

R. HOERNES

DIE BEDEUTUNG DER PALÄONTOLOGIE
FÜR DIE ERDGESCHICHTE

SONDERDRUCK AUS DER "SCIENTIA",

BAND X, JAHR 5. (1911), XX-4

BOLOGNA

NICOLA ZANICHELLI

LONDON

WILLIAMS AND NORGATE

PARIS

FÉLIX ALCAN

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

Die Beziehungen zwischen den Schwesterwissenschaften der Geologie und der Paläontologie, haben sich im Laufe der Entwicklung beider Wissenschaften wesentlich geändert. Aber auch schon damals, als die Geologie — oder wie man sie zu jener Zeit zu nennen vorzog, die « Geognosie » — ihre ersten Versuche machte, sich zu einer Wissenschaft zu gestalten, war die Beurteilung und Wertschätzung der Versteinerungen in verschiedenen Ländern eine sehr verschiedene. Es mag daran erinnert werden, dass der Begründer der Freiburger Geognosten-Schule, Abraham Gottlob Werner, der eine Schichtgruppe mit den ihr eigentümlichen Gesteinscharakteren überall wiederfinden zu können vermeinte, auf die Versteinerungen als Hilfsmittel der Altersbestimmung keinen besonderen Wert legte, während der Ingenieur William Smith, « der Vater der englischen Geologie », wie dieser unermüdliche Autodidakt mit Recht genannt wurde, gerade in den Versteinerungen die Mittel fand, die sedimentären Schichten eines grossen Teiles von England in erfolgreichster Weise zu gliedern. Die volle Bedeutung der Versteinerungen für die stratigraphische Geologie wurde aber in Frankreich durch die Werke von Georges Cuvier und Alexandre Brongniart zur Geltung gebracht. Wenn auch dem ersteren mit Unrecht der erste Nachweis erloschener Tierformen zugeschrieben wird, — das Vorkommen solcher hatten schon andere Forscher vor Cuvier erkannt und Lamanon hatte gerade an den Säugetierresten aus dem Pariser Gips, an welchen Cuvier später seine epochemachenden Un-

tersuchungen anstellte, die ihn zur Entdeckung des Gesetzes der Korrelation führten, festgestellt, dass sie nicht von lebenden Arten herrühren — wenn ferner auch an Cuviers Namen sich die Aufstellung jener Katastrophenlehre knüpft, nach welcher jede Epoche der Erdgeschichte von der nächstfolgenden durch ein gewaltsames Ereignis getrennt wäre, durch welches die ganze Tier- und Pflanzenwelt zu Grunde ging, um einer Neuschöpfung Platz zu machen, so muss doch vor allem anerkannt werden, dass Cuvier durch sein eigenes Beispiel, durch sein schöpferisches Meisterwerk *Recherches sur les ossements fossiles*, wie gerade durch seine Ansicht über die wiederholte Verdrängung der Floren und Faunen der einzelnen Epochen zu einer genaueren Untersuchung der Versteinerungen Veranlassung gab. Erst seit Cuvier, der die Ergebnisse der vergleichende Anatomie in die Forschung einführte, kann man von einer wissenschaftlichen Paläontologie sprechen. Übrigens hat Cuvier, wie Charles Depéret in seiner Abhandlung *Les transformations du monde animal* mit Recht hervorhebt, nicht nur eine Reihe von übereinander gelagerten und von einander verschiedenen Landfaunen in den Sedimentärschichten nachgewiesen, sondern er ist auch der erste gewesen, der eine klare Vorstellung von der allmählichen organischen Vervollkommnung dieser Faunen, von den ältesten bis zu den jüngsten hatte. Depéret zeigt aber auch, dass Cuvier in seinem berühmten *Discours préliminaire* des ersten Bandes der *Recherches sur les ossements fossiles* (später in wiederholten Auflagen unter dem Titel *Discours sur les révolutions de la surface du globe* veröffentlicht) die Katastrophenlehre keineswegs in jener übertriebenen Weise aufgestellt hat, die dieser Theorie später durch Alcide d'Orbigny aufgeprägt wurde, der in der Tat für jede Epoche der Erdgeschichte die Neuschöpfung der ganzen organischen Welt annahm, wie dies Cuvier nie behauptet hat, der im Gegenteil die Erneuerung der Faunen auf dem Wege von durch geologische Ereignisse verursachten Wanderungen darzulegen versuchte.

A. Brongniart und G. Cuvier wiesen ferner in der von ihnen 1808 veröffentlichten Abhandlung über die Ablagerungen des Pariser Beckens nach, dass neben der Gesteinsbeschaffenheit, Mächtigkeit und Lagerung der Schichten vor allem die in denselben enthaltenen Versteinerungen für die Gliederung der Sedimente massgebend sind, und A. Brong-

niart konnte auch auf Grund des Vorkommens gleicher Versteinerungen die gleichzeitige Bildung räumlich weit entlegener Ablagerungen behaupten. In seiner Abhandlung *sur les terrains de sédiment supérieurs calcaréotrappéens du Vicentin* wurden die Versteinerungen zum Ausgangspunkt der Vergleichung mit den Tertiärablagerungen anderer Gebiete gemacht und mit Genugtuung stellte Brongniart fest, dass Buckland, der im selben Jahre wie er (1820) das Vicentinische Gebiet besucht hatte, in gleicher Weise wie er selbst von den Analogien überrascht war, welche dieses Gebiet hinsichtlich der Versteinerungen mit dem Pariser Becken erkennen liess. Seither haben die Versteinerungen zunächst als *Leitfossilien* für die Unterscheidung verschiedenalteriger und für das Wiedererkennen gleichalteriger Bildungen in entlegenen Gebieten gedient. Die von A. d'Orbigny entwickelte Katastrophenlehre, nach welcher siebenundzwanzigmal hintereinander verschiedene Schöpfungen die ganze Erde nach vorangegangenen Umwälzungen, durch welche die gesamte Tier- und Pflanzenwelt vernichtet worden war, von neuem bevölkerten, wie d'Orbigny in seinem *Cours élémentaire de paléontologie stratigraphique* lehrte, musste zunächst dazu führen, die Versteinerungen, die *Medals of creation*, wie sie Mantell nannte, möglichst genau zu untersuchen. D'Orbigny selbst ging hier vorbildlich voran durch seine *Paléontologie française*, er versuchte ferner in seinem 1850 herausgegebenen *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle* durch die Aufzählung von 18000 Arten wirbelloser Tiere, die nach der Reihenfolge ihres Erscheinens streng in die 27 aufeinanderfolgenden Stufen eingeordnet sind, den Nachweis dafür zu erbringen, dass nur ganz ausnahmsweise eine Art von einer Stufe in eine andere übergehe. Dabei wird dann noch hinzugefügt, dass die wenigen Arten, welche mehreren Stufen gemeinsam sind, nur höchst selten die Grenzen zwischen denselben in lebendem Zustand überschritten hätten; weit häufiger habe es sich bloss um tote Schalen gehandelt, zumal um die mit Luftkammern versehenen Schalen der Ammoniten, die nach dem Tode der Tiere sich noch lange schwimmend erhalten und mit den Formen der nächst höheren Stufe vermischen konnten. Depéret meint übrigens, dass die scharfen Bestimmungen d'Orbigny's nicht in allen Fällen zuverlässig seien; wann er von Arten spreche, die ausnahmsweise mehrere Stufen

