

Die Grundlagen paläogeographischer Untersuchungen.

Von **M. Semper** in Aachen.

Die folgenden Erörterungen wurden ihrem wesentlichen Inhalt nach schon vor mehreren Jahren niedergeschrieben; ich hielt sie zurück in der Hoffnung, diese rein negierende Kritik der bisher in paläogeographischen Untersuchungen üblichen Methode durch etwas positives, durch eine wenigstens angedeutete Durchführung einer besseren Methode ergänzen zu können. Dieses scheint jedoch außerhalb des mir zurzeit Erreichbaren zu liegen. In der letzten Zeit wird es nun immer mehr üblich, stratigraphische Ergebnisse in geographischer Form zusammenzufassen, besonders wenn gewisse ferner liegende Probleme, wie die klimatologischen oder die der Gebirgsbildung (1) u. a. Behandlung erfordern. Dabei werden oft Erwägungen, wie die hier angestellten, angedeutet und eine Weile lang verfolgt, aber nie bis zu ihren äußersten Konsequenzen durchgeführt. Es gibt eben Gedankengänge, die ihrer Natur nach zum unbeachteten Verhalten bestimmt sind; zu ihnen gehören auch, wie alle nur negierenden, die hier vorliegenden, denn wo der Wunsch vorhanden ist, das geographische Gesamtbild einer geologischen Periode zu entwerfen, da erkennt man an,

daß das Prinzip, gleiche fossile Arten als gleich alt anzusetzen, dazu eigentlich nicht ausreicht, verwendet es aber dennoch in Ermangelung eines besseren. Höchstens werden einige etwas vage Korrekturen angebracht und dadurch manche Einzelheiten vielleicht richtiger, zugleich aber auch unbestimmter gefaßt (2).

Demgegenüber möchte ich nun darauf hinweisen, daß wir nicht den mindesten Grund haben, die bisherigen paläogeographischen Darstellungen für Abbilder irgend einer zu irgend einer Zeit vorhandenen Wirklichkeit zu halten, sobald es sich nicht um eng umschriebene Gebiete handelt; im Gegenteil liegt aller Grund zur Frage vor, ob auf dem Prinzip des Leitfossils, der Gleichsetzung des Gleichartigen und des Gleichzeitigen, aufgebaute Rekonstruktionen größerer Teile oder des Ganzen der Erdoberfläche denn überhaupt eine richtige und vollständige Erkenntnis der weiteren Probleme, ganz abgesehen von deren Lösung, ermöglichen.

Es handelt sich dabei nicht nur um Denkmöglichkeiten und Möglichkeiten, sondern an einem konkreten Beispiel lassen sich die Fehlerquellen aufzeigen, und es erhellt zugleich, bis zu welcher Ausdehnung durch sie das geographische Bild umgestaltet werden kann. Gleiche Verzerrungen, die völlig unkenntliche Abbilder der Wirklichkeit liefern, die wirklich vorhandenen Probleme verdecken und scheinbare, nicht vorhandene schaffen, muß man dann bei allen paläogeographischen Rekonstruktionen voraussetzen, solange der Nachweis fehlt, daß in älteren und im Grunde weniger bekannten Zeiten die einschlägigen Verhältnisse und Ursachenzusammenhänge anders waren als in den hier betrachteten, der europäischen Litoralfaunen vom Pliocän bis zur Gegenwart (3).

Mit ORTMANN (4) fasse ich die europäischen Küsten von der Einmündung des Mittelmeers bis zur Nordsee als einheitliche Provinz, bewohnt von der „gemäßigt-atlantischen“ Fauna; dem Gebiet des Eismees mit den angrenzenden Teilen des Atlantischen Ozeans und des Behringsmeers gehört die „arktische“ Fauna an. In sie entsendet im Bereich des Golfstroms die gemäßigt-atlantische Fauna einen schmalen zungenförmigen Ausläufer. Die Fauna der westafrikanischen Küste ist die „tropisch-atlantische“. In allen Fällen ist nur auf die Molluskenfauna Rücksicht genommen; deshalb muß auch das Mittelmeer, bei ORTMANN eine besondere Subregion des circumtropischen Gürtels, als ein wenig spezialisierter Teil der gemäßigt-atlantischen Provinz zugewiesen werden.

