

Paläontologie – Wesen einer Wissenschaft

Die Paläontologie ist eine historische Wissenschaft, die sich mit der geschichtlichen Entwicklung der auf unserer Erde vorkommenden Tier- und Pflanzenwelt befaßt. Sie ist zwischen der Biologie einerseits und der Geologie andererseits angesiedelt und ergänzt diese beiden Wissenschaftsdisziplinen durch übergreifende Teilgebiete wie z. B. die Systematik, die Ökologie, Paläogeographie, Ontogenie und vor allem durch die Phylogenetik. Geologiebezogen ist vor allem die Biostratigraphie, das heißt die zeitliche Gliederung der Schichtgesteine mit Hilfe von Leitfossilien. Diese sogenannte relative Zeitmessung ermöglicht das geologische Geschehen auf unserer Erdoberfläche zeitlich einzuordnen und weltweit zu korrelieren. Auf der Grundlage dieser, schon als exakt zu bezeichnenden Datierung ließ sich beispielsweise der Ablauf von Gebirgsbildungen (Alpen), das Verdriften von Kontinenten (Afrika, Südamerika), oder auch die zeitlich fixierte Bildung von Lagerstätten (Kohle, Erdöl) erkennen.

Die uns heute begegnenden Lebewesen, ob Tier oder Pflanze, stellen nur Endglieder von Entwicklungsreihen dar, die oft viele Jahrtausende zurückreichen. Eine Riesenfülle von Organismen hat in einem für uns durchaus überschaubaren Zeitraum von ca. 3,2 Mrd. Jahren gelebt. Zeugnisse dieser Lebewesen liegen uns in fossilisierter Form vor. Die ältesten Fossilien, sphaeroidale Strukturen, lassen sich mit primitiven Algen vergleichen. Wurmartige Spuren kennt man seit etwa 1,5 Mrd. Jahren. Die ersten höher organisierten tierischen Fossilien, die vor etwa 590

Millionen Jahren gelebt haben und allerdings nur in Form von Abdrücken vorliegen, zeigen schon eindeutige Merkmale, die mit nachfolgenden Formen vergleichbar sind. Mehr als die Hälfte der sehr zahlreich gefundenen Formen sind Medusen, die dem Stamm der Coelenterata (Hohltiere) zuzuordnen sind. Segmentierte Formen erinnern an Anneliden (Würmer) oder Arthropoden (Gliedertiere). Bemerkenswert ist, daß alle diese Formen, 1 400 an der Zahl, kein mineralisiertes Skelett ausgebildet hatten.

Wenn diese in einem Zeitraum von ca. 2,5 Mrd. Jahren gefundenen Fossilien auch nur vereinzelt und nur an wenigen Stellen auf unserer Erde gefunden wurden, so lassen sie doch eine offenbar zeitabhängige Entwicklung von einfacher zu höher organisiert erkennen.

Eine, wenn nicht gar die bedeutendste entwicklungsgeschichtliche Grenze folgt bei 570 Millionen Jahren. Es ist die Grenze Präkambrium/Kambrium, die als der bedeutendste Faunenschnitt angesehen werden muß. Er trennt die Lebewelt des sogenannten Proterozoikums von der des Phanerozoikums. Plötzlich und unvermittelt erscheinen im Kambrium, mit Ausnahme der Wirbeltiere, die ersten Vertreter sämtlicher Tierstämme. Eine explosive Entfaltung brachte unvermittelt eine Fülle von Formen hervor. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß vor allem die tierischen Organismen offensichtlich in die Lage versetzt wurden, ihre Skelette zu mineralisieren, sie wurden dadurch erhaltungsfähig. Die Ursache hierfür lag wahrscheinlich in klimatischen Veränderungen.

Die seit dem Kambrium bis in die Jetztzeit hinein sich stetig entwickelnde Organismenwelt bzw. deren Reste sind die Objekte der paläontologischen Forschung.

