

## E. O. Ulrich's „Revision der Paläozoischen Systeme“ — ein Markstein der Stratigraphie als Wissenschaft?

Von F. Felix Hahn (München).

Im September 1911 erschien als Band 22, Nr. 3 des Bulletin der Geological Society of America ein Werk aus der Feder des bekannten nordamerikanischen Paläontologen und Stratigraphen, das nicht nur in Amerika sofort lebhaftes Interesse auf sich zog, an dem niemand, der es mit wissenschaftlicher Stratigraphie zu tun hat, vorbeigehen sollte, ohne dazu Stellung genommen zu haben.

Es kam zur Zeit. Hat das vergangene Jahrzehnt für einen bedeutenden Teil der geologischen Literatur Europas unter dem Banner tektonischer Forschung gestanden, so scheinen nun heute nach harter Arbeit die Nebel, die vordem so manche Untersuchung zu keinem befriedigenden Abschluss kommen liessen, sich zu lichten, wir glauben wenigstens zu wissen, in welchen Bahnen wir weiterarbeiten müssen.

Doch in der Zwischenzeit wurden besonders in jenem glücklicheren Lande, in dem über ungemessene Strecken das ruhige Ebenmass der Lagerung, die, wie wir bisher wenigstens annahmen, kaum unterbrochene, von zahlreichen fossilen Wegweisern ausgezeichnete Urkunde der Weltgeschichte stratigraphische Untersuchungen so sehr begünstigt, Daten auf Daten gehäuft zu solch einem Umfange, dass sie heute das Gefüge unserer gewohnten Zeiteinteilung nicht mehr zu fassen scheint, dass sie die althergebrachten Systemgrenzen als lästige Fesseln empfinden lassen, die weiterem Fortschritt hemmend im Wege stehen.

So sieht ULRICH, der selbst ein reiches Mass von neuen Erfahrungen beige-steuert hat, den Zeitpunkt gekommen, nach neuen Rahmen zu suchen und aus dem Schatz seiner persönlichen, das ganze östliche Nordamerika umspannenden Eigenbeobachtungen heraus führt er die kritische Sonde.

Betrachten wir mit ihm die herkömmlichen Vorstellungen, wie sie die paläozoische Geschichte Nordamerikas heute noch beherrschen. Weite, oft mehr als ein System umspannende Zyklen von Vertiefung der Meere und Verlandung, von kalkigem und tonig-sandigem Absatz sollen vorhanden sein, weltweit zu verfolgende Transgressionsperioden, eine bunte Faziesfülle unter den das ganze Nordamerika mehr oder weniger bedeckenden Wasserflächen sich geltend machen.

Aber passen denn dazu noch unsere neueren Erfahrungen? fragt ULRICH. Sie lehren uns doch zunächst einmal eine ungeheuere Einförmigkeit der Sedimentationen. Immer wieder ist es der gleiche Kalk oder Sand oder Ton, gelegentlich auch über Tausend Meilen ohne einschneidenden Wechsel verfolgbar und stets nach Gestein wie Fauna von entschiedenem Flachseecharakter. 60 m Wassertiefe dürfte den Durchschnittswert erreichen. Nur untergeordnet und auf bestimmte Gebiete beschränkt, machen sich grobe terrestrische Einmischungen fühlbar — sie deuten dann auf akzentuierte Erhebungen der positiven Zonen; aber im übrigen muss das Relief das ganze Paläozoikum hindurch ein flaches gewesen sein, nur Rumpfe und Fastebenen

können so gründlich und rasch von der vordringenden See überwältigt werden, ohne viel Brandungstrümmer zu hinterlassen. Die Erosion spielte für das Innere stets eine äusserst bescheidene Rolle.

Wie stets es nun mit den Faunen? Scharf voneinander getrennt, sagt ULRICH, sind sie in der Regel in aufeinander folgenden Formationsgliedern und eine Mischung von Typen verschiedener Herkunft ist Ausnahme. Fast eine jede der Faunen läßt heute schon den ursprünglichen Auswanderungsort vermuten und nur wenn sie zwei- oder mehrmals von eben daher einwanderten, zeigen sie unter sich engste Verwandtschaft. Ja zeitlich weitgetrennte Emigrantenscharen<sup>1)</sup> können sich, wenn nur herkunftsgleich, so ähneln, dass eine Trennung auch dem geübtesten Paläontologen Mühe macht. Umgekehrt gilt aber, dass Faunenelemente in einem minimalen Zeitintervall sich über staunenswerte Strecken auszubreiten vermögen, und die Reise der *Littorina litorea*, entlang der Atlantischen Küste von Halifax bis Kap May, 700 Meilen weit in weniger als 50 Jahren läßt alle Befürchtungen, dass stratigraphische Vergleiche wegen der Länge der Wanderzeiten fehlerhaft seien, nichtig erscheinen. So sieht denn ULRICH in einem unvermittelten Faunenwechsel nicht etwa einen Beweis für plötzliche physikalische Veränderungen im Meere, es heisst das für ihn vielmehr nichts anderes als Rückzug des älteren und Vordringen eines neuen Meeres von ganz anderer, vielleicht entgegengesetzter Richtung aus. Folgen wir aber nun einer Ablagerung, die durch eine einheitliche Fauna gekennzeichnet ist, da müssen wir uns bald überzeugen, dass das beherbergende Ingressionsmeer vielleicht niemals die Ausdehnung besass, welche man aus den falsch gezeichneten, weil immer noch zu grosse Zeiträume umspannenden paläogeographischen Karten ablesen möchte. Man sieht im Gegenteil gewöhnlich nur schmale Tröge gefüllt, ja oft diese nur zu einem Teil, wenn wir die strengsten Kriterien für Gleichzeitigkeit zu Rate ziehen.

