

Die Veränderungen der Organismen als geologisches Zeitmaß.

Von

Prof. Dr. R. Hoernes.



Die Geschichte der Erde an den verschiedenartigen Schichten, welche die Rinde des Planeten bilden, zu enträthseln, ist eine der Hauptaufgaben der Geologie, welcher sie in ihrem historischen Theil, der Formationslehre, gerecht zu werden versucht. Der historische Theil der Geologie macht uns mit den einzelnen Epochen — „Formationen“ — der Erdgeschichte bekannt, lehrt uns ihre Bildungen unterscheiden und selbst in entlegenen Gegenden wiedererkennen, — beides hauptsächlich nach den in den Sedimenten erhaltenen, organischen Resten. Die Trennung der Epochen, Formationen und einzelnen Horizonte erfolgt, ebenso wie ihre Parallelsirung, fast ausschließlich auf Grund paläontologischer Thatfachen. Man lehrte früher, daß jede einzelne Epoche ihre eigene, selbstständige, organische Welt besessen habe und daß die einzelnen Formationen durch große, den ganzen Erdball umfassende Katastrophen von einander getrennt seien, durch welche am Ende jeder Epoche die gesammte organische Welt ihren Untergang gefunden habe, um durch eine Neu-

schöpfung abgelöst zu werden. Diese Katastrophen-Theorie, als deren hauptsächlichste Vertreter Cuvier und Agassiz namhaft gemacht werden müssen, hat durch Lyell ihre Widerlegung gefunden, — es wurde nachgewiesen, daß die Veränderungen, welche an der Oberfläche unseres Planeten stattfanden, nicht in plötzlichen und allgemeinen Katastrophen bestanden, sondern vielmehr einen allmählichen und localen Charakter trugen, so daß die Continuität des organischen Lebens, seitdem es auf dem Planeten auftrat, niemals unterbrochen wurde.

Die Formationslehre hat in den letzten Jahren einen ganz neuen Charakter erhalten. Früher glaubte man auf Grund umfassender Untersuchungen in Deutschland, England und Frankreich, ein allgemein gültiges Schema der Epochen und Stagen aufstellen zu können, in welches sich die Bildungen aller Gegenden ohne Schwierigkeit einreihen ließen; man hoffte, die scharfen Grenzen, welche in den zuerst untersuchten Ländern die unterschiedenen Formationen trennten, allenthalben wieder zu finden, und dachte, Silur, Devon, Carbon, Dyas, Trias, Jura,

Kreide, Tertiär, Diluvium überall ohne sonderliche Schwierigkeiten und zwar in ungefähr derselben Gliederung, wie in West-Europa unterscheiden zu können. Je mehr indeß die geologische Forschung sich über die Oberfläche des Erdballes erstreckte, desto mehr wurde auch diese Erwartung zu Schanden. Man machte die Erfahrung, daß die einzelnen Formationen nicht nur sehr ungleichwerthig, sondern auch sehr unzuverlässig aufgestellt worden waren, da fast alle Formations-Grenzen, die in Mittel- und West-Europa sehr scharf sich ziehen ließen, schon in den Alpen ihren Dienst versagten. Zugleich erkannte man aber auch, daß die „alpine Entwicklung“ mit ihrer vorherrschenden Verbindung der ununterbrochen auf einander folgenden Horizonte eine weit größere Verbreitung besitzt, als die mittel- und westeuropäische mit ihrer lückenhaften, und aus diesem Grunde hauptsächlich durch so scharfe Formations-Grenzen ausgezeichneten Sedimentreihe. Daß die früher vorgenommene, scharfe Abgrenzung der einzelnen Epochen oder Formationen nicht mehr dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft entspricht, ergibt sich schon aus einem Ueberblick der historisch-geologischen Streiffragen der letzten Jahrzehnte. Ich verweise hier auf die neuesten Meinungs-Differenzen über die Grenze zwischen Silur und Devon; auf die Unmöglichkeit, die Grenzen, welche die Dyasformation Mittel- und West-Europas von der Carbon- und Triasformation trennen; auch in den Alpen wieder zu erkennen, auf die Einschlebung einer eigenen, vermittelnden Formation, der rhätischen Stufe, nach langem Federkrieg über die Grenze zwischen alpiner Trias und alpinem Lias; auf die Controverse über die Grenze zwischen oberem Jura und unterer Kreide in den Alpen; endlich auf die

zwischen Kreide und Tertiär schwankenden Ablagerungen Nordamerikas, die ihrer Fauna nach der älteren, ihrer Flora nach der jüngeren Epoche zugezählt werden mußten. Es stellt sich wie im Großen zwischen den einzelnen Formationen, so auch im Kleinen zwischen den Horizonten und Etagen, in welche man die Formationen getheilt hat, eine allgemein gültige, scharfe Abgrenzung als unmöglich heraus. Alle nach der ältesten Manier unterschiedenen Formationsglieder haben nur für größere oder kleinere Territorien Gültigkeit, und es wird stets gelingen, in einer benachbarten oder entfernten Gegend gerade an jener Stelle einen vollständigen Uebergang zu constatiren, an welcher man eine scharfe Grenze zu finden vermuthen mußte, wenn man eben die älteren Ansichten von der allseitigen Verbreitung der Formationen u. dem Durchlaufen ihrer Grenzen zur Richtschnur nehmen würde.

