme. COLBERT besass diese Voraussetzung. Als Fossilienjäger hatte er in der Trias von Indien und Südafrika gearbeitet. Der unscheinbare Wirbeltierrest genügte, um ihn zu verlocken, sich der Expedition der Ohio State University in die Antarktis anzuschliessen. COLBERT hoffte, dort noch wichtigere Funde zu machen. Am 4. Dezember 1969 barg er aus einem Ausbiss der untersten Trias, 300 Meilen vom Südpol entfernt, das Kieferfragment eines *Lystroraptor*. Das war genau das Fossil, um dessentwillen COLBERT ausgezogen war (Abb. 8).

Funde von *Lystroraptor* kannte man bisher aus der südafrikanischen Karoo, aus Indien und aus der chinesischen Provinz Sinkiang. *Lystroraptor* ist ein Leitfossil für die unterste Trias. Dieses kleine Reptil gehört zu den herbivoren Dicynodontia. Sein Gebiss ist bis auf ein Paar obere Eckzähne reduziert und wahrscheinlich durch einen Hornschnabel ersetzt. Die nach oben gerichteten Augen- und Nasenöffnungen sprechen dafür, dass es seine Nahrung im Wasser suchte (Abb. 9). Etwa 90% aller Wirbeltierreste aus der untersten Trias Südafrikas bestehen aus Resten von *Lystroraptor*. Damit zusammen kommen weitere Vertreter der Therapsiden vor, ferner Cotylosaurier, Prolacertier sowie der frühe Thecodontier *Chasmatosaurus* und Laby-

Synapsida
Anomodontia

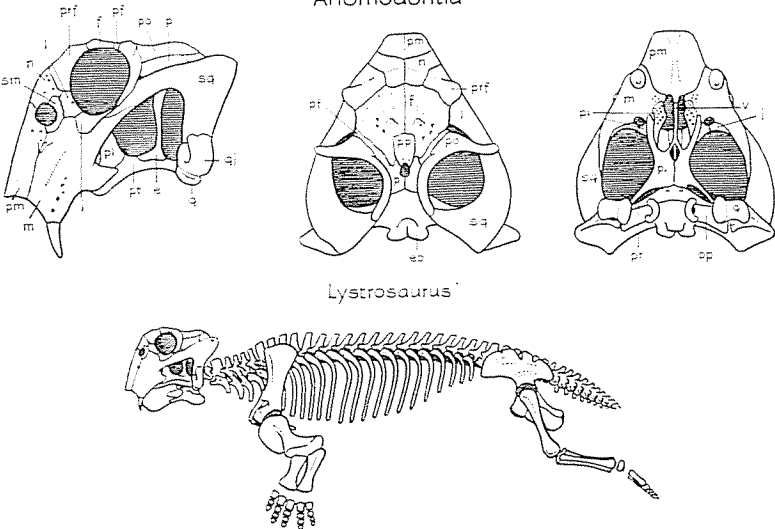


Abb. 8. *Lystrosaurus*, ein Leitfossil der Unter-Trias des Gondwanalandes. Seiten-, Ober- und Unteransicht des Schädels sowie Rekonstruktion des Skelettes. e Epipterygoid, eo Exoccipitale, f Frontale, j Jugale, l Lacrimale, m Maxillare, n Nasale, op Opisthoticum, p Parietale, pf Postfrontale, pl Palatinum, pm Prämaxillare, po Postorbitale, pp Präparietale, prf Präfrontale, pt Pterygoid, q Quadratum, qj Quadratojugale, sm Septomaxillare, sq Squamosum, v Vomer.

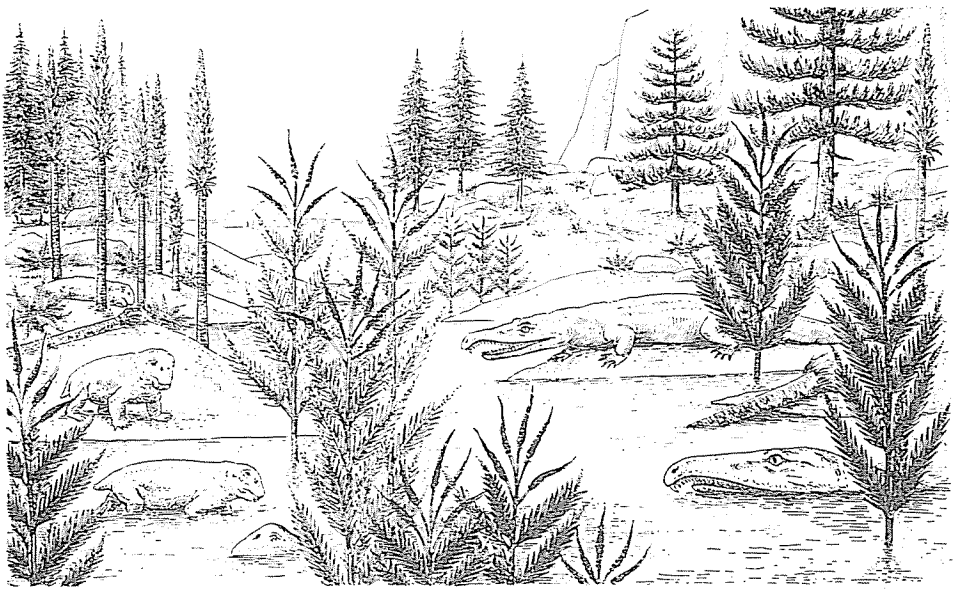


Abb. 9. Lebensbild zur Zeit der Unter-Trias, Gondwanaland. *Lystrosaurier* (Anomodontier) suchen ihre Nahrung im Wasser. Auf der rechten Bildhälfte zwei gepanzerte räuberische *Chasmosaurier* (Thecodontier).

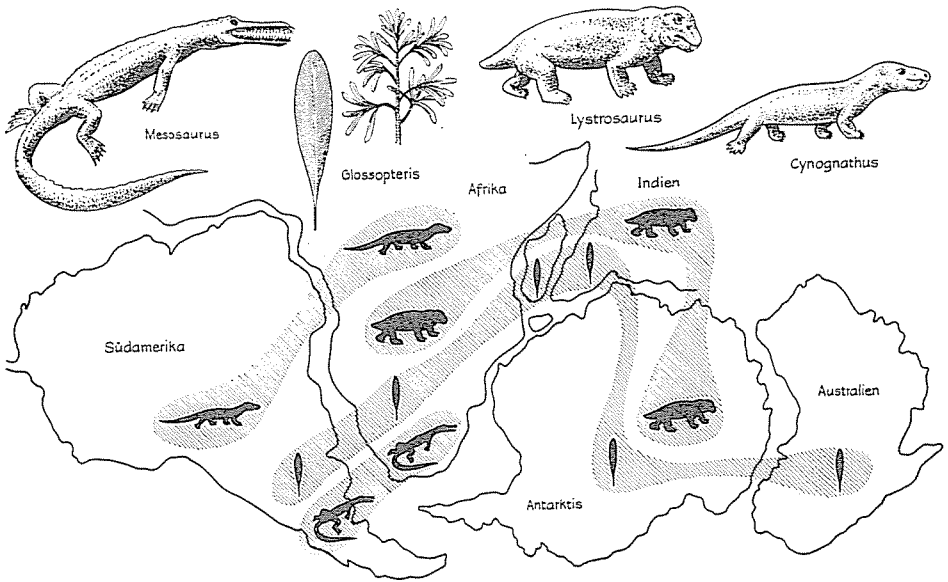


Abb. 10. Gondwanaland mit einigen gemeinsamen Vertretern. *Mesosaurus* aus dem Perm Brasiliens und Südafrikas. *Glossopteris*, ein weit verbreitetes permisches Farngewächs. *Lystrosaurus* aus der Unter-Trias Südafrikas, der Antarktis und der indischen Halbinsel sowie auch aus Südostasien. *Cynognathus*, ein Mammal-like reptile aus der Unter-Trias von Argentinien und Afrika. *Cynognathus* findet sich über der *Lystrosaurus*-Zone. Nach E. H. COLBERT (1973).

rinthodonten. Solche Vertreter der *Lystrosaurus*-Fauna wurden 1970 bis 1971 auch in der Antarktis entdeckt (Abb. 10).

Die Verbreitung dieser Tierwelt in Südafrika, in der Antarktis, auf der indischen Halbinsel und im westlichen China sowie jüngere mesozoische Faunen sprechen dafür, dass die genannten Regionen miteinander so eng verbunden waren, dass ein Austausch zwischen landlebenden Wirbeltieren möglich war. Sie beweisen die Existenz eines Superkontinentes Gondwanaland, der die Kontinente der Südhemisphäre und die Halbinsel Indien umfasste. Entsprechend waren die nördlichen Kontinente als Laurasia miteinander verbunden. Ein Faunenaustausch zwischen diesen beiden Superkontinenten war bis gegen Ende der Kreidezeit möglich. Zwar hatte bereits ihr Zerfall eingesetzt und ihre Bruchstücke drifteten auseinander, um langsam ihre heutige Lage zu erreichen. Dass mit dieser Erkenntnis auch neue Ansichten über die Ausbreitung der Säugetiere zur Kreidezeit und zu Beginn des Tertiärs erreicht wurden, zeigen beispielsweise die schönen Untersuchungen von R. HOFFSTETTER (Les Marsupiaux et l'histoire des Mammifères: aspects phylogéniques et chorologiques. Coll. int. CNRS, no. 218, Paris, 1975). Die Annahme der Kontinentaldrift ist nicht mehr Theorie, sondern Tatsache. Neben der Einführung eines absoluten Zeitmassstabes gehört der Nachweis von Kontinentalverschiebungen zu den wichtigsten Fortschritten der Geologie und Paläontologie unseres Jahrhunderts.

g) Die Anfänge des Lebens

Die Tragweite der Evolution stösst an zwei wichtige Grenzen. Führt sie von den Tieren zum Menschen und geht der biologischen Evolution eine anorganische voran? Befassen wir uns zuerst mit dem zweiten Problem. Verfolgen wir den Lebensstrom, um zu seiner Quelle zu gelangen. Legen wir mit jedem Schritt 1000 Jahre zurück. Der erste Schritt führt uns in die Zeit EKKEHARDS I., der zweite zu Kaiser AUGUSTUS, der dritte zu HELENA von Troja, der vierte zu ABRAHAM, der siebente zu den ältesten Kulturen von Babylon und Ägypten. Zweihundert Schritte benötigen wir, um die letzten Vertreter von *Pithecanthropus* anzutreffen, nach dreihundert Schritten begegnen wir Australopithecinen. Wenn wir kräftig ausschreiten, stossen wir nach 180000 Schritten, das sind ungefähr 144 km, auf die ersten winzigen Säugtiere, nach 320 km auf die ältesten Vierfüsser und nach 480 km erreichen wir einen der markantesten Schnitte in der Geschichte des Lebens, das Grenzgebiet Präkambrium/Kambrium. Schreiten wir nämlich noch weiter, so verschwinden schlagartig fast alle Makrofossilien.

Werden die Anfänge des Lebens auf unserer Erde wohl stets ein Geheimnis bleiben? wie dies ZITTELS Grundzüge der Paläontologie 1924 meinten. DARWIN nahm anfänglich stillschweigend an, dass Leben nicht aus lebloser Materie entstehen könne. Nach ihm wurde es ursprünglich durch den Schöpfer eingehaucht. Zwar lässt es die Deszendenztheorie als logisch folgerichtig erscheinen, dass die einfachsten und niedrigsten Organismen auf natürliche Weise aus nicht organisierten Stoffen durch sogenannte Urzeugung entstanden. Dagegen schienen jedoch die klassischen Experimente von LOUIS PASTEUR (1864) zu sprechen. Die Frage einer Urzeugung schien für alle Zeiten gelöst zu sein; sie war unmöglich. Ohne dass wir davon viel erfahren, wurde die Frage nach der Herkunft des Lebens 1924 wieder aktuell.