überdauern, so habe man es sehr selten mit Formen zu tun, die einander in den verschiedenen Stufen wirklich gleich sind. In vielen Fällen wäre es möglich, in den aufeinander folgenden Formen desselben Typus jene Änderungen festzustellen, welche es uns ermöglichen, das genaue Niveau zu erkennen, aus welchem die betreffenden Varietäten oder, wie man heute nach Waagen sagen würde, diese stratigraphischen Mutationen stammen. Andererseits brauche man, wenn d'Orbigny zwei Formen derselben Gattung, die zwei einander folgenden Stufen angehören, unter verschiedenen Namen trennt, nicht zu glauben, dass es sich um beträchtliche Verschiedenheiten handle, die den Gedanken an einen verschiedenen Ursprung nahe legen würden.

In Frankreich konnten bei dem Ansehen Cuviers Einwendungen, wie sie z. B. Prevost gegen die Katastrophenlehre vorbrachte, keine Wirkung erzielen. Auch Lamarcks *Philosophie zoologique*, in welcher zum erstenmale der Versuch gemacht wurde, die Umbildung der Arten durch Aufstellung von Stammbäumen zu erweisen, hatte dem durch Cuvier festgehaltenen Linné'schen Artbegriff gegenüber keinen Erfolg. Die von Lamarck und seinem Kollegen am Jardin des Plantes Geoffroy St. Hilaire über die Umbildung der Arten geäußerten Gedanken, die sich später als so fruchtbringend erweisen sollten, blieben zunächst unverwertet, da nur wenige ihrer Zeitgenossen sie zu würdigen verstanden. Bekannt ist die Aufmerksamkeit, die Goethe dem Streite zwischen Cuvier und Geoffroy St. Hilaire zuwendete; weniger bekannt aber die Würdigung, welche er der durch K. E. A. von Hoff vor Lyell begründeten aktualistischen Geologie zu Teil werden liess. Goethe, der die Katastrophenlehre als die vermaledeite Polterkammer der Weltschöpfung verfluchte, urteilte über von Hoff's *Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche* mit folgenden bezeichnenden Worten: « Wenn man das Studium dieses trefflichen Werkes antritt, so scheint es uns gleich, man setze sich zu Rat, und ein umsichtiger, seinem Gegenstande mit Liebe zugetaner Referent trüge den fraglichen Fall umständlich und zugleich gewissenhaft vor, dergestalt, dass er zwar wünscht, seine Kollegen von seiner Meinung zu überzeugen, aber nicht den mindesten Versuch macht, sie zu überreden ». Auch von Hoff's Werk hatte, gleich jenen Lamarcks und Geoffroy St. Hilai-

res nicht jenen Erfolg, der den grossen Engländern beschieden war, die ihre Vorläufer weit in den Schatten stellten.

Ch. Lyell hat die grossen Verdienste v. Hoffs um die Sammlung von Nachrichten über geologische Veränderungen wohl anerkannt; jedoch — vielleicht mit Unrecht? — in Abrede gestellt, dass Hoffs Werk ihn bei der Gewinnung richtiger Erkenntnis wesentlich gefördert hätte. Die Umwälzung, welche das Erscheinen von Lyell's *Principles of Geology* für die Geologie bedeutete, braucht hier wohl nicht erörtert zu werden. Erwähnung aber verdient die Tatsache, dass Lyell — obwohl, wie später E. von Mojsisovics mit Recht bemerkte, die Deszendenzlehre nur eine logische Konsequenz der Lyell'schen Geologie ist — bis zur vorletzten Ausgabe seiner *Principles* nicht zu den Anhängern der Deszendenzlehre gehörte. Erst als 1858 in den Schriften der Linnean Society die Abhandlungen von R. A. Wallace und Ch. Darwin über die Umwandlung der Arten erschienen und im Jahre darauf Darwins Werk über die Entstehung der Arten durch Zuchtwahl folgte, trat auch Lyell ebenso wie Huxley und Spencer für die Deszendenztheorie ein und gab in der zehnten Auflage der *Principles of Geology* eine treffliche Darlegung der Darwinschen Lehre. In der deshalb besonders geschätzten elften Ausgabe erschien der Abschnitt über die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere der Deszendenzlehre entsprechend umgearbeitet. Das Aussterben der Arten wird durch Veränderungen der belebten und unbelebten Welt, das Auftauchen neuer Arten durch Umgestaltung älterer Vorfahren erklärt. Ein besonderer Abschnitt ist in dieser Auflage dem Alter und der Herkunft des Menschengeschlechtes gewidmet. In demselben fasste Lyell die Ergebnisse des schon 1863 von ihm veröffentlichten Werkes über das Alter des Menschengeschlechtes zusammen; er legt dar, dass auch der Mensch von tiefer stehenden, geologisch älteren Vorfahren abstamme, und kein Grund vorhanden sei, für ihn einen anderen Ursprung anzunehmen, wie für die anderen Lebewesen. Auch in dieser Hinsicht hat erst Lyell nach fruchtlosen Bemühungen mancher Vorgänger ein schädliches Dogma beseitigt, das Cuvier mit den Worten ausgesprochen hatte: *L'homme fossile n'existe pas.*

