

DIE GRUNDLAGEN PALÄO GEOGRAPHISCHER KARTEN

VORTRAG
GEHALTEN IN DER NATURFORSCHER-GESELLSCHAFT ZU DORPAT
AM 6. APRIL 1922

VON

Prof. Dr. H. SCUPIN

DORPAT 1924

Druck von C. Mattiesen, Dorpat

Die Aufgabe des mit stratigraphischen Forschungen beschäftigten Geologen kann sich nicht darin erschöpfen, das Vorkommen eines Schichtensystems in einer Gegend festzustellen und zu verfolgen, dasselbe stratigraphisch zu gliedern und in Beziehung zu dem geologischen Gesamtbilde zu setzen, der Geologe wird vielmehr in letzter Linie soweit zugänglich auch bestrebt sein müssen, sich eine Vorstellung über die einstige Verteilung von Wasser und Land in grösserer oder geringerer Ausdehnung innerhalb einzelner Zeitabschnitte zu bilden. Dieser Versuch ist ja in einer ganzen Anzahl paläogeographischer Karten gemacht worden, unter denen besonders die Weltkarten Neumayrs¹⁾, Frechs²⁾, Kokens³⁾, Lapparents⁴⁾, Matthews⁵⁾, Kilians⁶⁾, Arldts⁷⁾, Kossmats⁸⁾ und Uhligs⁹⁾ zu nennen sind. Dazu tritt eine Fülle paläogeographischer Karten einzelner Erdteile, Länder oder kleinerer Bezirke, über die E. Dacqué¹⁰⁾ eine wertvolle Übersicht gegeben hat.

Naturgemäss werden diese Karten umso unsicherer, je grösser das Gebiet ist, das sie umfassen. Es hat daher auch

1) M. Neumayr, Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschr. d. K. K. Akademie d. Wissensch. math. phys. naturw. Kl. 5. Bd. 1886 S. 57.

2) F. Frech, *Lethaea palaeozoica* II.

3) E. Koken, Die Vorwelt; sowie Indisches Perm und die permische Eiszeit. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1907 Festband.

4) Lapparent, *Traité de géologie*. 4. Aufl. u. folgende.

5) Matthew, Hypothetical outlines of the continents in Tertiary time. Bull. of the American Museum of Nat. History XXII S. 353.

6) *Lethaea geognostica* II, Bd. 3. 1907.

7) R. Arldt, Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt, Leipzig 1907.

8) F. Kossmat, *Palaeogeographie*, Leipzig 1908.

9) V. Uhlig, Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide. *Mitteil. d. Wiener Geol. Ges.* Bd. 4. 1911.

10) E. Dacqué, *Grundlagen und Methoden der Paläogeographie*, Jena 1915. S. 12.

nicht an Stimmen gefehlt, die an derartigen Karten für ein grösseres Gebiet scharfe Kritik geübt und, man kann wohl sagen, geradezu vor der Konstruktion solcher gewarnt haben¹⁾ und zwar namentlich im Hinblick auf die sich aus Gründen mangelnder Gleichzeitigkeit ergebenden Schwierigkeiten. Man darf indes nicht vergessen, dass auch die geologischen Karten sich aus mehr oder weniger ungenauen, oft sogar skizzenhaften Übersichtskarten entwickelt haben, die auch nur den augenblicklichen Stand unserer geologischen Kenntnisse zum Ausdruck bringen wollten und erst mit der Zeit mehr und mehr ausgestaltet und genauer bzw. richtiger geworden sind. Ebenso entsprechen unsere älteren geographischen Karten bekanntlich nicht der Wirklichkeit, ja sie lassen auch heute noch stellenweise besonders in den polaren Gegenden viel zu wünschen übrig, und so müssen auch paläogeographische Karten *cum grano salis* betrachtet werden.

Solange sie zum Ausdruck bringen, dass sie hypothetisch sind und vor allem von einer guten Erklärung begleitet sind, auf was sich die Konstruktionen der Meere und Kontinente gründen, und besonders weiter auch gesagt ist, welche andere Deutung vielleicht noch zulässig wäre, scheinen sie nicht nur unbedenklich, sondern sogar wünschenswert. In dieser Beziehung ist besonders die von F. Toula²⁾ gegebene Zusammenstellung der von den einzelnen Autoren gebrachten Kartenskizzen von Interesse. Späteren Untersuchungen muss dann eine allmähliche Richtigstellung überlassen bleiben, die beim Einsetzen einer sorgfältigen, besonders stratigraphischen Spezialuntersuchung unter gleichzeitiger Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Gesichtspunkte, nicht nur der faunistischen, bis zu einem gewissen Grade an vielen Punkten nicht aussichtslos sein dürfte, während allerdings oft genug, besonders da, wo das heutige Meer sich als unüberbrückbare Kluft einschiebt, endgültige Lösungen paläogeographischer Probleme niemals zu finden sein werden.

Dreierlei Gesichtspunkte kommen für die Konstruktion paläo-

1) M. Semper, Die Grundlagen paläogeographischer Untersuchungen, Centralbl. f. Min. u. s. w. 1908. S. 434.

2) F. Toula, Das Werden und Schwanken der Meere. Schriften d. Vereins z. Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse zu Wien. Bd. 48. 1908. S. 293.

geographischer Karten in Betracht: Stratigraphische¹⁾, lithologische und paläontologische.

Stratigraphische Gesichtspunkte der Paläogeographie.

Ist die einstige Verbreitung gewisser Ablagerungen dem Auge nicht unmittelbar zugänglich, so ergeben sich hierfür wieder drei Möglichkeiten:

- a) die Ablagerungen sind durch jüngere Schichten verdeckt;
- b) die ursprünglich gebildeten Schichten sind zerstört und abgetragen;
- c) sie sind umgeprägt, so dass sie nicht ohne weiteres als Ablagerungen dieser Zeit erkennbar sind.

Sind die in Frage kommenden Ablagerungen verdeckt, so ist ihr örtliches anderweitiges Zutagetreten vielfach bedingt durch tektonisch-orogenetische oder epirogenetische Vorgänge in Verbindung mit den Wirkungen der Sedimentation oder Erosion. Es kann hier nicht meine Aufgabe sein, alle in Betracht kommenden, in einer Vorlesung über Allgemeine Geologie zu erörternden Möglichkeiten aufzuzählen²⁾, unter denen tiefer liegende Schichtensysteme zu Tage treten bzw. umgekehrt verdeckt werden. Auch der Nichtgeologe oder Anfänger erkennt ohne Schwierigkeiten die Zusammengehörigkeit gleichstreichender Schichtenglieder älteren Gebirges, die auf eine gewisse Strecke hin von jüngeren Bildungen überdeckt sind, aber auch bei grösseren Entfernungen etwa variskisch streichender, durch mesozoische Bildungen getrennter paläozoischer Vorkommen wird es ihm vielfach nicht schwer werden, sich eine Vorstellung über den unmittelbaren Zusammenhang unter Tage zu machen. In vielen anderen Fällen aber wird nur die Einheitlichkeit der Profile weit auseinander liegender Vorkommen, vor allem auch solcher, die heute durch Meer getrennt sind, auch eine gewisse Einheitlichkeit in der Bildungsweise verbürgen, ohne dass zunächst im Einzelnen festzustellen ist, wie der Zusammenhang der Meeres-

1) Schuchart, Palaeogeography of North America, unterscheidet vier Methoden. Seine areal geologic method und diastraphic method decken sich etwa mit den hier genannten stratigraphischen Gesichtspunkten. Vergl. Bull. geol. soc. America XX 1910. S. 427.

2) Vgl. Dacqué, Palaeogeographie S. 313.

becken gewesen und was für Inseln oder Halbinseln sich etwa dazwischen geschoben haben könnten.

Nicht immer leicht zu entscheiden ist die Frage, ob das Fehlen mariner Schichten in einer Gegend durch Abwaschung oder eine Festlandsepoche zu erklären ist. Selbst wenn gute Profile vorhanden sind, ist ja bei einer Lücke in der Schichtenfolge ein Schluss auf Festland nur für die letzte Zeit dieser Schichtenlücke zu machen, aber wir erhalten keine Auskunft darüber, wie weit sich diese Festlandsepoche zurückerstreckt und wie viel von den älteren Ablagerungen in dieser Zeit wieder abgetragen ist. Je länger der durch Ablagerungen gegenwärtig nicht mehr vertretene Zeitraum ist, um so unsicherer müssen naturgemäss unsere Schlüsse werden.

In einer grösseren Schichtenlücke können mehrere kleinere zusammengeschlossen sein; sie kann mehreren wieder durch Meeresablagerungen getrennten Festlandsepochen entsprechen, in denen die vorher gebildeten Ablagerungen wieder abgetragen wurden.

Im südöstlichen Harzvorlande, der Mansfelder Mulde sowie den Nachbarmulden, reicht die Schichtenlücke vom Muschelkalk bis Oligozän, stellenweise bis Eozän¹⁾, und es bleibt dabei ungewiss, was in dieser Schichtenlücke noch zur Ablagerung gelangt ist. Zwischen den Ablagerungen des Oberen Jura am Harzrande und den sächsisch-böhmischen der Hohnsteiner Überschiebung ist keine Spur von solchen vorhanden, es wäre aber verfehlt, daraus den Schluss zu ziehen, dass sie nie dagewesen sind. Man kann sich vorstellen, dass in der jüngeren Jurazeit auch hier Meeressedimente abgelagert wurden, die vielleicht schon in der Unterkreide wieder beseitigt wurden. Hat man hier durch das Auftreten von gleichalterigen Ablagerungen im Nordwesten und Südosten wenigstens einen Ausgangspunkt für Vermutungen, so vermindert sich die Grundlage für diese für die Liaszeit, wo Ablagerungen gegen Südosten hin nicht vorhanden sind, während sie im Nordosten, im Untergrunde von Berlin festgestellt sind; es bleibt aber damit ganz ungewiss, wo die Küste

1) Der grösste Teil der Halleschen Braunkohlen ist Oligozän, die Braunkohle im Geiseltale Eozän + Oligozän. Vergl. Scupin, Die stratigraphische Stellung der subherzynen Braunkohlenformation. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. Bd. 36 II. 1915. S. 325.

des Liasmeeres lag. Für die Obere Kreide könnten die gleichen Betrachtungen bezüglich dieses Gebietes wie für den Oberen Jura angestellt werden, und man müsste dann annehmen, dass diese restlos bereits im Paleozän und teilweise noch im Eozän wieder abgetragen wurde. Auf die einstige grosse Verbreitung des Kreidemeeres weisen ja auch die Kreideschollen des Ohmgebirges hin. Dass auch das Untersenon südlich über den niedersächsischen Uferrand auch im Elbegebiet hinausging, wird durch das Vorkommen in Schlesien wahrscheinlich gemacht; die Emscher-Ablagerungen in Sachsen (Zittau) und Böhmen bilden offenbar keinen Abschluss der dortigen Schichtenfolge.

Je geringer die Schichtenlücke andererseits, zu um so bestimmteren Schlüssen wird man geführt werden. So gelangt man zwanglos zu der Annahme einer Landzeit wenigstens für den grössten Teil¹⁾ des Unterdevons in Thüringen oder des Oberkambriums in Böhmen und wohl auch im Baltikum²⁾.

Ein spezieller Fall, der früher mehrfach zu Trugschlüssen geführt hat, ist gegeben, wenn bei verhältnismässig nicht zu grosser räumlicher Entfernung der Zusammenhang gleichaltriger Schichten durch ältere in grösserer Höhenlage unterbrochen wird. Oft genug ist hier von älteren Forschern das Fehlen der jüngeren Schichten auf eine Festlandsepoche zurückgeführt worden. Noch Ende des vorigen Jahrhunderts galten Harz und Thüringerwald manchen für Inseln im Zechstein- und Muschelkalkmeere. In ähnlicher Weise sind Mulden, die ihre Form erst der saxonischen Gebirgsbildung verdanken, mitunter als Buchten angesprochen worden. Sehr verbreitet ist z. B., und nicht nur in der älteren Literatur, die Bezeichnung „Loewenberger Bucht“ oder „Goldberger Busen“ für die Ablagerungen des Kreidemeeres im Norden des Riesengebirges, deren aus paläozoischen Schiefeln gebildete äusserste Umrandung in dieser Form erst in postkretazischer Zeit oder frühestens im Obersenon gebildet wurde.

1) Ich habe mich von dem gänzlichen Fehlen des *Spirifer paradoxus* in Thüringen angesichts eines Hallenser Hohldruckes trotz der Ausführungen von Karl Walter nicht überzeugen können.