Die unterpliocäne Molluskenfauna Westeuropas sowie die des mediterranen Unterdiluvium stimmen mit der rezenten atlantisch-gemäßigten so sehr überein, daß man sie, falls beide fossil wären, sicher als „homotax“ bezeichnen würde. Die Pliocänfauna des Mittelmeers enthält dagegen manche Arten, die jetzt auf die tropisch-atlantische Provinz beschränkt sind; sie, vielleicht auch erst die miocäne Mediterranfauna, in der dem westafrikanischen

Kontingent größere Bedeutung zukommt, wären der rezenten tropisch-atlantischen homotax und in gleicher Beziehung ständen zu einander die rezente arktische Fauna, die diluviale und die oberpliocäne Fauna Westeuropas, sowie die oberdiluviale des Mittelmeers.

Tabelle I.

Ostatlantisch-arktische Faunen. Gruppiert nach „Isochronie“.

	Polargebiet	Westeuropa	Mittelmeer	Westafrika
Gegenwart	Arktische Fauna	Atlantisch-gemäßigte Fauna		Atl.-tropische Fauna
Diluvium	Arktische Fauna	Arktische Fauna		?
		Atl.-gemäßigte Fauna		
Pliocän	Arktische Fauna	Arktische Fauna	Atl.-gemäßigte und atl.-tropische Fauna	?
		Atl.-gemäßigte Fauna		

Der geographische Vorgang, auf den diese in Tabelle I zusammengestellten Tatsachen hindeuten, war etwa der folgende.

Die arktische Fauna tritt gegen Ende des Pliocäns in Westeuropa auf und dringt gegen Ende des Diluvium in kurzem Vorstoß bis in das Mittelmeer. Träger dieser Wanderung kann nur ein von Norden nach Süden verlaufender Meeresstrom gewesen sein, auf dessen Existenz auch andere Beobachtungen schließen lassen, wie z. B. die Abnahme der Vergletscherung Spaniens von West nach Ost, also geringer je weiter vom Atlantischen Ozean entfernt (5). Es ist daher keine kühne Annahme, wenn man die Existenz der arktischen Fauna im Polargebiet schon für das ganze Pliocän voraussetzt und ihr Auftreten in Westeuropa als erste Wirkung dieses selben Meeresstroms bezeichnet. Vor ihm weicht die gemäßigt-atlantische Fauna langsam zurück, wahrscheinlich nicht ohne den anpassungsfähigen Teil ihres Artenbestandes zurückzulassen. Im Mittelmeer bewirkt dieser Meeresstrom zuerst ein Verschwinden der jetzt westafrikanischen Arten, führt dann aber zur Einwanderung nördlicher Faunenelemente.

Dieser nord-südlichen Wanderung, die weder von beträchtlichen Veränderungen in der Gestalt Europas, noch von irgendwie lebhafter Neubildung von Arten begleitet war, folgte dann in der Gegenwart mit dem Einsetzen des Golfstroms eine Wanderung in umgekehrter Richtung, die ihrerseits bis zu einem vorübergehenden

Übergreifen der gemäßigt-atlantischen Fauna in das Gebiet der arktischen Provinz führte und im Mittelmeer den nicht anpassungsfähigen Teil der nördlichen Einwanderer wieder vernichtete. Wenn heute die arktische und die gemäßigt-atlantische Fauna im einzelnen schwer gegeneinander abzugrenzen sind, so findet das eine ausreichende Erklärung in dieser zwiefachen Durchmischung.

Tabelle II.

Ostatlantisch-arktische Faunen. Gruppiert nach „Homotaxie“.

	Polargebiet	Westeuropa	Mittelmeer	Westafrika
IV. Stufe	Festland	Atlantisch-gemäßigte Fauna		} Festland
III. Stufe	Arktische Fauna	Arktische Fauna		
	Transgression			
II. Stufe	} Festland	Atl.-gemäßigte Fauna	Atl.-gemäßigte Fauna	
		Transgression		
I. Stufe		Festland	Atl.-gemäßigte und atl.-tropische Fauna	Atl.-tropische Fauna

Ganz anders stellt sich das Bild dar, sobald man, wie in Tabelle II geschehen, ohne Rücksicht auf die Gegenwart das homotaxie als gleichzeitig nebeneinander stellt. Es mag sein, daß an und für sich eine größere Annäherung an den wirklichen Verlauf zu erreichen wäre, aber für den vorliegenden Fall genügt es, wenn — etwa unter der Annahme ungenügender Aufschlüsse u. dergl. — eine solche Gruppierung möglich erscheint.