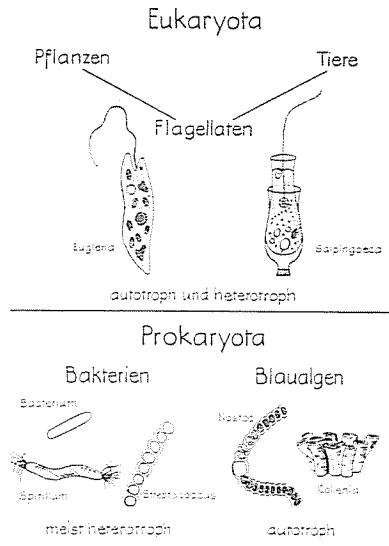


Abb. 11. Prokaryota und Eukaryota.

Viren (Eiweissmoleküle, die sich selbstreproduzieren)

Von einer Reihe von Denkmöglichkeiten über die Entstehung des Lebens kommen für den Naturwissenschaftler nur die beiden folgenden in Frage:

1. Das Leben entstand durch Zufall aus dem Unbelebten, oder:
2. Das Leben ist ein langsamer Entwicklungsprozess, zwangsläufig als Folge einer chemischen Evolution aus dem Unbelebten entstanden.

Zufall oder Notwendigkeit? Hier scheiden sich die Geister. Ist die Evolution etwas Unabänderliches, für alle Zeiten Gültiges oder wird sie vom Zufall beherrscht. Eine Stellungnahme hängt von der Weltanschauung des Forschers ab, weshalb Diskussionen darüber besonders heftig geführt werden.

Wege, die zur Klärung dieses Problems führen können, zeigte 1924 der Russe ALEKSANDR I. OPARIN. Es gilt Evolutionsprozesse nicht unter den heutigen Bedingungen zu untersuchen, sondern unter solchen, wie sie zu Beginn der Erdgeschichte vorhanden waren. Solche Bedingungen kann man im Laboratorium herstellen¹⁷.

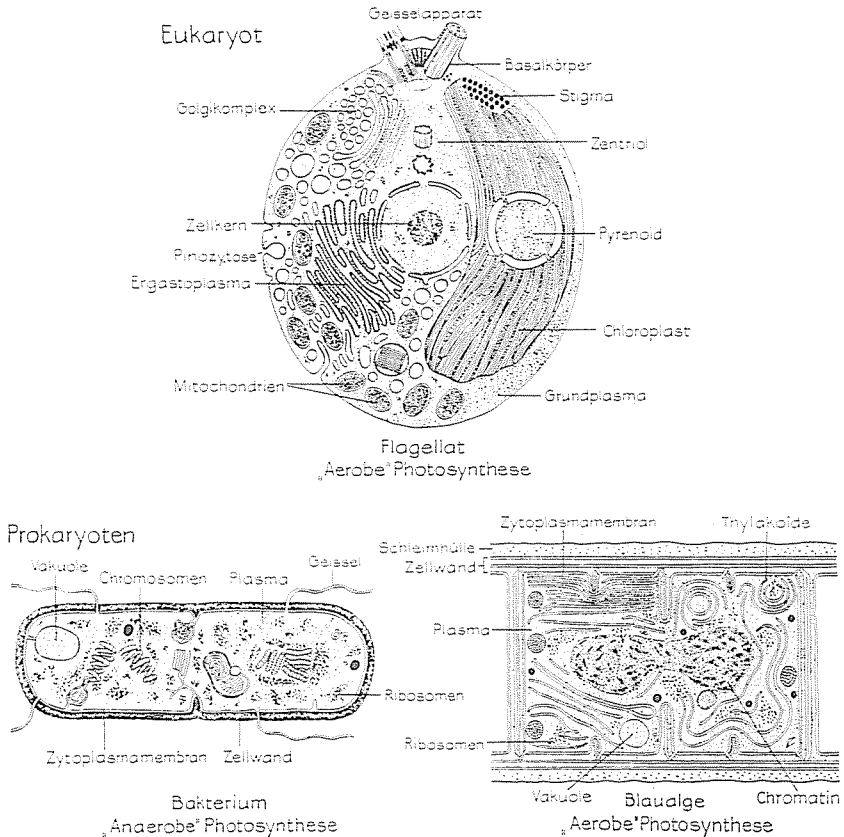


Abb. 12. Das Elektronenmikroskop zeigt, dass auch die einfachsten Organismen eine hochkomplizierte Struktur besitzen.

Bevor wir einen Blick auf die möglichen Etappen der Biogenese werfen, müssen wir uns mit zwei Fragen befassen:

1. Was ist Leben? Und:
2. Wie lassen sich die heutigen Lebewesen gliedern?

Was ist Leben? Diese allgemein gestellte Frage kann nicht mit einer einfachen Definition beantwortet werden. Wir beschränken uns darauf, die Schlüsselprozesse hervorzuheben¹⁸. Ein Lebewesen zeichnet sich durch den Besitz eines Stoffwechsels, durch die Fähigkeit der Vermehrung und der Evolution aus. Das entscheidende Phänomen ist die Mutation, eine Änderung der genetischen Information, die neue Erbmerkmale liefert. Die Mechanismen dieser Schlüsselprozesse sind von molekularer Grössenordnung.

Wie lassen sich die heutigen Lebewesen gliedern? Die rezenten Organismen zeigen einen Stufenbau (Abb. 11):

a) Prokaryoten: Organismen ohne Zellkern, doch mit Kernäquivalenten. Dazu werden Bakterien und Blaualgen gezählt. Ihre heutigen Vertreter sind bereits höchst komplizierte Organismen (Abb. 12).

b) Eukaryoten: Organismen mit echten Zellkernen. Sie umfassen vier Reiche: Protisten, Pflanzen, Pilze und Tiere (Abb. 13).

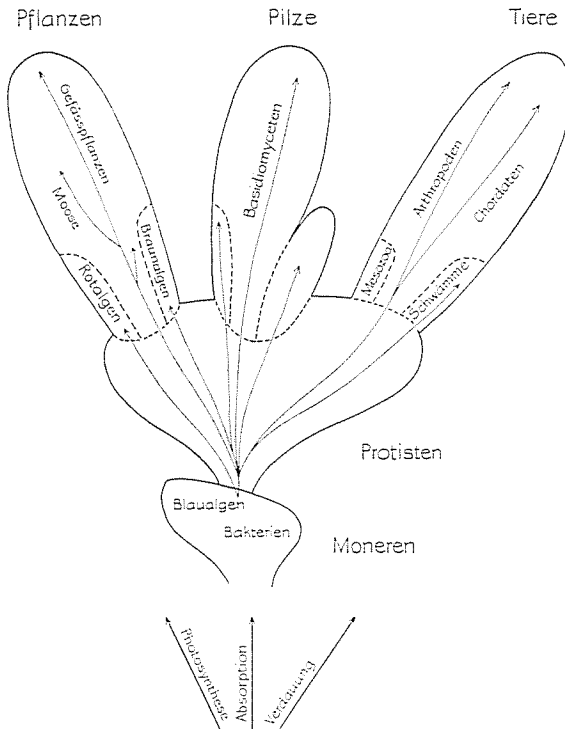


Abb. 13. Die verschiedenen Reiche der Organismen. Nach R. H. WHITTAKER (1969), umgezeichnet.

Viren sind keine vollständigen Organismen, sondern subzelluläre Gebilde, die Wirtszellen voraussetzen. Unter den ältesten Vertretern des Lebens sind Prokaryoten, Bakterien und Blaualgen zu erwarten. Gegenwärtig ist eine Urzeugung in der Natur ausgeschlossen. Folglich geschah die Biogenese unter anderen Bedingungen als sie jetzt auf der Erde herrschen.

Von den Chemikern wird mit folgenden Entwicklungsschritten gerechnet. Nach der Ausbildung des periodischen Systems kam es zur Bildung einer grossen Zahl anorganischer Verbindungen. Mit zunehmender Abkühlung begann die Stunde des Kohlenstoffs. Unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung und elektrischer Entladungen entstanden Kohlenstoffverbindungen. Diese Annahme ist experimentell nachprüfbar. Im Laboratorium können unter anderem Aminosäuren, Zucker sowie Purin- und Pyrimidin-Basen synthetisiert werden. Damit sind die Voraussetzungen für die Bildung hochmolekularer organischer Verbindungen, von Proteinen und Nukleinsäuren, gegeben. Es ist jedoch noch nicht geglückt, primitive Lebewesen, sogenannte Eobionten, im Reagenzglas herzustellen. Mit der Erwerbung der Fähigkeit zur Photosynthese wurde eine höhere Entwicklungsstufe erreicht. Der nächste Schritt war die Ausbildung eines Zellkerns, die Entwicklung der Eukaryotenzelle. Erst zuletzt entstanden tierische Organismen als sekundär heterotrophe Formen unter aeroben Verhältnissen.

Was kann die Paläontologie über die Anfänge des Lebens beitragen? Fossile Belege, die weit ins Präkambrium zurückreichen, müssen im Gebiet der alten



Abb. 14. Die ältesten Schilder der Erde (punktirt).

1. St. Peter and Paul Rocks, 4,5 Milliarden Jahre,
2. Kola-Halbinsel. Granite, 3,3 Milliarden Jahre,
3. Swaziland System, 3,2 Milliarden Jahre (Onverwacht and Fig Tree Series),
4. Bulawayo, Southern Rhodesia, 2,7 Milliarden Jahre,
5. Gunflint Series, Ontario, 2,0 Milliarden Jahre,
6. Bitter Springs Formation, 1,0 Milliarde Jahre,
7. Ediacara Fauna, 600–1000 Millionen Jahre.

Schilde gesucht werden. Solch alte Sedimente finden sich auf der nördlichen Hemisphäre in Kanada, Fennoskandinavien und Asien, auf der südlichen Halbkugel in Brasilien, Südafrika und Australien (Abb. 14). Die bisherige Ernte an Fossilien ist trotz grosser Anstrengungen klein, aber höchst aufschlussreich. Es handelt sich um Reste, die als Mikrofossilien gedeutet werden und um Strukturen organischer Herkunft (Chemofossilien). Makrofossilien kennt man erst aus dem jüngsten Präkambrium.

Die ältesten Lebensspuren wurden bisher in Südafrika entdeckt. Geophysiker von Johannesburg konnten die «Swaziland-Serie», eine Gesteinsfolge im östlichen Transvaal und Swaziland, radiometrisch untersuchen und datieren. Sie bestimmten dabei ein erstaunliches Alter von bis zu 3400 Millionen Jahren. Noch bemerkenswerter ist, dass in dieser Gesteinsfolge, den Onverwacht-Serien, Ton- und Hornschiefer mit Fossilienvorkommen, die von späteren Gebirgsbildungen nicht betroffen wurden. Die Fossilien von fädiger Gestalt erinnern an Blaualgen. Etwa 1,000 m über den Onverwacht-Serien folgen diejenigen der Fig-Tree-Formation. In kohligem Hornsteinen und Tonschiefern finden sich kugelige und fädige Strukturen, von weniger als ein Zehntel Millimeter Grösse, die heutigen Bakterien und Blaualgen gleichen. Es ist

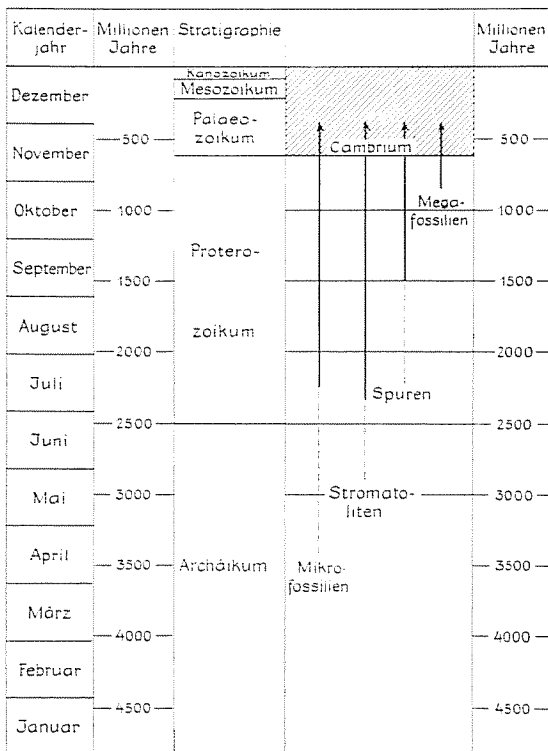


Abb. 15. Verbreitung der Fossilien im Präkambrium.

jedoch fraglich, ob sie bereits so hoch organisiert waren, wie die heutigen Vertreter. Ihr Alter wird auf etwa 3000 Millionen Jahre geschätzt.

