

Hochgipfeln (Incachacca—Avuela jihuata) zusammen. Wo sie sich trafen, da baut der Moränenschutt auch heute noch gewaltige Hügel auf, und talaufwärts zeugen riesige Moränenwälle von dem etappenweisen Zurückweichen der Gletscher. Hier überall ist die charakteristische Rundhöckerlandschaft aufs schönste ausgebildet, und in den Bergwänden sind seengeschmückte Kare eingefressen, an deren Ausgang die Seitenmoränen in scharfen Linien hervortreten.

Ich will aber die Beispiele aus diesem Gebiet nicht unnötig häufen. Die Zeugen der Vergletscherung erstrecken sich lückenlos über das ganze Hochgebirge. Auch am S.-Hang gegen Cochabamba finden wir außer der eingangs erwähnten Endmoräne vor dem Llavetal unzweifelhafte Glazialrelikte: so eine sehr schöne Moräne unterhalb des kleinen Karsees von Huarahuara und die großen, schon von HOEK beobachteten Endmoränen im Talschluß von Sacaba, die ebenfalls von bedeutenden Eisströmen reden. Dasselbe gilt auch vom Südabhang des Malagastockes. Es sei schließlich noch erwähnt, daß heute im ganzen Hochgebirge von Cocapata nirgends mehr Gletscher vorkommen. Nur in den schattigsten Karwinkeln und Felsklüften bleibt spärlicher, verfirnender Schnee das ganze Jahr über erhalten und dient dazu, dem durstigen Cochabamba die Sommerhitze erträglicher zu machen. Die kläglichen Reste einst gewaltiger Eisströme werden heute in kleinen Packungen, sorgfältig in Stroh verschnürt, von Eseln durch die Straßen der Stadt getragen.

## Revision der geologischen Zeittafel für Nordamerika.

Von **Charles Schuchert** und **Josef Barrell** (New Haven, Conn.).

Aus dem Englischen übersetzt (Amer. Journ. Sc. 37. July 1914).

(Mit 2 Textfiguren.)

Die Verfasser unterrichten historische Geologie in den Anfängerklassen der beiden Unterkurse der Yale Universität. Dabei haben sie das Bedürfnis nach einer tabellarischen Zusammenstellung empfunden, die auf engem Raum, in richtiger Anordnung und Proportion die bedeutsamsten Tatsachen der Erdgeschichte darstellt.

Der ältere der beiden Verfasser ist hauptsächlich für die Darlegungen grundsätzlicher Art, sowie für den Teil der Tabelle verantwortlich, der den postproterozoischen Zeitraum umfaßt. Von dem jüngeren Verfasser stammen die Darlegungen über das Präcambrium, sowohl ihr allgemeiner Teil als die Klassifikation.

### I. Teil: Postproterozoische Zeit (C. S.).

Der wohlbekannteste und hochgeschätzte californische Geologe LE CONTE hat bei einem Überblick über die Entwicklung der Geologie im 19. Jahrhundert gesagt: »Während dieses Jahrhunderts hat eine allmähliche Verschiebung dessen, was man

den Schwerpunkt der geologischen Forschung nennen könnte, nach Westen zu stattgefunden, so daß jetzt, am Ende des Jahrhunderts, die fruchtbarste Arbeit hier in Amerika geleistet wird. Das ist nicht der größeren Befähigung der amerikanischen Geologen zuzuschreiben, sondern der Überlegenheit ihres Stoffes. DANA hat mit Recht Amerika den Musterkontinent der Erde genannt: Alle geologischen Probleme sind hier in einer Einfachheit und Klarheit ausgebildet, wie man sie anderwärts nicht findet« (1900).

Nordamerika ist Muster an Einfachheit der Struktur nicht nur auf seinem ganzen großen Gebiet, sondern auch durch alle geologischen Zeitalter hindurch. Der andere Kontinent der Nordhemisphäre dagegen ist viel komplizierter: denn erst im Laufe der Zeit, durch Zusammenschweißen getrennter Landmassen durch gebirgsbildende Kräfte ist Eurasien entstanden. Nach DANA ist ein typischer Kontinent »ein Landkörper, der so groß ist, daß er die typische bassinförmige Gestalt haben kann, nämlich voneinander unabhängige Gebirgszüge zu jeder Seite eines tiefer gelegenen Innern« (1895).

Der größere, nördliche Teil von Nordamerika hat die Form eines eingesunkenen Schildes und ist von SUSS richtig als der canadische Schild bezeichnet worden (Fig. 1). In seinen Gesteinen enthüllt sich fast seine ganze präkambrische Geschichte, Vorgänge, deren Ablauf eine Ewigkeit begreift, und deren Einzelheiten für immer dunkler bleiben werden als die des südlichen Teils des Kontinents. Die geologische Geschichte, die in den Oberflächengesteinen des größten Teils der Vereinigten Staaten und Mexikos verzeichnet ist, ist zwar wesentlich kürzer und jünger als die Canadas, aber die Sedimente sind hier besser erhalten, und sie führen zahlreiche, leicht zugängliche Versteinerungen. Im Norden, und besonders im Süden und Westen des Schildes, liegen ausgedehnte Senkungsfelder oder neutrale oder schwach positive Gebiete, die durch alle geologischen Zeiten die Tendenz zeigen, etwas unterhalb des Meeresspiegels zu liegen. Wegen dieser ihrer tiefen Lage sind sie oft vom Meere überschwemmt worden, und so finden wir hier die postproterozoischen Ereignisse eingetragen. Im Osten des südlichen Teils des Depressionsgebietes finden sich die basalen Reste eines Gebirgssystems, das einen Komplex von metamorphen und eruptiven Gesteinen zeigt und damit beweist, daß immer wieder, durch alle geologischen Zeiten hindurch, majestätische Gebirgsketten, zeitweilig von Vulkanen besetzt, sich über die heutigen basalen Reste erhoben haben. Diese Gebirge lagen im westlichen Teil von Appalachia, dessen östliche Küste im Laufe der Zeit tief in die Abgründe des atlantischen Ozeans versenkt wurde. Der westliche, sehr ausgedehnte Teil des Depressionsgebiets wird im Westen von einem andern alten Land, Cascadia, begrenzt, das am pacifischen Ozean lag, von dem wir aber bis jetzt nur wenig wissen. Diese beiden letztgenannten Gebiete waren der Schauplatz intensivster geologischer Tätigkeit, des Kampfes zwischen Land und Meer, in dem das Land zwar Sieger blieb, aber erst nachdem es an seinem Rand ein Bollwerk nach dem andern errichtet in immer neuen, von Vulkanen besetzten Gebirgsketten, von Alaska bis zur Stadt Mexiko. Diese westliche Region umfaßt heute die großen Cordilleren des Kontinents und das gesamte Mexiko.

So sehen wir, daß Nordamerika die Gestalt eines länglichen Beckens hat, das gegen Norden weit geöffnet und im Südosten nahezu geschlossen ist: an letzterer Stelle befand sich freilich lange Zeit eine Querkette von Bergen, die Ouachitas, von denen heute nur die Wurzeln übrig sind, auch diese teilweise von späteren Sedimenthüllen bedeckt. Die Geologie der arktischen Flachsee ist noch nicht gut bekannt, aber in den gefalteten Gebirgen der Vereinigten Staaten sind die Sedimente von beträchtlicher Mächtigkeit und Ausdehnung. Innerhalb dieser gehobenen Ränder liegt das ausgedehnte Becken, das sich jederzeit größtenteils annähernd in Meereshöhe befand; durch Lücken im Randgebirge trat das Meer wiederholt ein und bildete in seinem Innern flache Seen. Diese Überflutungen sind von allen vier Seiten her eingedrungen, am stärksten vom paci-

fischen und vom arktischen Meere aus, am wenigsten vom atlantischen und am kontinuierlichsten von dem mexikanischen Mittelmeer aus. Die beigegebene geologische Zeittafel (S. 388—391) ist zwar noch immer sehr unvollkommen; sie ist zusammengestellt aus der lückenhaften Entzifferung dieser zahlreichen Vorgänge in geordneter Reihenfolge und aus dem Vergleich derselben Vorgänge in Eurasien, wie sie die dortigen Geologen erforscht haben.

Die Grundlagen der Zeitrechnung. Das Grundgesetz, auf dem alles geologische Arbeiten beruht, ist das der Entwicklung, der schwankenden, aber fortschreitenden Veränderungen, die im Laufe der langen Zeiträume stattgefunden haben; die Erklärung dieser Veränderungen führt zur Geschichte der Erde, zur Wissenschaft der historischen Geologie.

Die Erde entwickelt sich als Ganzes, aber die Zeugnisse ihrer Entwicklung sind keineswegs überall die gleichen. Selbst wenn es so wäre, so wären sie dennoch nicht völlig der Forschung zugänglich, denn jüngere Schichten verhüllen die älteren, und die atmosphärischen Einwirkungen haben vieles durch Erosion zerstört. Ebenso sind die vollständigeren stratigraphischen Dokumente, die unter dem Ozean begraben liegen, endgültig verloren. Deshalb kann eine vervollständigte geologische Geschichte im günstigsten Falle aus der Kenntnis aller der Stellen zusammengefügt werden, die heute Festland sind, im wesentlichen also aus der nördlichen Halbkugel, denn diese ist die hauptsächlichste Festlandshalbkugel. Eine solche Geschichte entsteht hauptsächlich durch den periodischen Ausgleich zwischen kontinentalen und ozeanischen Gebieten. Dieser vollzieht sich auf dem schrumpfenden Erdkern, und dadurch wird dessen Oberfläche in große Falten zusammengedrückt, die sich besonders an den Rändern der Kontinente erheben. Ebenso treten zeitweise Bewegungen vertikaler Natur auf: die Kontinente, die von leichterem Material unterlagert werden, wölben sich auf und stellen so die Erhebungen, die die Erosion zerstört hatte, wieder her, während der mit Sedimenten beladene Meeresgrund die Neigung hat, sich zu senken.

Während der letzten 20 Jahre ist viel geschehen, um die historische Geologie Nordamerikas zu entziffern, und da diese Chronologie soviel wie möglich den früher ermittelten europäischen Schichtfolgen angepaßt werden muß, so empfiehlt es sich, die zerstreuten Angaben zu ordnen und zusammenzufassen. Unser Schema geht in der Regel nicht weiter ins Einzelne als bis zu den »Systemen« der Gesteinsfolge oder den »Perioden« der Zeit, (Formationen oder Formationsabteilungen), und wir bemühen uns, die alte und wohlbekannte Terminologie tunlichst beizubehalten.