2) Die enge Verbindung von Obolussandstein und Dictyonemaschiefer, von dem vereinzelte Schmitzen schon dem ersteren eingeschaltet sind, drängt dazu, auch den Obolussandstein zum Untersilur zu ziehen, wie dies auch schon W. Lamansky vorgeschlagen hat. (Die ältesten silurischen Schichten Russlands. *Mém. Com. géol. nouv. sér.* 20. Petersburg 1905 Tabelle S. 104.)

Wo keine Denudationsreste in höherer Lage einen Rückschluss auf die frühere weite Verbreitung der betreffenden Meere gestatten, wie die Zechsteinschollen auf dem Thüringer Walde, die Karbonreste auf dem Eulengebirge, die Kreideschollen im Erzgebirge, sind dann besonders auch die unten besprochenen lithologischen und faunistischen Gesichtspunkte für die Frage nach der Nähe von Land mit heranzuziehen.

Derartig hohen Denudationsresten für die Beurteilung gleichwertig sind solche abgesunkenen Schollen, deren Sprunghöhe erkennen lässt, dass sie einst die stehengebliebene bzw. ihnen gegenüber gehobene, jetzt von Ablagerungen befreite Scholle überragt haben, wobei insbesondere auch die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen Abtragung diesseits und jenseits der Verwerfung in Rechnung zu ziehen ist. Aus diesem Grunde glaube ich z. B. auch im Gegensatz zu Lepsius¹⁾ die Überflutung des Lausitzer Granits durch das Kreidemeer annehmen zu müssen²⁾.

Von erhöhtem Interesse sind Reste oder Spuren von Ablagerungen, die nur durch besondere erdgeschichtliche Ereignisse erhalten geblieben sind. Hierher kann die Konservierung denudierter jüngerer Schichten in vulkanischen Durchbruchsröhren gerechnet werden, wiewohl z. B. speziell das Vorkommen von Weissjura in den schwäbischen im Lias aufsetzenden Vulkanembryonen oder im Alpersbacher Stollen in diesem Falle bedeutungslos bleibt, ebenso wie das von Emscher-Brocken in einem Schlot des schlesischen Turon, nahe Goldberg, da die Ausbreitung des Meeres in dieser Zeit hier auch ohnedem gesichert gewesen wäre; doch könnten derartige Gebilde bei weit vorgeschrittener Denudation wertvolle Fingerzeige über das einstige Vorkommen bestimmter Schichten geben, wie die Eruptionen andererseits auch durch Einschlüsse über jetzt verdeckte Schichten der Tiefe Aufschluss geben können.

Zu nennen wäre in diesem Zusammenhang aber vor allem die durch Einklemmung in einer Verwerfungsspalte bedingte Erhaltung der Juraschollen in der Hohnsteiner Überschiebung zwischen Kreide und Lausitzer Granit. Ohne sie würde für die

1) Lepsius, Geologie von Deutschland II S. 174.

2) Scupin, Über sudetische, prätertiäre junge Krustenbewegungen und die Verteilung von Wasser und Land zur Kreidezeit in der Umgebung der Sudeten und des Erzgebirges. Zeitschr. f. Naturwissensch. Halle Bd. 82. 1910 S. 321.

einstige Meeresbedeckung von Teilen Sachsens und Nordböhmens zur Jurazeit keinerlei unmittelbarer Zeugnis vorliegen. Für die Meeresbedeckung des Lausitzer Granits zur Weissjurazeit gilt dann das Gleiche, was bezüglich der Überflutung desselben zur Zeit der Oberen Kreide gesagt wurde. Auch der schmale paläozoische Graben im finnischen Granit wäre hier unter gleichem Gesichtspunkte zu nennen. Weiter gehört auch hierher das Auftreten von Geröllen zerstörter Ablagerungen in jüngeren Schichten, wie das von Cenomangeröllen im Tertiär bei Kassel und dementsprechend auch das Vorkommen von jurassischen und kretazischen Sedimentgeschieben im norddeutschen Diluvium auch aus Schichten, von denen sonst nur vereinzelte Vorkommen in Pommern und Mecklenburg noch Zeugnis ablegen, deren einstige Verbreitung aber auch ohne diese Vorkommen schon durch die Geschiebe angezeigt wäre.

Naturgemäss wächst mit der Grösse einer von Ablagerungen bestimmten Alters freien Fläche auch die Wahrscheinlichkeit, dass das Fehlen dieser Sedimente hier auf mangelnde Wasserbedeckung zurückzuführen ist. So wird das Fehlen von marinem Lias in Schlesien und Sachsen sowie überhaupt im Osten, soweit Bohrungen Aufschluss geben (z. B. Hohensalza in Posen), mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eine Festlandsepoche hinweisen, und zwar wohl auch da, wo infolge Fehlens von Mittlerem und Oberem Jura keine nur auf Lias beschränkte Schichtenlücke eine vorangegangene Landzeit bekundet (z. B. südlicher Teil der Provinzen Sachsen und Brandenburg)¹⁾.

Das Gleiche gilt für den Ausfall der Unteren Kreide im östlichen Deutschland²⁾. Anders im höheren Jura (oberen Dogger und Malm). Hier liegen die oberen bereits angezogenen Juraschollen der Hohnsteiner Überschiebung zwischen Harz und dem polnisch-oberschlesischen Jura. In welcher Ausdehnung sie allerdings Meeresbedeckung andeuten bzw. wie sich die Meeresverbindung zwischen Harz und Oberschlesien gestaltete, bleibt ungewiss. So lässt Neumayr in seiner Karte des Oberen Jura-Meeres ganz Schlesien vom Meere bedeckt sein, worin ihm auch Uhlig folgt, eine Auffassung der nichts im Wege steht, da die Landzeit in der Unteren Kreide wohl genügte, um alle Weissjura-

1) In Berlin und in Pommern bei Kammin bekanntlich erbohrt.

2) Mariner Gault ebenfalls in Pommern erbohrt.

bildungen wieder abzutragen, wie sie auch aus der nächsten Umgebung der sächsisch-böhmischen Vorkommen abgetragen wurden, wogegen Partsch¹⁾ annimmt, dass Schlesien während der ganzen Jurazeit Land war, so dass dann eine Verbindung des böhmisch-sächsischen Jurameeres mit dem polnischen erst nördlich Schlesien bestanden hätte.

Die Wahrscheinlichkeit einer Landzeit für irgendwelche Periode wächst weiter, wenn die von Ablagerungen freien Gebiete von sicher kontinentalen Ablagerungen dieser Zeit umgeben oder stellenweise bedeckt werden. Es gilt dies besonders für eine Reihe von Zeitabschnitten bezüglich Afrikas, wo das kristalline Grundgebirge zwischen den kontinentalen Ablagerungen, etwa des „Nubischen Sandsteins“ bzw. Forestsandsteins, die Passarge für gleichaltrig hält²⁾, oder andern kontinentalen Bildungen hervortritt.

Ein dritter Faktor, der die Frage nach der Verteilung von Wasser und Land kompliziert, ist die Umprägung (Metamorphose) der Schichten, die die Zugehörigkeit zu dieser oder jener Formation mitunter nur nach eingehendsten Spezialuntersuchungen, vielfach aber auch gar nicht mehr erkennen lässt. Allgemeine Bezeichnungen wie Gneis-, Glimmerschiefer-, Phyllit- und Ton-schieferformation müssen dann notgedrungen angewendet werden, wie wir sie auf den Karten in allen Gebieten kristallinen Grundgebirges finden. So mag häufig die grosse räumliche Entfernung gleichaltriger Ablagerungen durch umgewandelte Gesteine teilweise überbrückt werden. In dem grossen Gebiete zwischen dem normal ausgebildeten Devon des Harzes bzw. Thüringens einerseits und Schlesiens (einschliesslich des früheren Oesterreich-Schlesiens und Mährens) bei Ebersdorf, Freiburg, Würbenthal, Olmütz andererseits waren bis vor noch nicht langer Zeit nur die stark veränderten Gesteine, Phyllite, Grauwackenglimmerschiefer u. s. w. des Erzgebirges und sächsischen Granulitgebirges bekannt, die zum Teil dieser Formation zugerechnet werden können. Die noch immer grosse Lücke ist von E. Zimmermann³⁾ wieder verkleinert worden durch die Auffindung von

1) J. Partsch, Schlesien I, Breslau 1896. S. 148.

2) Passarge, Südafrika, Leipzig 1908. S. 35.

3) E. Zimmermann. Das Palaeozoicum bei Görlitz und die Auffindung devonischer Trilobiten daselbst. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Monatsber. 60. 1908. S. 168.

Devonfossilien im Bereich der „niederschlesischen Tonschieferformation“ bei Görlitz. Ob in den Glimmerschiefern, Frucht- und Knotenschiefern des Riesen- und Isergebirges noch weitere Devonimente enthalten sind, wird sich vielleicht nie entscheiden lassen. Glückliche Funde wie etwa das Vorkommen von bestimmaren Fossilien in hochkristallinen Schiefern der Bretagne sind ja leider Ausnahmen.

Ein weiterer hier zu erwähnender Punkt, der meist nicht genügend gewürdigt wird, und auch in paläogeographischen Karten kaum richtig zum Ausdruck gebracht werden kann, beruht in der Zusammenschiebung der Schichten, wodurch in den Karten naturgemäss eine Verzerrung eintreten muss, wie etwa ein in Falten gelegtes und dann auf die verkleinerte Ebene durch Photographie projiziertes Porträt seine Ähnlichkeit verlieren muss. Das Gegenstück bildet die Verzerrung der Karten in Merkatorsprojektion an den Polen, nur dass bei diesen die Verzerrung in der Horizontalen eine Vergrösserung bringt und regelmässig ist, während die gegen aussen hin flacher werdenden Falten eine grosse Unregelmässigkeit in der Verzerrung des Kartenbildes bedingen. Sie wird in Deutschland und Frankreich besonders die paläogeographischen Karten der prävariszischen Formationen betreffen. Liebe¹⁾ hat ausgerechnet, dass vor dem Zusammenschub des thüringischen Schiefergebirges der von den in Betracht kommenden Schichten eingenommene Streifen etwa $2\frac{1}{2}$ mal so breit gewesen sein muss als jetzt. Lepsius²⁾ ist der Ansicht, dass dieser Betrag keineswegs genügt; auch ich meine, dass man mindestens das Doppelte der Liebeschen Schätzung einsetzen muss. Ganz besonders auch werden die gebirgsbildenden Vorgänge bei den überfalteten Schichten der Alpen auf die Konstruktion der Karten störend einwirken, Vorkommen derselben Formation, die jetzt unmittelbar nebeneinander bzw. übereinander liegen, müssen besonders da, wo mehrere Faltungsdecken auftreten, namentlich wenn man die weitere Fältelung der Horizontalfalten in Betracht zieht, mehrere hundert Kilometer von einander entfernt zur Ablagerung gelangt sein. So wird die Verzerrung des paläogeographischen Kartenbildes in Europa

1) Liebe, Übersicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens. Abhandl. d. preuss. geol. Landesanst. 1884. S. 40.

2) Lepsius, Geologie von Deutschland II, S. 232.

und Asien sich besonders in meridionaler Richtung, in Amerika senkrecht dazu äussern und damit das Bild im Bereich des Atlantischen Ozeans in doppelter Hinsicht verschieben, und zwar wird hier, während im allgemeinen sonst bei Karten eines kleineren Gebietes mit grösserer Genauigkeit zu rechnen ist, in diesem Falle bei solchen der Fehler stärker zum Ausdruck kommen als bei Weltkarten.

Der lithologische Charakter der Ablagerungen.

Von ganz besonderer Bedeutung für die Abgrenzung alter Meere ist hier natürlich die Stellung, die der Forscher zu der Frage einnimmt, ob eine Ablagerung als kontinental oder marin anzusehen ist.

Landablagerungen.