Leben kann sich auch in Form biogener Strukturen, als sogenannte «Algenriffe» oder Stromatolithen zu erkennen geben. Die bisher ältesten bekannten Funde sind aus dem 2700 Millionen Jahre alten Bulawayo-Dolomit in Süd-Rhodesien nachgewiesen worden (Abb. 15).

Fast während der ganzen Frühzeit der Erde scheint die Evolution nicht über ein- oder wenigzellige Organismen hinausgekommen zu sein¹⁹. Erst aus dem jüngsten Präkambrium sind 1947 im Ediacara-Gebirge in Süd-Australien zahlreiche Abdrücke vielzelliger Tiere entdeckt worden. M. F. GLAESSNER sammelte dort über 1400 Fossilien. Es sind Abdrücke vielzelliger Tiere ohne Schalen und ohne Skelett. Mehr als die Hälfte stellen Medusoiden, dazu gesellen sich Anneliden und Arthropoden sowie Vertreter unbekannter Formenkreise (Abb. 16). Zu diesen Funden sind neuerdings weitere gut erhaltene Fossilien aus Südafrika gekommen. Nur wenige Stücke liessen sich bekannten Tiergruppen zuweisen. Für einen heute nicht mehr vertretenen Bauplantypus schuf H. D. PFLUG den neuen Tierstamm Petalonamae.

Mit dem Kambrium, das vor 570 Millionen Jahren einsetzte, tritt ein erstaunlicher Fossilreichtum auf. Neben Protozoen sind praktisch alle Stämme der Wirbellosen vertreten. Es fehlen nur die Wirbeltiere. Plötzlich tritt uns das Leben mit hochkomplexen Organisationen entgegen. Vergessen wir bei dieser Feststellung nicht, welche Wunder diese Lebewesen offenbaren. Jeder Trilobit zum Beispiel bestand aus Milliarden von Zellen, die sich harmonisch in ein Ganzes einordneten. Jede Zelle

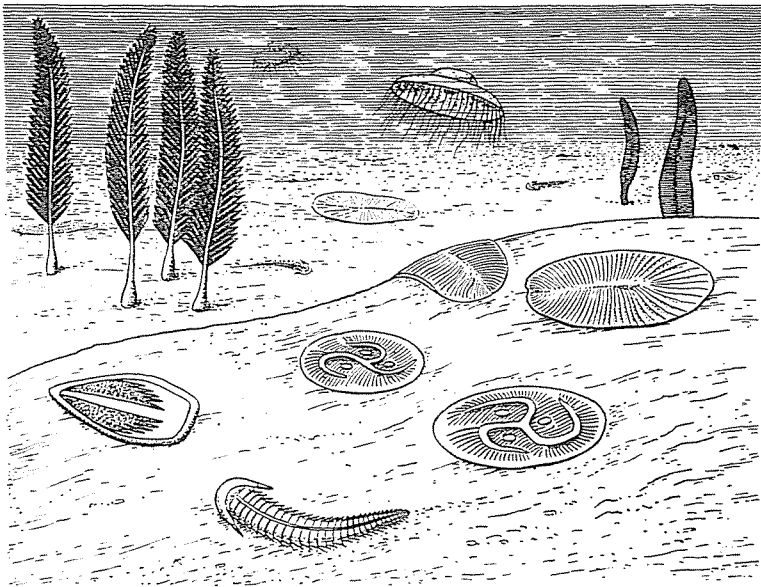


Abb. 16. Lebensbild aus dem Präkambrium von Ediacara, Südastralien. Nach H. F. GLAESSNER handelt es sich ausschliesslich um Organismen ohne Hartteile, medusenähnliche und wurmartige Lebewesen, Seefedern und unbekannte Wirbellose.

nahm darin jene Gestalt an, die ihrem besonderen Auftrag in der Zellgemeinschaft entsprach. Es ist als ob ein immanentes Prinzip jeder einzelnen Zelle die Kenntnis für die Ausführung eines bestimmten Planes inspiriert hätte. Es ist unheimlich, wie zielstrebig jede Zelle eines Lebewesens arbeitet.

Die Explosion der Fossilfunde im Kambrium hängt mit der Fähigkeit der Lebewesen zusammen, Skelette zu bilden, die fossil erhaltungsfähig sind. Seit den Tagen DARWINs hat man sich vergeblich bemüht, eine Erklärung für diesen überraschenden Wandel zu finden. Alle Annahmen einer raschen Änderung des Milieus, des Fehlens oder der Metamorphose fossilführender Sedimente erscheinen unwahrscheinlich. Was hinter dieser Zäsur steckt, ist noch völlig rätselhaft.

h) Stammesgeschichte des Menschen

Führt die Evolution von den Tieren zum Menschen? «Licht wird auf den Ursprung der Menschheit und ihre Geschichte fallen», prophezeite 1859 DARWIN zurückhaltend. Als erster wies THOMAS HENRY HUXLEY 1863 auf die Art des Lichtes hin: «Wir mögen uns ein Organ vornehmen, welches wir nur wollen; die Vergleichung führt uns zu ein und demselben Resultat, dass die anatomischen Verschiedenheiten, die den Menschen vom Gorilla und Schimpansen scheiden, nicht so gross sind wie die, die den Gorilla von den niederen Affen scheiden.» Bereits 1871 waren zahlreiche Naturforscher überzeugt, dass der Mensch ein Abkömmling altweltlicher Affen sei.

Wie die Stammesgeschichte des Menschen tatsächlich verlief, kann nur die Paläontologie zeigen. Wie weit reichten ihre Kenntnisse vor 50 Jahren? Von fossilen Vertretern der Familie Hominidae kannte M. SCHLOSSER 1923 in ZITTELS Grundzügen *Pithecanthropus* und *Eoanthropus*.

Pithecanthropus erectus DUBOIS von Trinil in Java, von seinem Entdecker E. DUBOIS²⁰ als menschenähnliche Übergangsform 1894 beschrieben. Man kannte zwar nur das Schädeldach, einen Zahn und das Femur. Gerade diese Stücke waren geeignet, ein Bild seiner menschlichen Organisation zu geben. Nach SCHLOSSER war es wahrscheinlich, dass man es nur mit einer alten Spezies des Genus *Homo* zu tun hat. – Daneben erregte ein in Mauer bei Heidelberg gefundener Unterkiefer das grösste Interesse. Dieser *Homo heidelbergensis*, wie er getauft wurde, schliesst sich an *Pithecanthropus* an.

Eoanthropus dawsoni A. SMITH WOODWARD aus pliozänen Schottern von Pilt-down, gegründet auf einen Schädelrest, einen Unterkiefer und einen Eckzahn. Die sonderbare Mischung von rein menschlichen Merkmalen des Schädels mit einem tierischen Unterkiefer war die Ursache, weshalb die Zusammengehörigkeit dieser Reste vielfach bezweifelt wurde. Entschieden trat SCHLOSSER mit anderen europäischen Paläontologen für die generische und spezifische Identität der Reste ein: «Die von einigen Autoren versuchte Deutung des Kiefers als Kiefer von Schimpanse kann nicht ernst genommen werden, sie beweist nur vollständige Unkenntnis der damaligen Vegetationsverhältnisse und des damaligen Klimas.» Tatsächlich handelt es sich beim Pilt-down-Menschen um eine Fälschung. Der Unterkiefer stammt von einem rezenten Orang²¹.

Die Kenntnis des prähistorischen Menschen dagegen hatte damals schon grosse

Fortschritte gemacht. Es waren relativ zahlreiche Reste des Neandertalers bekannt, dem man den Namen *Homo primigenius* beilegte. Zum ersten Fund von 1856 im Neandertal bei Düsseldorf gesellten sich wichtige Materialien aus Frankreich, Belgien und Spanien. – In Afrika war 1921 der Rhodesia-Schädel (Broken Hill) entdeckt worden, dessen Stellung im System unsicher war²². Das war die Situation zu Beginn unseres Jahrhunderts. So führte M. SCHLOSSER in ZITTEL (1923) bei der Unterordnung der Anthrozoidea als die zwei höchststehenden Familien auf:

Familie: Simiidae (Menschenaffen)

Neben den lebenden Vertretern Orang, Schimpanse und Gorilla, die fossilen Formen: *Propliopithecus*, *Pliopithecus*, *Palaeopithecus*, *Sivapithecus*, *Dryopithecus*.

Familie: Hominidae (Menschen)

† *Pithecanthropus*, † *Eoanthropus*, *Homo* († *H. heidelbergensis*, † *H. neanderthalensis*, *H. sapiens*).

In der Folge hielten aussereuropäische Funde Anthropologen und Paläontologen in Atem. Einzig der Schädel von Steinheim an der Murr (Süddeutschland) im Jahre 1933 war noch ein europäisches Ereignis²³. In die Zeitspanne von 1924 bis zu Beginn des Zweiten Weltkrieges fallen die Entdeckungen der Australopithecinen in Südafrika durch R. DART²⁴ und R. BROOM²⁵, ferner des Peking-Menschen in China²⁶ sowie neuer Funde in Java²⁷. Nach dem Zweiten Weltkrieg gewann Afrika zunehmend an Bedeutung. Grabungen in Ostafrika, eingeleitet durch L. S. LEAKEY²⁸ im Oldoway-Gebiet und seiner Nachfolger im Gebiet des Rudolfsees und in Äthiopien trugen und tragen zur Kenntnis des Werdens des Menschen Grundlegendes bei. Dazu kommen noch weitere Funde aus dem Nahen und Fernen Osten.

Für die Beurteilung der Funde fossiler Menschen ist eine genaue zeitliche Datierung, vor allem des Pleistozäns, unentbehrlich. Zu Anfang des 20. Jahrhunderts waren Beginn und Dauer des Pleistozäns sehr umstritten. Man sah sich gezwungen, das Problem durch eine Konvention zu lösen. Am Internationalen Geologenkongress in London wurde 1948 beschlossen, das Pleistozän in Europa mit der marinen Calabrischen Stufe beginnen zu lassen. Auf dem Kontinent entspricht dies dem Beginn des Mittel-Villafranchium. Das Pleistozän begann vor 2,5 bis 3 Millionen Jahren. Es lässt sich in vier Abschnitte gliedern: in Ältest-, Alt-, Mittel- und Jung-Pleistozän (Abb. 17).

Während des Pleistozäns folgten sich drei Entwicklungsetappen der Menschheit, nämlich:

Die Australopithecinen (Ältest- und Alt-Pleistozän);
die Pithecanthropinen (Alt- und Mittel-Pleistozän) und
der *Homo sapiens* (Jung-Pleistozän).

Heute werden die Australopithecinen als Glieder der Menschenfamilie, der Hominidae angesehen. Zwar war ihr Gehirn nur um wenig höher entwickelt, als dasjenige heute lebender Menschenaffen von gleichem Körpergewicht. Der schnauzenartig vorspringende Gesichtsschädel, ihre niedrige fliehende Stirne, ein Überaugendach, kräftige Jochbogen und das Vorkommen eines Scheitelkammes bei grossen Individuen erwecken den Eindruck eines Affenschädels. Daneben stösst der Untersucher auf eine

Jahre	Abschnitte	Stufen	Funde
100000	Jung-	Würm-Eiszeit	Sapiens
		Riss-Eiszeit	(Steinheim)
500000	Mittel- und Alt-	Mindel-Eiszeit	(Heidelberg)
		Mosbachium	Pithecanthropus Australopithecus
2000000	Pleistozän	Oberes und Mittleres	(Oldoway)
		Villafranchium	(Rudolfsee)
3000000	Pliozän		(Aethiopien) Australopithecus

Abb. 17. Gliederung des Pleistozäns.