Morphologisch vergleichende Betrachtungen führten schon im 18. Jahrhundert durch Carl v. Linné (1707–1778) zu einer ersten systematischen Gliederung. Schon wenige Jahrzehnte später wurde von Georges Cuvier (1769–1832) das im wesentlichen noch heute gültige System der tierischen Organismen aufgestellt. Schon ihm blieb nicht verborgen, daß Faunen in sich überlagernden Schichten eine zunehmende Organisation aufwiesen. Trotz dieser Beobachtung wurden morphologische Veränderungen zunächst nicht als Folge genetisch bedingter Änderungen angesehen. Der Anstoß, darin eine endogen bedingte Entwicklung im Sinne stammesgeschichtlicher Veränderungen zu sehen, kam von biologischer Seite. Zunächst war es Lamarck (1744–1829) und dann vor allem Charles Darwin (1809–1882), der im Jahre 1859 eine Abstammungslehre auf der Grundlage von Züchtungen von Haustieren und Kulturpflanzen formulierte. Mutation und Selektion sollten ursächlich den Typenwandel bestimmen. Heute wissen wir, daß die Selektion, die Auswahl, die Entwicklungsrichtung entscheidend beeinflußt. Eine wesentliche Unterstützung erhielt die Abstammungslehre durch Ernst Haeckel (1834–1919), der vor allem durch seine Untersuchungen an rezenten Wirbeltieren zu der Schlußfolgerung kam, daß jedes Individuum im Laufe seiner Entwicklung seine eigene Stammesgeschichte rekapituliert.

Zahlreiche Paläontologen griffen in der Folgezeit, das heißt im wesentlichen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die Gedanken der Abstammungslehre auf und bestätigten diese. Zu nennen sind vor allem Untersuchungen von streng horizontal aufgesammelten Schnecken- und

Ammonitenfaunen, die sogar Gesetzmäßigkeiten in der evolutiven Entwicklung erkennen ließen. Als ein nicht unwesentliches Hilfsmittel für eine stammesgeschichtliche Verbindung erwies sich der Zusammenhang zwischen Individual- und Stammesentwicklung (Biogenetische Grundregel von E. Haeckel).

Zu den wesentlichsten Gesetzen zählt die „Orthogenese“, die besagt, daß die Entwicklung von Merkmalen einen gesetzmäßig gesteuerten, „geradlinigen“ Verlauf nimmt und daß die eingeschlagene Richtung beibehalten wird. Sie ist irreversibel. Das zweite Gesetz besagt, daß im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung eine Steigerung der Größe erfolgt.

Das dritte Gesetz bezieht sich auf die Spezialisierung bzw. Überspezialisierung. Dies bedeutet, daß am Ende einer evolutiven Anpassung eine exzessive Ausgestaltung bestimmter Organe erfolgt, die letztlich degenerativ zum Erlöschen der Entwicklungsreihe führt.

Die Ableitungen dieser Gesetze konnten verständlicherweise nur an Fossilien, nicht aber an rezentem Untersuchungsmaterial gelingen, denn die Entwicklung entsprechend deutbarer Merkmale vollzog sich in Zeiträumen, die der menschlichen Beobachtung nicht zugänglich sind. Genau darin aber liegt der unschätzbare Vorteil des paläontologischen Untersuchungsmaterials. Zugegebenermaßen sind es nur Reste, Skelette von Organismen, die ihre Prägung von dem sie erzeugten Weichkörper erhalten haben. Eine unüberbrückbare Diskrepanz besteht zwischen diesen langzeitabhängigen morphogenetischen Veränderungen und dem, was unserer Beobachtung direkt zugänglich ist; oder anders ausgedrückt, was die moderne Vererbungs-forschung zum Problem „Evolution“ beizutragen vermag.