Für unsere wichtigsten gut untersuchten Steinkohlengebiete, die englischen, belgischen, westfälischen, oberschlesischen, süd-russischen, amerikanischen u. s. w. bestehen hinsichtlich ihrer Entstehung wohl kaum noch Meinungsverschiedenheiten. Allgemein erscheint der Beweis ihrer Autochthonie erbracht, so dass ihr Auftreten ohne weiteres das Vorhandensein eines Kontinents bezeichnet. Wo allochthone Kohlenbildungen auftreten, entscheidet ihre geographische Lage und ihre Verbindung mit marinen oder anderen kontinentalen Bildungen meist ohne Schwierigkeit, ob es sich um Kohlen handelt, die in Landseen oder an der Küste zusammengeschwemmt sind. Beispiele für erstere, die sicher viel häufiger sind, als für letztere, finden sich in den Kohlenbecken des französischen Zentralplateaus¹⁾, Sachsens und Böhmens, wo das Vorkommen im Bereich des mittelkarbonischen Gebirges keinen Zweifel über die geographische Lage lässt; ein Beispiel für letzteren Fall bilden die sonst wirtschaftlich belanglosen Kohlen, die in dem allmählich verflachenden Untersenonmeere Niederschlesiens als umgelagerte Moore zum Absatz kamen²⁾. Wenn sich dann weiter autochthone Kohlen durch marine Ein-

1) Wenn Grand' Eury den Begriff „Autochthon“ auch auf diejenigen Kohlen ausdehnt, die nur einen kurzen Transport durchgemacht haben, so wird dadurch der Gegensatz zwischen gewachsenen und zusammengeschwemmten Flözen verwischt und die Begriffsbestimmung unklar.

2) H. Scupin, Die Entstehung der niederschlesischen Senonkohlen. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1910, S. 254.

lagerungen als Kohlenfelder in der Nähe einer alten Küstenlinie kennzeichnen wie die oberschlesischen, westfälischen, belgischen und englischen, so kann dann wohl die Konstruktion einer Küstenlinie auch versucht werden, wo Kohlen heutzutage nicht zu finden sind, wie auch Frech auf Grund dieses Vorkommens einen direkten Zusammenhang zwischen den oberschlesischen und westfälischen Kohlenfeldern nördlich der Mittelgebirge im Gebiete der norddeutschen Tiefebene als nicht unwahrscheinlich bezeichnet hat¹⁾. Ebenso ist der Wechsel terrestrischer und mariner Schichten für die Konstruktion der Küstenlinie in der Frech'schen Karte des Oberkarbon in Südrussland, Ostasien und Nordamerika wichtig geworden.

Noch immer umstritten ist die Bedeutung des Vorkommens roter Sandsteine. F. Frech meint bei Besprechung der roten tauben Fazies des Oberkarbons²⁾, es sei fraglich, ob solche für ein gemässigt trockenes oder ein heisses Klima in Anspruch zu nehmen seien, wahrscheinlicher sei das Erstere, jedenfalls aber deuten sie auf Bedingungen, welche die Kohlenbildung ausschliessen. Die Wüstentheorie für den Buntsandstein, die von J. G. Bornemann³⁾ begründet, besonders von E. Fraas⁴⁾, E. Philippi⁵⁾, Joh. Walther⁶⁾ und E. Kayser⁷⁾ vertreten wurde, ist dann namentlich von E. Koken⁸⁾, M. Blankenhorn⁹⁾ und A. Tornquist¹⁰⁾ bekämpft worden. In gleicher Weise sind die Ablagerungen des Rotliegenden, des roten tauben Oberkarbons, des devonischen Altrotsand-

1) F. Frech, *Lethaea palaeozoica*, II 3. S. 340.

2) ebenda S. 273.

3) J. G. Bornemann, *Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias*, Jena 1889.

4) E. Fraas, *Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg* 55. 1899. S. 36.

5) E. Philippi, *Über die Bildungsweise der bunt gefärbten klastischen Gesteine der kontinentalen Trias. Zentralbl. f. Min. u. s. w.* 1901 S. 433, sowie Vorlesungen, herausgegeben von O. Marschall, Jena 1912 S. 42.

6) Joh. Walther, *Das Gesetz der Wüstenbildung*, Leipzig 1900 und 1912 S. 226, sowie *Geschichte der Erde und des Lebens*, Leipzig 1908 S. 366.

7) E. Kayser, *Lehrbuch der Formationskunde*.

8) E. Koken, *Jahreshefte des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg* Bd. 61. 1905 S. LXXVII.

9) M. Blankenhorn, *Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch.* 1907. Monatsber. S. 297.

10) A. Tornquist, *Die Binnenmeerfazies der Trias*, *Geolog. Rundschau* Bd. 3. 1912. S. 117.

steins zu beurteilen. Man wird dabei die rote Farbe nicht für sich allein für die Betrachtung heranziehen dürfen, sie ist vielmehr im Zusammenhang mit den sonstigen Ablagerungsverhältnissen zu betrachten. Denn rote Kontinentalgesteine können ihre Farbe auch behalten, wenn sie umgelagert und ins Meer geschwemmt sind, wie E. Koken¹⁾ betont, indem er auf umgelagerte Laterite an der Ostküste Indiens hinweist. Auch die roten Tone im Untersenon der Bunzlauer Kreide sind sicher im Wasser abgelagert zwischen allerlei andersfarbigen Tönen. Eine nachträgliche Hydratisierung findet ja auch bei den Wasserhorizonten im roten Sandstein nicht statt. Brauneisenfärbung deutet daher schon auf Feuchtigkeit bei der Bildung solcher Gesteine. Andererseits darf der umgekehrte Schluss nicht ohne weiteres gezogen werden, dass Rotfärbung dementsprechend immer auf Wassermangel schliessen lässt. Nach den kritischen Ausführungen H. Stremmes²⁾ über Lateritbildung entsteht in feuchten tropischen Waldböden im Untergrund Rotfärbung, in dem das Eisen aus den oberen Teilen des Gesteins unter Bildung von Bleicherde ausgelaugt und unten angereichert wird.

Damit wäre die Möglichkeit der Entstehung roter Bildungen in feuchtem Boden erwiesen, aber es fragt sich, ob es nicht nur eine Möglichkeit ist und ob diese ausreicht, die roten Gesteine der Erdgeschichte vom Typus des Buntsandsteins zu erklären, so dass damit auch die Beobachtungen Joh. Walthers³⁾ in Australien vereinbar wären, nach dem die dortigen Roterden in trockenem Klima gebildet sind. Wo er sie in feuchtem Klima fand, waren sie von Braunerde bedeckt, was ihn dazu veranlasste, diese letzteren als fossil anzusprechen. Bei den roten Gesteinen des Paläozoikums und Mesozoikums handelt es sich ja um Gebilde von vielen hundert Metern Mächtigkeit sowohl im Buntsandstein wie auch in Rotliegenden und im Altrotsandstein, dessen Mächtigkeit im Baltland wohl auch bis 400 oder 500 m heraufgehen könnte⁴⁾. Unmöglich kann hier die Zuführung von

1) Koken a. a. O.

2) H. Stremme, Die Entstehung des Laterits, Zeitschr. der Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin 1917. S. 114.

3) Joh. Walther, Laterit in West-Australien, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 67, Monatsber. S. 113, 1915.

4) H. Scupin, Die Frage des Vorkommens von Steinsalz in Estland. Sitzungsber. d. Naturforscher-Gesellsch. zu Dorpat XXIX (1922) 1923. S. 19.

Eisenoxyd einfach durch Einsickerung von oben erfolgt sein. Das beweisen schon die hellen, weissen, grauen oder grünlichen Einlagerungen.

Auch eine mehrmalige Bildung unter denselben Bedingungen kommt in der Regel nicht in Frage. Denn der Wald stirbt in Folge der Bildung einer Eisenkruste im Untergrunde ab, und es bildet sich Savanne, wie das auch in den Ausführungen Stremmes zum Ausdruck kommt. An eine mehrmalige Bildung in dieser Art wäre höchstens bei den sog. „versteinerten Wäldern“ zu denken. Man wird unbedingt an Umlagerung denken müssen, ohne die man aber auch die „versteinerten Wälder“, deren Stämme eine Einbettung erfahren mussten, nicht erklären kann. Die Aufschüttungsmassen müssen also aus den Randgebieten stammen, dann aber ergeben sich neue Schwierigkeiten. Mit einer Mächtigkeit der Rotbildungen im Untergrund der Tropenwälder, die der des Buntsandsteins einigermaßen vergleichbar ist, kann nicht gerechnet werden. Also müssten zur Erklärung der ungeheuren Rotflächen der Buntsandsteinzeit Waldflächen in den Randgebieten angenommen werden, die diese noch um ein Mehrfaches übertreffen. Denn eine Weiterbildung von Roterden im Ursprungsgebiet in entsprechendem Masstabe erfolgt nicht. Ist der Wald einmal abgestorben, so ist auch die Quelle für die Bildung des Aufschüttungsmaterials im Ursprungsgebiet versiegt. Mit der Vorstellung, wie man sie auch hört, dass die Gesteine des Buntsandsteins einfach umgelagertes Gesteinsmaterial des Rotliegenden sind, dieses aber wieder umgelagerter Altrotsandstein des Devons — man kann in dieser Weise bis zum Praecambrium zurückgehen (Torridonsandstein, rote Dalaquarzite) — kommen wir auch nicht weiter, das heisst nur die Frage zeitlich verschieben (ähnlich wie die Frage nach dem Ursprung des Lebens gelegentlich örtlich verschoben wurde), abgesehen davon, dass die Bildung roter Gesteine im Praecambrium dann ins Ungemessene gesteigert würde, wenn der ganze Vorrat solcher aus jüngeren Formationen schon in dieser Zeit entstanden wäre. So wird man eben doch zu dem Gedanken gedrängt, dass der grossen Masse der Rotgesteine der Erdgeschichte nur Rechnung getragen werden kann, wenn im Randgebiet die weitere Entstehung von solchen mit der Aufschüttung einigermaßen Schritt hält. Dass Joh. Walther keine „absolute“ Trockenheit für seine Auffassung fordert, ist von ihm mehrfach

betont worden, indem er auf die Bedeutung zeitweiliger, aber dann besonders gewaltiger Regenstürze im Gebiete des Trockenklimas hinwies¹⁾. Die zeitlich ganz bei weitem überwiegende trockene Hitze bewirkt dann energische chemische Veränderungen des verwitternden Gesteins, über deren Einzelheiten wir vorläufig noch nichts wissen. Der Boden wird gewissermassen ausgekocht.

So könnten klimatische Verhältnisse, wie sie Joh. Walther aus der australischen Wüste beschreibt, immerhin als Grundlage für die Auffassung der Entstehungsbedingungen der älteren Rot-sandsteinbildungen betrachtet werden. Man kann sich dabei auch vorstellen, dass die eben geschilderten Gegensätze, zeitweilige starke Regenstürze und langandauernde trockene Hitze, in der Vergangenheit örtlich noch gesteigert waren, wenn wir in Betracht ziehen, dass wir augenblicklich in einer verhältnismässig kühlen Erdperiode leben. Mit Passarge nahm E. Philippi²⁾ an, dass es z. B. in den Tropen im Mesozoikum noch sehr viel heisser war als heute, so dass im Inneren der tropischen Kontinentalmasse organisches Leben überhaupt nicht mehr möglich war. Die rote Farbe für sich allein kann also nur für warmes Klima in Anspruch genommen werden, und erst die Form der Umlagerung, wie sie im Buntsandstein, Rotliegenden und devonischen Altrotsandstein erscheint, gibt diesen Ablagerungen ihr kontinentales Gepräge. Unmöglich können so mächtige Sandablagerungen in Flächen von vielen hundert Quadratkilometern im Meere abgelagert sein, und die Bemerkung E. Koken's (a. a. O.), dass ein langsam vordringendes Meer alle Eigentümlichkeiten des Buntsandsteins zu erklären vermöge, trifft sicher nicht zu. Ein landeinwärts vordringendes Meer schiebt freilich weite Sandfläche in den Kontinent hinein; aber das Sinken des Meeresbodens, wie es doch zur Erklärung der Mächtigkeit derselben gefordert werden müsste, würde immer wieder nur an der Küste grob- und mittelkörnige Sedimente, draussen aber feinklastische oder kalkige entstehen lassen ähnlich wie in der mittleren Trias Muschelkalk und „Muschelsandstein“. Wenn es ausserdem, wie Koken fordert, langsam vordringt, so würden die sandigen Sedimente der Küste den sandigen küstenfernen altersungleich werden. Welcher Art dann das ablagernde Medium gewesen ist,

1) Joh. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, 2. Aufl. S. 22.

2) E. Philippi, Vorlesungen, S. 147.