Die vollständigste Schichtenentwicklung läge im Mittelmeergebiet und würde in vier Stufen zu zerfallen scheinen. Die Fauna der ersten Stufe würde in ziemlich enger Beziehung zu den liegenden stehen und die sämtlichen Bildungen der atlantischen Tropen müßten ihr, vielleicht sogar einer noch tieferen Stufe zugewiesen werden. Für die zweite bis vierte Stufe aber wäre hier ein Festland anzunehmen.

Die Fauna der zweiten Stufe schiene über Westeuropa zu transgredieren, ergäbe also das zweite nur scheinbare geographische Ereignis. Das dritte Scheinereignis und zugleich ein schwieriges Scheinproblem fügte die folgende Stufe hinzu, in der eine plötzlich auftretende, in Wirklichkeit alle nordischen Ablagerungen vom Pliocän bis zur Gegenwart umfassende Fauna

erstens über ein bis dahin scheinbar vorhandenes Festland — unbekannt, woher — transgrediert, zweitens die bisherige Fauna in Westeuropa zurückdrängt. Aber sie verschwindet plötzlich wie sie kam, und als Endzustand erschiene im großen und ganzen die Fauna der zweiten Stufe in der alten Verbreitung, aber mit einer schmalen Zunge in ein angebliches Polarfestland vordringend.

Es ist völlig zwecklos, die Eventualitäten breiter auszuführen oder zu fragen, ob es Mittel und Wege gibt, in solchen Fällen dennoch dem wirklichen Verlauf der Dinge näher zu kommen. Ich beschränke mich vielmehr auf den Hinweis, daß durch Verdrängung einer Fauna aus einem Teil ihres Bezirks das Trugbild hervorgerufen wird, als habe sich in dem Gebiet, wo sie fortlebt, das Meer zurückgezogen, während das Übergreifen eines Meeresstroms aus dem Gebiet einer Faunenprovinz in das einer anderen, früher weiter verbreiteten, sich wie ein transgredierendes blind endigendes und ziemlich schmales Meer darstellt, wie wir es auf paläogeographischen Karten sehr häufig, in der Gegenwart aber sehr viel seltener und sehr viel weniger ausgedehnt vorfinden. Die Wertlosigkeit und Zwecklosigkeit einer Rekonstruktion in der abgesehen von allem andern statt des tropischen atlantischen Ozeans ein Festland erscheint, braucht nicht besonders betont zu werden. Ob man aus Tabelle II überhaupt auf die Existenz eines kalten Meeresstroms entlang der europäischen Küste schließen würde, ist mehr als zweifelhaft, soviel Beachtung diese Tatsache auch im Zusammenhang mit der gleichzeitigen Vereisung Europas — als Ursache, Wirkung oder einfache Begleiterscheinung — verdient. Eine einmalige Wanderung ohne den Gegenstoß, der in Tabelle II zur Aufstellung der vierten Stufe führt, liefert nach Homotaxie gruppiert ein Bild, das den Gedanken an eine Korrektur, den in Tabelle II das zweimalige Erscheinen der gemäßigt-atlantischen Fauna immerhin nahelegt, überhaupt nicht aufkommen ließe.

Diese Folgerungen sind freilich nur für Zeiten anwendbar, in denen es zoogeographische Provinzen gab. Die Stratigraphie glaubt aber im Gegenteil erkannt zu haben, daß in einigen Perioden weite Gebiete eine einheitliche Fauna besaßen und zwar besonders die transgredierenden Formationen, während andere, in ihrer Verbreitung räumlich beschränktere zugleich reicher provinziell gliedert sein sollen. Dieser Tatbestand wird dadurch erklärt, daß in den Zeiten der Transgression die zwischen den früher vereinzelt Meeren gelegenen Kontinentalstrecken überspült wurden, und daß durch die so geschaffenen Verbindungen ein Formenaustausch stattfand, der eine etwa entstandene provinzielle Gliederung vernichtete; diese wäre dann bei neuer Isolierung der Meere wieder neu entstanden.