Wir können wohl damit anfangen, daß wir die Fragen wiederholen, die SUESS im Jahr 1885 gestellt hat: »Wodurch wird eine Formation gebildet, und was bestimmt ihren Anfang und ihr Ende? Wie kommt es, daß eine stratigraphische Unterabteilung sich über die ganze Erde erstreckt?« SUESS' Antwort lautete damals: »Wenn wir die berühmtesten Meister unserer Wissenschaft in einem glänzenden Tribunal versammeln könnten und ihnen diese Fragen vorlegen, bezweifele ich sehr, daß ihre Antwort einstimmig sein würde, ja ich weiß nicht einmal, ob sie endgültig wäre.« Obwohl wir im 20. Jahrhundert einer endgültigen Antwort näher kommen und die verschiedenen Regeln klarer erkennen, die für die Ermittlung der Erdgeschichte als Grundlage dienen, ist doch eine feste geologische Zeitrechnung noch nicht geschaffen.

Das Zeugnis der Versteinerungen. Versteinerungen bilden den ersten Schritt auf dem Wege der stratigraphischen Gleichsetzung. Ihre Beweiskraft wird eingeschränkt durch die geographische Verbreitung der Sedimente, in denen sie vorkommen, und durch deren Beziehungen zu den Schichten unter und über ihnen (Überlagerung). Diese Grundsätze sind leicht festzustellen, aber schwierig auf eine so ausgedehnte Landmasse wie Nordamerika anzuwenden. Obwohl ihnen nahezu ein Jahrhundert an Arbeit gewidmet ist, ist doch nur ungefähr die Hälfte der Oberfläche genau durchforscht.

Im allgemeinen geht die Sedimentbildung langsam vor sich, und in der Zeit, wo sich durchschnittlich ein Fuß Sediment ablagert, sind wahrscheinlich tausend Generationen mariner Wirbelloser aufgetreten, haben ihr Leben auf ihre Nachkommen übertragen und sind wieder verschwunden. Man nimmt an, daß sich

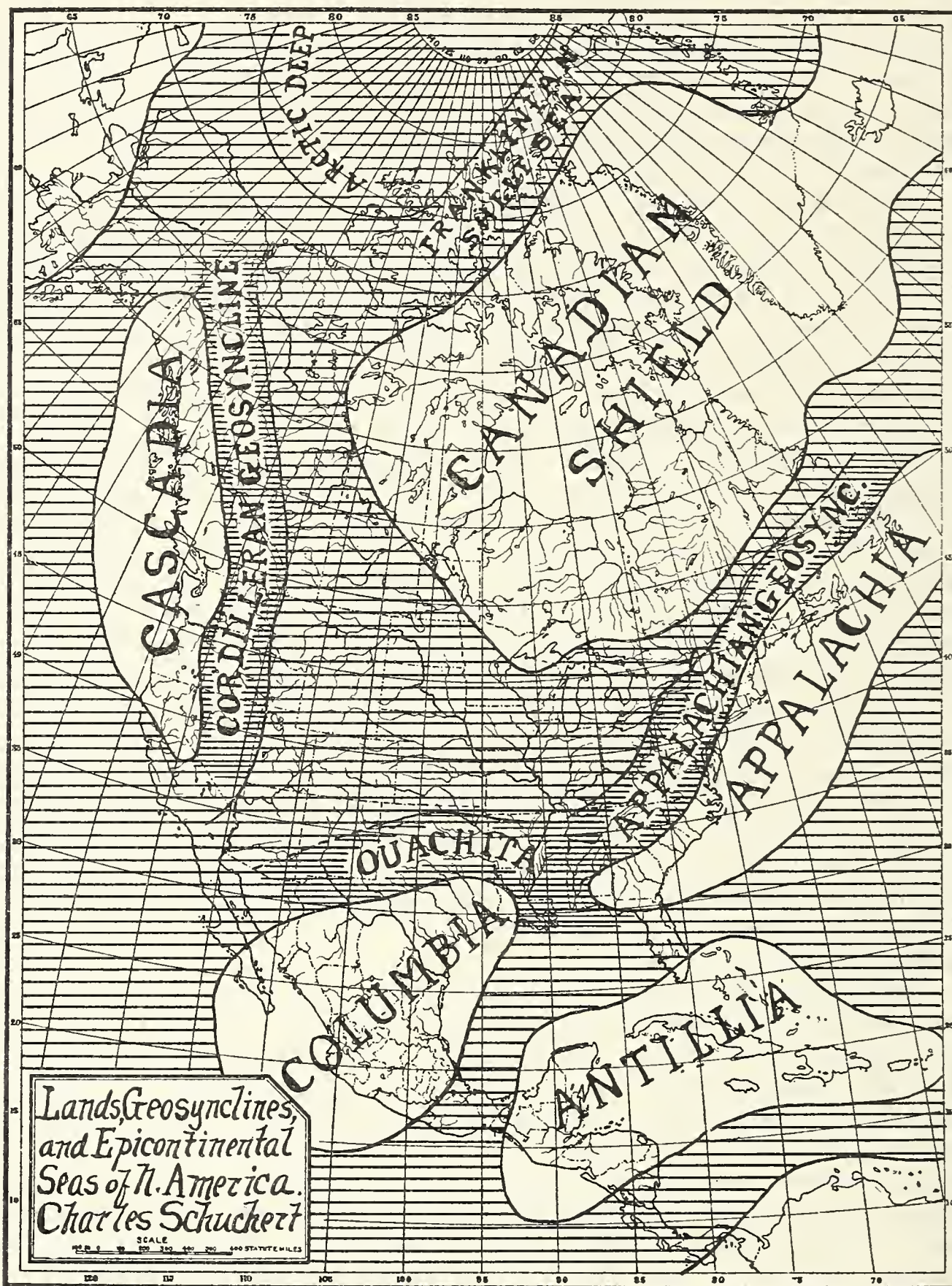


Fig. 1. Der nordamerikanische Kontinent zur paläozoischen Zeit. Weiß = Land oder positive Elemente; eng gestrichelt = Geosynklinalen oder subpositive Elemente; weit gestrichelt = das ausgedehnte neutrale Mittelgebiet.

die Arten unter verhältnismäßig gleichbleibender Umgebung nur wenig, wenn überhaupt erkennbar, ändern: aber da die Umgebung der Organismen sich beständig, sei es auch nur in geringem Umfange, ändert, so werden die Faunen (Tiergesellschaften) durch diese physikalischen Veränderungen zum mindesten

veranlaßt, ihre Zusammensetzung zu ändern oder von einem Ort zum andern zu wandern. Sie sterben in einem Gebiet aus, fassen aber anderswo Fuß, und obwohl dieses Hin- und Herwandern nach Jahren gemessen sich langsam vollzieht, so erscheinen die Tiergesellschaften in der Schichtenreihe doch unvermittelt. Dieser Umstand hat von jeher das Interesse der Paläontologen erregt, und sie haben ihn den Ansichten ihrer Zeit entsprechend erklärt. Einst hielt man die neu auftretenden Formen für neue Schöpfungen oder Neuprägungen der alten Formen, aber seit DARWIN werden sie als die Resultate einer langsamen Entwicklung angesehen, von der wir in den Bruchstücken der geologischen Überlieferung nur einzelne Ausschnitte zu sehen bekommen. Oder sie werden auf Verschiebungen der Faunen zurückgeführt oder auf, geologisch gesprochen, plötzliche Einwanderung in kontinentale Meere aus den beständigen Reservoirs der Ozeane, dem ununterbrochenen Bereich mariner organischer Entwicklung. Die Fauna der fossilen Meere verbreitete sich in demselben Tempo, in dem die Transgression des Meeres über das Festland fortschritt, d. h. für die Praxis der Stratigraphie kann man sagen, sie traten gleichzeitig in weit voneinander entfernten Gebieten auf.

In allen Faunen gibt es einen größeren oder geringeren Prozentsatz persistenter Arten. Diese stabilen oder sich ungleichmäßig entwickelnden Formen können also nicht zur Bestimmung begrenzter geologischer Zeiträume benutzt werden. Die räumlich eng begrenzten Arten sind von größtem Wert für die Stratigraphie kleiner Gebiete, dagegen sind neue Formen, die eine weite Verbreitung erreichen, von höchster Bedeutung für die Altersvergleichung der Ablagerungen in entfernten Gebieten; denn sie sind die Fortgeschrittenen, die Herolde der neuen Zeit im Vergleich zu ihren sich gleichgebliebenen Genossen. Deshalb wird beim chronologischen Vergleich der Sedimente das meiste Gewicht auf einige wenige Arten gelegt, die als »Leitfossilien« bekannt sind, und daneben auf das gleichzeitige Auftreten damit vergesellschafteter Formen. Diese Leitfossilien können jeder Klasse des Tierreichs entstammen, und sie können durch wenige oder durch zahlreiche Individuen vertreten sein. Je höher ihre Individuenzahl ist, um so weiter kann ihre geographische Verbreitung sein, und um so besser bezeichnen sie eine geologische Formation. Je weiter aber andererseits die geologische Verbreitung eines Leitfossils ist, um so weniger ist es geeignet, Anhaltspunkte für eine detaillierte Chronologie zu geben.

Geologisch verschiedene, am gleichen Ort aufeinander folgende Faunen, die aus demselben Ozeangebiet eingewandert sind, zeigen meist mehr oder weniger direkte genetische Zusammenhänge. Manchmal sind sie die wiederkehrenden, nur leicht veränderten Nachkommen einer älteren Fauna, eine sogenannte »Rekurrenzfauna«. Die Möglichkeit einer Unterbrechung in der Sedimentation wird deshalb bei derartig übereinanderlagernden Faunen leicht übersehen, und die Bedeutung der Rekurrenzfauna für den Zeitabstand unterschätzt. Oder die örtlich sich überlagernden Faunen können völlig verschieden voneinander sein, nicht nur in den Arten, sondern auch in der Mehrzahl der Gattungen, und doch kann die zeitliche Unterbrechung zwischen ihnen verhältnismäßig kurz sein, wenn die beiden Faunen aus verschiedenen Ozeanen eingewandert sind und folglich in ihren Vorfahren unabhängig von einander waren.