Und noch ein anderes: die charakteristische „einzeitige“ Fauna, so versichert uns ULRICH, geht gar nicht in eine Mehrzahl von faziell verschiedenen Gesteinstypen. Bei näherer Prüfung stellt sich vielmehr heraus, dass solche Faziesverschiedenheit nichts weiter als eben Zeitverschiedenheit für weitaus die meisten der bekannten fraglichen Fälle bedeutet und wir kommen zu dem überraschenden Resultat: Fazielle Differenzierung spricht gar nicht die unsere Arbeit so erschwerende Rolle, wie wir bisher fürchteten; sie hat sich in ihrer heutigen Schärfe überhaupt erst gegen die Jetztzeit herausgebildet, und falsch wäre es, die Gesetze, wie sie sich aus den durch die extrem starke heutige Hebungphase angeregten klimatischen und dadurch faunistischen Unterschieden ableiten lassen, auf das Altertum der Erde zu übertragen (S. 320).

Die unter solch strengen Einschränkungen erhaltenen echten stratigraphischen Einheiten haben in der Mehrzahl der Fälle zwei äusserst charakteristische Züge gemein: sie pflegen nicht in vollkommener stratigraphischer Konkordanz, sondern in diskonformer Lagerung aufzutreten, dagegen zeigen sie häufigst eine regelrechte Übergreifung, und je stärker, desto umfangreicher und bedeutsamer ist der Schichtausfall zwischen der verfolgten Lage und den Nachbarschichten an Sohle oder Dach. Im allgemeinen ist aber jeder solche Hiatus gleichbedeutend mit Rückzug der sedimentierenden See, einer terrestrischen Zwischenperiode von schwer messbarer Dauer und neuer Überflutung. Dass dies gewöhnlich bisher übersehen wurde, liegt einmal in der falschen Fossilbewertung, die uns mit dem Vergleich uncharakteristischer kosmopolitischer Typen und den Zeitbestimmungen „nach Prozenten“ in die Irre führte. Sind schon solche unerfreuliche Faunenelemente vorhanden, so lässt es sich in der Regel mühelos beweisen, dass es stumpfe, langlebige Gesellen sind, die eine Reihe von Stufen ohne spezifische Ver-

<sup>1)</sup> Vergleiche das hochinteressante Beispiel der karbonischen Spergenfauna, die sechsmal wiederkehrt (S. 301).

änderungen überdauern können, also die denkbar schlechtesten Zeitmarken. Oder aber es stellt sich heraus, dass zeitlich getrennte Invasionen vom gleichen Ursprungsbecken her die dort konservierten Faunen immer wieder erscheinen liessen; „Kosmopolitische Litoralfaunen“ gibt es eben überhaupt nicht.

Leicht könnte der Schichtenausfall als durch Strömungsangriffe oder durch nachfolgende Erosion verursacht missdeutet werden; aber beide, so versichert ULRICH, haben für das nordamerikanische Paläozoikum keine Rolle gespielt. Die Becken waren viel zu sackförmig eng und zu flach, als dass kräftige Strömungen hätten wirksam sein können, und gerade die auf Strömungsverbreitung angewiesenen Graptolithen fehlen im Inneren des Beckens. Ja, auch die vielgenannten „schwarzen Schiefer“ (black shales) bedeuten Ablagerung einer ganz flachen See, trotz ihrer dünnchaligen Bewohner, denn nur kalte polare Wasserzufuhr hat in ihnen das sonst so reiche litorale Leben vernichtet. Auch die erosive Tätigkeit muss verschwindend gewesen sein, denn nach ULRICH'S Ansicht sind die Straten, da wo sie ursprünglich sedimentiert wurden, von jüngsten Abtragungen natürlich abgesehen, auch heute noch vorhanden und da wo sie fehlen, sind sie eben schon ursprünglich nie zur Ablagerung gekommen.

Das hat aber nun zur Folge, dass die Bedeutung der Schichtlücken sich keinesfalls in dem Äusseren der diskonformen Fuge kundgibt. Nur ganz selten sind grob terrestrische Lagen zwischengeschaltet, manchmal ist ein nach Millimetern oder wenigen Centimetern messender Belag von unreinem Ton über angeätztem Gesteinsgrunde erkennbar (Pflanzenwuchs und Verwitterungskrumme sind ja dem älteren Paläozoikum nur spärlich zu eigen), wenn aber, wie das in der Tat so häufig zutrifft, Ablagerungen der gleichen Gesteinsart aufeinander zu liegen kamen, wie bei der Onondaga-Dundee Transgression über Monroan und Niagaran, da ist nur mehr hie und da die stratigraphische Lücke auch mechanisch angedeutet, ja Sande des Oberkarbons von Bolivar (Missouri) liegen fast untrennbar auf solchen des ältesten Ordoviciums, und der unterkarbonische Sylamoresandstein vom nördlichen Arkansas wurde früher mit dem ordovicischen St. Peter Sandstein als „einheitliche“ Ablagerung aufgefasst und kam so zur Kartierung, trotzdem die wahre Lücke an 5 km Kalkablagerung umgreift. Die Länge eines solchen Intervalls kommt somit erst dadurch zur Beurteilung, dass sie land- wie seewärts verfolgt wird, dass wir einerseits das möglichst vollständige Sedimentschema, die „Normalserie“ aufsuchen, andererseits beobachten, ob und wie weit terrestrische Ablagerungen gegen das Innere des Kontinents vorgedrungen waren. Hier wird aber wegen des allgemein flachen Reliefs eine Sedimentation um so eher fehlen, je länger die Zeit zur Vervollkommnung der Fastebene zur Verfügung stand.