Nun beobachten wir aber in der Gegenwart, daß die Be-

grenzung faunistischer Provinzen mit der Gestaltung des marinen Zirkulationssystems zusammenhängt. Wenn zwei Meere auch in breit offener Verbindung stehen, wie der Atlantische und der Indische Ozean südlich von Afrika, so tritt doch keine beträchtliche Vermischung der Faunen ein, solange jedes dieser Meere sein eigenes Zirkulationssystem beibehält. Durch Meeresströme und die von ihnen zum größten Teil abhängige Wassertemperatur werden auch an fortlaufender, einem und demselben Meer angehöriger Küste faunistische Grenzen geschaffen oder aufrecht erhalten, die oft viel schärfer sind als die durch Trennung zweier Meere hervorgerufenen. Bleiben, wie z. B. östlich und westlich von Zentralamerika die Existenzbedingungen trotz der Trennung ungefähr unverändert, so fehlt ja auch der lebhafte Anreiz zur Artenbildung hüben wie drüben. Aber auch abgesehen von diesem letzten vielleicht nicht vollwichtigen, weil auf theoretische Anschauungen gestützten Argument, ist man nur dann berechtigt von einer weit- oder sogar über die ganze Erde gleichzeitig verbreiteten und einheitlichen Fauna zu reden, wenn man auf anderem Wege zeigen kann, daß die jetzt Unterschiede schaffenden klimatischen und anderen Faktoren in diesen Perioden durch irgendwelche Zusammenhänge lahmgelegt wurden.

Es soll zwar nicht geleugnet werden, daß an und für sich zu allen Zeiten einer Fauna einmal annähernd weltumspannende Verbreitung zugekommen sein kann, denn es gibt in der Gegenwart deren zwei. Die eine ist die Tiefseefauna, die von den Polargebieten her sich auf dem Grund der Ozeane bis an den Äquator hinschiebt; sie kommt für diese Fragen aber nicht in Betracht, da die Sedimente der Vorzeit eben nur sehr ausnahmsweise der Tiefsee, so gut wie immer der Küstennähe, dem Litoral in etwas erweiterter Fassung des Begriffs, angehören. Die andere „Universalfauna“ ist die der indo-pazifischen Litoral- und Pelagialprovinz; sie bewohnt eng verbundene Meere unter dem Tropengürtel, steht also unter außerordentlich gleichartigen und wenig veränderlichen Existenzbedingungen, und ist ein spezieller, an die Tropen gebundener Fall, der auf fossile sogen. Universalfaunen höherer Breiten nicht ohne weiteres anwendbar ist.

Wir haben, wie oft hervorgehoben ist (6), nicht mehr das Recht, von der allgemeinen Gleichmäßigkeit des Klimas in der älteren geologischen Vorzeit zu reden. Die Tatsache der permischen Vergletscherung bekundet allzu deutlich das Gegenteil und ich habe schon früher einmal (7) in etwas anderem Zusammenhang auf den Bau des Trilobitenauges hingewiesen als Beweis dafür, daß schon im Cambrium die Belichtungsverhältnisse der Erde und damit auch wohl die klimatischen den heutigen ähnlich waren. Dann mußten aber auch zu allen Zeiten, durch die geographische Breite bedingt und durch die sonstigen Faktoren modifiziert, sich

klimatische Zonen herausbilden und durch sie im Zusammenwirken mit der Beschaffenheit der Kontinente und Küsten, genau wie in der Gegenwart eine geographische Differenzierung der Faunen.

In dieser Frage hat sich aber das *onus probandi* sonderbar verschoben: was Voraussetzung sein müßte, gilt als das zu beweisende und die Lehre von der Universalität vorzeitlicher Faunen behauptet sich stillschweigends mit der Zähigkeit aller Theorien, die man nicht gern bezweifelt und prüft, weil sie von der Forschung ungern entbehrt würden. Man hat zwar nach Einflüssen gesucht, die in früheren Erdperioden Zonenbildung verhindert haben möchten, aber die sich damit beschäftigende Literatur bietet dasselbe unerquickliche Bild, das sich bei den geologisch-klimatischen Bemühungen überhaupt darstellt: eine ungeheure Rastlosigkeit der Hypothesenbildung, die zuweilen aus den gleichen Prämissen genau die entgegengesetzten Schlüsse zieht; damit verbunden meist eine große Kühnheit der Ideen, oft in scharfem Kontrast zu dem mageren untergelegten Beobachtungsmaterial, oft auch umgekehrt mit teilweise sehr weit, überall her zusammengetragenen Beweisstützen, als ob die Menge ersetzen solle, was dem einzelnen Argument an Kraft gebricht. Und überall handelt es sich — mit einem von STEINMANN in einem analogen Fall angewandten Ausdruck — um Monologe: gewöhnlich hat jede Hypothese nur einen einzigen Anhänger, den, der sie aufgestellt hat; die übrigen haben entweder eigene Hypothesen oder ziehen es vor, sich mit diesem Problem so wenig und so kurz wie möglich zu beschäftigen, oder sie ignorieren es überhaupt. Dieser ganze Zustand ist charakteristisch für falsch gestellte und deshalb unlösbare Probleme (6).