Wind, Binnenseen, zeitweilig auftretende Flüsse oder besser breite Überschwemmungsfluten infolge gewaltiger Regenstürze, ist für die vorliegende Frage von untergeordneter Bedeutung. Voraussichtlich muss ein Zusammenwirken aller dieser Faktoren angenommen werden, auch zeitweilige örtliche Überschwemmungen durch das Meer werden nicht gefehlt haben. Die Annahme salziger Binnenseen genügt auch vollständig für die Erklärung oolithischer Kalksteine in derartigen Ablagerungen, wie aus den Forschungen Passarges¹⁾ in der Kalahari hervorgeht, wie ja auch Linck²⁾ zu ihrer Erklärung Einwirkung von Natrium- und Ammoniumkarbonat auf Kalziumsulfat annimmt. So dürfte, ganz abgesehen von den übrigen Merkmalen, vorwiegender Fossilfreiheit, Tongallen, Dreikantern, Trockenrissen, kein Hindernis bestehen, bei paläogeographischen Karten Schichten vom Typus des deutschen Buntsandsteins, des Rotliegenden oder des devonischen Altrotsandsteins den Kontinentalgebieten zuzurechnen.

Für die Gesteine des Rotliegenden, besonders aber des Oberkarbons tritt die Bedeutung der roten Farbe mitunter noch stärker durch den Gegensatz zu den grau, weiss oder dunkel gefärbten Gesteinen hervor. In der paralischen Entwicklung der Steinkohlenformation in England, Belgien, Westfalen, Oberschlesien und dem Donjetzbecken, für die wir naturgemäss ein feuchtes Klima annehmen müssen, fehlt die rote Farbe, sie findet sich, wie bekannt, stets nur etwas weiter gegen das Innere der alten Kontinente in Niederschlesien, im Erzgebirge, in der Provinz Sachsen und im Saargebiet, hier aber immer nur als taube Fazies. Wo die Bedingungen für die Kohlenbildung, also feuchtes Klima, vorhanden waren, erscheinen graue oder helle Schichten, wo sie fehlten, rote. Kohlenbildung und rote Farbe schliessen sich aus. Merkwürdig bleibt allerdings die oft grosse Nähe der tauben roten und der kohleführenden Fazies, wie bei Wettin, wo man wohl an eine Oase im Trockengebiet zu denken hat. Jedenfalls ist es für die klimatischen Verhältnisse in diesem ganzen, dem Kern der variszischen Faltung zunächstliegenden, die Böhmisches Masse umgreifenden Gürtel, Niederschlesien, Erzgebirge, Sachsen, Saargebiet, bezeichnend, dass er dem Meere ferner lag, als die kohlenführenden Schichten mit marinen Einlagerungen von Eng-

1) J. Passarge, Die Kalahari. 1904 S. 258.

2) G. Linck, Neues Jahrb. f. Min. u. s. w. Beil. Bd. 16 S. 495. 1903.

land bis Oberschlesien, womit die kontinentale Lage des roten Oberkarbons erwiesen ist.

M. Blankenhorn hat (a. a. O.) auch den gleichfalls lithologisch ähnlichen roten Nubischen Sandstein mit marinen Fossilien als Gegenbeleg dafür herangezogen, dass derartige Bildungen auch im Meere abgelagert werden können (was oben ja bereits zugegeben wurde), doch beweist das, sobald man an Sandmassen denkt, die vom Inneren des Kontinents eingeweht oder eingespült wurden, nichts gegen die auch von Passarge¹⁾ festgehaltene Auffassung der kontinentalen Entstehung des sich durch grosse Teile von Afrika hinziehenden roten Sandsteins, der vielleicht das ganze Mesozoikum sowie den letzten Teil des Paläozoikums umschliesst und von ihm unter dem Kollektivnamen „Afrikasandstein“ zusammengefasst wird.

In gleicher Weise wie die rote Farbe ist für die Beurteilung der Kontinente das Vorkommen der Dreikanter heranzuziehen. Auch hier ist zu erwägen: Sind die Dreikanter umgelagert, stammen sie aus einer älteren kontinentalen Bildung oder sind sie ein Produkt der in Frage kommenden Zeit? Der Erhaltungszustand wird darüber im allgemeinen leicht Auskunft geben. Mehrfach beobachtet sind Dreikanter bekanntlich im Buntsandstein, sowie auch im Rotliegenden. Sehr gute Stücke, die von F. Meinecke²⁾ im Oberrotliegenden von Mansfeld gesammelt wurden und die jedenfalls keinen weiten Transport durchgemacht haben, befinden sich im Geologischen Institut der Universität Halle. Gleich gute Stücke sammelte ich in der mittelsudetischen Mulde im fossilfreien konglomeratischen Zechstein unweit Friedland in Schlesien. Die Dreikanter dürfen dabei nicht unter eine gewisse Grenze heruntergehen. Voraussetzung ist, dass sie gross genug sind, um dem Winde Widerstand zu leisten und nicht selbst verweht zu werden. Es mag dabei auf das Vorkommen sehr kleiner, oft nur millimetergrosser Gebilde verwiesen werden, wie ich sie im Quadersandstein der Loewenberger Kreide gelegentlich beobachtete, die in ihrer Form ganz den eigentlichen Dreikantern gleichen und schnurgerade Kanten besitzen, aber wegen ihrer Kleinheit nicht in derselben Weise

1) S. Passarge, Südafrika, Leipzig 1905. S. 58.

2) F. Meinecke, Das Liegende des Kupferschiefers. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt f. 1910 II. S. 253.

erklärt werden können. Auch Herr Geheimrat Kalkowsky machte mich vor Jahren bei einem Besuche des Dresdener Museums auf solche winzigen Gebilde aufmerksam.

Zersprungene Gerölle in Teilstücken innerhalb grobklastischer Ablagerungen gehören in die gleiche Kategorie erdgeschichtlicher Belegstücke für Kontinentalablagerungen. Stücke mit schneidend scharfen Kanten, die keinerlei Wassertransport durchgemacht haben können, fanden sich am gleichen Fundpunkte in Friedland neben den eben genannten Dreikantern im kontinentalen Zechstein¹⁾ der böhmischen Masse.

Über Trockenrisse, Rippelmarken, fossile Regentropfen, Abdrücke von Steinsalzwürfeln u. s. w. kann ich mir weitere Bemerkungen ersparen. Soweit sie nicht als Beweise für ausgedehnte Landflächen anerkannt sind, werden sie doch mindestens als im Schlamm der Küste gebildet angenommen. Um ihre Verbreitung in grosser horizontaler Ausdehnung, andererseits aber auch in vertikaler Richtung zu erklären, bleibt bei dieser letzten Auffassung nur die Möglichkeit eines dauernden schnellen Vor- und Zurückschiebens der Küste, womit gleichzeitig auch die zeitweise eintretende Verlandung des Gebietes ausgesprochen wird. Bis zu einem Landgebiet mit Trockenklima mit zeitweiligen Meeresüberschwemmungen, wie sie auch führende Vertreter der Wüstentheorie zugeben, ist dann nur noch ein Schritt.

Müssen naturgemäss Gips- und Steinsalzablagerungen selbst als Beleg für das Auftreten von Kontinenten gelten, so wird es doch nicht immer leicht sein, diese kartographisch festzulegen. Da, wo Ablagerungen geringerer Ausdehnung den Schluss auf eingetrocknete Salzseen gestatten, sind wohl Anhaltspunkte gegeben, und es wird für das Gesamtbild nicht allzuviel ausmachen, ob diese letzteren mehr oder weniger genau abgegrenzt werden. Wird der Salzsee aber so gross, wie der zur Zechsteinzeit, so wird seine Abgrenzung ebenso wichtig für das paläogeographische Bild, wie die Linienführung für die Meeresküste; und wenn man sich auch in Deutschland etwa ein Bild von der südlichen und westlichen Begrenzung machen kann²⁾, so dürfte die Dar-

1) Vergl. auch Joh. Walther, Über Chirotherium. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 69. Monatsber. 1917/18 S. 134.

2) Vergl. die Kartenskizze des Zechsteinbinnenmeeres bei Everding, Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze in: Der Deutsche Kalibergbau. Festschr. z. 10. allgem. deutschen Bergmannstag zu Eisenach, 1907. In den Sudeten

stellung der paläogeographischen Verhältnisse der jüngeren Zechsteinzeit wenigstens hinsichtlich der nördlichen Begrenzung Schwierigkeiten machen¹⁾. Weit verbreitet sind Gipsbildungen im baltischen Devon. Sie treten besonders in der dem Oberen Mitteldevon angehörigen „Dolomitstufe“ im Hangenden des älteren Altrotsandsteins auf. Drei örtliche Fazies sind hier nach Grewingk²⁾ zu unterscheiden. Im Osten die Welikaja-Fazies, vorwiegend marin und nur oben Gipslager, so bei Isborsk, sowie auch Abdrücke von Steinsalzwürfeln. Westlich folgt die Düna-Fazies; auch hier unten noch marin, weiter oben Dolomite mit einer artenarmen, individuenreichen Fauna, wie sie sich in nicht normal gesalzenem Wasser findet, sowie ebenfalls Gipslagern, die sich dann in der Kurischen Fazies häufen, wo auch wieder Rotsandsteinbildungen erscheinen. Der obere Teil des Oberen Mitteldevons zeigt also einen Rückzug des überhaupt sehr flachen Meeres unter Bildung von Gipspfannen, wobei die Trockenlegung im Westen ihren Anfang nimmt.

Als weitere Merkmale kontinentaler Bildungen dürfen nicht übergangen werden die Spuren einstiger Vereisung, insbesondere Gletscherschliffe und Moränen mit geschrammten Geschieben. Sie waren es ja auch, die im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts die Annahme eines den Norden Deutschlands bedeckenden Diluvialmeeres endgültig beseitigten und die auch auf kontinentale Massen im Umkreis des Indischen Ozeans zur Permzeit hinwiesen. Besonderes Interesse verdienen sie in dieser Beziehung in Südafrika, wo das Dwykakonglomerat gegen das Innere hin als Moräne, weiter im Süden aber als Driftbildung entwickelt

greift die Küste etwas zu weit nach Süden, indem dort die kontinentalen Ablagerungen noch mit einbezogen sind. Die neue Überflutung im Oberen Zechstein verschob die Grenzen weiter nach Süden, wie aus den sächsischen Zechsteinablagerungen hervorgeht, wo Oberer Zechstein über Rotliegendes transgrediert. Das Gleiche gilt von Schlesien, wo im Boberggebiet bei Lähn, wie schon erwähnt, mariner Oberer Zechstein auf kontinentalem Konglomerat des Unteren und Mittleren Zechstein liegt.

1) Vergl. hierzu auch die von chemischer Seite gemachten Einwendungen gegen die Ochseniussche Barrentheorie bei E. Erdmann, Die Entstehung der Kalilagerstätten. Zeitschr. f. angewandte Chemie XXI, Heft 32. 1908 S. 1685, wo die Salzwüstentheorie Joh. Walthers in einer modifizierten Form erscheint.

2) Grewingk, Geologie von Liv- und Kurland. Arch. f. Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands 1. Ser. II. S. 507.

ist¹⁾, so dass von einigen die Küstenlinie mitten hindurch gezogen worden ist, während E. Koken²⁾ Landseen annahm.

Fassen wir jetzt

die Meeresablagerungen

ins Auge, so bleibt die Zunahme des grobklastischen Charakters eines Schichtensystems nach einer Richtung hin natürlich für die Aufsuchung der Küste am wichtigsten. Bisweilen werden ohne weiteres tonige Ablagerungen einfach als küstenfern bezeichnet. Schon ein Hinweis auf das Wattenmeer an der Schleswig-Holsteinschen Nordseeküste zeigt, dass das nicht zutrifft und dass feinklastische Ablagerungen nur im Zusammenhange mit den übrigen in diesem Sinne gewertet werden dürfen. Auch die Geschichte der Geologie lehrt, wie vorsichtig man bei Bewertung des lithologischen Charakters einer Ablagerung in dieser Beziehung sein muss. Allgemein galt früher im Unterkarbon der Kohlenkalk als küstenferne, der „Kulm“ als küstennahe Ablagerung, bis Holzapfel³⁾ auf die Dickschaligkeit der Mollusken und Brachiopoden im Kohlenkalk und im Gegensatz dazu auf die Dünnschaligkeit der *Posidonomya Becheri* im „Kulm“ hinwies, so dass nur den teilweise Pflanzen führenden Kulmgrauwacken und Konglomeraten (Nötscher Schichten, Frech⁴⁾) ihr küstennaher Charakter verblieb. Die unteren Tone von Suderode am Harz⁵⁾ sind ganz gewiss küstennahe Ablagerungen, die sich in geschützten, schlammigen Buchten der ja im Senon schon vorhandenen Harzinsel niederschlugen und durch die Führung von Cyrenen auf eine Aussüßung durch Zuflüsse derselben schliessen lassen. Ebenso wie am Harz sind die kretazischen Bunzlauer Tone, die den Suderoder auch im Alter gleichstehen, in ganz flachem Wasser im Bereich eines allmählich verlandenden Beckens abgelagert worden⁶⁾.