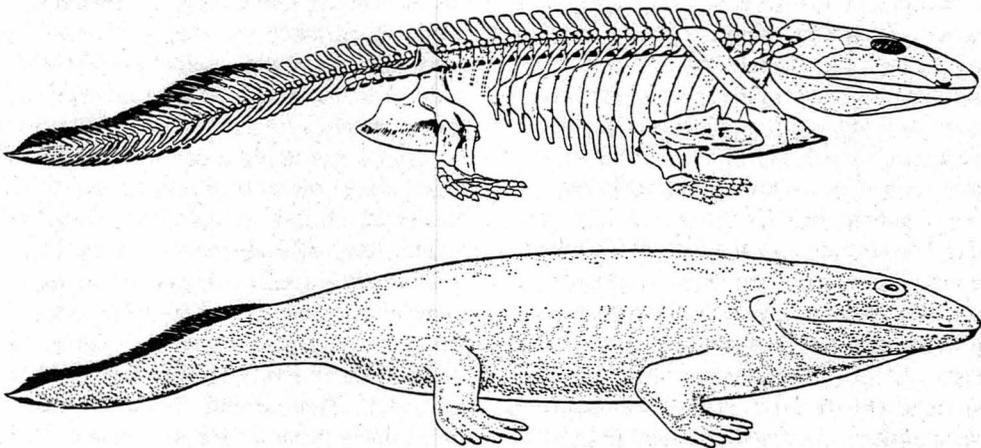
Zwar wissen wir heute, daß die molekulare Grundlage der Vererbung in der Des-

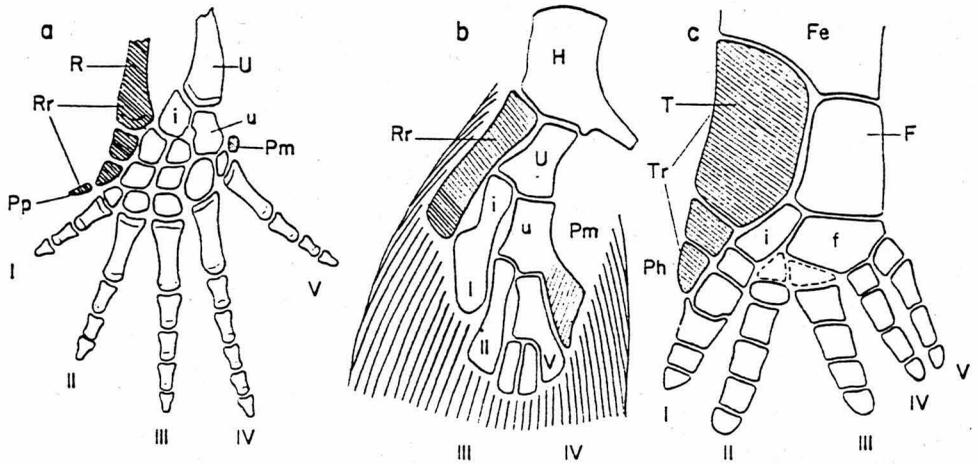
oxyribonukleinsäure (DNA) liegt, die zu Genen vereinigt in den Chromosomen vorkommen. Mit Hilfe von Bestrahlung (Röntgenstrahlung, Kurzwellen) ist es der Vererbungsforschung durchaus gelungen, die genetisch bedingten Vorgänge, die zu einer Art- oder auch Rassenbildung führen, zu erkennen. Solche Gen-Mutationen entstehen auch bei natürlicher Bestrahlung (kosmische Strahlung, radioaktive Erdstrahlung) der Keimzellen von Organismen. Da von einer ständigen natürlichen Bestrahlung auszugehen ist, müssen sich entsprechende Mutationen auch ständig einstellen. Wie hoch, oder besser gesagt, wie gering die Mutationsrate tatsächlich ist, zeigt sich darin, daß im Minimum ein Zeitraum von 80 000 Jahren notwendig ist, bis eine neue Art entstanden ist.

Solche Zeiträume sind unserer direkten Beobachtung entzogen, lassen sich aber am fossilen Material überblicken. Es ist deshalb auch nicht weiter verwunderlich, daß die der Evolution innewohnenden Gesetze nur an fossilen Entwicklungsreihen erkannt wurden.

Dies zu dokumentieren fällt leicht, wenn man die Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere als Beispiel anführt.