Die bisher fixirten Grenzen zwischen den größeren Epochen der Erdgeschichte haben eben so wie jene, mittelst welcher man kleinere Abschnitte zu trennen versuchte, einen sehr verschiedenen Charakter. Oft sind es nur Lücken in der Ablagerung, es fehlt ein Glied, welches an anderer Stelle entwickelt ist; — oder aber es findet ein Wechsel in der Beschaffenheit der aufeinanderfolgenden Ablagerungen statt, der sehr verschiedener Natur sein kann. Da der Gegenstand eine ausführlichere Besprechung verlangt, werde ich auf die geologische Abstufung der Sedimente, welche durch Mojsisovics in der Einleitung seines Werkes: „Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien“ zum ersten Male in präciser Weise dargestellt wurde, in einer eigenen Mittheilung einzugehen haben. Ich hoffe in derselben zeigen zu können, daß die oft beklagte Lückenhaftigkeit der geologischen Ur-

kunde zum großen Theile in der geringen Beachtung der chorologischen Verhältnisse der Sedimente ihre Erklärung und zwar in der Weise findet, daß nur in wenigen und ganz localen Fällen wirkliche Unterbrechungen, in den meisten aber Wechsel im chorologischen Charakter der Schichtreihen sich finden. Jene Consequenzen, welche man aus der angeblichen Lückenhaftigkeit der geologischen Urkunde gegen die Descendenzlehre abgeleitet hat, erweisen sich dann als nicht stichhaltige, grundlose Einwürfe. Hier sei jedoch nur bemerkt, daß *Mossisovics* dreierlei chorologische Abstufungen der Sedimente nach dem Bildungsmedium, nach dem Bildungsraum und nach den physikalischen Verhältnissen des Bildungsortes unterscheidet. In der ersten Kategorie haben wir zwischen marinen und terrestran (lacustren, fluviatilen) Sedimenten zu unterscheiden, — in der zweiten bedingen die Eigenthümlichkeiten der phyto- oder zoogeographischen Provinz die Verschiedenheit der in den Sedimenten eingebetteten Reste; — in letzter Reihe stehen endlich die mannigfachen, mit dem Namen „Facies“ belegten Variationen (Einfluß bathymetrischer Zonen, des petrographischen Materiales der Ablagerung, u. s. w.) — Die ungemein häufigen Facies-Unterschiede auf einander folgender Ablagerungen sehen wir mit Vorliebe zur Unterscheidung kleinerer Etagen angewandt, wobei größere und kleinere Mißgriffe unabwendbar sind; während Lücken in der Serie der Bildungen, sowie Wechsel im Bildungsmedium als Grenzen größerer Epochen: — „Formationen“ — gewählt wurden. Die ungleich wichtigeren, freilich aber auch viel schwieriger zu constatirenden provinciellen Verschiedenheiten entzogen sich bis in die neuere Zeit der genaueren Untersuchung, während man ihnen gegenwärtig die ver-

diente Aufmerksamkeit zuwendet, und zu ganz überraschenden Resultaten in dieser Richtung gelangte.

Auch die Wechsel im Bildungsmedium, und noch mehr die localen Lücken in der Sedimentreihe, welche man für die wichtigsten Formationsgrenzen hielt, erweisen sich, weil nur über mehr oder minder ausgedehnte Territorien verfolgbar, als schlechte Hülfsmittel in der geologischen Chronologie. So scheinen die an der Grenze von Jura und Kreide in Nordwest-Europa sich einstellenden terrestran Bildungen eine scharfe Trennung der beiden Formationen zu ermöglichen; wir wissen jedoch, daß in den Alpenländern die Kreidebildungen sich ohne Lücke an die Jurabildungen anschließen, daß die Entwicklung der Faunen eine continuirliche, und die Grenzlinie eine vollständig künstliche ist. So finden wir wenig mächtige, meist pflanzenführende Ablagerungen an der Grenze von Trias und Jura in Mittel-Europa, und ein Lager von Wirbelthierresten (*Donebed*) bezeichnet in erstaunlicher Ausdehnung aufs schärfste den Schnitt, der beide Formationen trennt; in den Alpen aber begegnen wir an der Stelle dieser Ablagerungen ungeheuer mächtigen, wohlgeschichteten Kalken, die sich durch eben so weite Verbreitung auszeichnen, und schwierig vom alpinen Lias, noch schwieriger aber von den obersten Triasgebilden getrennt werden können. Der „Dachsteinfalk“ der rhätischen Stufe ist von jenem der karnischen kaum zu trennen, und dieselbe Faciesentwicklung scheint an manchen Stellen noch ziemlich weit in den Lias hinaufzureichen.