1) Hatch and Costorphine, *Geology of South Africa* 2. Aufl. S. 225.

2) E. Koken, *Indisches Perm und permische Eiszeit*. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. Festband 1907 S. 506.

3) E. Holzapfel, *Die cephalopodenführenden Kalke des Unterkarbon von Erdbach-Breitscheid b. Herborn*. Palaeont. Abhandl. von Dames und Kayser. V (N. F. I) S. 6 ff.

4) Vergl. F. Frech, *Lethaea palaeoz.* II, 3. S. 304.

5) F. Frech, *Die unteren Tone von Suderode*. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Bd. 39. S. 141. 1887.

6) H. Scupin, *Die Loewenberger Kreide*. Palaeontographica. Suppl. VI. S. 56. 1912/13.

In fast allen Lehrbüchern werden die Dictyonema-Schiefer und die Graptolithenschiefer als Ablagerungen tiefen Wassers, gelegentlich sogar als abyssisch bezeichnet. Das ist sicher falsch, worauf wohl zuerst Deecke¹⁾ hingewiesen hat. Man muss hier das ganze Profil, das Werden der Ablagerung in Betracht ziehen. Da bereits Schmitzen von Dictyonemaschiefer dem unterlagernden, eine deutliche Strandbildung darstellenden Obolus-Sandstein eingeschaltet sind, so widerlegt sich diese Auffassung abgesehen von anderen Gründen ganz von selbst²⁾. Auch der „Blaue Ton“ am estnischen Glint ist sicher ganz küstennah abgelagert.

Darf man also aus feinschlammigen Ablagerungen, die man als Schicht nur in beschränkter Masse weiter verfolgen kann, einen Schluss auf tieferes Wasser zunächst nur unter Berücksichtigung der anderen in Betracht kommenden Faktoren, des organischen Inhalts, der Lagerungsverhältnisse und des Auftretens im Schichtenverbande, machen, so wird doch andererseits ein regelmässiger Übergang derartiger ausgedehnter Sedimente in gröbere ein guter Hinweis auf die Richtung, in der die Küste zu suchen ist, bleiben. Die Festlegung der Küste wird an Sicherheit gewinnen, je breiter der Streifen ist, in dem die gleiche Erscheinung beobachtet werden kann. Eine stark gekrümmte Küstenlinie bzw. eine Halbinsel oder Insel wird vorhanden sein, wenn von mehreren Punkten aus in verschiedenen gegen die Mitte zusammenlaufenden Richtungen die Zunahme des grobklastischen Charakters bemerkbar wird.

So zeigt sich in der Oberen Kreide in Sachsen ziemlich allgemein eine Zunahme der Korngrösse gegen Südosten, indem die Pläner in Plänersandstein oder Sandstein übergehen; in Böhmen bietet sich das gleiche Schauspiel gegen Nordosten. Beide Richtungen konvergieren gegen das Riesengebirge, woraus dessen Landfestigkeit zur Oberkreidezeit gefolgert werden kann. In gleicher Weise zeigt sich diese Erscheinung weiter südlich in Böhmen und in der Loewenberger Kreide gegen Osten, so dass hier eine zweite auch aus paläontologischen Gründen zu

1) W. Deecke, Faziesstudien über europäische Sedimente. Berichte d. Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. Br. Bd. XX S. 5. 1913.

2) H. Scupin, Ist der Dictyonemaschiefer eine Tiefseeablagerrung? Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 73. Monatsber. S. 153. 1921.

folgernde Landmasse angenommen wurde¹⁾. Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Unterkreide Nordwestdeutschlands, wo H. Stille aus dem Auftreten der sandig-konglomeratischen Fazies im Süden gegenüber der tonigen weiter nördlich Schlüsse auf den Verlauf des Niedersächsischen Uferrandes zog²⁾.

Ebenso berechtigt die sandige Ausbildung des rheinischen und Oberharzer Unterdevons zu einem Schlusse auf eine nahe Küste im Norden, wie sie F. Frech³⁾ auch in seiner Meereskarte einträgt. In der Lennegegend bezeichnet die sandige Fazies des Mitteldevons im Gegensatz zu der Eifeler die Annäherung an die Küste. Deutlicher kennzeichnen diese noch die Konglomerate bei Aachen.

Ein sehr charakteristisches Beispiel ist ferner die Abgrenzung des Zechsteinmeeres gegen Westen durch die früher für Rotliegendes gehaltenen Konglomerate am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. In dieser Hinsicht bezeichnend ist auch das Auftreten roter sandiger Bildungen unter der Bank von Zechsteinkalk von Albersweiler in der Pfalz, die meist noch als Rotliegendes angesprochen werden. Fasst man sie als sandige Vertretung des Zechsteins auf, so spielt es für die Lage der in nächster Nähe anzunehmenden Küste keine wesentliche Rolle, ob man sie als kontinental oder etwa als eingeschwemmte, kontinental gebildete Strandablagerungen auffasst.

In diesem Zusammenhange sei noch einmal auf die roten sandig-konglomeratischen Zechsteinablagerungen in Niederschlesien⁴⁾ hingewiesen. Während ein Teil der sandigen Bildungen, die lithologisch nicht vom Buntsandstein zu unterscheiden sind („Steinsalzpsedomorphosen“!), vor allem aber die kalkigen Konglomerate des Unteren und Mittleren Zechsteins des Bober-Katzbach-Gebietes, sowie die den ganzen Zechstein umfassenden der mittelsudetischen Mulde, wie schon ausgeführt, als Kontinentalablagerungen anzusehen sind, ist ein anderer Teil derselben auch in Form von roten Sandsteinen durch Fossi-

1) H. Scupin, Loewenberger Kreide, S. 82.

2) H. Stille, Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. 3. Jahresber. d. niedersächsisch. geolog. Vereins zu Hannover 1910 S. 168.

3) F. Frech, *Lethaea geognostica* II, 2.

4) Vergl. H. Scupin, Die erdgeschichtliche Entwicklung des Zechsteins im Vorlande des Riesengebirges. Sitzungsber. d. Königl. preuss. Akademie d. Wissensch. Math. phys. Kl. S. 1266. 1916.

lien als Küstenbildungen gekennzeichnet. Als chemische Flachwasserbildungen der Küste am Rande der böhmischen Masse ist hier auch der Plattendolomit im mittleren Teil des Oberen Zechsteins zu nennen, der in Thüringen, Sachsen und Schlesien auftritt, im Gebiet des Zechsteins des Harzvorlandes aber nicht mehr vorhanden ist¹⁾.

Weiter sei an das Verhältnis der linksrheinischen sandigen Fazies des Muschelkalkes zu der normalen kalkigen Ausbildung erinnert.

Recht scharf lässt sich auch die oligozäne Küste im Südosten des Harzes auf Grund des lithologischen Befundes festlegen. Im Verlaufe des Unteroligozäns gegen Süden vordringend, lag sie im Mitteloligozän etwa bei Halle, wo der Magdeburger Sand die litorale Fazies des etwas küstenferner abgelagerten Septarientons darstellt, während südlich und westlich von Halle Dünensande als Kontinentalfazies erscheinen²⁾.

In ähnlicher Weise wie für das feinste Material ist auch bei Bewertung des größten, insbesondere der Konglomerate, vielfach nicht ohne weiteres ein sicherer Schluss zu machen. Häufig wird bei dem Vorhandensein von Konglomeraten schlechthin auf Bildungen in allernächster Nähe der Küste geschlossen. Der Schluss wird dann zutreffen, wenn es sich um einen nicht zu breiten Streifen handelt, der ein von Ablagerungen der betreffenden Epoche freies Gebiet begrenzt und nach der anderen Seite in feinklastisches Material übergeht. Bedecken die konglomeratischen Schichten eine grössere Fläche, so wird sich das, wenn sie als basale Ablagerungen einer transgredierenden Formation auftreten, durch das Vordringen des Meeres bzw. die Zurückschiebung der Küste erklären lassen; man muss sich dann aber vergegenwärtigen, dass diese basalen Ablagerungen je nach der Schnelligkeit, mit der das Meer vordrang, nicht mehr ganz altersgleich sind. Basalkonglomerate finden sich in der Kreide Sachsens nicht nur an der Basis des Cenomans, son-

1) Vergl. E. Zimmermann, Der thüringische Plattendolomit und seine Vertreter im Strassfurter Zechsteinprofil. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 65 Monatsber. S. 357. 1913. sowie H. Scupin, Das Vorkommen des Plattendolomits im niederschlesischen Zechstein. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Bd. 69 Monatsber. S. 104. 1917.

2) H. Scupin, Geologischer Führer in die Umgebung von Halle a. S. Berlin 1913. S. 33 ff.

dern dort, wo Aufragungen an der alten Landfläche vorhanden waren, auch etwas höher¹⁾. Auch werden Anhäufungen grober Küstenkonglomerate von grosser Mächtigkeit immer nur beschränkte, bandförmige Verbreitung haben können. Auch die Sandsteinmassen der sächsisch-böhmischen Kreide keilen peripher von der alten Riesengebirgsinsel aus und erscheinen dort in Verzahnung mit den feinklastischen Plänen. Mächtige und gleichzeitig in grosser Flächenverbreitung erscheinende grobklastische Ablagerungen sind daher nicht marin, sondern kontinental²⁾ (Altrotsandstein, Oberkarbon, Rotliegendes, Buntsandstein).

Übrigens sind auch Basalgerölle einer marinen Schichtenfolge keineswegs immer selbst als Produkt der Meereswooge anzusehen; vielfach mag sie letztere bereits vorgefunden und nur verkittet haben. Das gilt wohl bezüglich des Zechsteinkonglomerates sowie mancher Konglomerate an der Basis der Oberen Kreide in Sachsen und Schlesien. Ich stimme Lepsius³⁾ durchaus zu, wenn er meint, dass die Wirkung der Brandungswoge stark überschätzt werde und dass insbesondere in Sachsen die Oberfläche des Grundgebirges unter der Kreide nicht als Abrasionsfläche aufzufassen sei, vielmehr erfolge die Abtragung durch Denudation und Erosion.

Von besonderer Bedeutung in paläogeographischer Hinsicht sind in einem konglomeratischen Gestein solche Gerölle, deren Herkunft die örtliche Freilegung älterer Gesteinskomplexe und damit deren Landfestigkeit beweist. Hierher gehören die von Brandes⁴⁾ beschriebenen Trümmergesteine der Kreide am Harz, der Gneiskonglomerate des Unterkarbons im Eulengebirge u. s. w. Ein Geröll von rotliegendem Konglomerat fand ich im schlesischen Untersenon, das damit ebenfalls die Landfestigkeit eines Teils der Nordsudeten beweist.

Ist durch die organischen Einschlüsse der Nachweis zu erbringen, dass grob- oder mittelklastische Gesteine, insbesondere Sandsteine, nicht als kontinentale Bildungen aufzufassen sind,

1) W. Petraschek, Faziesbildungen im Gebiete der sächsischen Kreideformation. Isis. Dresden 1899 Heft 2. S. 57.

2) Vergl. oben S. 16.

3) Vergl. R. Lepsius, Geologie von Deutschland II. S. 174, Fussnote.

4) G. Brandes, Einige Bemerkungen über Trümmergesteine im mittleren und oberen Untersenon der Aufrichtungszone des nördlichen Harzrandes. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 54. Sitzungsberichte S. 19.

so werden sie jedenfalls im allgemeinen ein wertvoller Fingerzeig für die Nähe der Küste sein. Da wo eine Veränderung im Charakter der Ablagerungen sich nicht nachweisen lässt, die einen Hinweis auf die Lage der Küste geben könnte, wird die Richtung, in der sie zu suchen ist, unter Heranziehung der sonstigen Lagerungsverhältnisse zu bestimmen sein. Hierher gehört das Vorhandensein jüngerer Transgressionsablagerungen über älteren Bildungen in der Nachbarschaft, die beweisen, dass dieses Nachbargebiet in der in Frage kommenden Zeit Kontinent war. Der klastische Charakter des Unterdevons am Bosphorus zeigt in Verbindung mit der Fauna, die der rheinischen vergleichbar ist, Küstennähe an, die mittel- und oberdevonische Transgression südlich und nördlich¹⁾ belehrt uns, dass die Ablagerungen einem sich etwa ostwestlich erstreckenden Meeresarm zwischen zwei Landmassen entsprechen.