Es ist anderseits völlig sicher, daß, wenn es in der Vorzeit zoogeographische Provinzen gab, sie durch unsere Methode der Zeitbestimmung verwischt werden müssen.

Das Verfahren, nach dem z. B. tertiäre Ablagerungen horizontalisiert werden, ein Auszähl- und Abstimmungsverfahren, kann man eigentlich kaum anders als „harmlos“ nennen. Die annähernde stratigraphische Zugehörigkeit ergibt sich aus dem Gesamthabitus der Fauna ohne weiteres, aber es mag beispielsweise fraglich sein, ob sie dem mittleren oder dem oberen Oligocän angehört. Dann wird gerechnet: x Arten sind neu, y Arten kommen in beiden Abteilungen vor, beide scheiden also für die Zeitbestimmung aus; dagegen gehören an anderen, als typisch angesehenen Orten m der vorkommenden Arten dem mittleren, n dem oberen Oligocän an. Nun entscheidet die Majorität. Durch dieses hier absichtlich etwas krass charakterisierte Verfahren würde es möglich sein, in den Ablagerungen, die sich heute an der europäisch-atlantischen Küste bilden, zwei Stufen zu unterscheiden, je nachdem der Zufall — Erhaltung der Fossilien, Fazies usw. — das

arktische oder das gemäßigt-atlantische Faunenelement mehr in den Vordergrund stellt. Ebenso würde mehr oder weniger der Zufall bestimmen, welche dieser beiden Faunen zur älteren gemacht würde.

Der Versuch, das europäische Tertiär zu gruppieren unter der Annahme, daß die Ablagerungen Misch- und Uebergangsfauen zwischen zwei oder mehreren in ihrer Umgrenzung veränderlichen und in ihrer Fauna sich weiterentwickelnden Provinzen enthalten, ist, soviel ich weiß, noch nicht angestellt. Da das mir zur Verfügung stehende Material zu einer derartigen Untersuchung nicht im entferntesten ausreicht, muß ich mich auf solche Andeutung beschränken, aber die Möglichkeit und Denkbarkeit einer derartigen Auffassung läßt sich namentlich im Hinblick auf die heutige Faunenverbreitung wohl kaum bestreiten.

Man könnte demgegenüber betonen, daß nach dem bisherigen Befund an allen Orten die Faunen in der gleichen Reihenfolge übereinanderliegen, während man unter der ebenbezeichneten Voraussetzung doch erwarten müßte, die an einer Stelle im Liegenden befindliche Fauna an einer andern als Hangende zu treffen, indem von zwei gleichzeitigen Faunen A und B am einen Ort die Fauna A, an einem andern die Fauna B durch Einwanderung der andern verdrängt wird. Eine solche Möglichkeit läge nur da vor, wo zwei Faunen an zwei in Beziehung auf marine Zirkulation selbständigen Stellen aneinander grenzen, doch vermag ich in der Gegenwart keine derartige Stelle aufzufinden, noch auch mir geographische Verhältnisse vorzustellen, in denen es der Fall wäre. Eine allgemeine Diskussion würde außerdem mit ihrem vielen „Wenn“ und „Falls“ weder für noch wider etwas Triftiges beweisen. Dieser Einwurf entkräftet zudem auch die früher angegebenen Beobachtungen und Schlüsse nicht, denn sie sollen dem, der stratigraphische Tabellen für ausreichende Grundlagen paläogeographischer Rekonstruktionen hält, nur den Beweis auferlegen, daß in der dargestellten Zeit keine das Bild verzerrenden Wanderungen vorgekommen sind, ein Beweis, dessen Notwendigkeit bisher nicht anerkannt wurde, so unbekannt auch die ihn fordernden Tatsachen sind.