Eine geologische Periode beginnt als eine Zeit der Ruhe, die auf eine Zeit der Störungen und Landerhebungen folgt. Die Zeit der Ruhe wird bezeichnet durch die Erosion des Landes und die Ausbreitung der Flachsee. Die Wasserwege verbreitern und vereinigen sich über einem Festlande, und sie können nur entwässert und zerstört werden durch Rindenbewegungen mit kontinentalen Erhebungen, die das Ende einer Periode bezeichnen. In der Mitte einer Periode, wenn die ozeanischen Transgressionen am größten sind, zeigen die Faunen über den ganzen Kontinent die gleichmäßigste Zusammensetzung und die größte gemeinsame Artenzahl: sie sind deshalb von CHAMBERLIN kosmopolitische

Faunen genannt worden. Dagegen sind Faunen desselben Alters sehr verschieden im Anfang einer Periode, wenn die ozeanischen Gebiete scharf abge sondert, und die Transgressionen über den Kontinent noch klein sind. Eine ähnliche Einschränkung tritt auch gegen das Ende einer Periode ein, obwohl zu dieser Zeit mehr ausdauernde Arten aus den früheren, weit verbreiteten Faunen übrig geblieben sind: mit andern Worten, es gibt kein deutliches Eindringen neuer Typen gegen das Ende einer Periode, während der Rückzugsperiode des epikontinentalen Meeres. Wenn sich dagegen die Ozeane von neuem über die Kontinente ergießen, ist inzwischen ein längerer Zeitraum abgelaufen; manche der altbekannten Formen sind unter der Ungunst eingengter Wohngebiete verschwunden, neue Formen haben sich entwickelt, die Propheten einer neuen Periode, Wegweiser der nächsten Richtung in der Entwicklung.

Das Auftreten derselben fossilen Arten von Landtieren, insbesondere von Säugern, auf Festländern, die heute weit voneinander getrennt sind, wird oft als Beweis für den früheren Zusammenhang der beiden Gebiete angesehen über Landbrücken, die seither unter den Meeresspiegel gesunken sind, oder für Wanderungen auf Straßen in hohen Breiten, die wegen Klimaverschlechterung jetzt nicht mehr zugänglich sind. Diese Methode ist zweifellos im ganzen richtig, aber da offenbar gleiche Arten von verschiedenen Vorfahren unter dem Einfluß gleicher Bedingungen unabhängig voneinander entstanden sind (Parallelentwicklung und Homeomorphie), können einzelne Vorkommnisse auf getrennten Kontinenten nicht ohne weiteres als von einem gemeinsamen Zentrum ausgewandert angesehen werden, solange nicht ihre Abstammung in jedem Fall ermittelt ist. Ebenso können auch einzelne marine Gattungen Wirbelloser, die gleichzeitig in zwei oder mehr Ozeangebieten auftreten, Parallelentwicklungen oder unabhängige Weiterbildungen aus verschiedenen Arten derselben Gattung sein.

Wenn das Land die geringste Meeresbedeckung zeigt, werden Süßwasserablagerungen am leichtesten erhalten bleiben, und besonders ist dies der Fall in Gebieten frischer Gebirgsbildung. Leider sind aber diese »Kontinentalablagerungen« sehr häufig fossilieer, weil hier die Mehrzahl der Organismen nicht wie in den Sedimenten unter der schützenden Wasserbedeckung leben, sondern auf dem trockenen Land. Hier werden sie nach ihrem Tod nicht auf natürlichem Wege begraben, sondern den Atmosphären ausgesetzt und entweder von andern Tieren aufgefressen oder von Bakterien angegriffen und so durch weitere Oxydation in die Elemente übergeführt, aus denen sie gebildet sind. Ebenso sind auch Pflanzen schlecht fossilisierbar. Auch die Süßwassertiere hinterlassen zwar oft Spuren ihrer Existenz in Gestalt von Zähnen, Schalen oder zerstreuten Knochen, ihre Überbleibsel sind aber meist fragmentarisch, weil sie durch die Flüsse leicht verschwemmt werden: außerdem wechseln ihre Arten so wenig die Formen, daß sie nur geringen chronologischen Wert haben. Dagegen sind die Tiere des trockenen Landes die besten Wahrzeichen der Geschichte, denn sie entwickeln sich rasch unter einer äußerst veränderlichen und schwierigen Umgebung. Leider sind ihre Überbleibsel nur sehr selten in den Sedimenten begraben, und in der Regel sind nur diejenigen erhalten, die Unglücksfällen erlegen sind, ertrunken, im Schlamm versunken, besonders in Zeiten anhaltender Dürre, oder die durch vulkanische Aschen begraben oder erstickt worden sind.

Das Zeugnis der periodischen Transgressionen. In erster Linie kommt es bei der Feststellung der geologischen Perioden auf die richtige Erkenntnis der Zeiten an, zu denen Land und Meer in bestimmter Bewegung sind. Diese Bewegungen können als die Resultate horizontaler Zusammenpressung (lokal oder orogenetisch) eng begrenzt sein, oder ihre Wirkungen können über weite Strecken gespürt werden (epirogenetisch). Nicht nur bewegt sich das Land auf und ab, im Gesamtergebnis mit aufwärtsgerichteter Bewegung (positive Bewegungen), sondern man weiß jetzt, daß auch der Meeresgrund periodisch mehr oder weniger bewegt wird, mit im Gesamtergebnis abwärts gerichteter

(negativer) Bewegung. Deshalb ist das Meeresniveau im Verhältnis zu den Kontinenten unbeständig, und die Ausdehnungen der Meere über die Festländer mit der dadurch bedingten Sedimentation sind nicht nur verschieden in ihrer Zeitdauer, sondern auch in ihrer geographischen Ausbreitung. Wenn andererseits die Festländer mehr als gewöhnlich über ihre Strandlinie hinausragen, überdecken die Ozeane natürlich die Kontinente am wenigsten weit und hinterlassen zu dieser Zeit nur geringe stratigraphische Zeichen, die auf die Ränder und Ausbuchtungen der Festländer beschränkt sind, sowie auf die bleibenden Depressionsachsen, die Geosynklinalen des Kontinents. Da die Ozeane alle untereinander zusammenhängen und zugleich den größten Teil des vom Land stammenden Detritus aufnehmen, so folgt daraus, daß eine Verlegung der Strandlinie an irgend einem Ort durch irgend eine Ursache sich auf alle Meere überträgt. Unter diesen Wassermassen geht nun ein beständiger Absatz vor sich, und sie sind alle mehr oder weniger reichlich von sich entwickelndem Leben erfüllt, das für seine fossile Erhaltung sehr günstig gestellt ist: so kommt es, daß die stratigraphische Folge der Meeresabsätze von allen geschichtlichen Zeugnissen, die dem Geologen zugänglich sind, das am wenigsten unterbrochene ist.

Es ist jetzt bekannt, daß die Ozeane sich periodisch und in größerer Ausdehnung über den nordamerikanischen Kontinent ausgedehnt haben, dessen Flächeninhalt ungefähr 8 300 000 Quadratmeilen beträgt. Solche Überflutungen traten zur känozoischen Zeit so gut wie gar nicht ein, wo etwa nur zwischen 1% und 6% des Kontinents bedeckt war; viermal geschah es zur mesozoischen Zeit, wo die Überflutung ungefähr zwischen 3% und 33% betrug, und am häufigsten, anscheinend elfmal, zur paläozoischen Zeit, als zwischen 1% und 47% des Kontinents vom Meer überflutet waren. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Überflutungen beginnen und enden mit Schelfseen am Rande der Kontinente, die etwa 1% bis 5% der Gesamtoberfläche der Kontinente bedecken: Diese Verhältnisse entsprechen ungefähr den heutigen, während an den Höhepunkten der Überflutung, in der Mitte der Erdperioden, zwischen 12% und 47% der Kontinente unter Wasser standen.

Danach leuchtet ein, daß der größte Teil der Erdgeschichte nur nach den marinen Sedimenten bestimmt werden kann. Diese Bildungen verzeichnen, in soweit sie nicht durch spätere Erosion abgetragen sind, die Ausdehnung der Transgressionen und in ihrem physischen Habitus etwas von der Topographie des angrenzenden Festlandes und eine Andeutung seines Klimas; ihre Fossilien dienen zur Feststellung der Altersgleichheit von Ort zu Ort. Das ist aber noch nicht alles: die neuere Geologie lehrt auch, wie wir gesehen haben, daß die Strandlinien in beständiger und geographisch unregelmäßiger Bewegung begriffen sind, indem sie entweder langsam über einen größeren oder geringeren Teil dieses oder jenes Landes übergreifen oder in dem Maße, wie das Land aufsteigt, zurückweichen. Deshalb zeigt kein Land eine vollständige Überlieferung, sondern überall ist die Geschichte mehr oder weniger unvollständig, und unsere Chronologie ist nur ein Flickwerk, aus allen Einzelchronologien zusammengestüekelt zu einer noch immer recht unvollkommenen geologischen Zeittafel.

In den marinen Formationen haben wir es also immer mit ozeanischen Überflutungen zu tun, deren Spuren für die betreffende Zeit ziemlich vollständig waren; aber jede Sedimentfolge ist fast überall von der nächsten durch zwischenliegende Erosionsintervalle getrennt. Diese verdanken ihre Entstehung den periodisch wiederkehrenden Hebungen in der Geschichte der Kontinente, die entweder lokal oder von größerer Ausdehnung waren. Im letzteren Falle sind die marinen Spuren der Meeresbedeckung durch atmosphärische Wirkungen zerstört. Diese Erosionsintervalle sind die Unterbrechungen in der Geschichtsaufzeichnung, und sie verzeichnen nicht nur ein Fehlen der Sedimentbildung, sondern sind oft auch Dokumente anderer Art, d. h. sie erzählen von Erosions-

vorgängen, die topographische Formen ergeben, deren Herausarbeitung einen bestimmten, mehr oder weniger großen Zeitraum erforderte.

Ebenso wie die Meere beständig ihre Existenz verzeichnen, tun dies auch die Süßwasser, aber ihre Ausdehnung ist gewöhnlich sehr viel geringer. Die »Kontinentalablagerungen« sind leicht verschwindende Dokumente, die heute entstehen, um morgen wieder mehr oder weniger vollständig fortgespült zu werden. Bedenken wir nun, daß diese Ablagerungen in Gebieten der Erosion und der Abtragung entstanden sind, so ist es um so erstaunlicher, zu sehen, welche Mächtigkeit manche dieser Anhäufungen haben. Diese sind aber in Gebieten ausgesprochener Senkung entstanden. In Connecticut erreichen die »coarse red Triassic formations« eine maximale Mächtigkeit von 13 000' und in New Jersey von mehr als 20 000', während in Schottland der devonische Old red gleichfalls eine solche von 20 000' erreicht. Diese Ablagerungen sind die Überbleibsel geköpfter Berge, deren Gipfel in ihren früheren Tälern abgelagert werden, d. h. sie sind zwischen Bergketten entstandene Festlandsbildungen. Wieder andere mächtige, kontinentale Bildungen sind eng verknüpft mit marinen Ablagerungen. Hier gelangen wir fast unmerklich vom Ozean oder von einem Binnenwasser durch ein Brackwasserdelta in Süßwasserabsätze des Festlandes. Ein gutes Beispiel hierfür ist das große appalachische Delta des Devons, dessen Ablagerungen in Pennsylvania eine maximale Mächtigkeit von über 10 000' erreichen. Bei einer derartigen natürlichen Verfälschung der Absätze sind wir dann imstande, die marinen Ablagerungen mit denen des Festlandes zu vergleichen und so beide zur Erzielung einer vollständigeren physischen und organischen Chronologie benutzen zu können.