Der paläontologische Charakter der Ablagerungen.

Die zur Ablagerung von Meeresbecken und den sie trennenden Landmassen am häufigsten herangezogene und auch wichtigste Methode ist die faunistische bzw. floristische. Andererseits ist sie es aber auch, die für sich allein betrachtet am leichtesten zu Trugschlüssen führen kann und die auch ganz besonders in dem eingangs erwähnten Aufsätze Sempers kritisiert wird.

Sie ist aufgebaut auf der Voraussetzung, dass gleiche Arten bzw. Gattungen in gleichen Lebensbezirken hausen, die ein geschlossenes Ganzes darstellen oder wenigstens früher dargestellt haben, während umgekehrt die Verschiedenartigkeit einer Fauna auch für eine Verschiedenartigkeit des Lebensbezirkes in Anspruch genommen wird. E. Dacqué²⁾ äussert Bedenken gegen diese tiergeographische Methode, indem er auf Konvergenzbildungen in getrennten Räumen hinweist. Es kann nicht bestritten werden, dass solche vorkommen (Unioniden, *Oppelia* u. a.), immerhin aber bleiben es Ausnahmen. Unsere ganze Systematik bricht zusammen, wenn wir derartigen Bildungen allgemeinen Wert beilegen. Dass eine ganze Faunen g e m e i n s c h a f t, nach

1) Vergl. die Karte: Meer und Kontinente des Unterdevons bei Frech, *Lethaea palaeozoica* II. 2.

2) E. Dacqué, *Grundlagen und Methoden der Paläogeographie* S. 372.

der ja allein geurteilt werden kann, sich so entwickelt, ist doch ausgeschlossen. Dagegen ist es in der Tat richtig, wenn Dacqué bemerkt, dass der Satz, das Vorkommen gleichartiger Formen lasse einen Zusammenhang der Lebensbezirke voraussetzen, unbedingter gelte, als seine Umkehrung, die aus der Verschiedenheit eine Trennung folgert. Wiederum ist aber mit dem Begriff „Zusammenhang“ paläogeographisch nicht viel anzufangen. Über die Abgrenzung von Wasser und Land ist damit allein noch nichts ausgesagt. Auch das australische Silur zeigt gemeinsame Formen mit dem paläoarktischen und dem böhmischen. Die Hauptfehlerquelle für die Beurteilung der Tatsachen liegt darin, dass die Verschiedenartigkeit einer Fauna wiederum durch eine ganze Anzahl von Ursachen bedingt sein kann, und der Fehler stellt sich ein, sobald man aus ihr, wie es mitunter geschieht, den Schluss auf räumliche Trennung macht.

Die Verschiedenartigkeit kann verursacht sein

1) durch geographische Unterschiede, räumliche Trennung,

2) durch fazielle Unterschiede, bedingt durch vorhandenen oder fehlenden, stärkeren oder schwächeren Salzgehalt des Wassers, durch die Nähe oder Ferne der Küste bzw. geringere oder grössere Tiefe des Wassers oder durch die Beschaffenheit des Untergrundes,

3) durch klimatische Unterschiede, wobei auch zwei dieser Faktoren oder alle drei zusammen wirken können.

Es ist dabei weiter im Auge zu behalten, dass auch bei gleichen Faunen längst eine räumliche Trennung derselben stattgefunden haben kann, die nur durch die Gleichheit der Lebensbedingungen im Laufe der Erdgeschichte eine Weile verborgen blieb. Bei der Konstruktion paläogeographischer Karten ist es also wahrscheinlich zu machen, dass die Abweichungen nicht durch die an zweiter und dritter Stelle genannten Ursachen hervorgerufen sind.

Klimatische Unterschiede werden bei Karten, die kleinere Gebiete umfassen, im allgemeinen überhaupt ausser Betracht bleiben können; ebenso bei Karten grösseren Umfanges, wenn es sich um nah benachbarte Gebiete etwa gleicher Breite handelt, wenn auch durch Meeresströmungen Verschiebungen

in gewissem Umfange eintreten können. Interessant ist in dieser Hinsicht z. B. die Feststellung von Lasswitz¹⁾, dass die Ammoniten der Kreide von Texas stärkere Beziehungen zu denen der mitteleuropäischen Kreide aufweisen, als zu denen der nordafrikanischen, was auf eine ähnliche Verteilung der Meeresströmungen in der Kreidezeit wie heute und dadurch auch auf eine ähnliche Verteilung der Landmassen in der Gegend des heutigen Mittelamerika schliessen lässt. Es wird aber, um ein besonders augenfälliges Beispiel zu wählen, bei so scharfen Unterschieden, wie sie im Kambrium in der Dikellocephalus-Fauna des grössten Teils von Nordamerika und der Olenus-Fauna im östlichsten Teile des Landes bestehen, niemand auf den Gedanken kommen, hier klimatische Unterschiede zur Erklärung heranzuziehen.

Abweichungen auf Grund der Fazies werden in Karten kleinerer Landflächen ebenfalls als solche leichter kenntlich werden, jedenfalls wird bei faunistischen Unterschieden in räumlich getrennten Vorkommen verschiedenen lithologischen Charakters kein Schluss auf ein Vorkommen einer trennenden Landmasse gemacht werden dürfen. Je enger die verglichenen Fazies dabei zusammenrücken, um so klarer werden die wirklichen Verhältnisse werden, und so musste bei einem Vergleich des rheinischen Devons mit dem böhmischen schon das Vorkommen des mit dem Mnienianer so völlig übereinstimmenden Greifensteiner Kalkes zeigen, dass die faunistischen Verschiedenheiten nur faziell bedingt sein konnten. Das Gleiche zeigten schon für das mittlere Unterdevon die herzynischen Faunen des Unterharzes und Kellerwaldes. Andererseits legen die immerhin merklichen Verschiedenheiten zwischen Kellerwald-Harz einerseits und Böhmen andererseits bei annähernd gleicher, kalkiger Fazies die Annahme eines trennenden Landes nahe, das in der Thüringer Unterdevon-Halbinsel oder -Insel gefunden werden kann, die auf Grund des Fehlens von Ablagerungen während fast der ganzen Unterdevonzeit anzunehmen ist, ein hübsches Beispiel des Zusammenwirkens faunistischer und stratigraphischer Gesichtspunkte.

Es werden daher nur Abweichungen der Fauna bei gleicher Fazies und Fortfall von Klimaunterschieden paläogeographisch bedeutungsvoll sein können. So fallen auch die faunistischen

1) Lasswitz, Die Kreide-Ammoniten von Texas. Geolog. u. Paläontolog. Abhandl. v. Koken. N. F. VI, Heft 4. S. 259. 1904.

Abweichungen der fränkischen Oberkreide von der böhmischen auf, trotzdem sie lithologisch und faunistisch zu dieser gehört. Sie dürften m. E. durch eine Insel zu erklären sein, die während des Cenomans und unteren Turons in der Gegend des Bayrischen Waldes bestand, die aber in der Scaphitenzone, wo die Unterschiede sich verwischen und wo auch im ganzen Gebiet die grösste Vertiefung des Meeresbeckens angenommen werden muss, vom Meere ganz oder zum Teil überflutet wurde.

Bei paläogeographischen Karten grösserer Ausdehnung werden auch hier die Schwierigkeiten wachsen. Andererseits ist bei mehreren grösseren Verbreitungsgebieten mit einem Wechsel der Fazies innerhalb der betreffenden Ablagerungen zu rechnen, und so erhöht sich die Aussicht auf das Vorkommen korrespondierender isopischer, also für paläogeographische Zwecke vergleichbarer Schichten. Auch gibt es immerhin eine ganze Reihe von Fossilien, die bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Fazies sind ¹⁾ und Vergleiche ermöglichen.

Besonders bedeutsam werden die Fälle, wo nach ursprünglicher Übereinstimmung zweier Faunengebiete sich allmählich Verschiedenheit ausbildet oder umgekehrt ein allmählicher Ausgleich der Faunen erfolgt. Hier können mit grosser Wahrscheinlichkeit werdende oder verschwindende Landmassen gefolgt werden. Der erste Fall ist für F. Frech massgebend geworden bei der Kartenskizze der Land- und Wasserverteilung im Kambrium Amerikas, der andere bei der Karte des Silurmeeres in Nordeuropa (Europäische Landenge) sowie der nordatlantischen Halbinsel im Unterdevon. Ist dieses Gebilde ja auch ganz hypothetisch begrenzt und mitten in den heutigen Atlantischen Ozean hineinverlegt, so wird man doch der kühnen Spekulation Frechs auf Grund dieser Erwägungen eine gewisse Berechtigung nicht absprechen dürfen.

Gleichwohl aber bleiben natürlich noch immer zahlreiche Fälle, wo es schwer zu entscheiden ist, wieviel bei der faunistischen Verschiedenheit jeweilig auf Rechnung von Klima, Fazies oder räumliche Trennung zu setzen ist und wo der lithologische Charakter bei der Beurteilung mitzusprechen hat. Die faunistische Verschiedenheit des deutschen Zechsteinmeeres von dem medi-

1) Näheres darüber in einem im Druck befindlichen Aufsätze: Der chronologische Wert der Leitfossilien. (Inzwischen erschienen. Centralbl. f. Min. u. s. w. 1923 S. 400.)

terranean ist räumlich und faziell (flacheres Wasser, stärkerer Salzgehalt) bestimmt, aber gerade die Faziesverhältnisse, in diesem Falle die Salzlagerstätten, beweisen die räumliche Trennung, und die Verbreitung der klastischen Gesteine am Rande zeigt die Abgrenzung. Ähnliche Erwägungen gelten für das Muschelkalkmeer.

Auch die Vindelizische Landmasse¹⁾ ist faunistisch und lithologisch gestützt. Auch bei ihr ist, wie aus den Ausführungen Pompeckjs hervorgeht, eine Veränderung in der Land- und Wasserverteilung während des höheren Jura festzustellen, insofern die anfängliche Verschiedenartigkeit des süddeutschen und alpinen Meeres während Trias, Lias und unterem Dogger allmählich zurücktritt und beide Ablagerungsgebiete mehr und mehr gleichartig werden, so dass im Oberen Jura mit einem Verschwinden des Vindelizischen Landes zu rechnen ist.

Ganz von selbst drängt sich dadurch die Frage auf, in wie weit das Vorkommen gleicher oder verwandter Formen in verschiedenen Gegenden überhaupt die annähernde Gleichzeitigkeit der Bildungen verbürgt, eine Frage, über die ja in letzter Zeit viel gestritten worden ist. Ich habe mich an anderer Stelle eingehend über diese geäußert und bin zu dem Schlusse gelangt, dass doch in recht viel Fällen mit einer ziemlich weitgehenden Gleichaltrigkeit homotaxer Schichten gerechnet werden kann²⁾, wobei besonders die Verbreitung durch Strömungen, vor allem auch der Larven in Betracht zu ziehen ist. Bei der Vergleichung der Faunen wird dabei oft wenigen Formen, die bis zu einem gewissen Grade faziesfest erscheinen, der Vorrang vor einer Mehrzahl anderer zu geben sein; es wird die Wahrscheinlichkeit gleichen Alters ausserdem wachsen, wenn in den verglichenen Gebieten gleiche Faunenfolgen mit möglichst viel Gliedern vorhanden sind. Gibt es auch manche Unstimmigkeiten in der Verbreitung einzelner Formen, die auf Wanderungen derselben zurückzuführen sind, so ist es doch nicht wahrscheinlich, dass sich durch solche Abwanderungen bedingte Verspätungen mehrfach in der gleichen Weise und in gleichem

1) Vergl. besonders Pompeckj, Die Juraablagerungen zwischen Regensburg und Regenstau. Geogn. Jahreshfte 14. München 1901 S. 139 sowie R. Lang, Das Vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit. Jahreshfte des Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg 67. S. 218. 1911.

2) H. Scupin, Der chronologische Wert der Leitfossilien. Centralbl. f. Min. u. s. w. 1923. Heft 12—14.