Die gegenwärtig übliche Eintheilung der Erdgeschichte in Epochen und Formationen erweist sich sonach als eine vollständig willkürliche, in vielen Fällen un-

zweckmäßige; sie hat nur den Werth eines vorläufigen Verständigungs-Mittels, wie etwa das heute gebräuchliche, sogenannte natürliche System der Zoologie und Botanik. Das wahre natürliche System ist jenes, welches mit der Stammerwandtschaft zusammenfällt, und sobald wir diese erkannt haben, werden wir das vorläufige Verständigungsmittel ohne Schmerz über Bord werfen. Ganz dasselbe gilt von der gegenwärtigen Formations-Eintheilung der Erdgeschichte, welche nur zur vorläufigen Orientirung dienen kann, und jedenfalls aufgegeben werden muß, wenn die geologische Forschung die bisher nur auf einem kleinen Theil der Oberfläche des Planeten gewonnenen Erfahrungen durch Untersuchung aller übrigen zugänglichen Theile erweitert, und wenn unsere heute noch sehr lückenhafte Kenntniß von der Filiation der organischen Welt sich soweit vervollständigt haben wird, daß die Veränderung der Organismen zur Aufstellung einer allgemeinen geologischen Chronologie hinreicht.

Bei der Würdigung der gegenwärtigen Formationslehre und ihrer Principien ist vor allem zu berücksichtigen, daß es sich stets nur um relative, nie um absolute Zeitbestimmungen handelt. Wir werden unten einen Blick auf verschiedene Versuche werfen, mittelst welcher man absolute geologische Zeiten feststellen wollte — müßige Berechnungen, deren Prämissen mehr oder minder willkürlich genannt werden müssen.

Das älteste und am meisten in Anwendung gebrachte Mittel der absoluten Zeitbestimmung geologischer Perioden ist jenes der Vergleichung der Mächtigkeit der Sedimente. Die Wahrnehmung, daß das Inundationsterrain mächtiger Ströme bei alljährlichen Ueberschwemmungen um einen sehr geringen Betrag durch den jedes-

maligen Schlammablaß erhöht wird, veranlaßte zunächst die Zeit, welche derartige Flüsse zur Bildung ihrer Alluvionen brauchten, zu berechnen. Das bekannteste Beispiel derartiger Speculationen liefern die Versuche, das Alter der Nil-Alluvionen zu berechnen. Am Nil konnte nun untrüglich nachgewiesen werden, daß die Zunahme der Erhebung an verschiedenen Orten eine verschiedene ist, und zwar, daß sie sich in dem Verhältnisse vermindert, in welchem sich der Fluß dem Meere nähert. So soll das Land bei der Insel Elephantine in 1700 Jahren um 9 Fuß, bei Theben um 7 Fuß und bei Heliopolis oder Cairo um 5 Fuß 10 Zoll in derselben Zeit anwachsen. Noch geringer ist die Erhöhung im Delta, an den Mündungen. Dies zeigt aber auch, daß derartige Berechnungen sich an keiner Stelle auf die gesammte Dicke der Alluvionen ausdehnen lassen, da die Verhältnisse, unter welchen der Nil in früherer Zeit, als seine Alluvionen noch nicht im gegenwärtigen Maße das früher eine schmale Meeresbucht darstellende Thal erfüllten, sedimentirte, ganz andere gewesen sein müssen als heutzutage. Dies zeigt, daß nicht einmal die Alluvionen eines so regelmäßig sedimentirenden Stromes aus ihrer Mächtigkeit die Zeitdauer mit einiger Sicherheit zu berechnen gestatten — viel weniger ist dies natürlich bei den mannigfachen Bildungen des Meeres der Fall. Es sei hier nur als drastisches Beispiel die verschiedene Mächtigkeit angeführt, welche Korallenriffe in der gleichen Zeit unter der Bedingung der Stabilität der Küste einerseits und unter jener der langsamen Senkung andererseits erlangen können. Wir wissen auch, daß im Allgemeinen der Bau riffbildender Korallen sehr langsam vor sich geht, doch kennt man andererseits auch Fälle außerordentlich schnellen Wachstums.

— So citirte Darwin Beobachtungen von Dr. Allan an der Ostküste von Madagaskar, nach welchen auf eine Sandbank, drei Fuß tief bei Ebbestand im December 1830 gepflanzte Korallenstock-Fragmente im Juli 1831 nahezu das Niveau des Meeres bei Ebbestand erreicht hatten, — ebenso eine Mittheilung des Lieutenant Wellstead, welche besagt, daß an einem Schiffe im persischen Meerbusen der kupferne Boden im Verlaufe von 20 Monaten mit einer 2 Fuß dicken Schicht von Korallen incrustirt war, welche zu entfernen große Kraft erforderte, als das Schiff in die Docks geschafft worden war.*) Im Allgemeinen ist jedoch das Wachsthum der Korallen ein viel geringeres. Die Versuche Dr. Allan's haben auch gezeigt, daß verschiedene Korallen-Species sehr verschieden rasch wachsen, so daß neben den local günstigeren oder ungünstigeren Verhältnissen für das schnellere oder langsamere Anwachsen eines Korallenriffes auch das mehr oder minder häufige Vorkommen gewisser Arten entscheidend sein wird. Die Mächtigkeit von Korallenriffbildungen wird also nicht in stetigem Verhältniß zu den Zeiträumen stehen, in welcher ihre Bildung erfolgte.