Das Zeugnis der Erosion. Die geologische Chronologie war bisher fast ausschließlich, wenn auch notgedrungen, auf die Sedimentgesteine begründet, d. h. auf die marinen und kontinentalen Wasserabsätze. Es gibt aber noch ein anderes Dokument, dem man freilich bisher die Aufnahme in unsere Zeittafeln beinahe verweigert hat. Das ist die Zeitbewertung der topographischen Form in jedem gegebenen Stadium der Entwicklung (die Physiographie der Gegenwart, die Paläophysiographie der Vergangenheit). Gewiß handelt es sich hierbei im wesentlichen nur um die Beseitigung früherer Geschehnisse durch die Erosion, aber nichtsdestoweniger bleibt die topographische Form des Landes bestehen und besitzt ihren Wert für die Zeitbestimmung. Wir alle würdigen bis zu einem gewissen Grad die Bedeutung von Diskordanzen als Beweise für Emporragen und Erosion zwischen zwei Perioden der Wasserbedeckung. Aber kann irgend jemand angeben, welcher Zeitwert der Abtragung eines Gebirges von der Höhe und Ausdehnung der heutigen Alpen bis zum Meeresniveau zuerkannt werden muß? Derartige Bergketten sind zahllose Male denudiert und bis zu einem gewissen Maße wieder verjüngt worden, um nach einer neuen Erhebung wiederum abgespült zu werden.

Man weiß, daß die Unterbrechungen und »verlorenen Intervalle« zahlreich sind, aber ihre Zahl ist noch größer, und ihre Zeitdauer, obwohl anerkanntermaßen sehr schwankend, ist noch länger, als man im allgemeinen annimmt. Die geologische Reihenfolge wird wahrscheinlich auf der Grundlage der erkennbaren physischen und organischen Zeugnisse niemals vollständig zu ermitteln sein, aber sie wird noch lange Zeit hindurch vervollkommen werden, und dieser Fortschritt wird dadurch herbeigeführt werden, daß an diesen Unterbrechungslinien, und besonders in der Nähe der Kontinentränder, eine Lage nach der anderen aufgefunden wird. Die Vervollkommenung dieser Reihenfolge wird auch eine größere Übereinstimmung in die sehr schwankenden Schätzungen des Alters der Erde bringen, wie sie einerseits die Geologen, andererseits die Physiker geben.

Die größeren Unterbrechungen in der geologischen Aufzeichnung, die ausgesprochenen Erosionsperioden, sind auf der Zeittafel als »Intervalle« (Zwischenzeiten)



angegeben. Sie vertreten hauptsächlich Zeiten ausgedehnter und hoher Kontinente und überwiegender Erosion, ohne sich in uns zugänglichen Absätzen verewigt zu haben; sie stellen daher in der geologischen Zeitrechnung »verlorene Zeiten« von großer Dauer dar. Wir haben es nicht für angezeigt gehalten, jedem dieser Intervalle einen neuen und eigenen Namen zu geben, sondern haben lieber altvertraute in etwas veränderter Form gewählt. Deshalb haben wir das griechische Wort *epi* (auf oder nach) als Vorsilbe zu dem Namen der Periode gewählt, um die darauffolgende Zeit, d. h. die Intervalle zu bezeichnen. So nach nennen wir diese Intervalle: Epimesozoisch, Epipaläozoisch, Epi-proterozoisch, Epineolaurentisch und Epipaläolaurentisch. Diese Methode der Benennung wurde zuerst von LAWSON für das auf das Archaicum folgende Intervall vorgeschlagen (1902, 1913). Dieselbe Zusammenstellung kann nötigenfalls auch für die Intervalle zwischen den Formationen benutzt werden, wie Episilurisch usw.

**Diastrophismus.** Da die Verschiebungen der Strandlinie das wichtigste Merkmal bei Feststellung diastrophischer Vorgänge sind (unter welchem Ausdruck alle Bewegungen in den äußeren Teilen der Erde verstanden werden), empfiehlt es sich, hier kurz anzugeben, wie diese Wechsel am besten bestimmt werden. Mit Hilfe der Organismen werden sie bezeichnet 1. durch plötzlichen Wechsel aufeinanderfolgender Faunen und 2. durch das plötzliche Auftreten neu entwickelter Bestände; physisch 3. durch mehr oder weniger auffällige Unterbrechungen der Sedimentation, die vom Meeresrückzug verursacht werden, 4. durch Wechsel im Charakter der Ablagerungen, insbesondere, wenn diese einen plötzlichen Wechsel zwischen organischen Sedimenten (Mergel, Kreide, Kalkstein, Dolomit) und Ton oder Sandstein bedeutet, oder eine Änderung von kontinentalen zu marinen Ablagerungen, 5. durch marine Transgressionen über ältere Gesteine, wodurch typische Diskordanzen (*unconformities*) hervorgerufen werden.

Die Gleichsetzung von Formationen in getrennten Gebieten wird z. T. auf physikalischer Basis vorgenommen. Dies geschieht durch Auffindung übereinstimmender »Erosionsdiskordanzen« (zeitliche Unterbrechungen in konkordant oder parallel gelagerten Schichten; auch übereinstimmende [*accordant*] Diskordanzen genannt) oder von tektonischen Diskordanzen (zeitliche Unterbrechungen, die durch verschiedene Neigung der Schichten schon äußerlich sofort kenntlich sind = Strukturdiskordanzen), oder vom Wechsel des Gesteinscharakters. Eine solche physikalische Gleichsetzung ist aber im allgemeinen weit weniger zuverlässig und muß für die Kenntnis diastrophischer Vorgänge immer in zweite Linie treten gegenüber den Zeugnissen der Lebewelt (Kombination von Fauna und Flora). Am leichtesten sind natürlich die pressenden Rindenbewegungen zu erkennen, die zur Auffaltung von Gebirgen führen. Folgt darauf Erosion und dann Meeresbedeckung, so sind diese Winkel- oder Strukturdiskordanzen am leichtesten auffindbar und am wenigsten anzweifelbar. Die breiten und schwachen Verbiegungen dagegen, die unter dem Namen der Krustenverbiegungen (*crustal warpings*) bekannt sind, bringen die Erosionsdiskordanzen hervor. Ihre Zahl und Bedeutung wird wegen der Schwierigkeit ihrer Auffindung erst jetzt allmählich richtig erkannt.

Die Rindenbewegungen der Erde treten nicht vereinzelt und unzusammenhängend auf, sondern sie sind miteinander verknüpft, insofern als die Hebungs- oder Senkungsgebiete positiv oder negativ bleiben während ganzer Perioden oder doch während mehr oder weniger langer geologischer Zeiträume. Nach CHAMBERLIN (1910) »sind Deformationen Erbschaften, von denen eine aus der anderen in bestimmter dynamischer Beziehung hervorgeht. Ihre Aufeinanderfolge ist deshalb homogen, und die Resultate sind einander koordiniert... In diesem Sinn zielen Ozeanbecken und Festlandserhebungen auf Selbstverewigung«.

Die größeren Krustenveränderungen treten periodisch auf, und das sichtbare Gebiet ihrer Bewegung ist bald in diesem, bald in jenem Kontinent; die geographi-

sche Geschichte und die organische Entwicklung sind durch diese Periodizität bedingt. Alle diese wirksamen und entscheidenden Bewegungen sind von langer Dauer, und ihre hauptsächlichste Wirkung beschränkt sich auf die Randgebiete der Kontinente. Weiter einwärts können sich neue Achsen oder schwache Falten erheben oder vorhandene sich schärfer akzentuieren und damit das kontinentale Becken in eine Reihe kleinerer Wasserwege gliedern. Es werden aber nicht nur die Ränder der Kontinente gehoben, sondern es findet offenbar zu gleicher Zeit eine Vertiefung oder eine Vergrößerung des Ozeanbeckens oder beides statt. Die gleichzeitige Bewegung des Meeresbodens und der Festlandränder wird durch die Tatsache bewiesen, daß die größeren Krustenveränderungen mit den Zeiten der Heraushebung der Formationen zusammenfallen. Das trifft nicht nur für den Kontinent zu, der solchen Veränderungen unterliegt, sondern ebensosehr für andere Landmassen, die selbst nicht bewegt werden, deren Strandlinien aber doch durch die Erweiterung der Ozeane sinken.

Die lang andauernde mittlere Zeit der Formationen wird durch verhältnismäßige Stabilität der Erdrinde bezeichnet, die sich in der mehr oder weniger vollständigen Einebnung der Kontinente auf Meeresniveau (Peneplain-Bildung) ausdrückt. Die Sedimente des abgetragenen Festlandes führen dem Meere so viel Material zu, daß dessen Niveau infolge der teilweisen Auffüllung steigt. Diese Wirkung bringt in Verbindung mit der allgemeinen Einebnung des Landes die größte Meeresinvasion in der Mitte der Formationen hervor. Auf der andern Seite zeigen die früheren Zeiten jedes Zyklus geringere Beständigkeit der Erdrinde und deutlichere

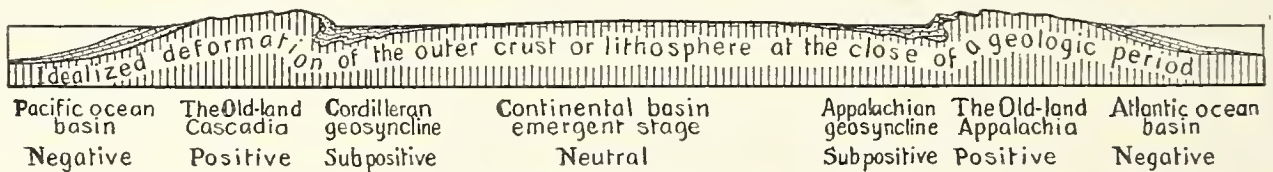


Fig. 2. Schematischer Querschnitt durch Nordamerika in paläozoischer Zeit in ungefähr 38° Breite, um die Wirkung des Diastrophismus zu zeigen. Höhenmaßstab stark übertrieben.

Erosion. Das Land verbiegt sich dann mehr oder weniger längs vorbestimmter Linien, die von inneren Anpassungen bestimmt werden; sie folgen nämlich den größeren Bewegungen und der Wiederherstellung des Gleichgewichts zwischen den Senkungs- und Hebungsbereichen (isostatisches Gleichgewicht oder Isostasie). Denn das Gleichgewicht war durch diese Rindenveränderungen, durch Meeresinvasionen und durch die Entlastung aufsteigender Landgebiete und Einfuhr ihres Materials in die Binnenmeere gestört. Gegen Schluß der Formationen kommt es zu einer Erneuerung der Rindenunruhe, und diese wird sichtbar an dem Verschwinden der Binnenmeere. Schließlich endet die Unruhe in einer neuen großen Krustenbewegung und in einem mehr oder weniger vollständigen Verschwinden der Meeresbedeckung vom Festland.