Reihe ausgesprochen menschlicher Züge. Beckengürtel und Hintergliedmassen zeigen konstruktive Anpassungen an einen aufrechten Gang. Das Gebiss ist durchaus menschlich. Sowohl in Süd- als auch in Ostafrika lebte neben dem zierlichen *Australopithecus africanus* eine grössere Art: *A. robustus*. Die zierlichen Australopithecinen stellten bewusst Geröllgeräte für einen bestimmten Zweck her. Das ist eine menschliche Leistung. Die frühesten Vertreter der Australopithecinen sind etwa 3, evtl. sogar 5 Millionen Jahre alt. Die Form *A. robustus* lebte bis etwa 500000 Jahre v. Chr., um als steriler Seitenzweig auszusterben²⁹. Die Linie des *A. africanus* entwickelt sich vielleicht zum *Homo erectus*, eine Annahme, die nicht unumstritten ist³⁰. Den Gebrauch des Feuers kannten die Australopithecinen nicht. Es ist dies eine Errungenschaft des Frühmenschen (Pithecanthropinen, *Homo erectus*).

Charakteristisch für den Schädel des *Homo erectus* ist die Kombination eines kleinen Gehirns von 900–1200 cm³ Volumen mit einem relativ grossen Kauapparat. Der niedrige Hirnschädel besitzt eine fliehende Stirn mit einem visierähnlichen Überaugendach. Die schwere Kieferpartie springt schnauzenartig vor. Ein eigentliches Kinn fehlt. Nach den wenigen postkranialen Skelettresten zu schliessen, waren sie im Körperbau den Jetzmenschen sehr ähnlich. Ihre Werkzeuge waren besser bearbeitet als diejenigen der Australopithecinen. Der erste Fund von *Homo erectus erectus* wurde 1891 auf Java gemacht. Das Verbreitungsgebiet des *Homo erectus* erstreckte sich jedoch weit über den malaiischen Archipel hinaus. Besonders ergiebig erwies sich eine Höhle bei Choukoutin, südwestlich von Peking. Die zerschlagenen mensch-

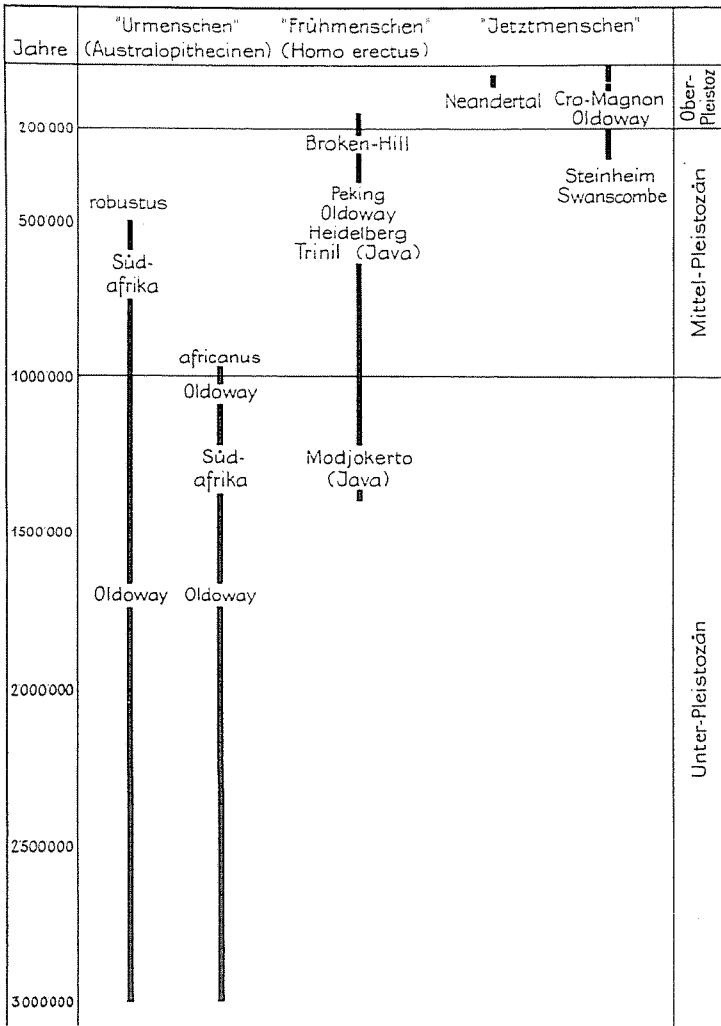


Abb. 18. Wichtige Fundorte fossiler Hominiden.

lichen Skelettreste, besonders der Herausbruch der Schädelbasis, sprechen dafür, dass der Peking-Mensch auch Artgenossen verzehrte. Er dürfte also ein kultisches Denken und Handeln besessen haben. Weitere Unterarten von *Homo erectus* kennt man aus Europa³¹ und Afrika. Die Beziehungen des *Homo erectus* zu den jungpleistozänen Hominiden sind noch nicht geklärt (Abb. 18).

Funde fossiler Menschenreste aus dem Jung-Pleistozän stammen vor allem aus Europa. Es ist dies das Ergebnis einer besonders intensiven Grabungs- und Forschungstätigkeit. Dabei ist zu betonen, dass Europa nicht nur geographisch, sondern auch in bezug der menschlichen Evolution peripher liegt. Den Hiatus zwischen *Homo*

erectus und *Homo sapiens* werden erst weitere aussereuropäische Funde überbrücken können.

Immer deutlicher zeichnet sich ferner ab, dass der sogenannte Neandertaler (*Homo sapiens neanderthalensis*) nicht jener Linie angehört, die zum *Homo sapiens sapiens* führte. Der klassische Neandertaler hat nur während einer kurzen Zeitspanne zu Beginn der Würm-Kaltzeit in Europa gelebt. Seine Toten hat er sorgfältig bestattet. Beigaben, die man in den Gräbern findet, sprechen für seinen Glauben an ein Weiterleben nach dem Tode.

Der moderne Mensch, *Homo sapiens sapiens*, erscheint im östlichen Mittelmeergebiet bereits während der beginnenden Würm-Kaltzeit. Im Verlauf des folgenden Interstadials breitet er sich über ganz Europa aus. Er verdrängte oder sog den klassischen Neandertaler auf. Mit seinem Erscheinen wird Europa von Steppenpflanzen und Steppentieren überflutet, die bis an die atlantische Küste vordrangen. Zuerst gemässigt, bekommt die Steppenfauna einen zunehmend arktischen Charakter.

Homo sapiens sapiens war Träger eines «höheren Jagdtums». Er spezialisierte sich oftmals auf bestimmte Wildarten. Alles ist auf die Jagd, auf das Wild konzentriert. Dieses enge Verhältnis des Menschen zum Tier spiegelt sich auch in seiner kultischen Kunst wider. Während der ausklingenden Würm-Kaltzeit, im Magdalénien, erreicht der Mensch, sowohl was Darstellungen in Höhlen, als auch was Ritzzeichnungen und Skulpturen betrifft, einen absoluten Höhepunkt.

Mit dem endgültigen Rückzug der Gletscher verschwinden die fremdartigen östlichen Tiere in Europa. Während Wald und Wiesen sich ausbreiteten, gewann eine Wald- und Weidefauna die Oberhand und schliesslich den Alleinbesitz des Bodens. Ihr Charaktertier ist der Hirsch, die Zeit im Gegensatz zur Rentierzeit die Hirschzeit. Eines der wichtigsten Ereignisse in der Geschichte der Menschheit ist sodann das Aufkommen der neolithischen Kultur. Der Schritt war in erster Linie ein wirtschaftlicher. Das Neue bestand darin, dass der Mensch die völlige Abhängigkeit seiner Ernährung von der Natur zu überwinden vermochte. Er ging selber zur Produktion von Nahrungsmitteln über, und zwar sowohl auf dem tierischen als auch auf dem pflanzlichen Sektor. Das sagt sich sehr einfach. Auf beiden Gebieten, bei der Viehzucht und beim Getreidebau, dauerte die Entwicklung lang. Sicher hat sie nicht im peripheren Europa stattgefunden.

4. «Was ist der Mensch?»

Bevor wir von paläontologischer Seite auf eine Diskussion über die Stellung des Menschen in der Natur eintreten, wollen wir uns bei den Zoologen umsehen, wie sie diese Frage beantworten. Seit der Zeit LINNÉ'S, seit dem 18. Jahrhundert, schwankt das Urteil unter den Zoologen kaum ernsthaft. Bei ihnen besteht kein Zweifel, dass dem Menschen ein Platz neben den Menschenaffen zukommt. Zahlreiche Einzelheiten des menschlichen Körpers sprechen für eine enge Verwandtschaft. Wohl zeichnet sich der Mensch durch einige Besonderheiten aus. Wir denken an den aufrechten Gang, an die Kombination eines sehr grossen Gehirns mit einem kleinen Kauapparat, an sein besonderes Zahngepräge. All dies sind jedoch in den Augen

des messenden und zählenden Morphologen nur rein quantitative Unterschiede. Deshalb charakterisiert die bekannte Anthropologin I. SCHWIDETZKY (1971) in Mainz den Menschen als «aufrechtgehenden, haarlosen, grosshirnigen Primaten».

Ein Ausschnitt aus dem zoologischen System der höheren Primaten oder Herrentiere sieht deshalb wie folgt aus:

Überfamilie: Hominoidea (höhere Primaten)

Familie: † Oreopithecidae

Familie: Hylobatidae (kleine Menschenaffen)

Subfamilie: † Pliopithecinae

Subfamilie: Hylobatinae (Gibbonartige)

Familie: Pongidae

Subfamilie: † Gigantopithecinae

Subfamilie: † Dryopithecinae

Subfamilie: Ponginae (grosse Menschenaffen)
mit *Pongo* (Orang), *Gorilla*, *Pan* (Schimpanse)

Familie: Hominidae (Menschenartige)

Gattung: † *Ramapithecus*

Gattung: † *Australopithecus*

mit *A. africanus* und *A. robustus*

Gattung: *Homo*

mit † *H. erectus* und *H. sapiens*

Mensch und Menschenaffen müssen deshalb eine gemeinsame Wurzel haben. Diesen Nachweis kann die Paläontologie erbringen. Sie stützt sich dabei auf Merkmale des Skelettes und des Gebisses. Kennzeichnende menschliche Merkmale treten schon bei den Zähnen von *Ramapithecus* auf, weshalb sie als Ahnen der Australopithecinen angesehen werden. In einer späteren Phase wurde die Bipedie erworben. Bei den Australopithecinen sind das relativ kleine Gehirn und der äffische Schädelbau konservativ; progressiv sind das Gebiss und der aufrechte Gang. Die Zweibeinigkeit ist das Schlüsselmerkmal der menschlichen Evolution. Nun sind die Hände frei und können in den Dienst einer höheren Lebensbetätigung treten. Die Hand wird zum Kulturorgan. Nach diesem entscheidenden Schritt setzte der Umbau des Schädels ein, mit der Verkleinerung des Gebissapparates und der Vergrösserung des Gehirns. All dies erfolgte in kleinen und kleinsten Schritten. Noch sind wir weit davon entfernt, alle diese Schritte mit fossilen Dokumenten belegen zu können und werden dies in Zukunft auch nie imstande sein. Lange waren uns die Lücken willkommen. Sie gestatteten im menschlichen Fortpflanzungskontinuum Grenzen zu ziehen: Australopithecinen, Pithecanthropinen und *Homo sapiens*. In Tat und Wahrheit gab es keine Lücken. Zudem müssen wir mit einer grossen individuellen und geographischen Variabilität rechnen. Trotzdem blieb die Menschheit seit dem Erscheinen von *Homo erectus* immer eine biologische Art. Gerade jetzt erlebt das Studium des fossilen Menschen eine sprunghafte Erweiterung. Sie ist neuen Materialien aus Afrika, vom Lake Turkana (Rudolfsee), Laetolil und Hagar, zu verdanken. Wie vorausszusehen war, zeigt es sich, dass die Evolution der Hominiden komplexer ist, als lange angenommen wurde³².