So werden wir denn auf die diastrophischen Bewegungen der Erdkruste selbst als letzte Hilfe zu stratigraphischer Vergleichsarbeit geführt, als deren unmittelbare Folgeerscheinungen die diskonforme Lagerung wie die Schichtlücken uns vor Augen treten. Alle Arten regionaler Hebungs- und Senkungsvorgänge, wie besonders Kippbewegungen, sind hier einzubegreifen.

Wir müssen in Perioden beschleunigter Rotation und verstärkter Schrumpfung eine Massenabwanderung gegen den Äquator annehmen, die in den südlicheren Landstrichen in impulsiv orogenetischer Phase, nördlicher in gewaltigen arktischen Ingressionen sich fühlbar macht. Doch suboceanisch gleiten dafür tiefere Erdschichten polwärts und neues Auftauchen des Nordens, Untersinken der südlicheren Gegenden wird eintreten. Aber weiters liegt in stetem Kampf das Abfließen der Kontinente gegen die Meere, langsam Eintiefungen schaffend, zum landwärts vorstossenden und emporpressenden Druck aus der Tiefe der Ozeane. Nicht Überladung der Tröge durch Sedimentauffüllung führt zu letzterer Bewegung (diese kann ja, da wesentlich nur die negative Schollentendenz verstärkend, höchstens zu horstartiger Erhebung der positiven Krustenteile geführt haben), vielmehr ist es auch hier wieder in der Tiefe beheimateter Massenfluss, der ursprünglich die Tröge für die Sedimentationen schuf, die lange

Spanne geologischer Zeitrechnung hindurch wohl hie und da rastete, nimmer ganz zur Ruhe kam und das Einwärtsrollen der Faltenwellen, das Vordringen der Schubmassen gegen den Kern Nordamerikas zeitigte. Auch die Faltung der Appalachen ist nicht ein Geschelnis von heut auf morgen aus der Karbonzeit; sie hat im Algonkium wohl schon begonnen und zittert nach bis heute<sup>1)</sup>.

Sind wir erst einmal in das Geheimnis dieser Diastrophen eingeführt, haben wir ihr ewig wechselndes, doch gesetzbeherrschtes Wesen begriffen, so enthüllt sich die Rhythmik der Vorgänge vom Kleinsten zum Grossen. Rhythmus beherrscht die ganzen Systeme, deren durchschnittlicher lithologischer Wert sich in engen Grenzen wiederholt. Eingeschlossen von solchen Bewegungen beherbergt das System kleinere und bildet selbst wieder nur einen Teil der grossen, die Ären umspannenden Rhythmen. Nicht zerstörend, das Gleichmass in ewiger Wiederkehr erhaltend, wirken letzten Endes die diastrophischen Bewegungen den positiven Krustenteilen zu dauernder Verjüngung, zur Stärkung des Versinkens der negativen und nur an den Zeigern dieser Weltenuhr sind die Phasen der Erdgeschichte zu lesen.

So ist es denn Zeit, aus der Kritik die Methode für neue stratigraphische Forschung abzuleiten. Suchen wir vor allem nach der kleinst erkennbaren lithologischen Einheit mit einheitlicher Fauna. Forschen wir dabei nach den echten, oft recht spärlichen Zeitweisern unter der Menge der vulgären Typen, nach ihrer Herkunft. Untersuchen wir auf das Genaueste die Grenz-fuge und „stratigraphische Lage“ zu Hangendem und Liegendem unter Vergleich mit dem vollständigst bekannten Profil des Systems. Rasch wird dann die diskonforme Grenzfläche erkannt sein, auf die uns ein scharfer Bruch in der faunistischen, der sedimentären Geschichte aufmerksam macht. Und das gleiche gilt von erheblichen, nicht in der Natur des Sediments begründeten Mächtigkeitsschwankungen, gilt häufig, wenn Sand auf Kalk folgt, eine Schichtlücke oft erheblichen Umfangs verbergend. Vor allem hilft auch hier wieder der Vergleich des Sedimentationsrhythmus. Ist einmal ein beträchtlicher Schichtausfall an einer Stelle eindeutig festgelegt, so wird nicht nur das Wiedererkennen desselben über weite Nachbargebiete mit gleichem, positivem oder negativem Index ein leichtes sein, sondern ein Vergleich der Rhythmen ganzer Systeme kann bei der Erblichkeit diastrophischer Charaktere ebenso zu überraschend zutreffender Beurteilung einzelner besonders schwierig zu lösender Fragen führen. Und was so für die Einzelgliederung gilt, muss auch für die Gliederung im grossen von allein ausschlaggebender Bedeutung sein. Wo nur eine nach den behandelten Grundsätzen bestimmte stratigraphische Fläche einem genügend starken faunistischen Wechsel trotz gleicher Faunenherkunft, besonders aber einer kräftigen Änderung in den Provinzgrenzen entspricht, da ist möglicherweise der Beginn eines neuen Systems zu suchen.

Nur eines ist dabei am Anfang besonders vor Augen zu halten: jedes stratigraphische Resultat darf fürs erste nur aus ein und demselben Ablagerungstroge oder Becken abgeleitet werden und gilt auch zunächst nur für dieses. Erst wenn die gegenseitige Lage, die Grenzen und Querachsen der Ablagerungsräume erkannt sind, ist weittragende Identifizierung erlaubt, aber dann, so ist ULRICH's Hoffnung, haben wir auch in der Verfolgung der diastrophischen Bewegungen den Schlüssel zur Hand für die entlegensten Türen des Weltenbaus.