Ganz dasselbe gilt jedoch auch von allen übrigen marinen Absätzen. Wenn auch ganz abgesehen wird von den großen Unregelmäßigkeiten, die in der Mächtigkeit derselben durch die großen Ströme verursacht werden, welche an einzelnen Stellen gewaltige Sedimentmassen in die Meere bringen, während an anderen Stellen keine derartige Zufuhr stattfindet, bleiben im Meere selbst Ursachen genug übrig, um

*) Ch. Darwin: Ueber den Bau und die Verbreitung der Korallenriffe — übersezt von Viktor Carus. Stuttgart, 1876. — S. 78 u. 79.

große Contraste in der Mächtigkeit der gleichzeitig abgelagerten Sedimente herbeizuführen. Constante Windrichtungen, Ebbe und Fluth, Strömungen spielen da eine Rolle, noch mehr aber die Tiefe des Wassers. Die Tiefsee-Untersuchungen haben uns darüber belehrt, daß Kalkabsatz nur bis zu einer Maximal-Tiefe von 2700 Faden stattfindet, während in größerer Tiefe die daselbst vorhandene Kohlenäure die hinabsinkenden Foraminiferen-Schälchen auflöst und ein eigenthümlicher, rother Schlamm als unlöslicher Rückstand zum Absatz gelangt. Es ist klar, daß diese Sedimente der Tiefsee an Mächtigkeit außerordentlich hinter den Seichtwasser-Bildungen zurückstehen, so zwar, daß, da der Charakter älterer Bildungen nicht immer mit wünschenswerther Genauigkeit zu erkennen ist, ein Schluß aus ihrer Mächtigkeit auf die zu ihrer Bildung nöthige Zeit kaum mit einiger Sicherheit gemacht werden kann. Noch gewaltiger ist der Contrast zwischen der Mächtigkeit gleichzeitiger mariner und terrestrer Bildungen. Es sei in dieser Beziehung an das bereits oben erwähnte Beispiel der rhätischen Stufe erinnert, welche in Mitteleuropa nur wenige Meter, in den Alpen eben so viel hunderte und darüber mächtig ist. — Erwägt man diese Verhältnisse, so gelangt man unwillkürlich zu dem Schlusse, alle Versuche, aus der Mächtigkeit der Schichten auf die Zeit, welche sie zur Ablagerung brauchten, zu schließen, für vergeblich zu erachten. Und doch finden wir so häufig für die verschiedenen Formationen aus der durchschnittlichen Mächtigkeit Minimalzeiten angegeben, die freilich jedweder Begründung entbehren.

Ein anscheinend etwas besseres Mittel, absolute Werthe für die geologische Zeit zu gewinnen, ist die Berechnung der Tem-

peraturannahme. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auf der Oberfläche der Erde einst eine viel höhere Temperatur herrschte, als dies heute der Fall ist. Abgesehen von kosmischen Erwägungen zwingt zu einer derartigen Annahme schon die Verbreitung tropischer Pflanzen- und Thier-Formen in älteren, über die ganze Erdoberfläche ausgedehnten Ablagerungen. Es ist allerdings nicht so leicht, einen sicheren Ausdruck für die Zeit zu gewinnen, welche hinreicht, um die Eigenwärme des Planeten an seiner Oberfläche um einen Grad zu erniedrigen; aber gesetzt auch, es wäre diese Zeit vollkommen genau bekannt, so würde es noch ungleich schwieriger sein, die mittlere Temperatur irgend einer Periode zu bestimmen, um aus der Differenz die Anzahl der Jahrtausende zu berechnen, die zu der entsprechenden Abkühlung nöthig waren. Zu welcher eigenthümlichen, mit allen übrigen geologischen und paläontologischen Erfahrungen im Widerspruch stehenden Resultaten man auf diesem Wege gelangt, mag das Beispiel Haughton's zeigen, welcher in letzter Zeit dieses Problem in einer Abhandlung über die Klimate geologischer Zeiten behandelt hat.*) Haughton zeigt zuerst ausführlich, daß die Hypothese von der Verschiebung der Pole nicht zulässig ist, um Veränderungen im Klima der verschiedenen geologischen Formationen zu erklären, — es ist diese Erörterung deshalb von Interesse, weil erst neuerlich der Versuch gemacht wurde, verschiedene geologische Probleme durch die Annahme wandernder Pole zu erklären.**)

Es ist nach Haughton*) „Nature“, Vol. XVIII. p. 266. — „Der Naturforscher“, 23. November 1878.

**) Franz Heger: Versuch zur einheitlichen Lösung verschiedener Fragen der modernen Geologie. „Zeitsch. der geograph. Gesellsch.“ Wien, 1879. —