Die Lyell'sche aktualistische Geologie und die durch Darwin begründete Deszendenzlehre mussten der Paläontologie einen neuen Impuls zur Entwicklung geben, die zunächst

in Deutschland Boden gewann. Hier hatte die Katastrophenlehre nie jene allseitige und übertriebene Anerkennung finden können wie in Frankreich. H. G. Bronn, der ähnlich wie A. d'Orbigny, aber in noch umfassenderer und gründlicherer Weise als dieser, sich bemüht hatte, in seinem *Index palaeontologicus* (1848-1849) eine Übersicht über die Versteinerungen aller Epochen zu geben, deren Haupttypen er auch in seiner *Lethaea geognostica* in Wort und Bild schilderte, kam zu dem Schlusse, dass zu allen Zeiten organische Wesen entstanden seien und zu Grunde gingen, so dass die einstigen Tier- und Pflanzenformen niemals gleichzeitig erschaffen oder gleichzeitig vernichtet wurden. In seiner 1858 veröffentlichten, von der Pariser Akademie gekrönten Preisschrift: « Untersuchungen über die Entwicklungsgesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche » äusserte sich Bronn zwar gegen die Entwicklungstheorien von Lamarck und Geoffroy St. Hilaire, er lehnte die allmähliche Umwandlung der Arten, die Deszendenz der jüngeren von den älteren Formen ab und nahm eine planmässige Schöpfungskraft an, welche eine allmähliche Entwicklung der organischen Schöpfung vom Unvollkommenen zum Vollkommenen herbeiführte. Als aber Darwins Werk *On the origin of species by means of natural selection* erschien, war es Bronn, der als erster eine deutsche Übersetzung desselben veröffentlichte, damit auch bekundend, welche grosse Bedeutung die Paläontologie der neuen Errungenschaft beizulegen habe. Durch die Deszendenzlehre erhielt die Paläontologie eine vollkommen neue Bedeutung. Vorher eine rein deskriptive und vergleichende Wissenschaft, deren Hauptaufgabe darin bestand, der Erdgeschichte die nötigen Grundlagen durch die genaue Feststellung der für die einzelnen Stufen bezeichnenden « Leitmuscheln » zu liefern, während sie die zoologische und botanische Systematik durch die zahlreichen fossilen, den für die gegenwärtige Fauna und Flora aufgestellten Gruppen nur schwer sich angliedernden Formen mit einem ungeheuren, zunächst kaum zu verwertenden Ballast beschwerte, erhielt die Paläontologie nunmehr eine Fülle selbständiger Aufgaben, von welchen die Aufhellung der Phylogenie ihre vornehmste, freilich auch ihre schwierigste ist. Seitdem die durch Darwin begründete Deszendenzlehre zur allseitigen Anerkennung gelangte, hat die Paläontologie ganz wesentlich zu dem Ausbau dieser

Lehre beigetragen und vielfach den Nachweis erbracht, dass auch die älteren deszendenz-theoretischen Ansichten von Lamarck und Geoffroy St. Hilaire, welche durch Darwins Arbeiten allzusehr in den Hintergrund gedrängt worden waren, wesentlich zur Erklärung der Umbildungsvorgänge herangezogen werden müssen. Bei phylogenetischen Untersuchungen auf dem Gebiete der Paläontologie musste selbstverständlich von besonders genauen und sorgfältigen Unterscheidungen der aufeinanderfolgenden Schichten ausgegangen werden. Hatte schon früher die scharfe Unterscheidung *paläontologischer Zonen*, wie sie A. Oppel der Gliederung der Juraformation zu Grunde legte, einen wesentlichen Fortschritt bedeutet, so wurde durch einen seiner Schüler: W. Waagen, die Verfolgung genealogischer *Formenreihen* durch mehrere Stufen durchgeführt, die Bezeichnung *Mutation* für die einzelnen zeitlich getrennten und durch geringe Veränderungen voneinander abweichenden Formen vorgeschlagen und so der paläontologischen Forschung ein neues Ziel gesteckt. Durch M. Neumayr wurde sowohl die Zonengeologie weiter ausgestaltet, als auch das Studium der Formenreihen mächtig gefördert. Neumayr's Jurastudien und seine Untersuchung der Konchylienfauna der slawonischen Paludinschichten sind in dieser Hinsicht geradezu vorbildlich. Darwin schrieb über das letztere, ihm von Neumayr übersandte Werk am 9 März 1877: « It seems to me to be an admirable work, and is by far the best case which I have ever met with, shewing the direct influence of the conditions of life on the organisation.... There can now be no doubt that species may become greatly modified through the direct action of the environment; I have some excuse for not having formerly insisted more strongly on this head in my origin of the species, as most of the best facts have been observed since its publication ». E. Suess bemerkt dazu in einem Briefe an den Präsidenten der Wiener Geologischen Gesellschaft, V. Uhlig, von 30. November 1909: « So stellt sich das Hervortreten eines grösseren Einflusses der äusseren Lebensverhältnisse keineswegs als eine Entgegnung, sondern als eine Ausgestaltung der Darwin'schen Lehre, namentlich der Lehre vom Kampfe ums Dasein dar ».