Wenn wir mit diesem tiefgründigen Rüstzeug das reiche Feld unserer Arbeitsergebnisse durchpflügen, so darf man vor gründlicher Umwertung der alten Schemen nicht zurückschrecken. Sammeln wir das Wesentliche. Vier

<sup>1)</sup> Diese Ausführungen sind deshalb besonders lesenswert, weil ja immer noch auch in Europa von einigen es versucht wird, das Alter des Alpenbogens aus den jungtertiären Bewegungen einzelner Decken- und Faltenteile abzuleiten.

grosse Entwicklungszentren der Lebewelt lernen wir da Nordamerika umschliessend kennen, von denen immer wieder verjüngt die Sendboten auf den Wogen der Ingressionsseen gegen das Innere vordrangen: das atlantische, mexikanische, arktische und pazifische Stammbecken. In jedem hat ursprünglich mehr oder minder gesondert die Entwicklung der primitivsten Typen stattgefunden. Es entstammen die Lithistiden dem mexikanischen, die Hexactinelliden dem pazifischen Meere, die Korallen sind anfangs dem Pazifikum fremd, die Cystideen schwärmen im Ordovicium in der arktischen See, auch Crinoideen und Bryozoen, wie zuerst auch Gastropoden und Pelecypoden sind anfänglich seltene Gäste im pazifischen Meere, während die Hauptmenge der Crustaceen viel eher dort heimisch war. Das Atlantikum hat dabei wohl stets in Austausch mit einigen der europäischen Becken gestanden mit einer Wanderstrasse längs der Küste der nordatlantischen Landbrücke; im Clinton, Niagaran (St. Clairkalk), Monroan, Helderberg und Oriskany finden wir die Belege. Stones River und Lowville, Rochester und Waldron, Onondaga und Hamilton, Spergen, St. Louis weisen nach dem mexikanischen Golf. Das amerikanische Arktikum stand über die Polregionen mit den nördlichen und östlichen der Ingressionsmeere Europas in Verbindung; Blackriver und frühes Trenton, Richmond und Guelph, frühestes Karbon gehören hierher. Dem Pazifikum endlich ist das Cambrium der Cordilleren, das Beekmantown westlich der Arbuckle Erhebung zuzurechnen, Osage und spätere Moorefield-Schichten zeigen pazifische Mischung und im St. Louis bewohnte eine westliche Fauna die Wasser von Nevada bis Oklahoma und Arkansas.

Auf sechs grosse Ären verteilt nun ULRICH die gesamte geologische Geschichte, eine jede von der nächsten durch Perioden diastrophischer Revolutionen getrennt mit stärksten Hebungsphasen der Kontinente, über deren Zeitdauer wir uns kaum Rechenschaft geben können. Nur die letzten vier dieser gewaltigen Umsturzzzeiten sind uns heute bereits einigermassen bekannt; sie liegen an der Grenze von Ordovicium und Gotlandium, von Unter- und Oberkarbon, von Oberkreide zum Paleozän; in ihnen finden wir auch besonders akzentuierte Gebirgsbildung.

EO-, Neopaläozoikum und Mesozoikum sind wiederum in je vier Systeme zu teilen, von welchen ein jedes schätzungsweise einer durchschnittlichen Kalkmächtigkeit von mehr als 3 km entsprechen sollte, jedes von dem folgenden durch eine ausgedehnte Hebungsperiode getrennt ist. Infolge des unruhigen Pulsschlags der Erde ist uns in Wirklichkeit freilich nur Unvollkommenes davon erhalten. Rechnen wir das kalkige Äquivalent der Sandsteine und Schiefer wie 1:7, so ergibt sich für das ganze nordamerikanische Paläozoikum eine Dicke des Kalkabsatzes von etwa 13 km, die sich wie folgt verteilt: Kambrium 2,5 km; Ozarkium (aus Teilen des obersten Kambriums und tiefsten Ordoviciums früherer Autoren bestehend) 1,9 km; Canadian (der mittlere und obere Teil des früheren Beekmantownian) 1,3 km; Ordovicium (Chazy-Trenton-Cincinnati ohne Richmond) 1,7 km; Silur (Richmond bis Monroan) 1,3 km; Devon 1,8 km; Waverlyan (oberstes Devon und tiefstes Karbon bis Keokuk) 0,3 km; Tennessean (oberes Unterkarbon) 0,8 km; Pennsylvanian (Oberkarbon und Perm) 1,4 km. Nur das Kambrium und Devon des westlichen Nordamerikas kommt so dem zu fordernden Mächtigkeitsdurchschnitt nahe, da hier die Sedimentation in fast ununterbrochen sinkenden Becken erfolgte. Umgekehrt sind aber die uns zugänglichen Zahlen für das Waverlyan und Tennessean nur deshalb so gering, weil durchaus starke Hebung herrschte und so für eine nach ULRICH'S Überzeugung ausserordentlich lange Zeit marine Sedimentation verhindert war. Das Mesozoikum dagegen sei bis heute stark überschätzt, es umgreift nur einen Zyklus erster Ordnung, der mit der revolutionären Periode des mittleren Karbons einsetzt und bis an die Schwellen des Känozoikums dauert. Auch hier ist eine Zerteilung vorzunehmen in Pennsylvanian, Newarkian (Trias-Jura), Comanchean und Cretacic.

So haben von all den älteren paläozoischen Systemgrenzen nur zwei — jene vom Algonkium zum Cambrium und vom Gotlandium zum Devon einer kritischen Überprüfung standhalten können, ein Resultat, das uns aber keineswegs beunruhigen darf. Es wäre ja schlecht um die Geologie als Wissenschaft bestellt, wenn sie jemals so fossilisieren würde, dass irgend ein Gliederungs-schemata, so gut auch immer es der jeweiligen Erkenntnisstufe angepasst sein möge, als endgültig betrachtet würde. Solch eine methodische Stabilität hiesse Tod jedem Fortschritt. Nur das morsche Unzulängliche niederreißen will ja ULRICH und den Weg zeigen, der nach seiner festesten Überzeugung in Zukunft exakte Stratenvergleiche über die ganze Welt gestatten wird, da gemessen an der Auswirkung von Kräften, deren Sphäre tief genug im Erdinneren liegt für das Schaffen alles beherrschender Normen.