tion unmöglich, große Aenderungen in der Lage der Pole als eine Ursache für die Veränderungen der geologischen Klimate anzunehmen, weil, so zahlreiche Beweise auch für ein warmes Klima nahe dem Nordpol in früheren geologischen Perioden vorhanden sind, kein einziges Vorkommen arktischer Fossilien in den Tropen constatirt werden konnte. Man sei vielmehr zu dem Schlusse berechtigt, daß bis etwa in die mittlere Tertiärzeit die Klimate hauptsächlich von der inneren Wärme der sich abkühlenden Erde abhingen. Dann aber könnten wir die in fossilem Zustande aufbewahrten Pflanzen und Thiere der arktischen Gegenden als selbstregistrirende Thermometer bezeichnen, welche in den Perioden der Erdgeschichte die mittlere Temperatur verzeichneten. Außer denselben hätten wir noch: die jetzige Temperatur der arktischen Gegenden, die direkt beobachtet ist, und zwei andere Temperaturen, die durch physikalische und physiologische Bedingungen bestimmt sind; dies sind die Temperatur des siedenden Wassers und die, bei welcher Eiweiß gerinnt. Es konnten keine geschichteten Felsen auf der Erde sich gebildet haben, bevor der erste Punkt der Abkühlung erreicht war, da kein Wasser vorhanden war, sie zu bilden; und es konnte kein Leben auf der Erde existirt haben, bis sie auf die letzte Temperatur abgekühlt war.

Haughton stellt sonach für die arktischen Gegenden folgende Scala der successiven Temperatur auf:

- 1) 212° F.: Sieden des Wassers,
- 2) 122° F.: Gerinnen des Eiweißes,
- 3) 68° F.: triassische und jurassische Zeit,
- 4) 48° F.: Miocäne Tertiärzeit,
- 5) 32° F.: Klima von Labrador,
- 6) 0° F.: jetziges Klima.

Die Zwischenzeit zwischen der ersten

und zweiten Epoche entspräche den azoischen Felsen; das Intervall zwischen der zweiten und dritten den paläozoischen Felsen und das zwischen der dritten und vierten den neo-
zoischen Felsen.

Gegen die eben angeführten Temperaturstufen wäre zu erinnern, daß sich die erste nicht unwesentlich aus dem Grunde verschiebt, weil der Druck der Atmosphäre zur Zeit, als sich das erste tropfbar flüssige Wasser auf dem Planeten bildete, viel bedeutender war als gegenwärtig, daher auch schon bei höherer Temperatur Wasser existiren konnte. Die mittleren Temperaturen für Trias und Jura — sowie für die Tertiär-Formationen — erscheinen ferner willkürlich angenommen. H a u g h t o n hätte eben so gut 78° wie 58° Fahrenheit als mittlere Temperatur der mesozoischen Epoche angeben können, da die wenigen lebenden Verwandten der damaligen Gewächse kaum zu einem sicheren Schluß in dieser Richtung hinreichen. Derartige Verschiebungen aber bedeuten hunderttausende von Jahren in den bezüglichen Berechnungen.

Es ist sodann in Erinnerung zu bringen, daß die Unterscheidung der älteren „azoischen“ Sedimente von den jüngeren, Reste organischen Lebens enthaltenden, eine ganz willkürliche, nur auf die Mangelhaftigkeit der paläontologischen Ueberlieferungen sich stützende ist. Denn eine gewaltige Masse sogenannter „azoischer“ Felsen wurde zu einer Zeit gebildet, da längst organisches Leben auf der Erde herrschte, die betreffenden Lebewesen aber entweder keine Harttheile besaßen, welche sie zum Gegenstand der Versteinering hätte machen können oder Reste hinterließen, die durch spätere Neubildungsprozesse gänzlich zerstört oder wenigstens bis zur Unkenntlichkeit verändert wurden.

Es hat daher wenig Werth, wenn

H a u g h t o n die Procentverhältnisse der Zeit, die sich aus der Theorie der Abkühlung der Erde ergeben, mit den Procentverhältnissen der größten Dicke der Ablagerungen in der nachstehend angeführten Tabelle vergleicht:

Periode	Abkühlung	Dicke der Schichten
Azoisch	(212—122° F.)	33,0 pCt. 34,3 pCt.
Paläozoisch	(122—68° F.)	41,0 42,5
Neozoisch	(68—48° F.)	26,0 23,2

H a u g h t o n findet die Uebereinstimmung zwischen diesen aus ganz verschiedenen Quellen abgeleiteten Zahlen bemerkenswerth, — sie scheint ihm den von vielen Geologen aufgestellten Satz zu rechtfertigen, daß das geeignete relative Maß der geologischen Perioden die größte Dicke der Schichten ist, die während dieser Perioden gebildet worden. Doch dürfte man eher berechtigt sein, beide Hülfsmittel der Schätzung des relativen Maßes der geologischen Epochen als unzulänglich und zu vielen Irrthümern Anlaß gebend zu verwerfen. H a u g h t o n's Bestrebungen, dem geologischen Zeitbegriff näher zu kommen, werden schon durch eines seiner Hauptresultate ad absurdum geführt. Er gelangt nämlich durch seine Berechnungen zu dem Schlusse, daß uns ein größeres Zeitintervall von der miocänen Tertiärzeit trenne, als jenes, welches während der Ablagerung aller secundären und tertiären Schichten von der Trias bis zum Miocän verstrichen ist. Wenn man jedoch überlegt, welche ungeheure Entwicklung das organische Leben von der Trias, deren untere Etagen eine Fauna von ganz paläozoischem Habitus besitzen, bis zum mittleren Tertiär durchgemacht hat, während zwischen Miocän und Gegenwart eine verhältnißmäßig unbedeutende Veränderung stattfand (eine Erwägung, die auch durch die Vergleichung der Mächtigkeit der betreffenden Sedimente wei-