Es besteht ein gewisses Maß von Rhythmus in diesen periodischen Bewegungen, und dies erlaubt uns, die einzelnen Stufen in Formationen oder Perioden zusammen zu fassen. Die wirksameren orogenetischen Bewegungen im Anfange sind von verhältnismäßig kurzer Dauer. Dagegen sind die ruhigeren, aber ausgedehnteren Bewegungen innerhalb der Formationen, die epirogenischen, wie sie die weltweit verbreiteten Bewegungen der Strandlinien (eustatische Bewegungen) zeigen, von langer Dauer. Jedes Untertauchen mit dem darauffolgenden Auftauchen scheint die natürliche Basis für die Abgrenzung einer Stufe zu sein. Unter diesen periodischen Bewegungen sind manche sehr viel intensiver und von größerer geographischer Verbreitung als andere; es gibt Zeiten, zu denen Bergketten in mehr als einem Kontinent gleichzeitig oder aufeinanderfolgend in Bewegung begriffen sind. Das sind die großen diastrophischen Zyklen oder, nach DANA und LE CONTE, die »kritischen

Perioden« oder »Revolutionen« in der Geschichte der Erde, und sie liefern die Kapiteleinteilung in dem Buch der geologischen Zeitrechnung.

CHAMBERLIN (1898) hat sehr richtig gesagt, daß »die letzte Grundlage der Klassifikation und Nomenklatur von dem Vorhandensein oder Fehlen natürlicher Einteilungen abhängen muß, die von gleichzeitigen Tätigkeitsphasen von weltweiter Verbreitung herrühren . . . Große Krustenbewegungen betreffen alle Teile des Erdballs«, weil »in einer Kugel alle Teile ihre Lage dem Druck und der Spannung anderer Teile verdanken, und so jede Änderung, deren Größe die rein örtliche Unterstützung überschreitet, ihren Einfluß auf das Ganze ausdehnt«. Die Bewegungen sind nicht unabhängig, vielmehr periodisch, weil »die Ozeanbecken andauernd tiefer und fassungskräftiger, die Festländer höher wurden (von der Abtragung abgesehen). In dieser Annahme liegt, wenn sie richtig ist, eine Grundlage für eine natürliche Einteilung der geologischen Ereignisse, nach der diese Bewegungen in sich selbst und in ihren unmittelbaren Folgen die Grundlage der Gliederung bilden.

»Die größeren Bewegungen der Erdoberfläche haben im Absinken des Meeresgrundes bestanden und im vermehrten Zuströmen von Wasser in die Becken, deren Fassungsvermögen dadurch erweitert wurde«. Danach war der hauptsächlichste Faktor in dem Wiedereinrichten der Erdrinde die beständig zunehmende »radiale Schrumpfung des Meeresgrundes«, die »die radiale Schrumpfung der Festlandstafeln um ungefähr 10 000—12 000' übertraf. Neben diesem periodischen Wiedereinrichten innerhalb der Erdrinde, die aus inneren Gründen erfolgte, haben wir äußere Wiedereinrichtungen (readjustments) von längerer Dauer, die Perioden der Ruhe, die »genau auf das entgegengesetzte Ergebnis hinarbeiten, auf die Abtragung des Landes und die Auffüllung der Meeresbecken«.

Terminologie und Definition. Die lokalen Faltungen führen zur Entwicklung der Formationsstufen und der Erosionsdiskordanzen. Sie werden in Formationen zusammengruppiert durch »kleinere diastrophische Bewegungen«, die »Epizyklen« (WILLIS, 1913), während derer örtlich Bergketten gebildet werden. Da diese Bewegungen zahlreich und nicht von erster Größenordnung sind, schlagen wir vor, sie »Störungen« (disturbances) zu nennen, um sie von den selteneren, aber weit größeren Ereignissen zu unterscheiden, den »großen diastrophischen Bewegungen« oder Revolutionen DANAS, die die Formationen zu Perioden vereinigen.

Wahrscheinlich wurden alle Formationen durch »Störungen« getrennt, Ereignisse, die bald in diesem, bald in jenem Kontinent vor sich gingen, die aber in jedem Fall die Ozeanbecken erweiterten und damit die Strandlinien auf der ganzen Erde verschoben. Während der »Revolutionen« dagegen wurden alle Ozeane vergrößert durch die Vertiefung oder Erweiterung ihrer Becken, und alle Kontinente mehr oder weniger gehoben. Dies sind die »kritischen Perioden« in der Erdgeschichte; sie werden durch die folgenden Züge bezeichnet (etwas verändert nach LE CONTE, 1900):

1. Durch weit verbreitete Deformationen der Erdrinde, die sich von Ort zu Ort fortpflanzen. Dies führt zu der Erhebung vieler und weit getrennter Faltengebirge, denen lange Intervalle der Erosion und Gebirgsabtragung und folglich fast allgemein verbreiteter tektonischer Diskordanzen folgen. Wegen der lang andauernden Intervalle, für die uns Zeugnisse fehlen, sind die darauf folgenden Faunen nicht nur sehr verschieden, sondern sie scheinen unvermittelt oder doch sehr schnell entwickelt. Jede »Revolution« oder kritische Periode wird nach einer der hervorragenden Gebirgsketten benannt, die zu ihrer Zeit gebildet wurden, z. B. Laramie- oder Appalachen-Revolution. Das darauf folgende Intervall ist die Übergangsperiode von einer Ära zur nächsten.

2. Durch weitverbreitete Veränderungen in der physischen Oberflächenbeschaffenheit. Das heißt, wir finden zu jenen Zeiten eine sehr mannigfaltige (highly diversified) oder junge Topographie, ausgesprochene Veränderungen in den Umrissen

der Kontinente, die Entstehung neuer oder das Verschwinden alter Landverbindungen (Landbrücken, die Wanderungen der Lebewelt von einem Kontinent zum anderen ermöglichen) und deutliche Wechsel in den ozeanischen Strömungen, die sämtlich auch zu deutlichen Temperaturschwankungen und oft zu Eiszeiten führen.

3. Durch deutliche und weitverbreitete Zerstörung der vorher herrschenden, prosperierenden und hochspezialisierten organischen Typen. Dies wird z. T. durch die physischen Veränderungen hervorgerufen, z. T. durch die ausgedehnten Wanderungen, die zu diesen Zeiten mehr in die Augen fallen, und die deshalb die Verbreitung tödlicher parasitischer Krankheiten begünstigen.

4. Durch die ausgesprochene Entwicklung neuer herrschender organischer Typen aus kleinen und weniger spezialisierten Beständen und durch die Entstehung von Scharen von neuen Arten.

Die letzte oder »kaskadische Revolution« liegt erst so kurz zurück, daß ihre Zeugnisse nicht verloren sind, und ihr Studium erleichtert uns das Verständnis der Veränderungen, die frühere Revolutionen hervorgebracht haben. LE CONTE betrachtet sie als »den Typus, als den besten Beweis für die Tatsächlichkeit kritischer Perioden, als hinreichenden Aufschluß über die wahre Natur solcher Perioden und besonders über die Ursachen der ungeheuren Veränderungen des organischen Lebens während solcher Zeiten« (1895).

Die Formationen werden gewöhnlich nach dem geographischen Gebiet benannt, in dem der klassifikatorische Wert ihrer Ablagerungen zuerst erkannt wurde. So sind Cambrium, Ordovicium, Silur und Devon zuerst in England und Wales erkannt worden und haben ihre Namen erhalten, entweder von der alten Bevölkerung jener Landesteile oder von dem Gebiet selbst, in dem die Gesteine am besten entwickelt sind. Der Name Perm stammt von der Provinz Perm im russischen Ural während der Name Jura vom Juragebirge herrührt. Das Mississippium erinnert an das Mississippital, wo seine Gesteine gut entwickelt sind, Pennsylvanium an den größten Kohlenstaat Nordamerikas; und Comanchium (1887) an die Heimat der Comanche-Indianer in Texas. Für die letztere Formation ist übrigens Shastan (1869) der ältere Name; er bezieht sich auf das Shastagebirge in Californien. Trias bezieht sich auf die dreigliedrige Ausbildung dieser Gesteinsfolge in Deutschland und ist ein Erbteil aus jenen Tagen der Geologie, als die Wissenschaft noch nicht den Grundsatz aufgestellt hatte, daß Abteilungen und Formationen auf typische Gebiete begründet werden müssen. Der Name Kreideformation ist eine noch viel ältere Erbschaft aus der Zeit der mineralogischen Geologie, ehe man ordentlich Stratigraphie trieb; der Name gründete sich auf die Kreideablagerungen Westeuropas. Sollte dieser petrographische Name zu anfechtbar erscheinen, so wäre der geographische Name »Platteformation« von dem gleichnamigen Fluß in Kansas und Wyoming für Amerika wohl an seine Stelle zu setzen.

Die geologische Zeittafel. Die Zeit für eine vollständige Bewertung der kleineren diastrophischen Bewegungen ist noch nicht gekommen, weil die überlieferte geologische Reihenfolge in den verschiedenen Ländern keineswegs dieselbe ist. So ist z. B. die Chronologie des südlich der Sahara gelegenen Afrikas im wesentlichen auf Erosionsvorgänge gegründet, mit einer wundervollen Überlieferung kontinentaler Ablagerungen und glazialer Spuren. Mit anderen Worten: dieser Kontinent hat lange Zeit über dem schwankenden Meeresspiegel gestanden und steht jetzt infolge weiterer Erhebung in den letzten geologischen Zeiten durchschnittlich 2000' darüber. Nordamerika dagegen lag im Palaeozoicum annähernd auf Meeressniveau, war öfters teilweise überflutet und hat deshalb in seinen Gesteinen die vollständigste Geschichte jener Periode verzeichnet. Während des Mesozoicums aber war die größere östliche Hälfte des Kontinents beständig oberhalb des Meeresspiegels: das Zeugnis der mesozoischen marinen Sedimente ist deshalb auf den schmalen Streifen längs des atlantischen Ozeans beschränkt, auf ein etwas größeres Gebiet längs der Küsten des mexikanischen Golfs und des pacifischen

Ozeans und auf die Gegend der großen Ebenen, über die zur Kreidezeit große Binnenmeere von Mexiko zur Arktis fluteten. Um die mesozoische Geschichte in größerer Vollständigkeit zu finden, müssen wir uns zu den Ländern nördlich des Mittelmeers wenden. Andererseits wird z. B. das Ordoviciun in Amerika durch die takonische Störung geschlossen (nach den Taconic mountains im östlichen New York), während welcher von Virginia bis Neufundland niedrige Bergzüge aufgeworfen wurden. Diese Bewegung ist in Europa außerhalb Großbritanniens kaum verzeichnet. Dagegen wird in Westeuropa das Silur abgeschlossen durch die kaledonische Störung, während welcher von Irland und Schottland an über Norwegen bis ins arktische Spitzbergen hinein Gebirge entstanden, während in Amerika keine bemerkbare Erhebung stattgefunden hat. Doch war dafür das ganze nordöstliche Amerika zur älteren und mittleren Devonzeit in den Wehen der Gebirgsbildung und ausgeprägter vulkanischer Tätigkeit; es ist dies die Shickshock-Störung, die in den gleichnamigen Bergen von Südquebeck und Gaspé so deutlich zu sehen ist.