Ich habe bei der vorstehenden Zusammenfassung mich absichtlich möglichst getreu den Folgerungen des Autors angeschlossen und nur die Stoffanordnung geändert, die ja in der schwerfälligen An-einanderreihung von Tatsachen, Beispielen und Theorien eine Wieder-gabe verbietet. Der Mangel an Raum versagt es leider, den oft sehr geschickt gewählten, doch häufig schwer nachprüfbaren Belegen nach-zugehen, da sie bei der verwirrenden Überfülle von Lokalnamen stets selbst der Erklärung bedürften. Und trotzdem hoffe ich einiger-massen den ungewöhnlichen Eindruck übermittelt zu haben, den die Durcharbeitung des überquellenden Materials und die bewunderungs-würdig einheitliche Arbeitsmethode ULRICH'S hervorrufen muss.

Sie ist einheitlich aber, das kann nicht verschwiegen werden, auch einseitig im höchsten Grade und hier wird von selbst die schwerste Kritik einsetzen. Denn wer heute sich an die dornenvolle Aufgabe der Revision der Systeme macht, muss unbedingt einen Standpunkt über den Resultaten eines Landes und sei es noch so gross, einnehmen, muss internationale Wissenschaft treiben. ULRICH'S Werk führt aber insofern zu Unrecht seinen Titel, als er sich ausschliesslich mit dem Paläozoikum des östlichen und mittleren Nord-amerikas befasst. All seine kritische Würdigung und seine daraus abgeleitete Methode kann nur dafür Geltung haben, d. h. verall-gemeinert für die stratigraphische Beurteilung der Sedimen-tationsserien flacher Ingressionsmeere. Glaubt ULRICH, so muss man sich erstaunt fragen, wirklich den grundlegenden Unter-schied negieren zu können, der zwischen der einförmigen Masse der paläozoischen Kalke Nordamerikas einerseits und etwa den mittel-devonischen Knollenkalken des Rheinischen Schiefergebirgs, den ober-devonischen Clymenienkalken Mitteleuropas und Asiens, dem marbre griotte der Pyrenäen, den bunten Cephalopodenkalken und kieseligen Aptychenschichten aus Trias und Jura der höheren alpinen Decken sowohl wie des Himalaya, den mesozoischen Radiolariten, die heute schon bis Borneo verfolgt sind, herrscht. Glaubt der Autor leugnen zu können, dass solche hemi- und eupelagische Ablagerungen, bloss weil sie den von ihm untersuchten Gebieten fehlen, überhaupt nicht die ausserordentlich wichtige Rolle spielen, die man ihnen anderwärts beimisst, nur aus einem fast abergläubisch anmutenden starren Sich-

anklammern an die Lehre von der Permanenz der Meere und Kontinente, die Lehre, gegen deren extreme Anwendung der weit ins Mesozoikum hereinragende Old Red-Kontinent, die brasilo-afrikanische Landmasse zum mindesten zwischen Perm und unterer Kreide — beides nicht etwa hinfällige Landbrücken, sondern stabile Erhebungszentren — nicht weniger spricht wie die Häufigkeit der marinen Besiedelung des inneren Nordamerikas. Hält man sich nur den radikalen Wechsel der Geschichte des letzterwähnten vom Perm an vor Augen, so könnte man es nicht ohne Grund eher als negativen, denn positiven Krustenteil in paläozoischer Zeit, als Eigentum eines durch mehr oder weniger häufige Hebungsphasen beunruhigten Meeres betrachten.

Tiefentröge der obenerwähnten Art hat es aber in irgend einem heute verlandeten Teil der Erde, wenigstens vom Devon an, gegeben und ihre Sedimente gehorchen ganz anderen Gesetzen als jene, die die Ablagerungen der Ingressionsmeere beherrschen, Gesetze von nicht geringerer Stabilität, wie es die oft ins einzelne gehende Übereinstimmung bestimmter Sedimenttypen des mitteleuropäischen Devons und der Trias und Jura der höheren alpinen Decken bekunden. In letzteren stellt sich aber auch der von ULRICH vermisste und doch tatsächlich Systeme umspannende Sedimentationszyklus ein, beginnend mit den litoralen Ablagerungen des Rhäts zu den hemipelagisch kalkig kieseligen des unteren, den eupelagisch-abys-sischen des mittleren, den wiederum hemipelagischen Bedingungen sich nähernden des obersten Jura, welche letztere in die bathyalen Mergel des Neokoms überleiten, die selbst von rascher Verlandung betroffen werden. Und niemand hat bei solcher Folge die Grenze von Jura zu Kreidesystem auch nur auf Meter genau, geschweige auf eine bestimmte Fuge festlegen können; ein diastrophischer Wechsel von der Härte, wie ihn ULRICH für jede Systemgrenze erheischt, scheint absurd.

Schon für die bekannte ordovicische Graptolithenfazies der Appalachian muss ja ULRICH bemerkenswerte Ausnahmegesetze anerkennen, obwohl er sie in ihrer Gesamtheit für diskontinuierlich abgelagerte Flachsedimente hält, ohne freilich schlüssige Beweise dafür liefern zu können. Und schliesslich erscheint es gar nicht einmal unwahrscheinlich, dass ein eingehenderes Studium des Mesozoikums der Westküste Nordamerikas noch ausgedehntere Vertretung von Gesteinen grösserer Tiefenabkunft lehren wird.