Die Ausgestaltung der Deszendenzlehre durch Neubelebung der schon von Lamarck und St. Hilaire ausgesprochenen,

nunmehr aber wesentlich erweiterten und umgeformten Gedanken tritt uns in überaus zahlreichen paläontologischen Arbeiten entgegen. Die Untersuchungen von W. Kowalewsky und E. Cope über die Umgestaltung der Extremitäten und das Gebiss der Huftiere können hier an erster Stelle genannt werden. Est ist gewiss kein Zufall, dass geradeso wie Cuvier durch die vergleichende Untersuchung von Säugetierresten zur Aufstellung seines Gesetzes der Korrelation gelangte, auch in einem späteren Stadium der Entwicklung der Paläontologie das Studium fossiler Säugetiere zur Gewinnung der wichtigsten paläontologischen Gesetze führt. So gewann E. Cope hauptsächlich durch seine umfassenden Untersuchungen über die Säugetierreste der amerikanischen Tertiärablagerungen die Anhaltspunkte für seine *doctrine of the unspecialized*, die später in D. Rosas *legge della variazione progressivamente ridotta* erweiterten Ausdruck fand, und H. F. Osborn konnte, die durch Kowalewsky und Cope vorgezeichnete Bahn der *Kinetologie*, d. i. der allmählichen mechanischen Entwicklung des Skelettes und Gebisses, weiter verfolgend, gerade in Bezug auf die so mannigfache Bezahnung der Säugetiere zu den wichtigsten Resultaten gelangen. Alle neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Wirbeltier- und zumal auf jenem der Säugetier-Paläontologie lassen den ungeheuren Fortschritt erkennen, der durch die konsequente Anwendung der Deszendenzlehre und durch die Erweiterung derselben durch die Gesichtspunkte des Neo-Lamarckismus auf dem Gebiete der paläontologischen Forschung herbeigeführt wurde. Dies hängt wohl mit dem Untersuchungsobjekt, dem Skelett und Gebiss zusammen, das ungleich innigere Beziehungen zu den biologischen Verhältnissen der einstigen Eigentümer erkennen lässt als etwa die Molluskenschale.

Der Begriff der paläontologischen Zone und der Mutation wurde jedoch bei der Untersuchung der Reste wirbelloser Tiere gewonnen. Die durch ihre weite Verbreitung im Raume und ihre rasche Veränderlichkeit in der Zeit hierzu besonders geeigneten Ammoniten veranlassten eine sehr eingehende Beschäftigung mit diesen, seit langer Zeit in ihrer hervorragenden Bedeutung als Leitfossilien erkannten Überresten der mesozoischen Meeresablagerungen. Von den zahlreichen Autoren, die sich mit der genauesten Untersuchung der Ammoniten beschäftigten und schliesslich zu einer ausserordentlich

weitgehenden Formentrennung — zu einer *Pulverisierung*, wie sich Depéret ausdrückt — gelangten, haben die meisten das Aufsuchen der genealogischen Verhältnisse als wesentlichsten Teil ihrer Aufgabe erkannt, und einer der hervorragendsten dieser Autoren, E. von Mojsisovics, hat die Ansicht ausgesprochen, dass die allmähliche Veränderung der Organismen nicht nur ein relatives, sondern auch ein absolutes Mass für die geologische Chronologie darbiete. Wenn auch zugegeben werden muss, dass die Untersuchung einzelner Formenreihen der Ammoniten ebenso wie die überaus mühevollen Forschungen Brancas über die Umgestaltung der Schale und zumal der Lobenlinie der einzelnen Individuen während ihres Lebens schöne Bestätigungen der Deszendenzlehre ergaben, so konnten doch durch diese Arbeiten nicht so allgemeine und weittragende Resultate erzielt werden, wie auf dem Gebiete der paläontologischen Untersuchung der Wirbeltiere und zumal der Säugetiere. Gehen schon im Bereiche einer so eingehend untersuchten Gruppe wie der Ammoniten die Ansichten über die Phylogenie weit auseinander, — man vergleiche diesbezüglich die Widersprüche zwischen den von G. Steinmann und C. Diener entwickelten Ansichten, — so zeigt sich in fast allen meist viel weniger genau gekannten Gruppen der wirbellosen Tiere, sobald man von der Verfolgung einzelner, beschränkter Formenreihen absieht, wie sie zumal bei gewissen Abteilungen der Gasteropoden und Pelecypoden festgestellt werden konnten, eine grosse Unsicherheit in der Beurteilung der phylogenetischen Verhältnisse. Vergleicht man die 1889 von Neumayr in seinem leider unvollendet gebliebenen Werke « Die Stämme des Tierreiches » niedergelegten Ansichten mit den kaum besser begründeten die seither von verschiedener Seite ausgesprochen wurden, so sieht man, wie weit wir noch von einer sicheren Erkenntnis der Phylogenie entfernt sind.

In seinem 1908 veröffentlichten Buche « Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre » hat G. Steinmann gezeigt, dass die landläufigen Ansichten über die Verwandtschaftsverhältnisse vielfach nicht mit den historischen, von der Paläontologie gelieferten Daten übereinstimmen. Steinmann geht allerdings in der Geringschätzung der Anhaltspunkte, welche vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte für die Aufhellung der Phylogenie zu liefern im stande sind,

offenbar zu weit; doch betont er mit Recht, dass das historische, paläontologische Material bis jetzt bei phylogenetischen Untersuchungen noch lange nicht genügend gewürdigt wird. Ausgehend von dem Ausspruche Lamarcks: *Les races des corps vivants subsistent toutes malgré leurs variations* ist Steinmann der Ansicht, dass natürliche Ursachen ein Aussterben der Formen nur in sehr geringem Grade herbeigeführt hätten, und die meisten, angeblich erloschenen Typen noch heute, aber wesentlich verändert fortleben. Er vergleicht die Wirksamkeit der geologischen und klimatischen Veränderungen, welche seit jeher, seitdem organisches Leben auf der Erde existierte, auf dasselbe Einfluss genommen hatten, mit der Tätigkeit eines Gärtners, welcher einzelne üppig wuchernde Pflanzengruppen beschneidet oder aussetzt, anerkennt hingegen nur die vernichtende Tätigkeit des Menschen, die er schon in der Mitte der Tertiärzeit beginnen lässt, als eine ausrottende, der er vor allem das Verschwinden fast aller grösserer diluvialer Säugetiere zuschreibt. Über diese Ansichten lässt sich streiten und ihre teilweise Widerlegung hat der Schreiber dieser Zeilen in einer vor kurzem als Festschrift der Grazer Universität veröffentlichten Abhandlung «Das Aussterben der Arten und Gattungen sowie der grösseren Gauppen des Tier- und Pflanzenreiches» versucht, in welcher er die über diesen Gegenstand von Cope, Emery, Rosa, Depéret und A. geäusserten Ansichten verteidigt und das Aussterben der Arten für ebenso notwendig mit der Entwicklung zusammenhängend erklärt wie den Tod der Individuen. Aber Steinmann ist zweifellos im Rechte, wenn er das anscheinend unvermittelte Erscheinen der Tier- und Pflanzengruppen, das Fehlen der Übergangsglieder zwischen den grösseren Abteilungen des Tier- und Pflanzenreiches, sowie endlich die vielfach zu Tage tretende Unverständlichkeit des gesamten Entwicklungsganges teilweise in Lücken unseres Beobachtungsmateriales, teilweise aber auch in einer unrichtigen Auffassung der Tatsachen begründet findet, und die Notwendigkeit betont, dem historischen Stoffe, den richtiger zu deutenden Überresten früherer, die Vorfahren der heutigen darstellender Lebewesen vollkommen gerecht zu werden. Gewiss werden Botaniker die Versuche Steinmanns, heutige Pflanzenformen als Nachkommen erloschener paläozoischer, z. B. die Gramineen als Nachkommen der Calamiten, die