Wegen dieses unbefriedigenden Zustandes unserer gegenwärtigen Kenntnis der Erdgeschichte sind wir nicht in der Lage, zu behaupten, daß die in unserer Tabelle aufgeführten Formationen die einzigen sind, die etwa in Amerika erkannt werden können. Im Gegenteil, wir hoffen bestimmt, daß Tatsachen aufgefunden werden, die zeigen, daß das Mississippium zwei diastrophische Zyklen oder Formationsabteilungen in sich begreift ((Tennesseeium und Waverlium); das Ordoviciun hat bestimmt ihrer zwei und anscheinend drei (Cincinnatiun, Champlainium und Canadium); während das Cambrium entweder zwei oder drei hat (das Ozarkium, das eine Periode für sich bilden oder mit dem Canadium, Acadium und Waucobium verbunden werden kann). Um diese Bewegungen oder möglichen diastrophischen Zyklen von Formationswert dem Geologen vor Augen zu halten, haben wir ihre Namen in die vierte Reihe der Tabelle eingesetzt.

Zum Schluß können wir wahrheitsgemäß behaupten, daß gegenwärtig unter den Geologen eine große Übereinstimmung herrscht über die Verwendbarkeit der Theorie von der periodischen und rhythmischen Bewegung der Erde, und daß diese diastrophische Tätigkeit die Grundlage der Zeitrechnung ist, indem sie nicht nur Zyklen von Meeresinvasion und Landerhebung, sowie Erosionszyklen verursacht, sondern ebensowohl Zyklen organischer Entwicklung. Die Perioden sind zwar überall deutlich erkennbar, aber solange nicht die geologische Geographie von Europa im einzelnen ausgearbeitet ist, sind wir nicht imstande, anzugeben, ob die verschiedenen jetzt gebräuchlichen Formationen auch in der Natur begründet sind, und es wird deshalb auf jeden Fall angezeigt sein, wenn Amerika fortfährt, seine eigene geologische Zeitfolge auszuarbeiten.

## II. Teil: Vorcambrische Zeit (J. B.).

Als das internationale Komitee im Jahre 1905 eine Nomenklatur für die präcambrischen Gesteine der Lake Superior-Region vorschlug, mag es manchem so geschienen haben, als ob die Grundzüge festgelegt seien, und daß weitere Arbeit die Klassifikation nicht ändern, sondern nur Einzelheiten ausgestalten könne. Die damals vorgeschlagene Klassifikation stellte in der Tat einen großen Fortschritt dar gegenüber der scheinbaren Hoffnungslosigkeit, das Präcambrium zu gliedern, wie sie sich in früheren Jahrzehnten in dem Namen »basement complex« aussprach. Aber unsere Kenntnis dieses frühesten Teils der Erdgeschichte ist im letztverflossenen Jahrzehnt im gleichen Tempo weiter vorangeschritten und hat vielleicht ebensoviel zugenommen wie unsere Kenntnis auf irgend einem anderen Gebiete der Geologie. Sie hat uns noch klarer eine entferntere Perspektive der Erdgeschichte enthüllt, in größerem Maßstab, ähnlich dem erweiterten Ausblick auf die prähistorische Geschichte des Menschen, die uns während desselben Jahrzehnts in Europa eröffnet wurde. Die Tagung des internationalen Geologenkongresses in Toronto

gab die Anregung zu einer Revision der Klassifikation des Precambriums, die der gegenwärtigen Auffassung besser entsprechen sollte. Aber auch diese Revision muß wie diejenige von 1905 als provisorisch angesehen werden, als ein neuer Schritt zu einer ausgedehnteren und genaueren Kenntnis der ungeheuer langen Zeiträume, die dem biohistorischen vorangegangen sind. Es wurden mindestens vier, etwas verschiedene Klassifikationen vorgeschlagen, aber obwohl sie manche tiefgreifende Unterschiede zeigen, haben sie doch viel Gemeinsames. In dieser Tabelle folgen wir hauptsächlich der Klassifikation von COLEMAN, aber auch die Anschauungen von ADAMS, COLLINS, LAWSON und M. E. WILSON sind benutzt worden.

Meist werden in geologischen Zeittabellen nur die Schichtfolgen aufgeführt; Perioden der Gebirgsbildung werden nicht aufgenommen, höchstens als Ereignisse, die die Perioden der Sedimentation beschließen. Erosionsperioden werden nicht genannt, und wenn sie überhaupt erwähnt werden, werden sie in die Tabellen nur als eine Diskordanzlinie eingetragen. Will man eine adäquate Vorstellung von der präcambrischen Geschichte geben, so ist es notwendig, nicht nur den Perioden der Sedimentation, sondern auch den Perioden der Gebirgsbildung und denen einer weit verbreiteten Erosion Namen und Stelle in der Tabelle zu geben. Die Einhaltung dieser Grundsätze ist eine Besonderheit dieser Tabelle. Perioden hoher vulkanischer Tätigkeit und »Revolutionen« der Erdrinde stehen auf der rechten Seite, solche der Sedimentation auf der linken. Die kleineren Erosionsintervalle, die sich in der Unterbrechung zwischen zwei Perioden aussprechen, sind durch enge Zwischenräume, die größeren durch weite bezeichnet. Aber auch diese Vergrößerung wird wahrscheinlich die Dauer der großen Erosionsintervalle noch zu gering erscheinen lassen. Die hieraus hervorgehende Anordnung der Tabelle soll die deutlichsten und bedeutungsvollsten Züge des Precambriums hervortreten lassen: einerseits die weitverbreiteten Revolutionen der Erdrinde, wie sie durch ausgedehntes Aufsteigen geschmolzener Gesteine bezeichnet werden, andererseits die große Tiefe der Erosion und Abtragung, welche Rindenschichten an die Oberfläche gebracht hat, die einst in meilentiefer Versenkung der Regionalmetamorphose unterworfen waren. In diesem durchschnittlich großen Niveauunterschied zwischen Land und Meer, wie er sich in Gebirgsbildung und Erosion ausspricht, gleicht das Precambrium mehr der känozoischen Zeit als dem Paläozoicum und Mesozoicum. Die Vollendung des gegenwärtigen Erosionszyklus wird auf weite Erstreckungen mesozoische und paläozoische Sedimente entfernen, die jetzt über dem Meeresniveau liegen und dadurch präcambrische Gesteine in weit größerem Umfang als heute bloßlegen. Die geologische Überlieferung des heutigen Kontinentbestandes wird wie die des Precambriums hauptsächlich die Spuren von diastrophischen Vorgängen und von Erosion mit Sedimentation in den Geosynklinalen aufweisen, aber alles in einem geringeren Größenverhältnis.

Um in absteigender Ordnung einige der Probleme zu nennen, die die vorliegende Tafel aufzeigt, möge zuerst der Gebrauch der Namen Proterozoisch und Archäozoisch erörtert werden, mit ihrer üblichen Bedeutung als dem Alter der ersten marinen Invertebraten und dem Alter der Einzelligen. Wir haben diese Namen angewandt, weil wir wünschen, mit dem Klassifikationssystem für die späteren geologischen Zeiten in Übereinstimmung zu bleiben. Doch ist das Proterozoicum hier in einen früheren und einen späteren Teil geteilt, die durch eine Periode starken Diastrophismus getrennt sind. Wir folgen dem Vorgange COLEMANS in seinen »DANA memorial Lectures on the Silliman Foundation«, die im Dezember 1913 an der Yale-Universität gehalten worden sind und die im Laufe des Jahres 1914 in der Yale University Press erscheinen werden. Die Begrenzung dieser Abteilung ist also mehr struktureller als biologischer Art, aber dies gilt in gewissem Maße auch für die späteren Perioden, wie sie CHAMBERLIN <sup>1)</sup> darstellt. Als Namen aufeinanderfolgender großer Abschnitte der Erdgeschichte, die in weit entfernten

<sup>1)</sup> Auf S. 48.

Gegenden angewendet werden sollen, bedeuten diese Bezeichnungen Archäozoisch und Proterozoisch eine weniger bestimmte zeitliche Parallelisierung als die viel mehr örtlichen Bezeichnungen Paläolaurentisch, Neolaurentisch und Algonkisch, die hier für den canadischen Schild gebraucht werden. Aus diesem Grund scheinen mir diese Namen auf zoisch wirklichen Wert zu haben, ebenso wie dadurch, daß durch ihre Anwendung das ganze Schema der geologischen Zeitrechnung gleichartig wird. Die Natur der proterozoischen und archäozoischen Faunen ist unbekannt, ebenso wie der Zeitpunkt in der Erdgeschichte, zu dem zuerst die Metazoa über die Protozoa das Übergewicht gewannen. Nach biologischen Gesichtspunkten kann also die Grenzlinie nicht gezogen werden, aber auch wenn wir eine angemessene Kenntnis des Lebens jener Zeiten besäßen, ist anzunehmen, daß wir nicht eine scharfe Grenze, sondern einen allmählichen Übergang fänden, und daß man die Namen in ihrem allgemeinen Sinn, in dem sie hier gebraucht sind, auch weiter anwenden könnte, ohne den Lebewesen des Paläo- und Neolaurentiums Gewalt anzutun.

Der Name Huronisch ist in dieser Tabelle auf die zuerst von LOGAN untersuchten Schichten beschränkt. Das Animikie, oft oberes Huron genannt, ist durch eine ausgedehnte Diskordanz abgetrennt und ist in seiner weiteren regionalen Verbreitung von dem ursprünglichen Huron unterschieden. Andererseits sind manche Gebiete, die früher »unteres Huron« genannt wurden, aus Gesteinen zusammengesetzt, die von dem eigentlichen Huron durch eine Rindenrevolution und ein darauffolgendes Erosionsintervall getrennt sind. So sind in früheren Jahrzehnten drei getrennte Serien unter einem Namen zusammengefaßt worden, während die Tendenz der heutigen Klassifikation gerade in entgegengesetzter Richtung geht. Das was hier noch huronisch genannt wird, ist zweifellos noch weiter teilbar, aber die Einfügung solcher Unterabteilungen in diese Tabelle wäre von zweifelhaftem Wert und würde eine Gleichsetzung nötig machen, wie sie nur der vornehmen kann, der mit den betreffenden Gebieten aus eigener Anschauung vertraut ist.