Zum Nachweis stammesgeschichtlicher Zusammenhänge bleibt uns kein anderes

Mittel als die Morphologie. Um die Gegner der Abstammungslehre zu überzeugen, bemühte man sich, gemeinsame Merkmale des Menschen mit den höheren Primaten herauszustellen. Doch ist zu bedenken, dass bei der Aufstellung der Wirbeltierklassen die Organisationshöhe und damit die Leistungsfähigkeit ausschlaggebend sind. Erinnern wir uns an den grossartigen Aufstieg der Wirbeltiere im Laufe der Erdgeschichte. Er erfolgte in Stufen zunehmender Organisationshöhe und wachsender Leistungsfähigkeit. Diese stammesgeschichtliche Höherentwicklung haben wir Anagenese genannt. Um von einer Stufe oder Klasse zur nächst höheren zu gelangen, wurde jeweils ein Übergangsfeld von Mosaikformen durchlaufen. Unter ihnen erreicht meist nur eine einzige Linie die entscheidenden konstruktiven und funktionellen Neuerwerbungen, um sich nach kürzerer oder längerer Zeit explosionsartig auszubreiten. Damit setzt die Vervollkommnung ein, die Cladogenese mit ihren Anpassungen und Spezialisierungen an die verschiedensten Lebensräume und ökologischen Nischen.

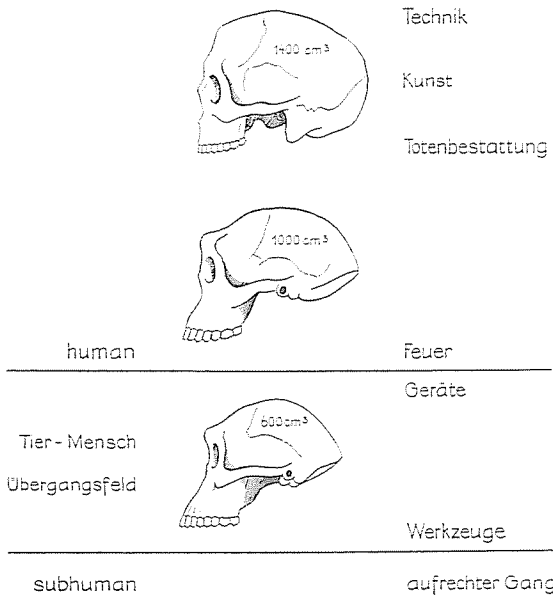


Abb. 19. Evolution der Hominidae.

Auch der Mensch ging diesen Weg (Abb. 19). Auch er begann mit klassischen Mosaikformen, wofür die Australopithecinen ein eindruckliches Modell liefern. Mit der Evolution der Wirbeltiere ging eine wachsende Unabhängigkeit gegenüber der Umwelt einher. Dank der erworbenen Warmblütigkeit kennen Vögel und Säugtiere keine klimatischen Grenzen mehr. Der nächst höhere Grad der Evolution besteht darin, dass ein Lebewesen die Aussenwelt seinen Lebensansprüchen aktiv anpasst. Diese Stufe ist jetzt vom Menschen erreicht. Dank seiner geistigen Fähigkeiten und seiner sozialen Organisation ist es ihm möglich, die ökologischen Verhältnisse auf der Erde grundlegend zu ändern und seine Sinnes- und Wirkwelt über die Erde hinaus zu erweitern. Gleichzeitig erfolgte eine gewaltige Bevölkerungsexplosion.

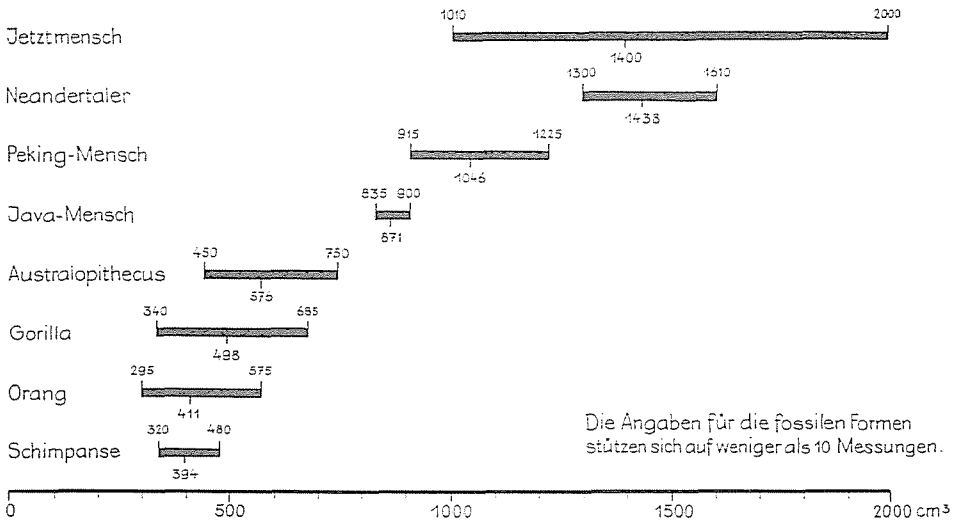


Abb. 20. Schädelkapazität einiger Hominoidea in cm³. Nach E. STEITZ (1974).

Die Evolution des Menschen ist eine typische Anagenese, eine Höherentwicklung. Der Mensch ist aus der Klasse der Säugetiere emporgestiegen und hat eine neue, höhere Organisationsstufe erreicht. Dem Menschen gebührt im System der Wirbeltiere deshalb eine besondere Klasse³³. Abgesehen vom Gehirn (Abb. 20), haben sich die anatomischen Merkmale des Menschen während seiner Evolution nur wenig geändert. Das Entscheidende war fraglos die Entwicklung und Differenzierung des Vorderhirns³⁴. Damit wurde als wichtigste Neuerung die Sprache gewonnen.

Diese absolute Unterscheidung des Menschen vom Tier wird häufig durch die ungenaue Verwendung des Wortes Sprache verwischt, indem zum Beispiel von der «Sprache der Bienen» gesprochen wird. Die menschliche Sprache ist völlig verschieden von irgendeinem Verständigungssystem bei Tieren. Die Sprache ist mehr als ein Mittel der Verständigung. Erst sie ermöglicht die ureigenste Leistung des Menschen, die Kultur-Evolution. Wir verstehen darunter Ideen, Erfindungen, Traditionen, die nicht vererbt, sondern durch Kommunikation weitergegeben werden. Sichere Kenntnisse über das Auftreten der Sprache, der Fähigkeit zur Begriffsbildung und der Erwerbung des abstrakten Denkens besitzt man bisher noch nicht.

Die Evolution des Menschen steht nicht still. Geologisch gesehen, steht er erst an ihrem Anfang. Mit wesentlichen anatomischen Änderungen wird nicht mehr zu rechnen sein. Seine Zukunft wird von der Kultur-Evolution beherrscht werden. Dabei hat man sich Rechenschaft abzugeben, dass Kultur nicht erblich ist. Kultur kann jederzeit gemehrt, jedoch auch jederzeit gemindert werden. Die Evolution der Wirbeltiere lehrt uns noch ein weiteres. Es ist der Trend, durch bessere Fürsorge für die Nachkommenschaft die Geburtenrate zu senken. Die freiwillige Anpassung der Geburtenrate aller sozialer Schichten der Menschheit an die Bedürfnisse der Gesell-

schaft ist die grundlegende Voraussetzung für jeden Versuch, die Zukunft der Evolution zu steuern.

Der Naturwissenschaft sind zwei Aufgaben gestellt. Einmal gilt es die Naturkräfte der Menschheit dienstbar zu machen. Zum anderen geht es darum, eine wirkliche Einsicht in die Zusammenhänge der Natur zu gewinnen. Das ferne hohe Ziel dabei ist, die Stellung des Menschen in der Natur kennen zu lernen. An der Lösung dieser zweiten Aufgabe ist die Paläontologie entscheidend beteiligt. Die Ahnung eines grossen Zusammenhanges, in den wir mit unseren Beobachtungen und Gedanken immer tiefer eindringen, sind treibende Kraft und Glück des Paläontologen. Wir empfinden dies täglich, doch reden wir selten davon. Der heutige Tag ist eine Ausnahme. Morgen kehren wir zu unseren Fossilien zurück, die es zu befragen und zu deuten gilt und an denen wir uns freuen.

Vor fünfzig Jahren habe ich mich entschlossen, Paläontologe zu werden. Es gehörte Wagemut dazu, sein Leben einer Aufgabe zu widmen, bei der das Erreichen eines Zieles nicht von vornherein gesichert war. Dass ich meinen Jugendtraum verwirklichen konnte, erachte ich als eine besondere Gnade meines Lebens.

Anmerkungen

¹ Von meinen Lehrern möchte ich besonders der Professoren K. HESCHELER, H. SCHARDT, P. NIGGLI und C. SCHRÖTER gedenken.

² KARL ALFRED VON ZITTEL, geb. am 25. September 1839 im Pfarrhaus zu Bahlingen am Kaiserstuhl (Baden). Nach Studien bei H. G. BRONN in Heidelberg, sodann in Paris und Wien habilitierte er sich 1863 für Geologie und Paläontologie an der Universität Wien. Schon im gleichen Jahr kehrte er in seine Heimat zurück, um an der polytechnischen Schule in Karlsruhe zu lehren. Nach dem frühen Tode von ALBERT OPPEL folgte der 27jährige ZITTEL dem Rufe als Professor für Paläontologie an die Universität München. München wurde ZITTELS zweite Heimat. Hier wirkte er 37 Jahre. Am 5. Januar 1904 wurde er aus einem Leben reich an Arbeit und Erfolg durch den Tod herausgerissen. Glänzend hatte sich die Prophezeiung von M. HOERNES aus dem Jahre 1866 erfüllt, der bei ZITTELS Berufung nach München ahnend bemerkte: «Durch ZITTEL wird die führende Rolle, welche Wien bisher auf dem Gebiete der Paläontologie inne hatte, an München übergehen.»

Nach J. F. POMPECKJ, 1904.

³ WLADIMIR ONUFRIEWITSCH KOWALEWSKY, geb. am 14. August 1842 auf dem Gute seiner Eltern Schustianka (im Dünaburgischen). Er trat in die Kaiserliche Rechtsschule in St. Petersburg ein. Wegen Geldsorgen des Vaters verdiente er seinen Unterhalt durch Übersetzen von Büchern (BREHM, DARWIN, LYELL, L. AGASSIZ). Das Studium der Naturwissenschaften nahm er 1863 auf. Im Jahre 1868 ging er eine fiktive Ehe mit der Generalstochter SONYA (SOPHIA) KORVIN-KRUKOVSKY ein. Diese anfänglich platonische Verbindung ermöglichte seiner Frau das Studium der Mathematik an ausländischen Universitäten. Von 1869 bis 1874 studierte KOWALEWSKY Naturwissenschaften in Heidelberg, München, Würzburg und Berlin, seine Frau Mathematik in Heidelberg und ab 1871 bei WEIERSTRASS in Berlin. Im Britischen Museum in London erwachte 1871 KOWALEWSKYS Interesse für fossile Wirbeltiere. Dem eigentlichen Studium der Paläontologie konnte er nur wenige Jahre widmen, während denen er mit fieberhaftem Eifer arbeitete. In den Jahren 1873–1876 erschienen seine fünf klassischen Monographien über fossile Huftiere, niedergeschrieben in drei für ihn fremden Sprachen (französisch, deutsch und englisch). H. F. OSBORN schrieb 1910: "If a student ask me how to study paleontology, I can do no better than direct him to the 'Versuch einer natürlichen Classification der Huftiere', out of date in its facts, thoroughly modern in its approach to ancient nature."

Mit seiner Frau übersiedelte er 1874 nach Russland, das sie misstrauisch und unfreundlich emp-

1878 wurde ihnen die Tochter «Foufie» geboren. 1880 wurde er Dozent an der Universität Moskau. Es war notwendig, Geld zu verdienen; Spekulationen misslangen. Der Kampf und die Sorge für seine Familie und für seine Wissenschaft rieben KOWALEWSKY auf. Nach schweren Gemütsdepressionen nahm er sich in der Nacht auf den 28. April 1883 das Leben. Die Nachricht von seinem Tode machte einen erschütternden Eindruck auf seine Frau, die damals in Paris weilte. Die Witwe kehrte zu WEIERSTRASS nach Berlin zurück. Im Jahre 1884 wurde sie Dozentin, 1889 Professorin für Mathematik an der Universität Stockholm, wo sie am 10. Februar 1891 starb. "SONYA KOVALEWSKY was the greatest woman mathematician prior to the twentieth century" (EDNA E. KRAMER, 1973).