Cactaceen als jene der Sigillarien zu deuten, nicht viel höher einschätzen als die Ansichten von L. Lindley und M. Hutton, die seinerzeit (1831-1837) in der Carbonflora Cactaceen, Euphorbiaceen und andere Dikotyledonen nachweisen zu können glaubten. Sicher muss bei den Zoologen Steinmanns Ableitung der Tunikaten von gewissen Brachiopoden (Produktiden und Coralliopsiden) und Pelecypoden (Rudisten) Befremden erregen, und in wohl noch höherem Grade dürfte das bei der Ableitung der Delphine, Zahn- und Bartenwale von den Ichthyosauriern, Plesiosauriern und Pythonomorphen der Fall sein. Demungeachtet aber verdienen viele der von Steinmann vertretenen Ansichten über die polyphyletische Abstammung mancher Gruppen, sowie über die bei vielen Stämmen im Interesse freierer Beweglichkeit in mannigfacher Weise eingeleitete Unterdrückung oder Abstreifung äusserer Hartteile vollste Beachtung und erscheinen der genauesten Überprüfung würdig. Unsere heutigen systematischen Einteilungen des Tier- und Pflanzenreiches werden sich wahrscheinlich noch vielfach ändern müssen, wenn wir erst alle fossilen Formen richtig einzuschätzen gelernt haben werden. Davon sind wir freilich bei vielen Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches noch weit entfernt. Das paläontologische Material leistet uns noch lange nicht den Dienst in der Aufstellung der phylogenetischen Verhältnisse, welchen eine allzu sanguinische Auffassung der Deszendenzlehre von ihm verlangt.

Zeiller betont am Schlusse seiner 1900 veröffentlichten *Éléments de Paléobotanique* das häufige Fehlen der Übergangsglieder, nicht nur zwischen den grösseren Gruppen des Pflanzenreiches, sondern auch innerhalb solcher, welche, wie die Dikotyledonen, erst spät erscheinen und von denen man meinen sollte, dass sie die unmittelbare Beobachtung ihrer Entstehungsbedingungen erkennen lassen würden. Ebenso hat Depéret in seinem 1907 veröffentlichten Werk: *Les transformations du monde animal*, in welchem er nachweist, dass der Mechanismus der Vorgänge beim Aussterben der Arten immer klarer hervortritt, gezeigt, dass die Entwicklung der neuen Formen ein viel schwierigeres Problem darbietet und dass man zwar, wie die Forschungen von Waagen, Neumayr, Branca, Mojsisovics, Hyatt und anderen dartun, Formenreihen aufstellen könne, deren verschiedene Glieder oder Mutationen Schritt für Schritt, Zone für Zone verfolgt werden können,

also eine langsame, schrittweise Veränderung erkennen lassen, dass hingegen zur Zeit kein einziger Vorgang einer Saltation, einer Reihe plötzlicher, sprunghafter Entwicklung mit Sicherheit von der Paläontologie angeführt werden könne, wie sie von der Botanik festgestellt werden konnten und De Vries an *Dipsacus* und *Oenothera* beobachtete. Leider hat De Vries auch vorgeschlagen, diese plötzlich entstandenen Veränderungen, deren Entstehung vielleicht einer zufälligen Veränderung in den Samenkörnern zuzuschreiben ist, als *Mutationen* zu bezeichnen, mit einem Ausdruck also, den lange vorher Waagen für die entgegengesetzte Erscheinung, die langsame Entwicklung in aufeinander folgenden Zeitabschnitten von langer Dauer anwandte. Wenn aber auch, wie Depéret bemerkt, vollkommen sichere paläontologische Fälle von Saltation oder explosiver Entwicklung nicht nachzuweisen sind, darf doch die Möglichkeit ihres Vorkommens nicht in Abrede gestellt werden. Depéret macht einige Beispiele auffallend schneller Entwicklung namhaft, welche zum mindesten die Möglichkeit ähnlicher Vorgänge, wie sie De Vries beobachtete, wahrscheinlich erscheinen lassen, so das rasche Aufblühen der Ammoniten-Gattung *Neumayria* im Kimmeridgien, der Ammoniten-Familie der *Pulchellidae* im Barremien, der Seeigelgattung *Clypeaster* und der Pelecypodengattung *Pecten* im Miocän. Die eingreifenden Umbildungen, welche zur Entstehung der Ordnungen, Klassen und der grossen Zweige des Tierreiches führten, entziehen sich aber nach Depéret gänzlich unserer Beobachtung.