Der erste große Fortschritt im Verständnis des Laurentiums, des untersten Archaicums, lag in der Erkenntnis, daß die Gneise größtenteils eruptiven Ursprungs und jünger als gewisse Laven und Sedimente sind, die darüber lagern. Es wurde klar, daß große Dome und unregelmäßige Körper geschmolzener Gesteine aus unbekanntem Tiefen aufgestiegen waren, die ältere, tiefere Teile der Rinde entfernt oder verschlungen und die hangende Gesteinsbedeckung, die zurückblieb, durchdrungen und verändert hatten. Diese großen Massen eruptiver Gesteine sind als Batholithe bekannt. Beim Eindringen in ältere Gesteine haben sie Material in sich aufgenommen und von ihren Dämpfen an die Umgebung abgegeben. Gebirgsbildender Druck kam noch mit ins Spiel und verband seine Wirkung mit der des plutonischen Eindringens. Das Ergebnis waren batholithische Gebirge und Regionalmetamorphose. Der größte Fortschritt der letzten Jahre auf dem Gebiete der Gliederung des Präcambriums ist zweifellos die Einteilung der laurentischen vulkanischen Intrusion und Krustenzertrümmerung in zwei getrennte Rindenrevolutionen, die durch eine lange Periode der Erosion und Sedimentation getrennt sind. Dieser Altersunterschied in der laurentischen Basis wurde von VAN HISE und LEITH (loc. cit. S. 28) festgestellt, die einen Teil der basalen Granite als in das Algonkium intrudiert auffaßten. Der Ausdruck laurentisch soll nach ihnen auf die älteren Granite beschränkt bleiben, die Intrusionen in das Keewatin, aber nicht in jüngere Gesteine darstellen, und sie weisen auf die Verwirrung hin, die entstehen muß, wenn das Alter der Granite vernachlässigt wird.

Als die Geological Survey der Vereinigten Staaten im Jahre 1889 vorschlug, die präcambrischen Gesteine in zwei große Abteilungen zu trennen, das Archaicum und das Algonkium, war von irgendwie beträchtlichen Mengen von Sedimenten in der granitischen Unterlage nichts bekannt, und das Archaicum, meist vertreten durch basaltische Laven des Keewatin und durch intrusive Granite des Laurentiums in ihrer veränderten Form, d. h. als Grünstein und Gneise, wurde als eine ganz

frühe eruptive Phase angesehen. Das Algonkium dagegen hielt man für vorwiegend sedimentär mit einigem eruptiven Material darin. Spätere Arbeiten haben diese Unterscheidung ziemlich hinfällig gemacht. Die außerordentlich mächtigen Grenville- und Sudbury-Schichten waren einst weit verbreitet, sind aber zum größten Teil von den aufsteigenden Graniten verschlungen worden. Bedeutende Intrusionen zerschnitten auch das Huron und das Animikie. Im Hinblick auf diese Vermischung dessen, was man einst für zwei zeitlich getrennte, deutlich verschiedene Hauptarten irdischer Tätigkeit gehalten hatte, hat die Bezeichnung Algonkium viel von ihrer Brauchbarkeit verloren. Wenn überhaupt, so sollte sie offenbar nur benutzt werden für die Gesteine, die nach der zweiten granitischen Eruption gebildet sind, die den Untergrund des canadischen Schildes zerbrach.

Die ältesten Granite nennt LAWSON auch in seiner neuesten Arbeit Laurentisch, die zweite große Eruption nennt er Algoman und stellt sie nach dem Huron. Andere Autoren freilich stellen sie vor das Huron; COLEMAN hält es sogar für wahrscheinlich, daß das Laurentium aus dem von LOGANS ursprünglich bearbeiteten Gebiet, das der Formation den Namen gab, nicht der früheren, sondern der späteren Eruption angehört, und daß der Name laurentisch deshalb richtiger für die zweite angewandt werden sollte. Eine solche Entscheidung läßt die älteren Granite und Gneise ohne Namen. Um bis zur Erreichung definitiverer Kenntnisse Verwechslungen zu vermeiden, schlägt COLEMAN vor, die ältere Abteilung Paläolaurentium, die jüngere Neolaurentium zu nennen. Wahrscheinlich wird ein großer Teil der fundamentalen Granitgneise für lange Zeit, wenn nicht für immer, weder der einen, noch der andern Abteilung bestimmt zugeteilt werden können. Für diese Gebiete wird der Name Laurentium bestehen bleiben müssen, und man wird Gesteine von weit entferntem Alter darin zusammenfassen müssen. So riskiert der Feldgeologe nicht, Alter und Beziehungen der Grundgesteine des canadischen Schildes angeben zu müssen, ehe sie in seinem Gebiet bekannt sind.

Das Vorkommen ausgedehnter batholithischer Intrusionen wird jetzt nicht mehr so ausschließlich als ein mit den ältesten Anfängen der Erdgeschichte verknüpfter Prozeß angesehen, wie dies früher der Fall war, doch scheinen sie im Laurentium in größerem Maßstab stattgefunden zu haben als in irgend einer späteren Periode; insofern sind sie in der Tat mit den früheren Erdstadien verknüpft. Zum Beispiel ist das metamorphe Gebiet der Appalachen im Palaeozoicum von granitischen Gneisen injiziert worden, deren Ausdehnung, soweit sie bloßgelegt ist, an den roten Flecken auf der geologischen Karte Nordamerikas erkannt werden kann, die die Geological Survey im Jahre 1911 veröffentlicht hat. Die noch bedeckten Gebiete der Granite und Gneise sind zweifellos noch erheblich größer, und sie verbinden in der Tiefe die jetzt als einzelne Inseln erscheinenden Stellen. Wenn die Erosion bis zu dieser Tiefe in die metamorphen Gebiete der Appalachen einschneide, würde sie zweifellos einen Grundkomplex von paläozoischen und älteren Gesteinen enthüllen, der in seinem Habitus dem Laurentium sehr ähnlich wäre. Auch die Kordillierenregion wird auf weite Strecken unterlagert von eruptiven Gesteinen, allerdings von meist postpaläozoischem Alter. In den Sierran und in dem Coast Range sind sie durch Erosion auf weite Strecken freigelegt, und eine weitere Abtragung würde hier ebenso wie in den Appalachen die Vorkommnisse von Eruptivmassen vergrößern und untereinander verbinden.

Die Erkenntnis, daß zwei große Perioden batholithischer Intrusion im Prä-cambrium stattgefunden haben, legt die Frage nahe, ob es nicht vielleicht noch mehr waren, und ob nicht der Fundamentalgneis, wie VAN HISE früher bemerkt hat, in verschiedenen Teilen der Erde von verschiedenem Alter ist. Je mehr unser Wissen fortschreitet, um so mehr wird dies wahrscheinlich, und es sollte uns jedenfalls eine Warnung sein vor zu rascher zeitlicher Gleichsetzung in weit entfernten Gebieten. LAWSON setzt die große Algomaneruption und das darauf folgende Eparchean-Intervall zwischen Huron und Animikie. Andere verlegen die größere Unterbrechung unterhalb des Hurons. Wenn aber die batholithische Intrusion als



weit verbreitet in diesem Horizont gefunden werden sollte, so würde das wohl dazu führen, das Präcambrium des canadischen Schields in vier, statt wie zurzeit in drei Teile zu zerlegen, genau so, wie die gegenwärtige Dreiteilung den älteren Gebrauch einer Zweiteilung in Archaicum und Algonkium zu ersetzen strebt.

Der Schmelzfluß sammelt sich in tief in der Erdrinde gelegenen Reservoirs, von denen aus die höherliegenden Intrusionen und Extrusionen ausgehen. Aber während er ruhig steht, verhält sich der Fluß wie eine unbeständige Emulsion. Einerseits streben Kalk, Eisen und Magnesia danach, sich mehr oder weniger zusammen abzusondern, indem sie weniger als den Durchschnittsprozentsatz an Kieselsäure binden. Dieses Vorwiegen metallischer Oxyde ergibt basische Magmen, Flüssigkeit bei niedrigeren Temperaturen und größere Dünnsflüssigkeit als bei kieselsäurereicheren Magmen. Die gewöhnlichen festen Formen sind die basaltischen Ergußgesteine und in größeren Tiefen die Diabase und Gabbros, hornblende-, pyroxen- und olivinreichen Gesteine. Auf der andern Seite streben die alkalischen Oxyde (Kali und Natron) danach, sich von den schwereren metallischen Oxyden zu trennen und den größten Teil der Kieselsäure zu binden, das saure Radikal der gewöhnlichen gesteinsbildenden Mineralien. Sie lassen so die sauren Magmen entstehen, die sich zu Gesteinen verfestigen, in denen Alkalifeldspate und Quarz vorherrschen. Diese Gesteine sind schwer schmelzbar und werden bei Erhitzung im Schmelzofen eher breiig als flüssig. Aber im Laboratorium der Natur geht das Schmelzen in großen Tiefen der Erdrinde vor sich, und die Magmen sind mit Gasen überladen, die wegen des Druckes der überlagernden Gesteine nicht entweichen können. Ihre Anwesenheit in verschiedenen Graden der Konzentration ergibt alle Stufen von Flüssigkeit und folglich von Intrusionsfähigkeit. Im ganzen aber sind die basischen Magmen wahrscheinlich auch in der Tiefe leichter flüssig, und sie sind es ganz offensichtlich bei Annäherung an die Oberfläche. Die sauren Magmen verraten ihre schwerflüssige Natur an der Oberfläche durch Bimssteine, Obsidiane und Rhyolithe; in der Tiefe dagegen lassen sie Granite und die etwas basischere Form, die als Granodiorite bekannt ist, entstehen. In dünnen plattigen Injektionslagen und in der Adernatur der Pegmatitgänge zeigen sie ihre örtlich hochgradige Leichtflüssigkeit, aber in größeren Massen deutet die Art ihrer Struktur auf eine stärkere Dickflüssigkeit und deshalb auf geringere Fähigkeit, überlagernde Gesteine zu durchbrechen.

Die länger anhaltende Flüssigkeit basischer Magmen läßt sie trotz ihrer hohen Dichte in enormen Mengen hervorbrechen. In manchen Gegenden der großen känozoischen Lavafelder ist nicht zu erkennen, ob sie sauerere Teile des regionalen Magmas unter ihrer Oberfläche bergen; aber wo in der Cordillere die Erosion die Granite und Granodiorite bloßgelegt hat, sieht man, daß den letzteren an der gleichen Stelle Laven und Breccien von mittlerer oder basischer Zusammensetzung vorangegangen sind. Eine Zeit großer batholithischer Intrusionen kann deshalb genetisch verknüpft sein mit vorangegangenen Lava- und Breccienergüssen. Der neolaurentischen Batholithintrusion waren sehr basische Lavaströme und Tuffe vorangegangen, wie man in den oberen Teilen der Sudburyschichten sieht; der paläolaurentischen Intrusion die großen Basaltströme des Keewatin.