⁴ LOUIS ANTOINE MARIE JOSEPH DOLLO, geb. am 7. Dezember 1857 in Lille (Frankreich), als Sohn einer alten bretonischen Familie, gest. am 19. April 1931 in Brüssel (Belgien). DOLLO studierte an der Universität Lille, wo der Geologe J. GOSSELET und der Zoologe A. GIARD ihn besonders beeindruckten. Seine Studien schloss er 1877 als Zivil- (Bau-) und Bergbau-Ingenieur ab. DOLLO übersiedelte 1879 nach Brüssel, um erst als Ingenieur in einem Gaswerk zu arbeiten. In dieser Zeit lernte er die Arbeiten von W. KOWALEWSKY kennen und fasste den Entschluss, sich der Paläontologie zu widmen. Seit 1882 arbeitete er am Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique in Brüssel. Anfänglich hatte er schwer unter dem Neid und der Missgunst der Kollegen zu leiden. Vor 1904 arbeitete er in einem kleinen, finsternen und dumpfen Raum mit vergitterten Fenstern des Untergeschosses des Museums. Ein einziger Arbeitstisch, ein ärmlicher Rohrsessel, Gestelle aus rohen Brettern für Bücher und Objekte und eine schlecht brennende Gaslampe bildeten die Einrichtung des Zimmers, in dem Sommer und Winter ein Öfchen bis zur Gluthitze brennen musste, um die Dampfhitze und Feuchtigkeit des Raumes zu bekämpfen.

Hier entstanden die meisterhaften Arbeiten über die Iguanodonten, über die Mosasaurier und Schildkröten aus der Kreide Belgiens. Dann wurde ihm vom damaligen Direktor das Recht entzogen, über fossile Reptilien zu arbeiten. An ihrer Stelle wurden ihm die fossilen Fische überlassen. Als Frucht dieser anfänglich unfreiwilligen Arbeit veröffentlichte DOLLO 1895 die klassische Studie über die Stammesgeschichte der Lungenfische, die ihn in die erste Reihe der Paläontologen seiner Zeit stellte. Die Neider fanden es jetzt doch besser DOLLO wieder über Reptilien arbeiten zu lassen. Von 1891 bis zu seinem Lebensende amtierte er als Kurator der Wirbeltiere. Seit 1909 las er als a.o. Professor an der Universität Brüssel über Paläontologie und Tiergeographie.

Die wissenschaftlichen Arbeiten DOLLOS greifen weit über seine museale Arbeit hinaus. Wie kein anderer zuvor betonte er, dass das Leben der Vorzeit nur durch ein intensives Studium des Lebens der Gegenwart begriffen werden könne. Bewusst baute er die ethologische Analyse aus, die genaue Untersuchung der Anpassung der Lebewesen an ihre Umwelt. Der Paläontologie gab er damit einen mächtigen Auftrieb. Von seinen Erkenntnissen ist das DOLLOSE Prinzip der Irreversibilität der stammesgeschichtlichen Entwicklung das bedeutungsvollste (Die Entwicklung ist nicht umkehrbar). Es wurde von ihm 1893 aufgestellt. – Für DOLLO war die Wissenschaft «die hohe, himmlische Göttin». Oft betonte er: «Ein Mann der Wissenschaft muss verlangen, dass ihn die Leute mit Hochachtung wie einen Priester behandeln. Wir sind Priester der Wissenschaft und müssen uns auch im täglichen Leben darnach benehmen.»

Nach O. ABEL, 1931.

⁵ OTHENIO LOTHAR FRANZ ANTON LOUIS ABEL wurde am 20. Juni 1875 in Wien als Sohn des LOTHAR PAUL FRIEDRICH ABEL, Gartenarchitekt, Professor an der Gartenbauschule der K.K. Gartenbaugesellschaft, Dozent an der Hochschule für Bodenkultur, und der MATHILDE FRANZISKA ANTONIA SCHNEIDER geboren. Im September 1894 bezog ABEL die Universität Wien. Auf Wunsch der Eltern, die für ihn die Diplomatenaufbahn ausersehen hatten, immatrikulierte er sich an der juristischen Fakultät, obschon er lieber Naturwissenschaften studiert hätte. Neben dem Rechtsstudium widmete er sich eifrig der Geologie und Paläontologie. Nach dem Tode seines Vaters wandte er sich endgültig dem Studium der Geologie zu. Zwei Jahre später, 1898, wurde er Assistent von EDUARD SUESS, doktorierte bei ihm und kam dann als Praktikant und bald als Assistent an die K. K. Geologische Reichsanstalt. Im Jahre 1900 übernahm er den ehrenvollen Auftrag die fossilen Wale aus dem oberen Miozän und Pliozän von Antwerpen in Brüssel zu bearbeiten. Dieser Ruf wurde für ihn von entscheidender Bedeutung. In Brüssel traf er mit LOUIS DOLLO zusammen. Unter dessen Einfluss trat ABEL an die Aufgabe heran, die sein Lebenswerk werden sollte: die biologische Auswertung der fossilen Dokumente.

Nachdem sich ABEL 1902 an der Universität Wien für allgemeine Paläontologie habilitiert

hatte, wurde er 1907 a.o. Professor, 1912 o. Professor und 1917 Ordinarius für Paläobiologie und Vorstand des von ihm geschaffenen Paläobiologischen Lehrapparates, des späteren paläobiologischen Institutes. Sein Hauptwerk: «Grundzüge der Paläobiologie der Wirbeltiere», erschien 1912. Es ist ein Meilenstein in der Entwicklung der Paläontologie. Dann folgte eine überdurchschnittliche Produktivität. Dazu gesellten sich grosse Ausgrabungen bei Pikermi in Griechenland sowie in der Mixnitzer Drachenhöhle in der Steiermark. Die Übernahme des Rektorates der Universität Wien 1932/33 riss ihn in den Wirbel der damaligen politischen Ereignisse. Wegen seiner nationalen beziehungsweise nationalsozialistischen Haltung wurde ABEL 1934 zwangspensioniert. Auf den 1. April 1935 erfolgte seine Ernennung zum Ordinarius in Göttingen, wohin er seine grosse Privatsammlung mitnahm. Dort kam es bald zu Zwistigkeiten mit dem Vertreter der Geologie. Enttäuschung folgte auf Enttäuschung, so dass ABEL wieder heimwärts strebte. Nach seiner 1940 erfolgten Emeritierung in Göttingen, bemühte er sich in Salzburg ein Forschungsinstitut für Lebensgeschichte aufzubauen. Das Projekt versank im Lauf der Kriegsereignisse. Nach Kriegsende, nach einer schweren Zeit verschied ABEL kurz nach Vollendung seines 71. Lebensjahres auf seinem Landgut am Mondsee am 4. Juli 1946.

Nach K. EHRENBERG, 1976.

⁶ Die Methoden benützen die Tatsache, dass gewisse radioaktive Elemente sich gesetzmässig und kontinuierlich durch Abgabe von Strahlen und Wärme in stabile Elemente umwandeln. Die Zerfallsgeschwindigkeit wird durch die Halbwertszeit ausgedrückt, das heisst durch die Zeit, in der die Hälfte des radioaktiven Elementes zerfallen ist. Bei kurzer Halbwertszeit lassen sich nur kurze Zeitspannen messen (radioaktiver C^{14} 6000 Jahre), bei langer Halbwertszeit dagegen viele Jahrmillionen, das heisst die ganze Erdgeschichte (zum Beispiel U^{238} : 4.5×10^9 Jahre = 4500 Millionen Jahre). Bei bekannter Zerfallsgeschwindigkeit kann man aus dem Verhältnis zwischen der Menge der ursprünglichen Substanz und der Zerfallprodukte das Alter des Minerals oder Gesteins in dem das Element vorkommt feststellen. Altersverfälschungen sind allerdings heute noch relativ häufig.

⁷ Als zwei Beispiele seien angeführt:

Die Grabungen des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Halle/Saale im Mittel-Eozän des Geiseltales südlich von Halle/S. Die Grabungen wurden 1925 von J. WALTHER begonnen. Durch dessen Nachfolger J. WEIGELT erfuhren sie ab 1930 eine ungeahnte Ausweitung. In Grossraum-Tagebauen beutete er Leichenfelder und Leichentrichter der Braunkohlenflöze aus. J. WEIGELT konnte dabei seine Lehre der Biostratonomie in glänzender Weise anwenden. Er verstand darunter die Erforschung aller Vorgänge, die nach dem Tode eines Tieres bis zu seiner Einbettung ins Sediment auf den Kadaver eingewirkt haben sowie die Lagebeziehungen der Fossilien zueinander und zum Sediment.

Eine der Hauptaufgaben des Paläontologischen Institutes und Museums der Universität Zürich ist die Erforschung der Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. Initiator dieser Unternehmung ist der 1963 verstorbene Paläontologe BERNHARD PEYER. Er hatte 1924 klar erkannt, dass durch flächenhafte Grabungen in der Trias des Monte San Giorgio (Kanton Tessin) wertvolles Material an Fischen und Reptilien geborgen werden kann. Anfänglich auf der Stufe des Jägers und Sammlers stehend, wurde 1950 mit einer grossangelegten quantitativen Grabung begonnen, die 1968 abgeschlossen werden konnte. Dabei wurde neben den Wirbeltieren auch den Wirbellosen sowie Spuren und Marken, also dem gesamten Fossilinhalt und den Sedimenten Beachtung geschenkt. Siehe E. KUHN-SCHNYDER: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. Neujahrsblatt d. Natf. Ges. in Zürich, 176. Stück, 1974.

⁸ W. SCHAEFER (1962, 1972) unterteilt die Aktuopaläontologie in folgende Gebiete:

1. Funktionelle Morphologie.
2. Fährten- und Spurenkunde.
3. Todes- und Einbettungslehre.
4. Biofazieskunde.

«Biofazies» ist die Summe aller Merkmale einer Ablagerung und als solche das materielle Spiegelbild der durch Organismen, als Substanz und durch ihre Tätigkeit gekennzeichneten Vorgänge in einer meerischen, limnischen oder äolischen Ablagerung.

⁹ OTTO HEINRICH SCHINDEWOLF, geb. am 7. Juni 1896 in Hannover, gest. am 10. Juni 1971 in Tübingen. SCHINDEWOLF studierte an der Universität Marburg bei dem eigenwilligen RUDOLF WEDEKIND, wurde bei ihm Assistent und habilitierte sich dort 1921 für Geologie und Paläontologie. Im Jahre 1927 wechselte er an die Geologische Landesanstalt Berlin über, um 1948 die

Leitung des Institutes für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen zu übernehmen, von der er 1964 altershalber zurücktrat.

Begabung und leidenschaftliches Interesse führten SCHINDEWOLF zu umfassenden morphologischen und morphogenetischen Untersuchungen fossiler Korallen und Ammoniten, mit sorgfältiger Berücksichtigung ihres stratigraphischen Vorkommens. Alle seine mustergültigen Arbeiten waren jedoch nie Selbstzweck, sondern dienten ihm als Bausteine zur Untermauerung seiner Ansichten über den Ablauf der Stammesgeschichte der Lebewesen. Für die Anerkennung der Morphologie war er ein eifriger Kämpfer und gefürchteter Fechter. Er war ferner einer der ersten, der versuchte, Aussagen der Genetik auch für die Paläontologie nutzbar zu machen. Seine Erfahrungen und Erkenntnisse fanden ihren Niederschlag in gedankenreichen und anregenden Büchern. Wegen der hervorragenden didaktischen Darlegung seiner Ideen gewannen sie einen breiten Leserkreis, der weit über den Fachbereich der Paläontologie hinausreichte. So errang er jene Führerstellung in der Paläontologie Deutschlands, die seinem Lehrer WEDEKIND versagt blieb. Als begnadeter Lehrer hatte er viele Schüler, deren berufliches Fortkommen er tatkräftig förderte. So wurde das Tübinger Institut zu einer Hochburg deutscher Paläontologie. Mit zäher Willenskraft seine körperlichen Beschwerden überwindend, arbeitete er bis wenige Stunden vor seinem Tod. Er starb so als leuchtendes Vorbild nicht nur für seine Schüler und Mitarbeiter, sondern für alle, die sich dem Studium seiner Wissenschaft verschrieben haben.