Steinmann, der die sprunghaften Neuerungen gänzlich in Abrede stellt, ebenso aber auch die Theorie der natürlichen Auslese verwirft, nimmt als Grundeigenschaften der Lebewesen an: die Fähigkeit zu wachsen durch Nahrungsaufnahme über den augenblicklichen Bedarf hinaus, die Fähigkeit sich zu ändern nach dem Einfluss geänderter Reize und zu persistieren bei gleichbleibenden Reizen, die Fähigkeit der konstitutionellen Festigung und Vererbung neuer Merkmale bei hinreichender Dauer der Reize, die sie auslösen. Als bewirkende Reize aber bezeichnet er die Gesamtheit der geologischen und klimatischen Vorgänge und der wechselseitigen Beeinflussung der Organismen selbst. Wenn man auch mit dem übertriebenen Lamarckismus Steinmanns nicht einverstanden sein mag, wird man doch zugeben müssen, dass die

geologischen und klimatischen Veränderungen der Vorzeit einen wesentlichen Einfluss auf die Umgestaltung der organischen Welt genommen haben und die Paläontologie, welche ihre einstige Rolle einer Dienerin der Geologie, der sie lediglich die Kenntnis der Leitfossilien zu vermitteln hatte, überwunden hat, jetzt nicht bloss die Aufgabe hat, die Chronologie der Erdgeschichte in den Veränderungen der organischen Welt festzulegen, sondern auch wesentlich beizutragen zur Erklärung der geologischen und klimatischen Vorgänge, durch welche jene Veränderungen bedingt wurden.

Dabei handelt es sich zunächst um die Abhängigkeit der Organismen von jenen Verhältnissen, welche wir unter dem von Haeckel aufgestellten Begriff der *Chorologie* zusammenfassen. Mit Recht bezeichnet E. v. Mojsisovics die chorologische Erforschung der Bildungsphasen der Erde als eine der vornehmsten Aufgaben der historischen Geologie. Bestimmten physikalischen Ursachen entsprechen bestimmte Lebensverhältnisse und bestimmte Gesteinsbildungen. Nach dem Vorgange Gressly's und Oppels bezeichnet man unter der Herrschaft abweichender äusserer Bedingungen gebildete, unter sich mehr oder minder verschiedene Bildungen als *Facies*. E. v. Mojsisovics hat in seinem Werke « Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien » (1879) eingehend erörtert, dass der Begriff *Facies* die allgemeinen Wechselbeziehungen zwischen den äusseren Bedingungen einerseits und dem Gesteinsmaterial und den Wohnsitzen der Organismen andererseits ausdrückt, die gleichen *Facies* also auch in benachbarten biologischen Provinzen auftreten können. Ihr Gesteinsmaterial wird dann nahezu oder völlig identisch sein, auch die grösseren, hier und dort auftretenden Gruppen von Lebewesen können dieselben sein, doch werden andere (vikarierende) Arten dieselben zusammensetzen. Nach Mojsisovics muss deshalb die Anwendung der Bezeichnung *Facies* in allen Fällen vermieden werden, wo lediglich geographische Gegensätze vorliegen, auch scheint es ihm nicht angemessen, marine und terrestrische Bildungen als *Facies* einander gegenüber zu stellen. Er trennt die Ablagerungen zunächst nach dem Bildungsmedium in isomesische und heteromesische, dann nach dem Bildungsraum in isotopische und heterotopische und endlich nach den physikalischen Verhältnissen des Bildungsortes in isopische und heteropische. Die oft beklagte Lückenhaftigkeit der geologischen und pa-

läontologischen Urkunden beruht nach Mojsisovics im wesentlichen auf dem fortwährenden Wechsel heteromesischer, heterotopischer und heteropischer Bildungen, sie ist eine notwendige Folge der Kräfte, welche in ausserordentlicher Mannigfaltigkeit und Abwechslung die Lebenserscheinungen in den aufeinanderfolgenden Zeiträumen der Erdgeschichte bedingten und seinerzeit die Annahme wiederholter, die Vernichtung der gesamten organischen Welt verursachender Katastrophen veranlassten. Seither hat uns aber die Erfahrung zur Annahme der Kontinuität des Lebens und des Ersatzes der die ganze Erde umfassenden Katastrophen durch chorologische Verschiebungen geführt. Diese Veränderungen nachzuweisen ist Aufgabe der Geologie und sie wird dabei wesentlich unterstützt durch die paläontologische Forschung.

Um die in früheren Epochen herrschenden Verhältnisse richtig zu beurteilen, ist es zunächst notwendig, eine Vorstellung von der jeweiligen Verteilung von Land und Meer zu gewinnen. Die kartographischen Versuche, die uns dieselbe versinnlichen, wie sie uns z. B. in F. Frechs *Lethaea* oder in A. de Lapparents *Traité de géologie* begegnen, sind hauptsächlich auf Grund des Vorkommens bezeichnender organischer Überreste zu stande gekommen und Gleiches gilt natürlich auch von allen kartographischen Darstellungen, welche einstige zoo- oder phytogeographische Provinzen oder klimatische Zonen zum Gegenstand haben. Die bekannten Studien Neumayrs über klimatische Zonen während der Jura- und Kreidezeit (1883) und die geographische Verbreitung der Juraformation sind hier vorbildlich geworden, trotzdem manche seither nachgewiesenen Vorkommnisse jurassischer Ammoniten-Gesellschaften sich nicht recht gut dem von Neumayr konstruierten Bilde einordnen wollten. Für die obere Kreide hatte schon 1852 F. Roemer den Nachweis des Einflusses klimatischer Verhältnisse auf die Verbreitung der Organismen geführt und für den Jura F. Marcou Tierprovinzen und homozoische Gürtel unterschieden. Die genauere Darstellung der Verbreitung der Meeresablagerungen der Juraformation, ihrer Gliederung in einzelne Provinzen und ihrer biologischen Unterschiede bildet zweifellos ein bleibendes Verdienst Neumayrs, wenn auch einzelne Züge des von ihm entworfenen Bildes der Meeresprovinzen und der homozoischen Gürtel während der Jura- und Neokomzeit sich schon als jetzt nicht voll-