Abstände wiederholen. Man wird daher wohl damit rechnen dürfen, dass die in verschiedenen Gegenden auftretenden einzelnen Glieder solcher Faunenfolgen auch wirklich etwa gleichzeitig in den verglichenen Gegenden gelebt haben. Endlich ist bei dieser Frage der Gleichzeitigkeit namentlich bei räumlich weit entfernten Gegenden die Gleichartigkeit der Faunenmischung oft von Bedeutung. Da die Formen mit Eigenbewegung sich offenbar nicht mit der gleichen Geschwindigkeit verbreiten und die Verspätung der langsameren Formen gegenüber den schnelleren mit der Grösse des Zeitraumes wachsen muss, so wird bei gleichzeitigem Erscheinen einer biologisch verschieden zusammengesetzten Fauna in einer räumlich entfernten Gegend auch auf einen kurzen Zeitraum für die Verbreitung geschlossen werden dürfen, und zwar wird in vielen Fällen dann wohl an die Vertreibung der Larvenfauna durch die Meeresströmungen zu denken sein. Im übrigen muss bezüglich dieser Frage auf die Ausführungen selbst verwiesen werden.

Jedenfalls meine ich, dass trotz der Wanderungen von Faunen infolge Fazies und Klima doch in vielen Fällen mit einer so weitgehenden annähernden Gleichzeitigkeit gerechnet werden darf, dass sie für die Konstruktion einer paläogeographischen Karte ausreicht. Niemand wird ja für einen ganz bestimmten Bruchteil eines faunistisch ungefähr gleichartigen Zeitraumes, etwa eine bestimmte Stufe oder gar Zone, paläogeographische Konstruktionen für eine grössere Landfläche, etwa einen Erdteil oder auch nur ein grösseres Land, versuchen wollen. Je kleiner der paläogeographisch darzustellende Zeitraum ist, um so kleiner wird auch das darzustellende Gebiet sein müssen. Gerade dadurch, dass unsere paläogeographischen Übersichtskarten meist grössere Zeiträume umspannen, bringen sie zum Ausdruck, dass die Grenzlinien zwischen Wasser und Land nur Durchschnittswerte darstellen, und dass man sich dieselben hier früher, dort später, an dieser Stelle mehr, an jener weniger nach der einen oder anderen Seite verschoben zu denken hat, auch abgesehen von den Signaturen für Transgressionen und Regressionen, die ja den diesen Karten zu Grunde liegenden Entwicklungsgedanken am deutlichsten zum Ausdruck bringen. Anders sind sie wohl auch nirgends gemeint.

Für die Feststellung von Meeren und Kontinenten innerhalb einer bestimmten Zeit ist zunächst die Frage nach dem

Vorhandensein oder Fehlen von organischen Resten

überhaupt von Wichtigkeit. Das fast völlige Fehlen von solchen im Buntsandstein sowie in einem grossen Teile des Rotliegenden hat ebenfalls dazu beigetragen, diese Ablagerungen für kontinental anzusprechen. Zweifellos wird diesem Gesichtspunkte Bedeutung nicht zu versagen sein, und auch das Vorkommen örtlicher fossilführender Bänke, die sich durch zeitweise auftretende Wasseransammlungen erklären, wird ihm keinen Eintrag tun, immerhin bleibt daneben auch bemerkenswert die fast völlige Fossilfreiheit oder doch Fossilarmut mancher sicher im Meere abgelagerten sandigen Schichten. Sehr fossilarm ist z. B. der kambrische Eophyton- und Fukoidensandstein Estlands. Besonders auffallend wird die Fossilarmut in einigen Horizonten der südostdeutschen Kreide. Der schlesische Cuvieri-Quader ist fast ganz frei von organischen Resten trotz nicht unbedeutender Mächtigkeit, und auch in andern Horizonten ist stellenweise ebenso wie in Sachsen und Böhmen verhältnismässig wenig zu finden. Man kann vielleicht annehmen, dass diese Armut an organischen Resten auf sehr schnelle Sedimentation z. T. vielleicht infolge eingewelter Sandmassen zurückzuführen ist. Man wird daher Fossilfreiheit nur in Verbindung mit den übrigen, oben z. T. schon erörterten Merkmalen für Kontinentalablagerungen als weiteres Glied in der Kette der Wahrscheinlichkeitsbeweise werten können.

Landtiere und Landpflanzen.

Am einfachsten liegt natürlich der Fall, sobald es sich um Ablagerungen mit Landtieren handelt. Landtiere, besonders fliegende, werden ja allerdings auch in marine Ablagerungen gelangen können, wie das besonders der Solnhofener Schiefer mit Archaeopteryx, Flugsauriern und Insekten zeigt. Andererseits wird doch niemand an der Landfestigkeit grosser Flächen Afrikas in der Karruformation mit ihrer Theromorphen-Fauna zweifeln. Anerkannt kontinentale Ablagerungen sind ebenso die Dinosaurier-Ablagerungen am Tendaguru in Ostafrika oder die Atlantosaurus-Schichten in Amerika, und schliesslich sind in diesem Zusammenhange auch die Lungenschnecken des Löss zu nennen. Ebenso sicher nötigt die Geschichte des Pferdestammes zu dem Schluss auf einen alten Zusammenhang der alten und der neuen Welt, wie auch schon lange, ehe die Geologie

paläogeographische Studien versuchte und Neumayr seine Karte der Jurameere und -Kontinente entwarf, die Verbreitung der Lemuren zu der Annahme eines untergegangenen Kontinentes zwischen Madagaskar und Indien geführt hatte.

Dagegen werden für die Abgrenzung von Kontinenten Landtiere wegen ihrer ungünstigeren Erhaltungsbedingungen im allgemeinen nicht geeignet sein. Hier werden höchstens die Süßwassertiere des Kontinentes, vielleicht auch gelegentlich Brackwasserablagerungen sowie besonders die marinen Ablagerungen der Umgegend unter eingehendster Berücksichtigung der stratigraphischen (Auskeilen) und lithologischen Verhältnisse (Zunahme des grobklastischen Charakters gegen die Küste) in Frage kommen.

Landpflanzen sind, da sie sich ausser in kontinentalen Süßwasserbildungen auch in Küstenablagerungen in grösserer Häufigkeit finden, im allgemeinen für sich allein betrachtet wenig geeignet für die Beurteilung der Ablagerungsstelle. Hier wird erst die Frage des Zusammenvorkommens mit marinen Fossilien, wie etwa bei einem Vergleich des pflanzenführenden Unterkarbons (Nötscher Schichten Frechs) mit dem produktiven Karbon zu prüfen sein. Auch wird die geringere oder grössere Vollständigkeit in der Erhaltung der zartesten Teilchen einen Hinweis auf die Länge des Transportweges geben. Nur da, wo Landpflanzenreste noch sicher in situ sind, wie die aufrechtstehenden verkohlten oder verkieselten Stämme in der Steinkohlenformation und Braunkohlenformation, ferner die Stigmarien-Wurzeln in Liegenden der Steinkohlenflöze, werden sie für die Auffassung der Ablagerungen als kontinentale von Bedeutung.

Schwieriger liegt die Frage bei

Süss- und Brackwassertieren.

Zunächst geht man bei der Erwägung der Frage, was im Bereich des süssen oder halbsalzigen Wassers, andererseits, was im Meere seinen Wohnsitz hatte, vielfach unberechtigterweise von der Gegenwart aus, indem man den Schluss macht, dass die heute lebenden Gattungen, ja auch Familien oder noch höhere Kategorien der Systematik auch in der Vergangenheit die gleiche Lebensweise gehabt haben. Es ist ja schon vielfach darauf hingewiesen worden, dass hierdurch die Möglichkeit von Trug-

schlüssen gegeben ist¹⁾, zumal ja auch in der Gegenwart einzelne Formen im Salz- und Süßwasser vorkommen — man denke nur an die Laichzüge der Fische — und sich auch ausgeprägte Süßwasserformen gelegentlich an salziges Wasser anpassen und umgekehrt. Eine unserem Flusskrebs nahe stehende Form *Astacus pachypes* Pall. kommt im Salzwasser des Kaspisees vor, umgekehrt tritt der Hering in jungen Reliktenseen Finnlands auf. Noch in historischer Zeit wanderte ein *Hydropolyp Cordylophora lacustris* ins Süßwasser ein²⁾. Bekannt ist das Auftreten von Süßwassermedusen im Tanganjikasee und mittelamerikanischen Seen, die beim Versetzen in ihren angestammten marinen Lebensbezirk zu Grunde gehen, und so liessen sich die Beispiele stark vermehren. Es kann daher auch schliesslich das Auftreten einzelner Formen aus Tierklassen oder Ordnungen, die in der Jetztwelt und nach ihrem geologischen Vorkommen für ausgesprochen marin gelten, in Ablagerungen, die man lithologisch für kontinental halten muss, wohl auffallen, ohne dass es zur Charakterisierung derselben als marin ausgenutzt werden darf. Dahin gehört z. B. das bereits oben erwähnte Beispiel einer *Lingula* im devonischen Altrotsandstein des Baltlandes. Im Hinblick auf das oben genannte Beispiel von Süßwassermedusen wäre auch das von Pohlig³⁾ beschriebene Vorkommen einer angeblichen Meduse im Rotliegenden von Friedrichroda in Thüringen, *Medusites atavus*, selbst wenn es sich um eine einwandfreie Form handelte, was nicht der Fall⁴⁾, kein Argument für die marine Entstehung der deutschen Rotliegendablagerungen.

Ebenso ist man vielfach geneigt, die Erfahrungen, die man aus dem Vorkommen einer grösseren Tiergruppe während langer geologischer Zeiträume gesammelt hat, zu verallgemeinern und beispielsweise anzunehmen, dass die Ganoïden sich erst in verhältnismässig später geologischer Zeit im Kampf ums Dasein namentlich im Wettbewerbe mit den Knochenfischen in die Flüsse zurückgezogen haben. Es spricht indes nichts gegen die Möglichkeit, dass sich eine ähnliche Anpassung einzelner Arten und

1) Vergl. hierzu auch W. Deecke a. a. O. S. 35.

2) Auf diesen Fall von Anpassung wurde ich durch Herrn Prof. v. Kennel, Dorpat, freundlichst aufmerksam gemacht.

3) Pohlig, Altpermische Saurierfährten, Fische und Medusen der Gegend von Friedrichroda. Festschrift z. 70. Geburtstag R. Leuckarts S. 59. Taf. 2.

4) Vergl. Zittel, Grundzüge der Palaeontologie I. S. 149.

vielleicht auch Gattungen ans Süßwasserleben schon mehrfach in früherer Zeit vollzogen hat. Hierher gehören die Ganoïden des devonischen Altrotsandsteins, des Mittelrotliegenden, ebenso zum mindesten der grösste Teil der Semionotus-Arten der Keuperzeit auf der nördlichen und südlichen Halbkugel.

Immerhin werden doch die Fälle, in denen Meinungsverschiedenheiten über den Charakter der Ablagerungen auf Grund der Fauna vorkommen, im allgemeinen zurücktreten. Da, wo Süß- und Brackwasserformen gemischt mit solchen auftreten, die in sicher marinen Ablagerungen etwa der kurz vorhergehenden Zeit gefunden sind, wird man an allmählich sich aussüssende Becken oder an Ästuarien denken können, in denen es einem Teile der Meeresfauna gelungen ist, sich dem schwächeren Salzgehalte anzupassen, was sich dann schon durch die Massenhaftigkeit des Auftretens einzelner Arten bei geringem Artenreichtum verraten wird, eine Erscheinung, die ja allerdings auch oft auf Übersalzung hinweist.

Die Bedeutung gleichartiger Binnenseefaunen für die Annahme eines gemeinsamen Kontinents darf man nicht zu hoch veranschlagen. Eine Verschleppung durch Vögel ist ja heute sehr häufig, und da, wo Vögel in der Vorzeit noch nicht in Betracht kommen, kann man wohl an Verschleppung durch Insekten¹⁾ denken, die allerdings im älteren Palaeozoicum auch fortfallen. Es bleibt also an sich vielfach die Möglichkeit einer durch Meeresarme zerschnittenen oder in Inseln aufgelösten Landmasse. Aber auch im Falle eines einheitlichen Kontinentes bleibt es zunächst fraglich, ob dieser in der ganzen durch Binnenseeablagerungen bezeichneten Ausdehnung gleichzeitig bestanden hat, oder ob Teile eines solchen Kontinents schon wieder vom Meere bedeckt waren, als die sich langsam ausbreitende Fauna erst in entfernteren Gegenden erschien. Alle diese Fragen werden nur auf Grund stratigraphischer Beobachtungen über die Beziehungen zu gleichaltrigen, älteren oder jüngeren Meeresbildungen zu entscheiden sein.