Noch weniger ausreichend sind freilich die Parallelisierungen, bei denen einzelne Arten, die an typischen Lokalitäten vertikal eng begrenzt sind, erhalten mußten, um räumlich weit getrennten, nur habituell ähnlichen, aber im speziellen unterschiedlichen Faunen den Platz anzuweisen. Hier hat schon D'ARCHIAC zur Vorsicht gerufen, weil horizontal weit verbreitete Arten immer auch langlebige Typen seien, und *Atrypa reticularis* ist ein warnendes, allbekanntes, aber wenig beachtetes Beispiel. Als typisch wählt man eine Lokalität mit möglichst scharf ausgesprochenem Faunenwechsel; wir haben jedoch kein Recht, eine Art für überhaupt kurzlebig zu halten, weil sie es in einer bestimmten Gegend ist.

Die „charakteristischen Leitfossilien“, die mit einem Schlage und mit einer einzigen sicher erkannten Art die Einreihung einer Fauna zu ermöglichen scheinen, brauchen also nicht mehr zu liefern als eine ganz annähernde Zeitbestimmung und sagen nur aus, daß eine Schicht mit beispielsweise *Spirifer tornacensis* in irgend einer irgendwie zeitlich mit dem unteren belgischen Unter-carbon benachbarten Zeit früher, gleichzeitig oder später abgelagert ist. Über die Weite des zeitlichen Spielraumes läßt sich nur sagen, daß er mit der räumlichen Entfernung der verglichenen Ablagerungen wachsen wird. Aus den Verhältnissen der Gegenwart kann man jedoch ersehen, daß er unter Umständen recht beträchtlich ist, denn so wie die rezente tropisch-atlantische Fauna der miocänen des Mittelmeers als homotax zugewiesen werden kann, so stellt sich bei alleiniger Berücksichtigung der Mollusken die indo-pazifische Fauna der Gegenwart homotax zur eocänen Mediterranfauna, d. h. die Faunen sind habituell ähnlich und nur relativ vereinzelte Arten lassen sich als identisch auffassen¹.

Der Begriff des Leitfossils wurde abgeleitet aus Beobachtungen in enger begrenztem Gebiet und besteht für solche auch durchaus zu Recht. Ihm liegt ursprünglich die Erfahrung zugrunde, daß

¹ Obwohl ich hier absichtlich mich darauf beschränke, unter Zugrundelegung allgemein bekannter Tatsachen nur auf die Möglichkeit einer von der üblichen abweichenden Deutung des stratigraphischen Befundes hinzuweisen, möchte ich einem Einwurf NOETLING's gegen meine Auffassung der eocänen Geographie, wenn auch sehr verspätet, entgegen. Aus der Miocänfauna von Birma schloß NOETLING, daß die südeuropäische, aus dem Pariser Becken am besten bekannte Eocänfauna in den Indischen Ozean gewandert sei, von West nach Ost, und nicht, wie ich (9) im Gefolge von WALLACE (10) gefunden zu haben glaube, umgekehrt vom Indischen Ozean in das Mittelmeer. Wenn diese Wanderung überhaupt erfolgt ist, und diese Tatsache kann wohl nicht bezweifelt werden, so muß sie in das Eocän fallen, denn die mediterrane Miocänfauna ist nicht mitgewandert und die breite Verbindung von Mittelmeer und Indischem Ozean bestand auch im Miocän nicht mehr. Auf diese letzte Erwägung lege ich aber gerade hier keinen Nachdruck, um nicht selbst mit Hilfe von Leitfossilien räumlich weit getrennte Ablagerungen direkt zu parallelisieren zu scheinen. Lebten aber die heutigen indischen Typen schon im Eocän dort, so kann das Miocän von Birma zur Entscheidung über die Richtung der Wanderung nichts beitragen. Das indische Eocän hat in meiner Argumentation eine sehr geringe Rolle gespielt; wenn ich nicht irre, hat NOETLING selbst mich damals gesprächsweise auf die Mangelhaftigkeit der bisherigen Kenntnis aufmerksam gemacht. Die von mir befolgte Methode, die ich auch jetzt noch für allein richtig halte, habe ich in einem kleinen, ungefähr gleichzeitig mit NOETLING's Arbeit erschienenen Aufsatz ausführlich dargelegt (11): aus den zeitlich sich folgenden Veränderungen der Fauna eines eng begrenzten Gebietes Schlüsse zu ziehen und nicht aus der Gesamtauna einer weit verbreiteten stratigraphischen Stufe.