Bringt man die Tatsache, daß hier und da im Lauf der geologischen Zeiten regionale Eruptionstätigkeit wiederkehrt, wo vulkanische Erscheinungen in unterirdischen Zusammenbrüchen und in dem Ausfließen der Ergußgesteine über neuere Unterlagen kulminieren, in Zusammenhang mit dem weit getrennten Alter der paläo- und neolaurentischen Intrusionen, so sieht man, daß es nicht länger angeht, das Keewatin und das Laurentium als Teile einer und derselben ursprünglichen Eruptionsphase anzusehen. Sie sind verschieden in ihrer weit verbreiteten Ausdehnung, und sie scheinen sich in einem Maßstab und einer Intensität entwickelt zu haben, die zwar für jenes frühe Zeitalter charakteristisch, aber keineswegs einzigartig im Lauf der Zeiten ist.

## Geologische Zeittafel für Nordamerika.

I. Gliederung auf Schichtfolge und Erosions-Zwischenzeiten  
gegründet.

Gleichsetzung mit Hilfe von Fossilien.

Pe- rioden	Haupt- abtei- lungen	Forma- tionen	Forma- tionsab- teilungen (Stufen)	Fortschritte der Lebewelt	Herrschende Organismen
Psycho- zoicum			Rezent (Alluvium oder Postglazial)	Aufsteigen der Weltkultur Zeitalter des geistigen Lebens	Zeitalter des Menschen
	Kaenozoicum (Neuzeit des Lebens)	Quartär	Glazial		
Tertiär		Jung Ter- tiär (Neogen)	Pliocän	Umbildung vom Affenmenschen zum Menschen	Zeitalter der Säuger und der modernen Pflanzenwelt
			Miocän		
		Alt Tertiär (Paleogen)	Oligocän	Aufsteigen der höheren Säuger	
			Eocän	Verschwinden der altertümlichen Säuger	
Mesozoicum (Mittelalter des Lebens)	Spät Meso- zoicum	Nach-Mesozoische Zwischenzeit		Aufsteigen der altertüml. Säuger	Zeitalter der Reptilien
		Kreide	Lancestufe	Verschwinden der großen Reptilien	
			Montana- stufe	Höchste Speziali- sierung d. Reptilien	
	Früh Meso- zoicum	Coman- chium		Aufsteigen der Blütenpflanzen	
		Jura		Aufsteigen der Vögel und Flugsaurier	
		Trias		Aufsteigen der Dinosaurier	

Pe-rioden	Haupt- abtei- lungen	Formationen	Neue Forma- tionsabteilungen (Stufen)	Fortschritte der Lebewelt	Herrschende Organismen	
Palaeozoicum (Altertum des Lebens)	Spät Palä- ozoisch oder Carbon	Nachpaläozoische Zwischenzeit		Appalachische Umwälzung	Erlöschen der alter- tümlichen Lebewelt	Zeitalter der Amphibien und Lycopodialen
		Perm			Aufsteigen der Landwirbeltiere Aufsteigen der Insekten und Am- moniten Period. Vereisung	
		Pennsyl- vanium			Aufsteigen der alter- tümlichen Reptilien und Insekten	
		Mississip- pium	Tennesseestufe		Aufsteigen der Hai- fische	
			Waverlystufe		Aufsteigen der Echinodermen	
		Mittel Paläo- zoisch	Devon			
	Silur			Aufsteigen der Lungenfische und Scorpione		
	Früh Paläo- zoisch	Ordovicium	Cincinnatistufe	Aufsteigen der Landpflanzen und Korallen	Zeitalter der höheren (beschalten) Wirbellosen	
			Champlainstufe	Aufsteigen der Panzerfische		
			Canadastufe Ozarkstufe	Aufsteigen der Nautiloideen		
		Cambrium	Croixstufe	Aufsteigen der Schaltiere		
			Acadiastufe	Herrschaft der Trilobiten		
			Waucobastufe	Älteste bekannte Marinfaunen		

**Vorcambrische Geschichte.**

Archäicum der früheren Autoren.

2. Gliederung gegründet auf Gesteinsfolge, Rindenbewegungen und Erosionszyklen.  
Reihenfolge der Vorgänge nach COLEMAN.

Gleichsetzung ohne Hilfe von Fossilien.

Perioden	Größere Abteilungen (Formationen)	Formationsabteilungen (Stufen)		Physikalische Merkmale	Herrschende Organismen (Erschlossenen)	
		Hauptsächlich durch sedimentäre und eruptive Oberflächenbildungen überliefert	Hauptsächlich durch inneren Aufbau (Intrusionen und Gebirgsbildungen) überliefert			
Jüngeres Proterozoicum (Ursprüngliches Leben)	Algonkium	Große Nachproterozoische Zwischenzeit. Diskordanz über große Teile der Erde				Zeitalter der ursprünglichen marinen Wirbellosen  (Fossilien meist unbekannt. Die untere Grenze dieses Zeitalters ist unbestimmt)
		Keweenawan		Kontinentale Sedimente und basische Effusiva. Erzbildungen in älteren Gesteinen		
		Animikie (Oberes Huron)		Sedimente herrschend Große Eisenerzserie		
		Huron (Unteres)		Nacharchäische Zwischenzeit Lawsons  Wasser- und Eisbildungen Älteste bekannte Fossilien Archäocyathinen (ATIKOKANIA)		

reicht bis zur Neolaurentischen Umwälzung

Älteres Proterozoicum (Ursprüngliches Leben)	Archäicum der späteren Autoren			Zeitalter der Einzelligen Protozoen und Protophyten (Fossilien gänzlich unbekannt)
	Neolaurentische Zwischenzeit. Tiefe Abtragung von Gebirgen und Festländern	Neolaurentische Umwälzung	Batholithische Gebirgsbildung Metamorphose und Injektion der Sudbury'schichten und älterer Ge- steine	
Archäozoicum (Anfang des Lebens)	Nachpaläolaurentische Zwischenzeit			(Fossilien gänzlich unbekannt)
	Sudburystufe		Basische Laven in den oberen Teilen Konglomerate und Quarzite vor- herrschend (Temiscaming, Pontiac usw.)	
Paläo-Laurentium	Paläolaurentische Umwälzung			(Fossilien gänzlich unbekannt)
	Keewatin Couthiching	Grenville?	Batholithische Gebirgsbildung Keewatin Intrusion. Rindenzerspaltung	
Neo-Laurentium	Basische Effusivgesteine und Eisenerze Couthiching Schiefer und Gneisse Kalksteine des Grenville			(Fossilien gänzlich unbekannt)
	Der nicht zu ermittelnde anfängliche Abschnitt der Erdgeschichte			

**Kosmischer Abschnitt.**

Diese Auffassung erweckt den Gedanken an eine noch allgemeinere Betrachtungsweise der Erdgeschichte. Das Couthiching LAWSONS, lange angezweifelt, aber neuerdings doch als teilweise wirklich existierend erkannt, liegt konkordant unter den Keewatinlaven. Das Grenville, vielleicht das mächtigste aller bekannten Sedimente, ist von Graniten zerrissen und injiziert, und man nimmt an, daß es der paläolaurentischen Revolution vorausgeht. Freilich gibt es noch keine Gewißheit über seine Beziehungen zum Keewatin. MILLER und KNIGHT haben im Madocgebiet eine Gesteinsfolge gefunden, die dem Grenville ähnelt, und die eine Reihe von Grünsteinschiefern überlagert, die sie dem Keewatin gleichsetzen. Wie aber die canadischen Forscher ausgeführt haben, ist das Grenville so allgemein vom Keewatin der Lake Superior-Folge durch einen Gürtel von Batholithen getrennt, daß bis jetzt keine überzeugende allgemeine Gleichstellung möglich ist. Einerlei ob man die Grenvilleserie für älter oder für jünger hält als das Keewatin, in jedem Falle sollte ihre Mächtigkeit und ihr sedimentärer Charakter sie als die Zeugnisse einer Formation oder Periode bezeichnen, die schließlich vom Keewatin zu trennen ist. Das Grenville zeigt, wie weit entfernt die darauf folgende laurentische Rindenstörung vom Anfange der Rindenbildung ist. Vor dieser Wiederkehr der Herrschaft des Feuers waren die normalen Vorgänge der Luft- und Wasserwirkung lange Zeit hindurch tätig gewesen, sie ließen Sedimente entstehen und sich ablagern, deren Mächtigkeit nach Zehntausenden von Fuß mißt. Der Kalkstein des Grenville, der bei einer geschätzten Mächtigkeit von mehr als neun Meilen bei weitem die beträchtlichste aller präcambrischen Formationen ist, bezeugt ferner auch die Wirksamkeit chemischer Verwitterung, ein Faktor, der im späteren Präcambrium oft unwirksam ist.

Das Grenville schwimmt überall auf jüngeren Eruptivgesteinen und ist von ihnen zerstückelt. Seine ursprüngliche Oberfläche mag überall zerstört sein, und die Erosion hat jetzt alles bis auf die eingesunkenen Mulden oder die eingeschlossenen Massen entfernt. So begrenzen die inneren Kräfte, die in den Tiefen der Erde geboren sind, und die äußeren Kräfte, die der alten Sonne entstammen, unseren Ausblick auf diese älteste uns bekannte Periode unserer Erde und beschränken ihn zu einem flüchtigen Ausblick zwischen zwei Vorhängen. Aber die Geschichte, die uns das Grenville berichtet, zeigt, daß auch dies noch nicht die älteste Phase ist. Diese bleibt vielleicht für immer dem Blick und dem Hammer verborgen.

---

#### Bemerkung der Redaktion.

Die in der Übersetzung verwendeten Ausdrücke für die größeren Abschnitte der Erdgeschichte, Perioden, Formationen, Stufen, entsprechen dem Gebrauche in Deutschland; sie fallen aber nicht mit den in Amerika gebrauchten Bezeichnungen zusammen, die der Größenanordnung nach lauten: Eras, Major Divisions, Periods, Epochs. Era entspricht im wesentlichen mehreren Perioden, die Major Divisions und Periods entsprechen z. T. unseren Formationen, die Epochs unseren größeren Formationsabteilungen oder Stufen.

Die englischen Maße in Fuß und Meilen sind in der Übersetzung beibehalten.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Schuchert Charles, Barrell Josef

Artikel/Article: [Revision der geologischen Zeittafel für Nordamerika 371-392](#)