kommen zutreffend erwiesen haben und wohl noch fernere Berichtigung erfahren werden. Für die älteren Formationen zerstört die fortschreitende genauere Bekanntschaft mit den Überresten der paläozoischen Tier- und Pflanzenwelt die früher allgemein verbreitete Annahme eines auf der Erde allgemein verbreiteten gleichmässig warmen und feuchten Klimas. Mit den schon aus der Verbreitung der Glossopteris-Flora sich ergebenden Folgerungen über das frühzeitige Bestehen klimatischer Unterschiede stimmen auch die Erfahrungen wohl überein, die in neuerer Zeit über alt- und jungpaläozoische, grosse Vereisungen bedingende Kälteperioden und ausgedehnte alte Wüstenbildungen gewonnen werden konnten. Es muss freilich zugegeben werden, dass das *paläothermale Problem* der älteren Formationen kaum sobald einwandfrei gelöst werden dürfte, da wir noch weit davon entfernt sind, die uns näher liegenden klimatischen Verhältnisse der jüngsten Epochen der Erdgeschichte vollkommen sicher erklären zu können. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass es bis jetzt nicht gelungen ist, eine befriedigende Erklärung für die wiederholten, grosse Vereisungen verursachenden Kälteperioden und die milderen Zwischeneiszeiten zu finden, welche grosse, seit der Tertiärzeit eingetretene Klimaschwankungen erkennen lassen. Gegen alle bisherigen, aus irdischen oder kosmischen Verhältnissen abgeleiteten Erklärungsversuche lassen sich gewichtige Einwände vorbringen. Ebenso sind wir nicht im stande, die zur Tertiärzeit herrschenden klimatischen Verhältnisse, das Vorkommen von an wärmeres Klima angepassten Pflanzen in hohen Breiten während der älteren und mittleren Tertiärzeit und die aus den jüngeren Floren ersichtlich werdende, während der Pliocänzeit eintretende allmähliche Verschlechterung des Klimas befriedigend zu erklären. Weder die oft erörterte Annahme von Polschwankungen noch die Arrhenius'sche Hypothese von der Kohlensäurelieferung der tertiären Vulkane, weder Voraussetzung geänderter Meeresströmungen infolge anderer Grenzen der Festländer, noch die neueste von der Bedingung der Kälteperioden durch gesteigerte Gebirgsaufrichtung genügen zur Erklärung aller Erscheinungen. Ebensowenig aber befriedigen die schwieriger zu überprüfenden Ansichten über ausserhalb der Erde gelegene, kosmische Ursachen der Klimaschwankungen, mögen sie nun in Änderung der Sonnenstrahlung

infolge eines schwankenden Zustandes des als veränderlicher Stern betrachteten Zentralkörpers oder infolge des Durchganges des ganzen Systems durch eine Nebelmasse gesucht werden. Auch die früher vielfach erörterte abwechselnd ungünstige Lage der Nord- und Südhemisphäre genügt selbst unter dem Einfluss grösserer Exzentrizität der Erdbahn keineswegs zur Erklärung der klimatischen Änderungen der Tertiär- und Diluvialperiode. Nur die sorgfältige Benutzung zweier Erfahrungsreihen wird in Zukunft diese klimatischen Veränderungen genauer erfassen und vielleicht auch ihre Ursachen verstehen lehren: erstlich die Berücksichtigung der von den Geologen und Paläontologen zumeist allzu sehr vernachlässigten Lehren der Meteorologie und zweitens die genauere Untersuchung der biologischen Verhältnisse der einstigen Lebewesen. Schon im 17. Jahrhundert schloss Robert Hooke aus dem Vorkommen von fossilen Schildkröten und grossen Ammoniten in Portland auf ein einstiges heisseres Klima in England. Seither hat man sich gewöhnt, das Vorkommen von Versteinerungen, die mit heute unter den Tropen lebenden Formen Verwandtschaft vermuten lassen, für einen Beweis einstigen wärmeren Klimas zu erachten, obwohl die im sibirischen Eis eingeschlossenen behaarten Kadaver von Mammut und Rhinoceros zur Vorsicht mahnen sollten, die jedenfalls bei der Verwertung organischer Überreste für klimatologische Untersuchungen in ausgedehnter Weise zu beobachten sein wird. Gewiss dürfen die genannten, an kaltes Klima angepassten Tiere trotz der Tatsache, dass ihre heutigen Verwandten lediglich in tropischen Gebieten leben, nicht als Beweise für ein wärmeres Klima angesprochen werden, andererseits aber ist es wohl kaum erlaubt, für die von O. Heer in seiner *Flora fossilis arctica* aus hohen Breiten geschilderten tertiären Pflanzen anzunehmen, dass sie bei wenig von den heutigen verschiedenen klimatischen Verhältnissen die lange kalte arktische Nacht auszuhalten im stande gewesen wären. Trotz aller dieser Schwierigkeiten steht es aber doch ausser Zweifel, dass die Paläontologie bei allen Untersuchungen über die klimatischen Verhältnisse der erdgeschichtlichen Zeiträume die Grundlagen zu liefern haben wird.

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass eine der Hauptaufgaben der Paläontologie darin besteht, die Abgrenzung der einstigen tier- und pflanzengeographischen Provinzen

festzustellen. Diese Aufgabe wird jedoch wesentlich erschwert durch spätere geologische Veränderungen der Erdrinde, welche die Merkmale jener Grenzen undeutlich machen. Es handelt sich dabei weniger um die exogenen, abtragenden Vorgänge, welche die Sedimente und damit auch die eingebetteten Versteinerungen bis auf wenige Spuren durch Abrasion und Denudation entfernt haben können, sondern vor allem nur die endogenen, gebirgsbildenden Veränderungen, die, wie man immer deutlicher erkennt, in gewaltigen tangentialen Bewegungen bestehen. Ed. Suess spricht in seiner 1893 veröffentlichten Abhandlung « Die Entstehung der Alpen », welche die Erklärung der Gebirgsbildung in neue Bahnen lenkte, von dem Unterschied der mitteleuropäischen Charakter tragenden Kreideablagerungen bei Krakau und der in Gesteinsbeschaffenheit und Fauna so sehr abweichenden unmittelbar benachbarten karpathischen Kreide und fragt: « Wo war das Nordufer des karpathischen Kreidemeeres? » Er erwähnt das Auftreten von Kreideschichten bei Regensburg mit jenen Eigentümlichkeiten, die sie in Sachsen und Böhmen zeigen und wahrscheinlich durch geringere Temperatur des Meeres bedingt waren, während die in ihren tieferen Teilen gleichzeitigen Gosaubildungen der Alpen in gewissen Lagen überfüllt sind mit Korallen, mit Rudisten und anderen Spuren wärmeren Meeres. Suess fragt: « Wo lag die klimatische Scheide, wo die Grenze für die gänzliche Verschiedenheit des abgelagerten Materiales? » und weist dann darauf hin, dass die einstigen Verhältnisse durch den Zusammenschub der Erdrinde in hohem Grade verändert wurden. Seither hat uns die Deckentheorie damit vertraut gemacht, dass in Alpen und Karpathen ortsfremde Schichtsysteme von weither über autochthone Ablagerungen herübergetragen wurden. Es ist uns verständlich geworden, weshalb z. B. das Lienzer Gebirge in der Gesteinsbeschaffenheit und in der Versteinerungsführung der mesozoi- schen Schichten so genau mit den nördlichen Kalkalpen übereinstimmt, seitdem Termier uns die von Schardt und Lugeon entwickelte Deckentheorie auch auf die Ostalpen anzuwenden lehrte und zeigte, dass wir Wurzeln nordalpiner Decken im Süden zu suchen haben. In den Karpathen hat Lugeon die durch Uhlig festgestellten Verbreitungsverhältnisse verschieden entwickelter Ablagerungen gleichfalls durch Anwendung jener Ansichten verständlich gemacht, die zuerst in der