die fossilen Faunen in England überall die gleich vertikale Folge haben und — eine stillschweigend einzuführende, aber unerläßliche Ergänzung — daß die englischen Küsten jetzt von einer einheitlichen, überall spezifisch gleichartigen Fauna bewohnt werden. Von der geographischen Gliederung der rezenten Fauna wusste man damals nichts; die Annahme fossiler Universalfaunen stand im Einklang mit der damaligen Erfahrung über die gegenwärtigen Verhältnisse. Wendet man aber heute den Begriff des Leitfossils ohne weiteres für die ganze Erde an, so streckt man eine Theorie über die ihr jetzt zugrunde liegende berichtigte Beobachtungsbasis hinaus, und die Resultate werden um so ungenauer, je weiter man diese Basis überschreitet. Zum mindesten müssen die Verbreitungsmöglichkeiten und Verbreitungsfaktoren der als Leitfossil verwendeten Organismengruppen in Erwägung gezogen werden, wie das übrigens auch von KOKEN (2) geschehen ist. Nur solche Lebewesen, die mit großer und rascher Verbreitungsfähigkeit eine kurze Lebensdauer der Arten vereinigen, können in der bisherigen Weise als Leitfossilien mehr oder weniger uneingeschränkt verwendet werden; zu ihnen gehören aber Zweischaler, Schnecken und Brachiopoden, überhaupt die sämtlichen benthonischen, nur in den Larvenstadien durch Meeresströme verschleppt wandernden Organismen nicht. Bei nektonischen oder planktonischen Tieren ist die Lebensdauer der Arten dagegen meist lang und nur Graptuliten und Ammoniten würden den Anforderungen ganz oder annähernd zu entsprechen scheinen. Aber diese letzteren beiden kommen für das Ende des Paläozoicum und für das Tertiär und Quartär nicht in Betracht, lassen also gerade da im Stich, wo genauere paläogeographische Grundlagen erwünscht wären, um die sich aufdrängenden klimatischen u. ä. Probleme angreifen zu können.

Daß die bisherigen Rekonstruktionen dazu nicht geeignet sind, dürfte aus dem Gesagten hervorgehen, denn sie ignorieren, daß wir bis zum Beweis des Gegenteils mit geographischer Gliederung aller fossilen Faunen zu rechnen haben, und daß dann diese Faunen ohne wesentliche Änderung im Artenbestand und in der Begrenzung der Meere wandern konnten. Was sie geben, ist die Maximalausdehnung einer einzigen Fauna, aber während der Gesamtdauer ihrer Existenz, projiziert gewissermaßen auf die Zeit ihres Erlöschens; aber es ist mehr als möglich, sondern sogar sehr wahrscheinlich, daß die Fauna zu keiner Zeit das ganze Areal einnahm, auf dem sie sich jetzt fossil findet, und daß Faunen, die in Wirklichkeit gleichzeitig sind, im stratigraphischen System als älter oder jünger eingeschoben werden, während die von ihnen zur dargestellten Zeit eingenommenen Strecken als Festland erscheinen. Wie weit solche Verzerrungen um sich greifen können, läßt sich mit allgemeinen Erwägungen nicht abschätzen. Wenn man aber so lange Zeit-

räume zusammenfaßt, daß die Ungenauigkeiten, die aus der Vernachlässigung dieser Möglichkeiten eventuell erwachsen, wahrscheinlich innerhalb der weitgezogenen Fehlergrenzen bleiben, wenn man also etwa ein Bild entwirft: „Die Erde im Carbon“, so ist das Ergebnis vielleicht wertvoll als eine Art von abgedeckter geologischer Karte, um die Verbreitung einer bestimmten Formation, eines bestimmten Faunentypus und seiner Homotaxen zu zeigen, aber unbrauchbar für weitere, besonders für klimatologische Untersuchungen. Denn das Klima eines Ortes ist immer ein spezieller Fall, ist unbeschadet aller sonstig denkbaren Einflüsse immer und in erster Linie abhängig von ganz bestimmter, oft rasch vorübergehender geographischer Konfiguration. Es genügt nicht, wie zu Anfang gezeigt ist, wenn nur ungefähr die Gestalt der Kontinente bekannt ist; Genaueres, Ausreichendes läßt sich nur feststellen, wenn und soweit es gelingt, Homotaxie und Isochronie scharf zu unterscheiden, entweder durch Bezugnahme auf die Gegenwart oder durch Beschränkung auf ein eng begrenztes Gebiet, dessen Faunen weitere Schlüsse erlauben. Für stratigraphische Zwecke kann man die diluviale Vereisung Nordamerikas und Europas zeitlich gleichsetzen, ebenso die von Indien, Afrika und Australien im Perm. Man kann es nicht bei klimatologischen Untersuchungen. Hier muß schon die Koinzidenz der beiden quartären Vergletscherungen bezweifelt werden, weil eine und dieselbe, offenbar in den Verhältnissen des Atlantischen Ozeans wurzelnde Ursache kaum auf den beiden, klimatisch entgegengesetzt zum Meere liegenden Kontinenten die gleiche Wirkung hätte äußern können. Noch mehr ist das der Fall für die drei permischen Glazialgebiete, schon wegen ihrer größeren Entfernung voneinander, die einen weiten Abstand von Homotaxie und Isochronie ermöglicht; eine Handhabe zur Korrektur, wie sie für das Diluvium in den Verhältnissen der Gegenwart liegt, ist nicht vorhanden. Weitgreifendes Zusammenfassen des Analogon, um alle einschlägigen Probleme mit einem Schlage zu lösen, hat noch nie zu Ergebnissen geführt, die in konkreter Anwendung auf das einzelne befriedigten.