Zu den bemerkenswertesten Leistungen paläontologischer Forschung zählt zweifellos die nahezu lückenlose Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere, deren Anfang bei oberdevonischen Fischen gelegen hat und die über die Amphibien zu den Reptilien und weiter zu den Säugetieren verlief. Dabei machte der Übergang vom Wasser zum Landleben, das heißt also der Übergang vom Fisch zum Amphibstadium, den größten evolutionären Schritt erforderlich. Dies gezwungenermaßen, denn die in Süßwasserseen lebenden Fische mußten diese bei beginnender Austrocknung verlassen und sich zu größeren hinbewegen. Diesen Fischen, auch Quastenflosser genannt, wuchsen in die Flossen fleischige Auswüchse hinein, die ihrerseits durch neu gebildete Knochen stabilisiert wurden. Dieses Knochengerüst legte sich damals, das heißt schon im Ober-Devon (vor ca. 370 Millionen Jahren) so differenziert an, daß wir einen Oberarmknochen (Femur), zwei Unterarmknochen (Humerus, Ulna), Handwurzelknochen und bereits fünf Finger unterscheiden können (s. Abb. 1). Die damals also schon entstandenen Extremitätenknochen ermöglichten es nur einer bestimmten Gruppe von Fischen (Osteo-



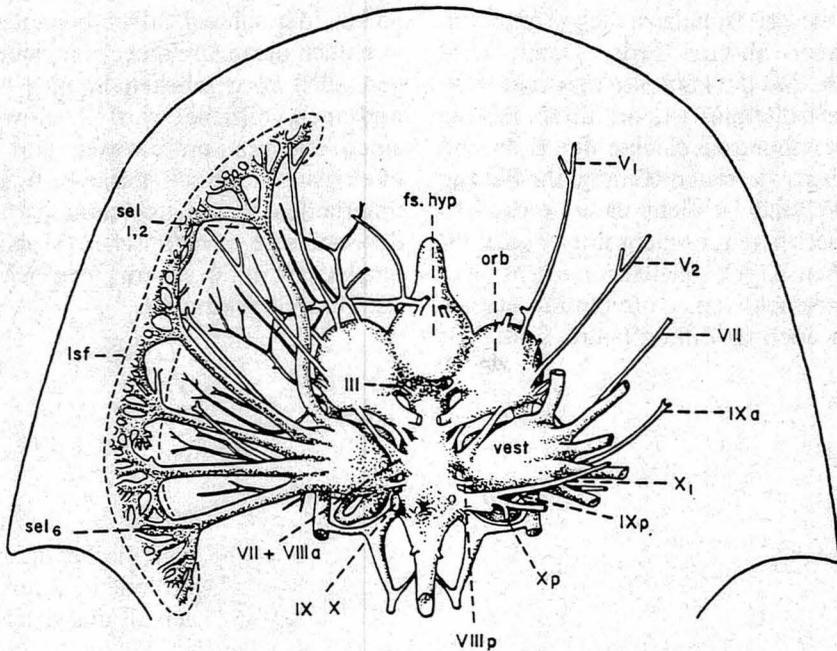


lepiformes), sich stehend über das feste Land zu bewegen. Der erste Schritt zum Landleben war getan. Gleichzeitig differenzierten erste, für eine Luftatmung notwendigen lungenartigen Aussackungen im Bereich des Vorderdärms sowie innere Nasenöffnungen aus. Diese, auf vergleichend osteologischer Basis beruhenden Erkenntnisse erhielten ihre Bestätigung durch ein auf Grönland im Jahre 1931 gefundenes "missing link", *Ichthyostega* (s. Abb. 2) bezeichnet. Diese Zwischenform zeigt deutlich eine Mischung von Fisch- und Amphibienmerkmalen.

Wie tief der Einblick in die phylogenetischen Zusammenhänge der Wirbeltiere reicht, soll am Beispiel so bekannter Gesichtsnerven wie dem Trigeminus aufgezeigt werden. Untersuchungen der Schädelkapsel von fischähnlichen Wirbeltieren aus dem Unter-Devon Spitzbergens haben ergeben, daß der fünfte Gesichtsnerv, der Trigeminus, der siebte, der Nervus facialis, der neunte, der Nervus glossopharyngeus und der zehnte, der Nervus vagus, jeweils aus einem Nerv hervorgegangen sind, der der Innervierung einer Kiemenpalte diente (s. Abb. 3). Es mag sicherlich verwundern, wenn man behauptet, daß

wir das Gehirn dieser Fische, die immerhin vor fast 390 Millionen Jahren gelebt haben, besser kennen als das vieler lebender Tiere.