definitiv an

Schweiz und in den französischen Alpen gewonnen worden waren. Bei der Erkennung und Unterscheidung der verschiedenen Decken aber, die in wiederholter Folge durch den Zusammenschub der Gebirge übereinander getragen wurden, spielt neben der Gesteinsbeschaffenheit, welche in manchen Fällen keine so sicheren Aufschlüsse bietet, die Untersuchung der organischen Überreste eine ungleich wichtigere Rolle und man kann wohl behaupten, dass bei der Unterscheidung der aus sedimentären Gesteinen bestehenden Decken die paläontologische Untersuchung der tektonischen Geologie die wesentlichsten Dienste zu leisten hätte.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen zur Genüge, in welchem ausgedehntem Ausmass paläontologische Erfahrungen für geologische Untersuchungen nutzbar gemacht werden können. Andererseits ist, wie bereits erwähnt wurde, die Entwicklung des Lebens auf der Erde wesentlich durch geologische Vorgänge bedingt. In dem Schlusskapitel seines grossen Werkes « Das Antlitz der Erde », das die Überschrift trägt « Das Leben », gibt Ed. Suess eine Übersicht der Einwirkung geologischer Vorgänge auf die von ihm als Einheit betrachtete « *Biosphäre* », auf die Verbreitung der Lebewesen, auf ihre Verschiebungen und Wanderungen. Er hebt dann hervor, dass es für die Bevölkerung des Landes Gegenden gibt, in welchen sie einem Teil der physischen Veränderungen, nämlich den Transgressionen und der Gebirgsbildung, seit langer Zeit nicht ausgesetzt war. Suess nennt dieselben *Asyle* und unterscheidet im grossen vier derselben, nämlich *Laurentia*, einen grossen Teil Nordamerikas und der nördlichsten Umgebung des atlantischen Ozeans enthaltend; *Angara-Land*, das Tafelland Ostsibiriens; *Gondwana-Land*, d. i. die indische Halbinsel, Madagaskar, Afrika vom Südrand der Karoo bis zur Sahara, ferner grosse Teile von Brasilien und Argentinien; *Antarktis* mit Australien und Patagonien. Diese Länder haben mit sehr wenig Ausnahmen seit dem Schlusse der Karbonzeit nicht an faltenden Bewegungen teilgenommen; sie sind durch die Beschaffenheit wie durch die Fauna ihrer Flüsse als alte Länder gekennzeichnet. Die grossen Asyle für Landtiere wirken auch als solche für die Land-Floren und für die Bewohner der Flüsse, für jede Gruppe aber in anderer Weise. Die Frage, ob auf die Asyle auch der alte Begriff der « *Schöpfungscentra* » anzuwenden wäre, erachtet Suess darum für kaum zu beant-

worten, weil Arten und Gattungen unter den verschiedensten Umständen und an den verschiedensten Orten entstehen und dann gemeinsam wandern oder untergehen können. Er macht auf eine Reihe wichtiger biologischer Eigentümlichkeiten der Asyle aufmerksam, von denen hier nur erwähnt sein mag, dass alle die ältesten Fischtypen auf den Asylen leben, so *Ceratodus* in Australien (Antarktis), *Polypterus* und *Protopterus* in Afrika (Ost-Gondwana-Land), *Lepidosiren* in Brasilien (West-Gondwana-Land), endlich *Amia* und *Lepidosteus* in Nordamerika (Laurentia). Er betont ferner, dass alle Flüsse der Asyle fast ausschliesslich in den atlantischen oder den arktischen Ozean münden und die atlantische Hälfte des Erdballes mit ihrer weit umspannenden Wasserscheide sich als jene des Landes, die pacifische als jene des Meeres darstellt. Auf die jugendliche Entstehung des atlantischen Ozeans, dessen Senkungen die wichtigsten Asyle durchschneiden, hinweisend, meint Suess schliesslich, dass im Falle diese Senkungen aus einem Streben nach planetarischem Gleichgewicht hervorgehen würden, eine fortschreitende Minderung der Wohnsitze der Land- und Süsswasser-Tiere zu befürchten wäre.

Diese Darlegungen zeigen wohl am besten, wie gross und wie anziehend die Aufgaben sind, welche Geologie und Paläontologie noch zu lösen haben. Die Erdgeschichte ist im wesentlichen eine Geschichte des Lebens auf der Erde. Die « Biosphäre » aber ist abhängig von den geologischen Vorgängen und in ihrer Entwicklung spiegeln sich die mannigfachen geologischen Veränderungen wieder, deren Schauplatz der Planet wurde. Lediglich durch gemeinsame, Hand in Hand gehende geologische und paläontologische Forschung werden sich die in ihren Grundrissen bereits durch die emsige Arbeit so vieler Forscher ersichtlich gewordenen Züge der Entwicklungsgeschichte der Erde und des Lebens immer vollständiger und genauer feststellen lassen.