¹⁰ Lassen wir G. G. SIMPSON über die damalige Situation selber berichten (The compleat Palaeontologist? Ann. Rev. of Earth and Planetary Sci., 4, 1976, S. 4/5): "The greater part of my regular work was also perforce in descriptive systematics, but I was increasingly taken up with problems of evolutionary theory. That interest was intensified when the German invertebrate paleontologist Otto Schindewolf published a small book attempting a synthesis of evolutionary theory derived from genetics, embryology, and paleontology (Schindewolf 1936). Unfortunately Schindewolf's attempted synthesis was based on mutationist, antiselectionist genetics, which had already been made obsolete by studies, mostly in English, that were little-known in Germany and unknown to most paleontologists anywhere.

The fact that Schindewolf's views did not agree with my own interpretations of the fossil record or with what I had so far gathered about evolutionary genetics made me resolve to go further into these matters, at least in what spare time could be devoted to them. I was further both inspired and aided by the appearance of the first of Dobzhansky's now numerous and invaluable books on genetics and evolution (Dobzhansky 1937). In due course, this led to my first book on evolution, begun in 1938 and completed in 1942, although not published until two years later (Simpson 1944, *Tempo and Mode in Evolution*, New York: Columbia Univ. Press. 237 pp.). Because I was absent on active military service, I did not then have the advantage of consulting Ernst Mayr's book (1942, *Systematics and the Origin of Species*, New York: Columbia Univ. Press. 334 pp.), which was published before mine and which brought systematics into the growing synthesis."

¹¹ STENSIÖ konnte über 105 Fossilreste, meist Kopfpfanzler untersuchen, die von norwegischen Spitzbergen-Expeditionen 1906–1925 gesammelt worden waren. Einzelne Kopfpfanzler, in der Regel nicht grösser als ein Fingerabdruck, präparierte er mit feinen Instrumenten unter einer binokularen Lupe. Er fertigte Serienschliffe an und baute darnach Wachsmoodelle. Als besonders bedeutungsvoll erwies es sich, dass die Cephalaspiden nicht nur einen Panzer aus Hautknochen, sondern im Kopfgebiet auch ein Innenskelett besaßen. Ihr Gehirn ist von einer Knochenkapsel umschlossen, mit der die Skelette des Kiemenapparates und des Schultergürtels innig verbunden sind. Aufgrund der Rekonstruktion des Hohlraumsystems des Kopfes war es STENSIÖ möglich, die Form des Gehirns und die Wege der Nerven und Blutgefäße im Kopfgebiet aufzuklären. Heute kennt man das Gehirn der Cephalaspiden besser als dasjenige vieler lebender Tiere.

¹² Der Bau des Kiemenapparates der Fische lässt sich nicht von den Verhältnissen herleiten, wie sie die Cyclostomen (Agnatha) besitzen. Die Kiemen der Cyclostomen befinden sich auf der Innenseite der Kiemenbogen, bei den Gnathostomata auf der Aussenseite. Als Vorfahren der Gnathostomata kommen deshalb die Cyclostomata nicht in Frage.

¹³ DAVID MEREDITH SEARES WATSON, geb. am 18. Juli 1886 zu Salford, Lancashire (England), gest. am 23. Juli 1973 in Harrow. Er studierte anfänglich Chemie, dann angeregt durch Fossilfunde Paläobotanik und Wirbeltierpaläontologie. Im Jahre 1921 wurde er Jodrell Professor of Zoology

and Comparative Anatomy. Sein Rücktritt erfolgte 1951. Durch Funde karbonischer Fische und Amphibien in England wurde sein Interesse für die frühen Wirbeltiere entfacht. Als erfolgreicher Sammler und Paläontologe führte ihn sein Weg zu Wirbeltierlagerstätten und in die Museen seines Vaterlandes, zu denen Nordamerikas, Australiens und mehrmals nach Südafrika. Sein wissenschaftliches Werk umfasst die Hauptphasen der Stammesgeschichte der Wirbeltiere.

Nach R. DEHM

¹⁴ Es sei nicht verschwiegen, dass diese Beobachtung von O. H. SCHINDEWOLF (1936, 1950) schon früher gemacht wurde. Er prägte dafür den Begriff «Mischtypen».

¹⁵ Als Musterbeispiel für ein Missing link zwischen Amphibien und Reptilien galt lange *Seymouria*. Sie wurde 1904 von F. BROILI im unteren Perm von Texas entdeckt. Heute weiss man, dass *Seymouria* als Bindeglied zwischen Amphibien und Reptilien wegen des stratigraphischen Alters nicht in Frage kommen kann. Die ältesten bekannten Reptilien tauchen schon im Ober-Karbon auf. Merkmale des Schädels sprechen zudem dafür, dass *Seymouria* noch auf Seite der Amphibien steht. Gegenwärtig wird *Gephyrostegus* aus dem Ober-Karbon als Modell eines Reptilvorfahren von R. L. CARROLL herausgestellt. Auch dieser Form gehen jedoch Reptilien zeitlich voraus. R. L. CARROLL nimmt einen amphibischen Fortpflanzungsmodus bei *Gephyrostegus* an.

¹⁶ ALFRED LOTHAR WEGENER, geb. am 1. November 1880 in Berlin, gest. im November 1930 in Grönland. WEGENER wurde Leiter der Abteilung für theoretische Meteorologie an der Hamburger Seewarte und 1924 Ordinarius für Geophysik und Meteorologie in Graz. Von 1906 bis 1908 nahm er an einer Expedition von MYLIUS ERICHSEN in Ostgrönland teil, wobei er sich vor allem meteorologischen Forschungen widmete. 1912/13 führte er systematische Untersuchungen am Inlandeis Grönlands durch. Nach Vorarbeiten im Sommer 1929 begab er sich als Leiter der «Deutschen Grönlandexpedition 1930» in die Arktis. Es wurden dabei Stationen über die ganze Breite Grönlands angelegt und sie zum Überwintern eingerichtet. WEGENER, der sich auf der Station «Eismitte» befand, wurde von der Küste um Hilfe angerufen. Er folgte dem Ruf am 1. November und erlag auf der Schlittenfahrt den Strapazen. – Sein aufsehenerregendes Werk: «Die Entstehung der Kontinente und Ozeane», erschien 1915 und erlebte in rascher Folge mehrere Auflagen.

Nach A. MEYER-ABICH

¹⁷ Daneben sind biochemische Untersuchungen an heute lebenden, vor allem an primitiven Lebewesen durchzuführen. Die Ergebnisse müssen sodann mit den Befunden der Paläontologen getestet werden, also mit den Aussagen von Fossilien, darunter auch solcher geochemischer Natur. An der Lösung der Fragen nach der Entstehung und der frühesten Entwicklung des Lebens sind Astronomen, Geo- und Biochemiker, Zytologen und Paläontologen beteiligt. Auf diesem Wege stehen wir erst am Anfang. Es ist als ob wir bisher nur die Spitze eines gewaltigen Eisberges kennen würden.

¹⁸ E. HADORN hat in seinem letzten Vortrag, gehalten in der «Debatte Chemie» am 6. Februar 1976 an der ETH Zürich, die folgenden Lebenseigenschaften aufgezählt (gekürzt):

1. Es gibt – mindestens heute – keine einfachen Lebewesen.
2. Lebewesen kommen nur in der Gestalt von Individuen vor.
3. Organismen sind offene Systeme.
4. Dieser Zustand ist durch eine negative Entropiebilanz ausgezeichnet.
5. Organismen reagieren auf Einflüsse der Umwelt mit systemerhaltenden Lebensäusserungen.
6. Erfahrungen können als Lern- und Gedächtnisinhalte gespeichert werden.
7. Damit in Zusammenhang können psychische Elemente auftreten.
8. Lebewesen gehen nur aus Zellen ihrer eigenen Art hervor. Diese Kontinuität kann durch Evolutionsvorgänge modifiziert werden.
9. Artkonstanz und Individualstrukturen werden nur durch die Desoxyribonukleinsäure (DNS) von Generation zu Generation übertragen.

10. Die meist von Keimzellen ausgehende Individualentwicklung wird durch das in der DNS eingespeicherte Programm in einer Auseinandersetzung mit Faktoren der Umwelt verwirklicht. So entsteht der Phänotypus.

11. Organismen sind historische Wesen. Sie haben Erfahrungen eines über Jahrmillionen andauernden Experimental- und Evolutionsprozesses im Strukturgefüge ihrer DNS so konserviert, dass das molekular Verankerte jederzeit für die Lebensleistungen einsetzbar ist. Aus diesem DNS-Erfahrungsgut, das als «Erbgedächtnis» funktioniert, wird erstaunlich wenig gelöscht.

¹⁹ Besonderes Aufsehen hat in den letzten Jahren die Bitter-Springs-Formation in Australien erweckt, der ein Alter von etwa 1000 Millionen Jahren zugeschrieben wird. Es handelt sich um eine reiche, gut erhaltene Mikroflora. Der Nachweis des Vorkommens eukaryotischer Zellen scheint jedoch verfrüht zu sein.

²⁰ E. DUBOIS vertrat in seinen letzten Lebensjahren (1935, 1950) die Ansicht, sein *Pithecanthropus* sei eine Art grosser Gibbon.

²¹ Am 18. Dezember 1912 verkündeten ARTHUR SMITH WOODWARD und CHARLES DAWSON im überfüllten Vortragssaal der Geological Society in London die Entdeckung eines fossilen Menschen, des "Dawn Man of Piltdown". Es handelte sich um Schädelreste, einen rechten Unterkiefer und einen Eckzahn, aus Schottern bei Piltdown (Sussex). Zuerst sprach DAWSON über die Fundumstände und die Datierung der Schotter. Aufgrund von Zahnresten von Elefanten und Flusspferden stufte er die Schotter ins frühe Eiszeitalter ein, mit einem Mindestalter von 500000 Jahren. Dann besprach WOODWARD die menschlichen Reste. Er schloss: «Dieses einzigartige Fossil, verkörpert durch einen äffischen Unterkiefer und einen menschlichen Hirnschädel, verdient einen besonderen Platz im zoologischen System. Deshalb schlagen wir vor, diesen Schädel als eine neue menschliche Art und Gattung herauszustellen. *Eoanthropus dawsoni*, so benannt zu Ehren seines Entdeckers.» Die Originale wurden in einem Safe des Britischen Museums (Natural History) aufbewahrt und nur wenigen Auserwählten gezeigt, wobei sie die Fragmente nicht in die Hand nehmen durften. Nicht alle zeitgenössischen Fachleute waren davon überzeugt, dass der äffische Unterkiefer zu den Schädelresten gehöre. Zweifler waren u. a. M. BOULE (Paris), TH. MOLLISON (München), W. GIESELER (Tübingen) und F. WEIDENREICH (Frankfurt a. M.). Dazu fehlten damals auch genaue Kriterien für das Alter. Der Wendepunkt trat 1949 ein, als K. OAKLEY die menschlichen und tierischen Reste mit dem Fluortest prüfte. Knochen nehmen aus dem Grundwasser Fluor auf, das heisst je älter sie sind, desto höher ist der Fluorgehalt. Die Prüfung ergab, dass ein Teil der tierischen Reste einen hohen Fluorgehalt aufwies, während die Reste von *Eoanthropus* neben anderen tierischen Fundstücken einen sehr niedrigen Gehalt besaßen. *Eoanthropus* musste aus allerjüngster Zeit stammen. Eine genaue Nachprüfung der fraglichen Reste ergab, dass Schädelreste und Unterkiefer mit Kaliumbichromat gefärbt worden waren. Der Unterkiefer stammt von einem Orang, die Schädelreste stammen vom *Homo sapiens*. *Eoanthropus* war eine Fälschung. Wer war der Fälscher? Sicher war es nicht WOODWARD, einer der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiet fossiler Fische. Mit den Resten des *Eoanthropus* hat er sich erst nach seinem Ausscheiden aus dem Dienst des Britischen Museums (Natural History) befasst. DAWSON, der 1916 starb, konnte man die Fälschung nicht sicher nachweisen. Nach J. S. WEINER (The Piltdown Forgery. London: Oxford Univ. Press. 1955).