tere Unterstützung findet, wenn man schon auf dieses Hülfsmittel Werth legen will), so wird man kaum in der Lage sein, den Ausführungen *Saughton's* beizupflichten. Dieser meint zwar, daß das enorme Zeitintervall, welches uns von der miocänen Epoche trennt, reichlich Gelegenheit biete für die Entwicklung der riesigen Säugethiere, von denen man gewöhnlich annehme, daß sie auf allen Continenten plötzlich aufgetreten und plötzlich verschwunden seien. Gerade die Filiation der Säugethiere aber verlangt einen ungemein langen Zeitraum zwischen Kreide und Miocän, in welchem die Entwicklung der Hauptstämme der Klasse erfolgte, während die miocänen Säugethiere (wenige aberrante und seither ausgestorbene Typen abgerechnet) den recenten bereits sehr nahe stehen. Man kann mit Fug und Recht, bios auf die Entwicklung der Säugethierformen gestützt, behaupten, daß der erste Zeitraum der Tertiärformation bis in die Mitte der Miocänstufe ungleich länger gewesen sei, als jenes Intervall, welches uns von der Miocänzeit trennt.

Wir sehen also, daß die Abkühlung der Erde uns bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse kaum sichere Anhaltspunkte für die Abschätzung der geologischen Zeiträume liefern kann; noch mehr gilt dies von jenen Erscheinungen, deren Periodicität zwar von vielen Seiten behauptet wird, aber durchaus nicht sicher festgestellt erscheint.

Die Periodicität der Eiszeiten oder der Umsezung der Meere wäre allerdings ein sehr bequemes Mittel, nicht bios relativ, sondern auch absolut sicheres geologisches Zeitmaß zu erhalten; allein es läßt sich nicht leugnen, daß die bezüglichlichen Verhältnisse uns heute noch nicht in ihrer Wesenheit bekannt sind. Es ist gegenwärtig noch

nicht einmal sicher gestellt, daß es periodisch wiederkehrende Eiszeiten giebt, und bezüglich der Perioden, welche *Adhemar*, *Schmid*, *Pilar* u. A. berechnet haben, muß bemerkt werden, daß zwar ihre Rechnungen vollkommen richtig, ihre Prämissen aber ziemlich willkürlich sind. *E. Sueß**) hat auf den bemerkenswerthen Umstand aufmerksam gemacht, daß die auffallenden Transgressionen in Nord- und Mitteleuropa stets mit dem Vorkommen eingestreuter, fremder Gesteinsblöcke zusammenfallen, bezüglich welcher man den Eistransport anzunehmen geneigt ist. *Sueß* betont, daß in allen besonders auffallend übergreifenden Ablagerungen, welche dem unteren Theile der permischen Formation, dem oberen Jura in seiner arktischen Entwicklung mit *Aucella mosquensis*, der mittleren und oberen Kreide, der Oligocänzeit und endlich der Diluvialperiode angehören, eisgetragene Blöcke als vorkommend angeführt werden: „Im Rothliegenden hat sie *Kamfay* seit langer Zeit beschrieben; im oberen Jura Schottlands, und zwar gerade in Begleitung des *Ammonites alternans*, welcher im russischen Jura wieder auftaucht und bis an die *Petchora* reicht, hat sie *Judd* nachgewiesen; aus dem *Tenomon* von *Cambridge* kennt man sie durch *Sollas*; aus der weißen Kreide hat sie *Godwin Austen* schon vor längerer Zeit beschrieben; die Ausstreunung großer Blöcke in die oligocänen Flyschmassen des Alpenystems bis ins südliche Italien ist seit lange bekannt, ebenso jene der Diluvialzeit. Ich will hinzufügen, daß in ähnlicher Weise einige entfernte Anzeichen für die rhätische Stufe sprechen.“

Wenn *Sueß* von diesen Betrachtungen meint, daß sie mit manchen der Voraussetzungen der zahlreichen Nachfolger *Adhe-*

*) Die Entstehung der Alpen, S. 117—120.

mar's übereinstimmen, welche bald, wie *Eroll*, einen periodischen Wechsel der Temperatur, bald, wie *Schmid*, eine abwechselnde Anhäufung des Meeres an dem einen oder dem anderen Pol annehmen, so muß dagegen erinnert werden, daß die von letzteren berechneten Perioden viel zu kurz für die geologischen Zeiträume, wie auch der Betrag der von *Schmid* und *Pilar* angenommenen Umsetzung des Wassers viel zu gering für die Erklärung der großartigen Transgressionen erscheint. Während es vielleicht bei weiteren Fortschritten der Geologie möglich sein wird, periodische Vorgänge in der Geschichte des Planeten zu constatiren und hierdurch gleiche Abschnitte an die Stelle der ungleichwerthigen Formationen zu setzen, ist es sicher, daß gegenwärtig ein derartiger Versuch noch nicht von Erfolg begleitet sein kann.