Eine weitere schwerwiegende Gruppe von Einwürfen muss sich gegen ULRICH's Missachtung fazieller Differenzierungen richten. Wohl ist die lithische Skala im nordamerikanischen Paläozoikum eine beschränkte, und doch kennen wir durch die ebenso unparteiischen wie unanfechtbaren Arbeiten der Landesanstalt von Albany die hochinteressante, eng ineinander greifende Faziesverzahnung im Mittel- und Ober-Devon des Staates New-York. Es sind

dies nicht allein petrographische, sondern ganz wie es den Erfahrungen über fazielle Differenzierung in anderen Formationen entspricht, auch scharfe faunistische Faziesunterschiede, trotzdem die einzelnen Lagen sich kontinuierlich von Ort zu Ort verfolgen lassen; ich brauche ja bloss an die Bedeutung von Naples und Ithaka, an die pyritische Zwergfauna des Tully, ein bemerkenswertes Gegenstück zu der von REUTER beschriebenen des fränkischen Ornatentons, erinnern. Das devonische System hat aber merkwürdigerweise, trotzdem es auch in Amerika zu den bestbekanntesten gehört, bei ULRICH recht wenig Beachtung gefunden.

Die von RUEDEMANN zuerst paläontologisch begründete Verschweissung von Kalk und Graptolithenschiefer im Ordovicium des mittleren und östlichen New-York gibt ein weiteres gewichtiges Beispiel dafür an die Hand, dass fazielle Differenzierungen in Nordamerika durchaus nicht so nebensächlich sein möchten, wie es ULRICH behauptet: ja für das Karbon dürfte man sie aus den Ablagerungsbedingungen heraus, deren lebhafter Wechsel sich in Gesteinsvielseitigkeit widerspiegelt, von vornherein erwarten.

Wenn er sodann jeden ausgesprochenen Faunenwechsel als durch diastrophische Bewegungen bedingt, mit einer Verlandung und Wiederversenkung des Beckens erklären will, so scheint er, um der gegenteiligen Folgerung, d. h. eben fazieller Differenzierungen ausweichen zu können, allzu leicht über die bedeutungsvollen modernen Forschungen über Wirkungen von Strömungen, von lösungskräftigen Bodensolen usf. hinwegzugehen. Man erinnere sich allein der Beobachtungen PHILIPPI's über die submarinen Zerstörungsvorgänge an jungen Flachseekalken der Seinebank und der von COLE und CROOK westlich Irlands eingeholten Erfahrungen; der Haupteinwand ULRICH's gegen Strömungsaktion, beschränkte Ausmasse der Flachbecken, ist ja sofort entkräftet, wenn eben Gleichzeitigkeit bei faziellen Unterschieden angenommen werden darf. Stelle man sich aber nur einmal die Bedingungen während der Invasion eines arktischen Meeres vor, das über niedere Landschwellen hinweg gegen ein älteres, z. B. von mexikanischen Wassern gefülltes Bassin vordringt. Automatisch muss durch die neue Zufuhr der kalten Bodenströmung eine Anlösung des noch eben erfolgten Absatzes, eine so einschneidende Veränderung der Lebensbedingungen Platz greifen, dass der Erfolg auf das genaueste einer der von ULRICH beschriebenen Korrosionsfurchen und einem abrupten Faunenwechsel gleichen muss, ohne dass irgend eine gewaltsame Bewegung der Erdkruste zu Hilfe genommen werden müsste. Und J. WALTHER's beherzigenswerten Resultate seiner Erforschung der „Sedimente der Taubenbank im Golf von Neapel“ — (von 500 nahe beieinander lebenden Formen sind nur 14 Arten der Schlamm- und Kalksandfazies gemeinsam, kommen also als Leitfossilien in Betracht) — müssen jede dagegen gerichtete Spekulation zunichte machen.

Ganz allgemein gesprochen ist aber in ULRICH'S Darstellung überhaupt die gründliche fazielle Würdigung der einzelnen Sedimente zu vermissen. Mit der Feststellung von übergreifender Lagerung und Herkunft der Fauna ist das Wesen der Ablagerung doch noch keineswegs erschöpft. Methodische Untersuchungen dieser Art, wie sie z. B. BERKEY über den St. Peter-Sandstein, GRABAU in seinen „Typen sedimentärer Übergreifung“ für eine Reihe von paläozoischen und mesozoischen Sedimenten, verschiedene andere Autoren für karbonische Schichten bereits angestellt haben, und wie sie für weiterreichende stratigraphische Vergleichsforschung unbedingt notwendig sind, treten bei ULRICH leider nur zu sehr gegen Argumente in den Hintergrund, die kaum noch nachzuprüfen sind und Philosophemen nahestehen. Denn wenn ein Autor behauptet, dass die Verhältnisse unserer Zeit nicht mehr den Massstab für die Beurteilung vergangener Perioden abgeben sollen, dass eine Übertragung der Lebens- und Sedimentationsbedingungen von heute auf die Vergangenheit irreführend sei und dafür beliebig dauernde verlorene Zeitintervalle zwischen den Systemen und Entwicklung der Faunen in dieser Zeit im freien Weltenmeere annimmt, so entzieht er sich dadurch den wissenschaftlichen Boden und öffnet billigen Folgerungen Tür und Tor. ULRICH wird hierin hoffentlich wenig Gefolgschaft finden.