²² Der Rhodesier-Schädel ist kein Vertreter einer Vorstufe des *Homo sapiens*. Gewisse Ähnlichkeiten mit dem Neandertaler liegen vor. Doch beträgt seine Schädelkapazität sehr deutlich weniger als diejenige der Neandertaler. Das Alter des Rhodesier-Schädels ist auf etwa 125000 Jahre geschätzt worden.

²³ Der Schädel von Steinheim an der Murr stammt aus dem Mindel-Riss-Interglazial. Sein Alter wird auf 200000 Jahre geschätzt. Gleichaltrig und ähnlich sind die Schädelreste eines Individuums von Orte Swanscombe, rund 30 km südöstlich von London. Ihre Unterschiede gegenüber *Homo erectus* weisen auf zwei frühzeitig getrennte menschliche Entwicklungsreihen während des Pleistozäns hin:

a) Eine ostasiatische, die ihrerseits mit afrikanischen Formen in Verbindung steht;

b) eine europäische, die schliesslich zu den Neandertalern und zu den rezenten Sapiens-Formen führt.

Nach W. GIESELER

²⁴ Der erste Fund eines Australopithecinen, ein Kinderschädel, gelangte 1924 in die Hände von Professor RAYMOND DART in Johannesburg. Er stammte aus einer Höhle bei Taungs in Betschuana-land. DART taufte ihn *Australopithecus africanus* und rechnete ihn anfänglich zu den Menschenaffen. Bald jedoch weissagte er: «Das Exemplar ist (deshalb) von Bedeutung, weil es eine ausgestorbene Affenart vertritt, die wir als Entwicklungsstufe zwischen (den heute lebenden) Menschenaffen und dem Menschen ansehen können.» Diese Behauptung stiess auf einmütige Ablehnung der massgebenden Anthropologen. Sie sorgten dafür, dass «DARTS Baby» aus der wissenschaftlichen Diskussion verschwand. Dr. ROBERT BROOM war berufen, das eisige Schweigen zu schmelzen. Dass das Kind von Taungs dem Menschen näher stand als den Menschenaffen, konnte nur durch

weitere Funde bewiesen werden. BROOMS Jagd seit 1936 auf Australopithecinen war an verschiedenen Orten Südafrikas erfolgreich. – Das Kind von Taungs soll vielleicht zu *Australopithecus robustus* gehören (PH. V. TOBIAS).

²⁵ ROBERT BROOM, geb. am 30. November 1866 in Paisley (Schottland), gest. am 6. April 1951 in Pretoria (Südafrika). BROOM studierte in Glasgow; er wurde Arzt. Aus gesundheitlichen Gründen wanderte er 1892 nach Australien aus, "the possibility of working on monotremes and marsupials being an additional inducement". Er kehrte 1896 nach England zurück. In London lernte er fossile Reptilien aus der Karroo kennen und wandte sich deshalb nach Südafrika. Meist seinen Unterhalt als Arzt verdienend, sammelte, untersuchte und publizierte er über die südafrikanischen Mammal-like reptiles. Von H. F. OSBORN nach New York eingeladen, verbrachte BROOM eine Woche im American Museum of Natural History, um die Pelycosaurier aus dem Perm von Texas zu studieren. Nach seiner Rückkehr schrieb er jene klassische Arbeit, in der er zeigte, dass die säugetierähnlichen Reptilien Südafrikas von den Pelycosauriern abstammen. Endlich 1934 verschaffte ihm General SMUTS die Stelle eines Curators of Fossil Vertebrates and Anthropology am Transvaal Museum in Pretoria. Mit ungebrochener Energie wandte er sich neben dem Studium der Karroo-Reptilien der Untersuchung pleistozäner Hominiden zu. Am 17. August 1936 entdeckte er seinen ersten Australopithecinen-Schädel («*Plesianthropus*»). Damit begann eine Reihe beispielloser Entdeckungen fossiler Hominiden. Obschon er vierzig Jahre lang seinen Unterhalt durch eine ärztliche Praxis bestreiten musste, ist sein wissenschaftliches Werk einzigartig. Zweimal während seines Lebens hat er den Fortschritt der Wirbeltierpaläontologie entscheidend beeinflusst. Im Alter zwischen 34 und 44 Jahren schuf er die Grundlagen für die moderne Systematik der Reptilien und klärte sodann im Alter von 70 Jahren bis zu seinem Tode unsere Auffassungen über die Frühgeschichte des Menschen. Der Paläontologie zu dienen war ihm heilige Pflicht.

²⁶ Die Fundstelle Choukoutien, 45 Meilen von Peking entfernt, wurde von Dr. J. GUNNAR ANDERSSON entdeckt und seit 1920 von den Schweden untersucht. 1926 sammelte Dr. O. ZDANSKY dort. Unter den vielen tierischen Knochenresten fand er zwei Zähne, die das Interesse von Dr. D. BLACK, eines kanadischen Anatomen am Union Medical College in Peking wachriefen. Seine Bestimmung der Zähne als menschliche Reste lehnte ZDANSKY entrüstet ab. Ausgrabungen von R. BOHLIN lieferten 1927 einen weiteren Zahn, den BLACK ohne Zögern als menschlich bezeichnete. Mit Grossmut bestand er darauf, dass die neu entdeckte Menschenform *Sinanthropus pekinensis* BLACK & ZDANSKY bezeichnet wurde. Der chinesische Forscher W. C. PEI förderte 1929 den ersten Schädelrest zutage. Die Arbeiten nahmen in der Folge einen solchen Umfang an, dass die Hilfe der Rockefeller Foundation beansprucht werden musste. Sie ermöglichte die Schaffung des Cenocoic Research Laboratory of the Geological Survey of China. Nach dem frühen Tode von D. BLACK (15. März 1934) führte F. WEIDENREICH die Arbeiten weiter, die 1941 wegen der Kriegswirren in China abgebrochen werden mussten. F. WEIDENREICH kehrte mit ausgezeichneten Gipsabgüssen von *Sinanthropus* nach New York zurück, um dort unermüdet bis zu seinem Tode am 11. Juli 1948 weiterzuarbeiten. – Der Zweite Weltkrieg griff grausam in die Erforschung der Peking-Funde ein. Nachdem die Bomben auf Pearl Harbor gefallen waren, verlor sich jede Spur der Funde von Peking.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde im Bezirk Lantian der Provinz Shensi 1963 ein Unterkiefer und 1964 ein Zahn sowie Schädelreste eines Individuums gefunden, die älter sind als der *Sinanthropus* von Choukoutien. Bemerkenswert sind Parallelen zum japanischen *Pithecanthropus modjokertensis*.

²⁷ Es handelt sich um Funde von G. H. R. v. KOENIGSWALD aus altpleistozänen Schichten aus den Jahren 1936–1941 (*Pithecanthropus modjokertensis* aus Modjokerto und Sangiran, *Pithecanthropus dubius* und *Meganthropus palaeojavanicus* aus Sangiran). Die Kapazität des Schädels von *P. modjokertensis* beträgt nach v. KOENIGSWALD 750 cm³, für Lantian (China) wurden 780 cm³ errechnet.

²⁸ LOUIS SEYMOUR BAZETT LEAKEY, geb. am 7. August 1903 in Kabete (Kenya), gest. am 1. Oktober 1972 in London. LEAKEY wuchs als Sohn eines weissen Missionars in Kabete, zehn Meilen von Nairobi entfernt, zusammen mit den dortigen Kikuyu auf. Mit 13 Jahren wurde er in den Kikuyu-Stamm aufgenommen. Er studierte in Cambridge Archäologie und Anthropologie, schloss seine Studien mit einer Dissertation über afrikanische Prähistorie ab. In der Folge nahm er an Expeditionen in Ostafrika teil. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde er Curator des Coryndon Memorial Museum, Nairobi (1945–1961), und später Honory director of the National Centre of Prehistory and

Paleontology in Nairobi. Mit grossangelegten Grabungen in der Oldoway-Schlucht konnte er 1959 beginnen. Bereits im ersten Jahr fand seine Frau MARY den Schädel eines *Australopithecus robustus* (*Zinjanthropus boisei*). Weitere Entdeckungen verdankt man seinem Sohn RICHARD, der seine Untersuchungen auf die Küste des Rudolfsees ausdehnte. Aufgewachsen inmitten zweier Kulturen, der europäischen und afrikanischen, hat LEAKEY viel zum Verständnis und zur Beruhigung während der Mau-Mau-Rebellion beigetragen. Seine Intelligenz, seine ausserordentliche Energie und seine unerschöpfliche Geduld waren Voraussetzungen für seine erfolgreiche Tätigkeit bei der Erforschung der Vorgeschichte des Menschen.

²⁹ J. S. WEINER (1971, S. 51) hat die gewichtigen Merkmale der Australopithecinen kurz zusammengefasst, indem er DARWINs prophetische Beschreibung des Vorfahren des Menschen (Descent of Man) wie folgt paraphrasierte: "becoming more erect and bipedal", "the pelvic broadening, the head fixed in altered position", "the free use of arms", "the jaws together with teeth reduced in size", "a comparatively weak creature", "man became divested of hair from having aboriginally inhabited some tropical land".

³⁰ Die Aussonderung einer Art *Homo habilis* zwischen Australopithecinen und *Homo erectus* durch L. S. B. LEAKEY wird von vielen Forschern angezweifelt oder abgelehnt.

³¹ Aufgrund des Gebisses des Heidelberger Unterkiefers darf keine nahe Verwandtschaft mit javanischen und chinesischen Funden angenommen werden. Eine bindende systematische Einreihung des Heidelberger Fossils ist gegenwärtig unmöglich. Nur neue Fossilfunde werden weiterhelfen können.

³² Nach LEAKEY jun. soll die Gattung *Homo* in Laetolil (Tanzania) bereits vor 3 770 000 Jahren gelebt haben. Die taxonomische Stellung des Fundes ist allerdings noch ungewiss. – Was dringend notwendig ist, wäre eine klare Definition der Gattung *Homo*, bei der neben Merkmalen des Gebisses und Schädels auch solche des postkranialen Skelettes berücksichtigt würden.

³³ Denselben Standpunkt vertritt J. S. HUXLEY (Evolutionary processes and taxonomy, with special reference to grades. In O. HEDBERG (ed.), Systematics of To-Day, Uppsala Universitets Årsskrift 1958, 6, S. 35/36): "On the customary phylogenetic view, the hominids are merely one phyletic clade (the family Hominidae) of the higher tailless Primates and Anthropoids. But in an truly evolutionary view, they constitute a radically new and highly successful dominant group, evolving rapidly by the new method of cultural transformation. Man thus has reached a wholly new anagenetic level, and must be assigned to a distinct grade, which may be called the Psychozoan. The Hominidae then constitute the only family of the grade-group Psychozoa. The new grade is of very large extent, at least equivalent in magnitude to all the rest of the animal Kingdom, though I prefer to regard it as covering an entirely new Sector of the evolutionary process, the psychosocial, as against the entire non-human biological Sector."

³⁴ Dass das Gehirn die materielle Grundlage der geistigen Tätigkeit des Menschen ist, war schon im Altertum bekannt: «Denn auch das Gehirn differenziert sich wie die übrigen Körperteile und entwickelt sich zu einer Art Blüte.» «Die Menschen müssen aber wissen: von ihm entspringt Freude, Fröhlichkeit, Lachen und Schmerz sowohl als Kummer, Unmut, Sorgen und Weinen. Durch das Gehirn nehmen wir wahr, begreifen, sehen und hören wir; es unterscheidet hässlich und schön, böse und gut, angenehm und widerwärtig. Ja nach seiner Verfassung urteilen wir zu verschiedenen Zeiten verschieden. In ihm bilden sich Wutanfälle und Delirien, Schreckbilder und Furcht bei Tag und Nacht, Träume und Illusionen und alle Gleichgewichtsstörungen unseres Bewusstseins. Aber so lange das Gehirn nicht beunruhigt wird, ist der Mensch bei Verstand.» HIPPOKRATES, Die Heilige Krankheit (Epilepsie).

Der Druck des Vortrages wurde durch einen finanziellen Beitrag der Karl Hescheler-Stiftung ermöglicht, wofür ich dessen Kuratorium, insbesondere Prof. Dr. H. Rieber, herzlich danken möchte.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. E. KUHN-SCHNYDER, Paläontologisches Institut der Universität Zürich, Künstlergasse 16, 8032 Zürich.