Vorläufig wird man, gänzlich absehend von dem Ideal einer absoluten Bestimmung der geologischen Zeiträume, sich damit begnügen müssen, möglichst gleichwerthige Zeitabschnitte in der Geschichte des Planeten zu gewinnen. Die *Darwin'sche* Theorie der allmählichen Veränderung der Organismen liefert in ihrer consequenten Anwendung auf die historische Geologie ein vortreffliches Mittel zur Fixirung geologischer Einheiten.

Mossisovics erörtert in einem bereits eingangs erwähnten Werke über die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien zum ersten Male die Principien einer historischen Classification der sedimentären Ablagerungen mit Zugrundelegung der Descendenzlehre und der von ihm selbst neugegründeten chorologischen Abstufung der Sedimente. Er betont zunächst die Unzulänglichkeit der gegenwärtig üblichen Eintheilungen der geologischen Zeit:

„Die hergebrachten conventionellen Grup-

pirungen genügen in keiner Weise. Man fühlt dies allgemein und sucht theils durch Aufstellung neuer Gruppen, welche dem in den Kinderjahren der historischen Geologie nach mitteleuropäischem Zuschnitt angefertigten Schema eingezwängt werden, theils durch weitgehendeerspaltungen der alten Abschnitte Abhilfe zu verschaffen. Aber die meisten dieser Auskunftsmittel leiden an dem gleichen Gebrechen wie die alten Gruppen. Sie tragen das Gepräge nackter Empirie; ihre Begrenzung ist eine willkürliche, zufällige. — — Am Draftischsten machen sich diese Uebelstände bei der Zusammenstellung von allgemeinen, vergleichenden Formationstabellen geltend. Es zeigt sich dabei sehr deutlich, daß die Inconvenienzen der großen alten Gruppen nicht eliminiert, sondern nur auf die engeren neuen Gruppen übertragen, mithin vervielfältigt sind.“

Als chronologische Einheit wird nunmehr die paläontologische Zone aufgefaßt, wie sie zuerst von *Doppel* in die historisch-geologischen Studien eingeführt ward. *Doppel* hat, indem er den mitteleuropäischen Jura in paläontologische Zonen zerlegte und auf die Untersuchung der Faciesverhältnisse den gebührenden Werth legte, den ersten Anstoß zu einer naturgemäßen Classification gegeben. Der Begriff der paläontologischen Zone hat freilich erst dann seine volle Bedeutung erhalten, als *Doppel's* Nachfolger den Anforderungen der Descendenzlehre gerecht wurden und die chorologische Deutung der einzelnen Ablagerungen weitere Fortschritte machte.

Heute bedeuten die paläontologischen Zonen einzelne Entwicklungsphasen des organischen Lebens. Um dieselben festzustellen ist es zunächst nothwendig, die in den einzelnen Schichten eingebetteten Reste viel sorgfältiger zu studiren, als dies bisher zumeist

geschah — es zwingt die neue Methode der paläontologischen Forschung auch zu viel engerer Fassung der Arten und Formen. Wir wissen, daß sie alle in einander übergehen und daß die scheinbaren, scharfen Grenzen, die eine sogenannte „gute Art“ bezeichnen, nur in Lücken unserer Kenntnis, nicht aber in der Natur begründet sind. Es mag, so lange es sich um die Erörterung der gegenwärtigen Lebewesen handelt, erlaubt sein, alle durch unmittelbare und unmerkliche Uebergänge verbundenen Formen zu einer Art zu vereinigen; sobald es sich aber um geologisch ältere und jüngere Formen handelt, wird die Sonderung und Auszeichnung durch einen eigenen Namen notwendig, da durch den letzteren eben ein Entwicklungsstadium im geologischen Sinne bezeichnet werden muß, wenn die Veränderung auch eine geringfügige wäre. Mit Recht bemerkt Mojsisovics: „Für den Zoologen und Botaniker mag es gleichgültig sein, ob die Reihenfolge der Bindglieder zwischen zwei geologisch verschiedenartigen Typen durch Artnamen ausgezeichnet wird oder nicht, obwohl es auch diesen condenciren wird, die einzelnen Stadien bestimmt bezeichnen zu können. Beim Geologen kommt aber namentlich auch der chronologische Standpunkt in Betracht. Für ihn haben die einzelnen Entwicklungsstadien eine chronologische Bedeutung, und er würde sich freiwillig der kostbarsten Documente begeben, wenn die in bestimmter geologischer Altersfolge auftretenden Zwischenformen in eine sogenannte „gute Art“ zusammengezogen würden. Solche Arten wären überdies eine thatfächliche Fälschung, da die angeblichen Varietäten nicht gleichzeitig, sondern nach einander existirten.“ Durch die scharfe Fassung der einzelnen Stadien in den Entwicklungsreihen gelangt man zur Feststell-