Selbst wenn es mit Hilfe eines reicheren und geeigneteren Materials, als es mir zur Verfügung stand, gelingen sollte, daß Carbon und Perm, tiergeographisch gegliedert, genau isochron zu gruppieren und wenigstens für einen Teil das Vorkommen von Faunenmischungen und Faunenwanderungen nachzuweisen oder auszuschließen, was nach dem anfangs Dargelegten unbedingt erforderlich ist, selbst dann stände die Rekonstruktion auf einem sehr viel unsichereren, sehr viel mehr mit Vermutungen aller Art durchsetzten Boden, als der der heutigen Leitfossil-Stratigraphie es zu sein scheint. Es ist nichts Unerhörtes, daß man im Beginn einer Forschungsrichtung einen Grundsatz zu besitzen glaubt, mit dem sich alle Probleme glatt und klar lösen lassen; erst bei ge-

häufigen Beobachtungen treten die Komplikationen hervor, die Lösungen der Probleme gehen weniger glatt vor sich, es muß spezialisiert werden und eine gewisse Unsicherheit tritt an die Stelle einer vorgetäuschten dogmatischen Sicherheit. Dafür bietet die Geschichte der Deszendenzlehre, z. B. in der Frage nach den Ursachen der Artbildung, frappante Belege. Ebenso reicht das theoretische Rüstzeug, wie es zu stratigraphischen Zwecken dient, für paläogeographische Untersuchungen nicht aus. Wenn aber dessen Ergänzung und Vervollständigung unmöglich sein sollte, so ist es besser, auf mühevollen Untersuchungen zu verzichten, deren Ergebnisse nicht sicherer dadurch werden, daß man die angreifbaren Punkte ignoriert, und geographisch betrachtet höchstwahrscheinlich nichts als irreführende Scheinresultate sind.

1. KOKEN, Indisches Perm und die permische Eiszeit. N. Jahrb. f. Min. etc. Festband 1907.
HAUG, Les Geosynclinaux etc. Bull. soc. géol. de France. (III.) 28. 1900.
2. KOKEN l. c. p. 523 f.
SIMROTH, Die Pendulationstheorie. Leipzig 1907. p. 541.
3. FISCHER, Manuel de Conchyologie. Paris 1887. p. 117 ff.
DE STEFANI, Les terrains tertiaires supérieurs du bassin de la Méditerranée. Annales de la soc. géol. de Belgique. 18. 1891.
u. a.
4. ORTMANN, Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena 1896.
5. PENCK, Studien über das Klima Spaniens. Zeitschr. für Erdkunde, Berlin. 29. 1894.
6. Eine Übersicht über die typischen Formen dieser Theorienbildung gibt KAYSER, Lehrbuch der allgemeinen Geologie. 2. Aufl. 1905. p. 68 ff.
7. Bemerkungen zu FAYE's Hypothese etc. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 48. 1896.
8. NOETLING, The Miocene of Burma. Verh. Akad. Wetensch. Amsterdam. (II.) 7. 1900.
9. Das paläothermale Problem. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 48. 1896.
10. WALLACE, Island life. London 1880. p. 186.
11. Das paläothermale Problem. II. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 51. 1899.