Gegen Einzelheiten der von ULRICH vorgeschlagenen Änderungen, vor allem gegen die Aufstellung der drei ordovicischen Systeme und die vorgenommene Verteilung der bis heute bekannten Schichtglieder auf diese, besonders aber gegen die eigenartige Bewertung der Ablagerungen des Niagaran, seiner Vermengung von Salina mit Monroan, seiner Zerspaltung des Unter-Karbons werden wohl die berufenen amerikanischen Autoren sich wenden, so dass hier natürlich kein Grund gegeben ist, darauf einzugehen, zumal ULRICH bis jetzt fast durchgängig unterlassen hat, ausseramerikanische Vorkommnisse seinem neuen Schema einzuordnen; der Versuch, dies für das Ozarkium zu tun, ist resultatlos geblieben.

So braucht an dieser Stelle bloss noch seiner eigentümlichen Bewertung des Mesozoikums gedacht werden. Nur sein überzeugter Glaube an die Bedeutung diastrophischer Zyklen, der eine Vierzahl der Systeme erheische, kann den oben skizzierten Vorschlag rechtfertigen. Man braucht sich ja bloss zu erinnern, dass unter „Newark“-serie die Landfazies des Mesozoikums in den Appalachen zusammengefasst wird, während die marinen Ablagerungen des Westens sich ganz gut mit dem sonst angewandten Normalschema zur Deckung bringen lassen. Man denke daran, dass das Kalkäquivalent der Trias in den höheren alpinen Decken wenigstens 3,5 km darstellt (d. h.  $2\frac{1}{2} \times \text{Äq. von ULRICH'S Canadian oder Silurian}$ ,  $10 \times \text{Äq. des Waverlyan}$ ,  $4,5 \times \text{Äq. des Tennesseean}$ ); dass sowohl an der unteren, wie besonders nahe der oberen Triasgrenze fast überall auf der Erde eine diastrophische Bewegungsphase stärkster Ordnung

sich geltend macht, dass die faunistische Grenze zwischen Trias und Jura eine derart einschneidende ist, dass es z. B. noch niemand glückte, die so reich entwickelten Cephalopodenfaunen beider nur einigermaßen beweiskräftig aufeinander zu beziehen. Man vergegenwärtige sich endlich, dass der Jura mit einem minimalen Kalkäquivalent von 1 km (d. h.  $3 \times$  Waverlyan) eine faunistisch und diastrophisch, wie gewöhnlich auch lithologisch scharf abgegrenzte Einheit ist. So ist mit ULRICH'S eigenen Waffen wohl dargetan, wie wenig sein Klassifikationsversuch in diesem Fall dem natürlich gegebenen entspricht.

Es könnte nach all dem scheinen, als ob ausserhalb Amerikas nicht genügend Grund vorläge, der Arbeit ULRICH'S ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Aber nur gegen die extreme Auswertung seiner Kriterien, besonders gegen den unkontrollierbar bleibenden Vorschlag „zwischen-systemer Intervalle“ mussten sich ernstliche Einwürfe richten, nicht gegen die Kriterien selbst, denen innerhalb der ursprünglichen Ausgangsbedingungen, d. h. bei der Beurteilung von Sedimentserien epikontinentaler Ingressionsmeere, wie sie der mitteleuropäische Zechstein, Muschelkalk und Jura in typischer Form vorstellen, vollste Bedeutung zukommt.

Es schien anfangs mit der Verfolgung der grossen Transgressionen, wie des mittleren und oberen Devons, Karbons, der Trias, des Juras und der Kreide ein bequemes Hilfsmittel zu recht weitreichendem, exaktem Zeitvergleich gegeben. Je mehr unsere Erfahrungen jedoch auf gründliche Einzeluntersuchungen sich stützen können, je eingehender die Schichtserien der verschiedensten Länder gerade daraufhin untersucht wurden, desto komplizierter wurde unsere Vorstellung, desto schwieriger wurde es, die Resultate in das ursprüngliche primitive Schema zu fesseln, und heute erscheinen uns vielfach diese Transgressionen mehr ein äusserst wechselvolles Über- und Zurückfliessen der Wasser von einem Becken zum anderen, denn als unabhängiger Angriff der Weltenmeere gegen das Land. Ein Blick durch UHLIG'S letztes grosses Geschenk, seiner zusammenfassenden Jurastudie — so recht ein Gegenstück zu ULRICH'S Betrachtungsweise — liefert immer aufs neue eine Bestätigung dessen. Hier wird nun eine an ULRICH'S Anschauung anknüpfende Arbeitsmethode mit Erfolg einsetzen können und hier wird eine Verfolgung der diastrophischen, d. h. wohl meist Kipp-Bewegungen eine wünschenswerte Bereicherung unseres Wissens herbeizuführen imstande sein.

Doch noch ein Weiteres. Wir sind heute zu sehr gewohnt, die alpinen Tröge als Ablagerungsbecken küstenferner oder gar pelagischer Sedimentation zu betrachten, als dass daran gedacht würde, dass auch diese erst in langsamster Entwicklung zu solchen geworden sind. Ein Blick auf die stratigraphischen Serien der alpinen Decken lehrt uns, dass von der höchsten der ostalpinen Reihe abgesehen, die ganze Trias, in der tieferen Reihe auch noch zum Teil der Jura und die Kreide, keineswegs den Typenbereich epi-