ung der paläontologischen Zonen, deren Zeitmaß übrigens selbstverständlich nur ein relatives ist. Keineswegs entsprechen die einzelnen Zonen bestimmten, ziffermäßig ausdrückbaren Zeitabschnitten. Es muß ferner hervorgehoben werden, daß sie keine allgemeine Bedeutung besitzen, sondern nur für durchaus gleichartige, einem Bildungsmedium und einer Bildungsprovinz angehörige Ablagerungen Geltung haben. Für jede andere Provinz wird eine selbstständige chronologische Gliederung durchzuführen sein. Es wird daher für die einzelnen Epochen so viele getrennte Chronologien geben, als selbstständige Provinzen existiren. Die fortwährende Verschiebung der letzteren bietet jedoch ein Mittel, diese getrennten Chronologien in Zusammenhang zu bringen. Wenn früher getrennte Provinzen durch Hinwegfall der Scheidewand ihre Vereinigung fanden, wird es stets möglich sein, aus der Untersuchung der Versteinerungen den Zeitpunkt dieses Ereignisses abzuleiten; — wissen wir ferner, daß die verschieden gegliederten Ablagerungen dieser beiden Provinzen eine gleichartige, einem gemeinsamen Bildungsraume entsprechende Unterlage besitzen, so ist es, wenn die phylogenetische Verkettung der eingebetteten Versteinerungen das Vorhandensein einer Lücke ausschließt, wohl gestattet, die Gesamtheit der Zonen des einen Gebietes der Gesamtheit der Zonen des anderen Gebietes gleichzustellen. Die einzelnen paläontologischen Zonen aber dürfen in diesem Falle einander nicht parallelisirt werden, was meistens wohl schon aus dem Grunde unausführbar ist, weil die Anzahl der Zonen eine ungleiche sein wird.

Die Trias der Alpen liefert hierfür nach den Untersuchungen von Mojsisovics ein ausgezeichnetes Beispiel. Die Ablagerungen der unteren Trias entsprechen

einem gemeinsamen Bildungsraum; zur norischen Zeit erscheint die mediterrane von der juvavischen Provinz scharf geschieden, und mit dem Beginne der karnischen Stufe stellt sich allmählich die Verbindung wieder her. Während jedoch die norische Stufe der mediterranen Triasprovinz nur in zwei paläontologische Zonen zu zerlegen ist, zerfällt jene der juvavischen Provinz in nicht weniger als fünf.

Am schwierigsten gestaltet sich die Vergleichung von Ablagerungen aus verschiedenem Bildungsmedium. Die Entwicklung des organischen Lebens auf dem Festlande und im Meere hält keineswegs gleichen Schritt. So können wir z. B. im Miocän Osteuropas eine ganz verschiedene Chronologie auf Grund der aufeinander folgenden Säugethierfaunen des Festlandes und der marinen Conchylienfaunen aufstellen. Während im Meere die Ablagerungen der ersten und zweiten Mediterranstufe stattfanden, und selbst während zur Zeit der sarmatischen Stufe, Absätze aus bereits etwas ausgefülltem Wasser erfolgten, während die Conchylienfauna des Meeres die durchgreifendsten Aenderungen erlitt, persistirte die von den österreichischen Geologen als erste Säugethierfauna des Wiener Beckens bezeichnete Bevölkerung des Landes ungestört, um erst bei Beginn der Ablagerung der Congerenschichten der zweiten Fauna Platz zu machen. Außerordentlich eingehende Detailstudien sind in solchen Fällen nothwendig, um die Gleichzeitigkeit so verschiedener Ablagerungen nachzuweisen. Die Anwendung der paläontologischen Zonen hat demnach mit nicht geringen, in der Sache selbst begründeten Schwierigkeiten zu kämpfen. Zu diesen ist vor allem auch der Umstand zu zählen, daß die Variabilität der verschiedenen Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Formen-

reihen eine sehr verschiedene ist, und Veränderungen selten gleichzeitig eintreten. Man könnte nach Mojsisovics dieser Verlegenheit nur durch zweckmäßige Wahl von Normal-Vergleichungstypen entgehen, welche man unter den am häufigsten sich ändernden Organismen wählt. Wünschenswerth wäre es, für die ganze Formationsreihe sich constant eines und desselben Vergleichungstypus bedienen zu können. Ein solcher, der brauchbar wäre, existirt aber nicht. Man wird deshalb für die paläozoischen Formationen wahrscheinlich die Trilobiten und Cephalopoden (subsidiär auch die Brachiopoden), für die mesozoischen Formationen die Ammonitiden (nach Umständen subsidiär andere Ordnungen), für die känozoischen Formationen die Gastropoden wählen.

Der Gedanke, in consequenter Anwendung der Descendenzlehre die Veränderung der Organismen als geologisches Zeitmaß zu verwenden, findet durch Darwin selbst in einem schmeichelhaften Schreiben an Mojsisovics mit folgenden Worten Billigung:

„Ich habe endlich Zeit gefunden, das erste Kapitel Ihrer Dolomit-Risse zu lesen, welches mein Interesse in außerordentlichem Maße erregt hat. Was für eine wundervolle Veränderung der geologischen Chronologie stellen Sie durch Zugrundelegung der Descendenztheorie und durch Anwendung der graduellen Veränderung derselben Gruppe von Organismen als Zeitmaß in Aussicht! Ich habe nie gehofft zu erleben, daß Jemand einen solchen Schritt vorschlagen würde. Döppel, Neumayr und Sie werden sich ein dauerndes und bewundernswerthes Verdienst um die edle Wissenschaft der Geologie erwerben, wenn Sie Ihre Ansichten so verbreiten können, daß sie allgemein bekannt und angenommen werden.“