Andererseits kann eine durchgreifende Verschiedenheit von Süßwasserfaunen auch wieder mannigfache Erklärungsmöglichkeiten bieten. Die räumliche Trennung, die ausser klimatischen Verschiedenheiten als Ursache für die Abweichungen in Betracht

1) Vergl. W. Kobelt, Studien zur Zoogeographie, Wiesbaden 1897 I. S. 34.

käme, kann einmal durch Einschiebung von Meeresräumen, dann aber auch durch eine ganze Landstrecken scharf abschneidende Wasserscheide veranlasst werden, die dann besonders wirksam werden wird, wenn sie klimatisch verschiedene Gebiete quer durchschneidet wie heute der Ural oder noch stärker ausgeprägt die Anden. Ganz besonders müssen Klimaunterschiede auch bei räumlich geringeren Entfernungen in den stark orogentischen Perioden der Vorzeit für die Bewertung der faunistischen Abweichungen von Süßwasserfaunen in Betracht gezogen werden.

Marine Tiere.

Wichtiger als bei kontinentalen Tieren wird bei marinen Gleichheit oder Verschiedenheit für die Beurteilung von Meeren und Kontinenten. In vielen Fällen weist die Verschiedenheit zweier Meeresfaunen mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eine dazwischen liegende, den Austausch verhindernde oder erschwere Landmasse hin. Fälle dieser Art, wo die Verschiedenheit sicher räumlich, also nicht klimatisch oder faziell bedingt ist, wurden bereits oben genannt, ebenso solche, wo sie umgekehrt sicher faziell begründet ist, und namentlich die letzteren liessen sich ausserordentlich vermehren. In den meisten Fällen werden faunistische, lithologische und stratigraphische Beobachtungen zusammenwirken müssen, um einigermassen sichere Schlüsse zu ermöglichen. Die Merkmale werden sich in ihrer Auswirkung gegenseitig stützen müssen.

So wird das Vorhandensein einer Landmasse, die von R. Leonhard¹⁾ auf Grund faunistischer Unterschiede zwischen der böhmisch-Loewenberger und der oberschlesisch-baltischen Kreide vermutet wurde, durch den lithologischen Charakter, Zunahme des grobklastischen Materials gegen Nordosten in der Heuscheuer-Kreide und gegen Osten zwischen Loewenberg und Goldberg vollauf bestätigt und der Einwand von Lepsius²⁾ gegeben diese Deutung, dass es sich hier nur um fazielle Abweichungen handele, damit erledigt.

Wenn ferner im Baltenland marine Unterdevonablagerungen fehlen, dann hier im Mitteldevon die Altrotsandstein-Abla-

1) R. Leonhard, Die Fauna der Kreideformation in Oberschlesien. Palaeontographica 44 S. 20.

2) Lepsius, Geologie von Deutschland III. S. 139.

gerungen kontinentalen Charakters von marinen Transgressionsbildungen bedeckt werden, wenn weiter marines Unterdevon im Ural vorhanden ist und zwar in einer mit dem Unterdevon der Karnischen Alpen so stark übereinstimmenden Ausbildung, dass selbst einzelne anderweitig unbekannte Formen wie *Karpinskya conjugula* Tschern.¹⁾ gemeinsam sind, und wenn schliesslich diese karnischen Ablagerungen wieder die weitgehendste Übereinstimmung mit den böhmischen Unterdevonablagerungen (F_2) zeigen, so ergibt sich aus all diesen Beobachtungen eine Kette von Schlüssen, und mit einiger Sicherheit erscheint im Unterdevon das von Frech gezeichnete Bild einer im Nordwesten des alten Russlands liegenden Landmasse²⁾, die sich vom Norden her vorschiebt und im Westen, Süden und Osten von einem zusammenhängenden Meere umgeben war, das im späteren Mitteldevon über sie fortgriff. Das Vorhandensein von klimatischen Differenzen soll nicht bestritten werden, spielt aber in diesem Falle keine ausschlaggebende Rolle.

Bei einem Vergleich von altersgleichen Faunen ist für unsere Frage zu unterscheiden zwischen den nektonischen oder planktonischen Tieren des offenen Meeres und den fossilen Flachseebewohnern, deren Verbreitungsmöglichkeit zunächst den andern gegenüber eingeschränkt erscheint. Ein Austausch von Formen über den tieferen Ozean hinfort ist für solche nur im Larvenzustand möglich, doch hat auch diese Verbreitungsmöglichkeit ihre Grenze, insofern die Larven in der Lage sein müssen, sich nach einer bestimmten Zeit festzusetzen und weiter zu entwickeln. Das gleichzeitige Auftreten von Litoralformen in räumlich weit getrennten Ablagerungen wie etwa Amerikas oder Europas wird daher das Vorhandensein einer verbindenden Küste oder von Inseln im Ozean wahrscheinlich machen, an deren Strand die Verbreitung etappenweise weiter erfolgen konnte. So wird Frech durch das gemeinsame Vorkommen litoraler kambrischer Formen im Osten Nordamerikas und in Europa in Übereinstimmung mit dem Fehlen kambrischer Ablagerungen im Norden zu einem Schluss auf einen kambrischen arktischen Kontinent geführt, der durch den litoralen Charakter der Sedi-

1) Vergl. H. Scupin, Das Devon der Ostalpen. Die Fauna des devonischen Riffkalkes II. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 58. 1906 S. 304.

2) F. Frech, *Lethaea palaeozoica* II, 2. Karte der Meere und Kontinente zur Zeit des Unterdevon.

mente noch eine weitere Stütze erhält. Ebenso hat Frech für das Unterdevon zur Erklärung der Übereinstimmung der Flachseebewohner in den südamerikanischen und südafrikanischen Ablagerungen eine Reihe von Inseln im südlichen Teile des Atlantischen Ozeans angenommen.

Umgekehrt kann die Verschiedenheit von Litoralfaunen, wenn wir von der geographischen Lage in verschiedenen Breiten absehen, sowohl durch ozeanische Tiefen wie durch ausgedehnte Landmassen bedingt sein, namentlich dann, wenn sich diese durch klimatisch stark verschiedene Gebiete erstrecken. Auch in ersterem Falle bleibt aber das Vorhandensein einer verbindenden Küste oder von Inseln möglich, die in so hohen oder niedrigen Breiten liegen könnten, dass es den Tieren oder wenigstens einem Teile derselben nicht möglich ist, die Verbindungsbrücke auszunutzen.

Da die Ausbreitung der benthonischen Formen verhältnismässig schnell durch die Verbreitung der Larven erfolgen kann, so werden auch die dauernd planktonischen oder wie manche Dibranchiaten später planktonisch werdenden Formen¹⁾ einschliesslich des Pseudoplanktons z. B. der erst nach dem Tode vertriebenen Ammonitenschalen²⁾, sowie auch die Freischwimmer nicht viel anders vom Standpunkte der Verteilung von Meeren und Kontinenten zu beurteilen sein. Das zeigen schon die homotaxen Lebensgemeinschaften biologisch verschiedener Formen, auf die bereits hingewiesen wurde³⁾. Der Vorrang, der zuweilen gerade den Graptolithen und Ammoniten in dieser Beziehung als Formen schneller und weiter Verbreitung gern gegeben wird, besteht daher nur in eingeschränktem Masse. Die erwachsenen Planktonformen sind den embryonalen nur insofern überlegen, als sie dauernd weitertreiben können und nicht auf Anheftungsstellen innerhalb bestimmter Zeit angewiesen sind. Dadurch werden sie in ihrer Verbreitung zeitlich allerdings einen gewissen Vorsprung vor jenen erreichen können, aber dieser wird, sofern

1) Vergl. O. Abel, Die Lebensweise der Dibranchiaten S. 192.

2) Wenn man auch nicht alle oder auch nur einen grossen Teil der Ammonitenschalen als pseudoplanktonisch vertrieben ansehen kann, so wird eine solche Vertreibung doch in bestimmten Fällen anzunehmen sein. Vergl. H. Scupin, Welche Ammoniten waren benthonisch, welche Schwimmer? Verhandl. d. deutsch. Zoolog. Gesellsch. 1912 S. 352.

3) Vergl. oben S. 31.

überhaupt genügend Anheftungspunkte für die Larven da sind, nur nach ein paar Jahrzehnten zu bemessen sein und keinerlei Rolle spielen¹⁾.

Dagegen wird die Verbreitungsmöglichkeit eine grössere werden. Die Hindernisse, die insellose bzw. inselarme Meere der Verbreitung der Larven fossiler Formen bieten, bestehen hier nicht mehr, auch mag sich die erwachsene Planktonform widerstandsfähiger gegen die durch den Transport bedingten Veränderungen wie Wasserwärme und Salzgehalt zeigen können, und insofern wird daher die Verbreitung rein planktonischer Formen gegenüber embryonal-planktonischen Benthos-tieren doch für die Vorstellung über die Ausdehnung der Meere unter Umständen eine gewisse Bedeutung erlangen können. Man vergleiche in dieser Hinsicht z. B. die grosse Verbreitung einzelner Graptolithenarten mit gleichalterigen Brachiopoden- und Zweischalerarten. Freilich gibt es ja auch unter Brachiopoden und Zweischalern ungeheuer weitverbreitete Formen wie *Spirifer Verneuili* im Oberdevon und *Pseudomonotis ochotica* in der Trias. Hier mag es sich wohl um besonders widerstandsfähige, lebenskräftige Larven gehandelt haben. Das Gleiche wie vom echten Plankton wird vom Pseudoplankton gelten.

Dagegen wird die Bedeutung der freien Schwimmfähigkeit leicht überschätzt. Auch der Schwimmer ist mehr oder weniger abhängig von Klima und Nahrung und verlässt im allgemeinen seinen Wohnsitz nicht ohne Veranlassung, wenn wir von den periodischen Massenzügen etwa bei Fischen absehen. Das lehrt die Verbreitung heute lebender und fossiler Schwimmer. Dabei zeigen sich auffallenderweise auch zwischen nah verwandten Formen in dieser Beziehung grosse Unterschiede. *Clupea sardo* sowie *Engraulis encrasicolus* haben beschränktere, *Clupea sprattus* ausserordentlich weite Verbreitung²⁾ (Australien), gerade auf Grund ihrer Ansprüche an die Art der Nahrung. Nur ausgesprochen polyphage Schwimmer können daher Hindernisse überwinden, die sich sonst der Verbreitung anderer Tiere entgegenstellen. Sind sie ausserdem noch eurytherm, so

1) Vergl. auch Born, Die Bedeutung der Meeresströmungen für die geologische Zeitrechnung. 50. Bericht der Senckenbergischen naturforsch. Gesellsch. Frankfurt a. M. 1920 S. 207.

2) Ich verdanke diese Angaben Herrn Prof. Dr. Guido Schneider an der Universität Dorpat.

werden sie auch im Stande sein, langgestreckte Landmassen, die sich durch verschiedene Klimate hindurch ziehen, zu umwandern. Dann aber wird gerade dadurch ihre Bedeutung für die Paläogeographie verschwinden, während sie für die zeitliche Einordnung der betreffenden Ablagerungen besonders wertvoll werden. Bedeutsamer für die Verteilung von Wasser und Land sind sicher gerade die Formen mit beschränkter Verbreitung, die, soweit sie erhaltungsfähige Reste hinterlassen und von weichen Grundtieren oder nicht erhaltungsfähigem Plankton leben, uns damit auch einen Hinweis geben auf die Verbreitung einer uns sonst gänzlich unbekanntem Lebewelt.

Wird es nach dem Gesagten auch bei Beobachtung aller erörterten Gesichtspunkte nie gelingen können, ein allgemeines, der Wirklichkeit auch nur einigermaßen nahe kommendes paläogeographisches Kartenbild eines erdgeschichtlichen Zeitabschnittes zu geben, so wird doch vielfach für enger oder weiter begrenzte Bezirke eine Skizzierung von Küstenlinien innerhalb eines kurzen geologischen Zeitabschnittes möglich sein, wobei in erster Linie die lithologischen Verhältnisse den Ausschlag geben werden. Aber auch die paläogeographischen Weltkarten, bei denen die faunistischen Verhältnisse die gewichtigere Rolle spielen, werden unter den oben dargelegten Voraussetzungen ihre Bedeutung behalten, solange sie so verstanden werden, wie sie die meisten Forscher, die solche Karten entworfen haben, auch aufgefasst wissen wollten, nicht als paläogeographische Kartenskizze eines ganz bestimmten, begrenzten Zeitabschnittes, sondern als Ausdruck eines lang anhaltenden, erdgeschichtlichen Entwicklungsvorganges.