E. O. ULRICH 1911		CH. SCHUCHERT 1910	A. W. GRABAU 1911		E. KAYSER 1911		E. HAUG 1911	
Ären	Systeme	Perioden	Ären	Systeme	Formationen	Gruppen	Perioden	
Cenozoic			Psychozoic	Holocen Pleistocen	Quartär	Neo- zoisch	Quaternaire	
	Neogenic	Neogenic	Cenozoic	Pliocen Miocen Oligocen Eocen	Tertiär		Néogène	
	Eogenic	Eogenic					Nummulitique	
Mesozoic	Cretaceous Comanchean	Cretacic Comanchic	Mesozoic	Cretacic Comanchic	Kreide	Meso- zoisch	Crétacée	
	Newark	Triassic-Jurassic		Jurassic Triassic	Jura Trias		Jurassique Triassique	
	Pennsylvanian	Permian Pennsylvanic		Permian Carbonic	Perm Karbon		Paläo- zoisch	Anthracolithique
Tennessean Waverlyan	Tennesseeic Mississippic	Mississippic	Devon	Dévonienne				
Devonian	Devonic	Devonic	Silur	Silurienne				
Eopalaeozoic	Silurian	Siluric	Palaeozoic	Siluric	Kambrium		Cambrienne	
	Ordovician Canadian Ozarkian Cambrian	Cincinnati Ordovicic Canadic Ozarkic od. Cambrie Acadic Georgic		Ordovicic Cambrie				
Proterozoic			Eozoic	Algonkic		Eo- oder Protero- zoisch	Algonkienne	

kontinentaler Sedimentation überschritt. Sie sind somit noch den Gesetzen unterworfen, denen ULRICH seine eingehende Betrachtung widmete. Ich möchte nur auf die teilweise überraschend fruchtbaren, im wesentlichen parallel laufenden Faziesstudien des jüngeren HEIM erinnern, ich darf darauf hinweisen, wie wenig bis heute den diastrophischen Bewegungen der karnischen und rhätischen Zeit zusammenhängende Beachtung geschenkt wurde, um die Bedeutung der behandelten Fragen ins richtige Licht zu rücken.

Ganz allgemein gesprochen, wir begnügen uns heute noch zu leicht, innerhalb eines Ablagerungskomplexes ein paar oft weitaus-einander liegende Fossilzonen identifiziert zu haben und glauben damit berechtigt zu sein, von kontinuierlicher Sedimentation sprechen zu dürfen, selbst wenn andererseits das nicht nachgewiesene, aber angeblich mit eingeschlossene Intervall ein Vielfaches der hier beobachteten Sedimentmächtigkeit niedersinken liess, ohne dass wir zu dieser unserer Beurteilung etwa durch die besondere Art des Sediments berechtigt wären. Wenn so in einem durchschnittlich 200 m mächtigen Kalke der Ostalpen gegen das Hangende Tithonfossilien, an der durch eine brecciöse Lage ausgezeichneten Basis aber Oxfordfossilien gefunden wurden, so spricht der Autor von einer nachweislich ununterbrochenen Ablagerung im Jura, obwohl uns genügend Stellen bekannt sind, wo das kalkige Äquivalent des Tithons allein die angegebene Zahl schon erheblich überschreitet. Ein paar Meter Rauhwaacke, Gips und Zellendolomit gelten an anderen Orten, ohne dass etwas Auffälliges dabei gefunden wird, für eine vollwertige Vertretung der Karnischen Stufe, von der wir doch bei RAIBL eine marine Serie von 700 m Mächtigkeit kennen. Die Konjepruskalke, denen KATZER eine bald wenige Fuss betragende, dann wieder bis 100 m anschwellende Stärke zuweist<sup>1)</sup>, werden stillschweigend als „Äquivalent“ des Unterdevons betrachtet, als Ablagerung des „siluro-devonischen Meeresbeckens“ von Böhmen, obwohl die wahre Normalmächtigkeit des Unterdevons kalkiger Fazies etwa 1000 m, wenn nicht viel mehr beträgt. Wie es in Wahrheit mit der Ausdehnung von solchen „typischen“ Formationsprofilen steht, hat BASSLER ja jüngst mit überraschender Deutlichkeit gezeigt. Das baltische Ordovicium und höchstwahrscheinlich auch ein Teil des schwedischen umfasst weniger als  $\frac{1}{3}$  des wirklichen Ordoviciums, denn die ganze Reihe vom Glaukonitsand und Kalk bis zu den unteren Lyckholmschichten gehört zum Blackriver und frühen Trenton, das höhere Lyckholm und Borckholm zum Richmond, das ca. 2 km mächtige Beekmantown ist dagegen von 3 m Dictyonemaschiefer „vertreten“,

<sup>1)</sup> Da sowohl KATZER wie SEEMANN darin übereinstimmen, dass der Kontakt im Liegenden zu F<sub>1</sub> meist scharf ist (nach ersterem stellenweise Brekzien zu beobachten), und auch die Fauna des Konjepruskalkes eher mitteldevonische als silurische Verwandtschaft besitzt, mag in Wirklichkeit ein noch näher zu bestimmender Teil der Koblenzstufe „vertreten“ sein.

Chazyan, oberes Trenton und Cincinnati (ohne Richmond) fehlt vollständig.

So haben wir allen Grund von ULRICH's Methoden, so kühl wir auch einigen seiner extremen Forderungen gegenüberstehen können, zu lernen. Erst wenn auch die angeblich vollständigsten unserer Systemprofile in dieser Richtung nachgeprüft werden, wenn es weit mehr als bisher üblich wird der Mächtigkeit der Sedimente und dem spezifischen Charakter ihrer begrenzenden Fugen gründlichste Aufmerksamkeit zu schenken, wenn wir aber besonders auf rein paläontologische, durch keine stratigraphischen Beobachtungen gestützte Altersbestimmung misstrauisch geworden sind, welche letztere ja nur von subjektiven Anschauungen des Autors über Speziesbewertung usw. abhängen, und wenn wir schliesslich stratigraphische Vergleiche anfangs noch mehr als bisher auf zusammengehörige Lagerungströge beschränken; erst nach all dem dürfen wir der frohen Hoffnung ULRICH's uns hingeben, einen mächtigen Schritt vorwärts tun zu können in der vergleichenden Stratigraphie als Wissenschaft.

---