Auch die Paläontologie in Gießen leistete ihren Beitrag zum Problemkreis der Evolution der Organismen. Das Interesse konzentrierte sich schon seit Jahren zum einen auf die frühe Entstehung der Lebewesen überhaupt (H. D. Pflug), zum anderen auf die außerschalentragenden Tintenfische (Cephalopoda), die schon im frühen Paläozoikum, mehr jedoch im Mesozoikum, die marinen Bereiche bevölkerten (W. Blind). Der einzige, heute noch lebende Nachfahre ist der *Nautilus*. Im Tierreich einzigartig ist ein diese Cephalopoden kennzeichnendes gekammertes Gehäuse, welches von einer zum Teil sogar mineralisierten Röhre, dem Siphon, durchzogen ist. In dieser Röhre liegt ein Gewebeschlauch, mit dessen Hilfe die Tiere entweder Gewebeflüssigkeit oder Gas (Stickstoff) in die Kammern abgeben und damit einen entsprechenden Auf- oder Abtrieb erzeugen. Das gekammerte Gehäuse ist dadurch zu einem hydrostatischen Organ geworden. Der rezente *Nautilus* taucht damit im Tag-Nacht-Rhythmus von 10 m



unter Wasseroberfläche bis in eine maximale Wassertiefe von 700 m.

Unsere Frage galt der Entstehung und dem phylogenetischen Wandel des Siphos. Auf der Grundlage schalenstruktureller Untersuchungen ergab sich, daß er als Folge der Verankerung eines bestimmten Muskelepitheles mit einer wachstumsbedingten Auslängung des Außenepitheles entstanden ist. Intrakammerale und intrasiphonale Ablagerungen, typisch für phylogenetisch alte Formen, sprechen dafür, daß der Siphos erst im Laufe der Entwicklung der Cephalopoden eine hydrostatische Funktion erlangte. Erst dadurch erreichten die phylogenetisch jüngeren Cephalopoden eine freischwimmende Lebensweise. Eine weitere Möglichkeit, einen Einblick in phylogenetische Zusammenhänge, allerdings nun auf der Grundlage weichteilanatomischer Veränderungen, zu erhalten, ergibt sich für die Paläontologie in Gießen durch das For-

schungsprogramm „Röntgenfossilien“, welches zur Zeit aufgebaut wird. Mit Hilfe von Röntgenstrahlen können dann auch Weichteile sichtbar gemacht werden, wenn diese unter Sauerstoffabschluß eingebettet wurden. Ursprünglich organisch gebundener Schwefel liegt dann, entsprechend seiner Konzentration, als Schwefel-eisen (FeS_2) vor. Bereits vorliegende Untersuchungen an Fossilien aus den Bundenbacher Schiefer (Unter-Devon) haben zu außerordentlichen Ergebnissen geführt. Bei Vertretern aus den verschiedensten Tierstämmen gelang es weichteilanatomische Details, selbst Muskel- und Nervenbahnen zu erkennen.

Die Paläontologie ist also die Wissenschaft, die die historische Dimension der Evolution erkennt und inhaltlich definiert hat. Sie bedeutet Entwicklung und damit Veränderung von Organismen in Raum und Zeit. Der Raum ist die gesamte Erdoberfläche mit ihren verschiedensten Bio-

topen, die Zeit ist nahezu die gesamte Existenzdauer unserer Erde. Damit wird deutlich, daß die Paläontologie eine Wissenschaftsdisziplin ist, die ihren Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Erde und des Lebens zu leisten vermag; ihr Beitrag zum Weltbild ist nicht mehr wegzudenken. Hierbei geht es nicht nur um den historischen Aspekt, sondern auch um Zukunftsperspektiven. Evolutionsgesetze werden auch in Zukunft ihre Gültigkeit

haben. Wir sollten endlich begreifen, daß sich auch die menschliche Entwicklung in gesetzlich vorgegebenen Bahnen vollzog und noch vollziehen wird. Auch wir sind einer Selektion unterworfen und einem ökologischen Druck ausgesetzt. Erstere unterlaufen wir heute schon permanent durch unsere medizinischen Möglichkeiten, letztere durch unsere Uneinsichtigkeit der Umwelt gegenüber.

Wenn es ums Bausparen
geht, gibt es jetzt
eine neue feine Adresse.
Unsere.

Dresdner Bauspar AG



Filiale Gießen und Stadtzweigstellen