

Zeitschrift

der

Deutschen geologischen Gesellschaft.

2. Heft (April, Mai, Juni) 1899.

Aufsätze.

1. Das palaeothermale Problem.

Von Herrn M. SEMPER in Aachen.

II. Berichtigungen und Zusätze über die klimatischen Verhältnisse des Eocän.

In dem ersten Aufsatz über das paläothermale Problem¹⁾ suchte ich in erster Linie die Methode darzulegen und als durchführbar zu erweisen, mit welcher nach meiner Ansicht eine zutreffendere Lösung des klimatischen Problems zu erreichen war, als auf dem gewöhnlich eingeschlagenen Wege. Wie in der Gegenwart, so muss auch in früheren Zeiten das Klima, besonders die Temperaturen der Meeresoberfläche von dem Verlauf der Meeresströme abhängig gewesen sein. Als erste Aufgabe einer Untersuchung über das Klima der Vorzeit ergibt sich daher die Feststellung der damaligen marinen Geographie und der klimatischen Umgestaltungen, welche allein durch die abweichende Vertheilung von Festland und Meer hervorgerufen werden mochten. Erst die auf solche Weise gewonnenen Temperatur- u. a. Werthe können die Grundlage bieten zur weiteren Untersuchung, ob noch andere, nicht direct zu constatirende Alterationen in den klimatischen Factoren von Einfluss gewesen sein müssen. Es ist durchaus verfehlt, sich gleich dieser letzten Frage zuzuwenden und dabei die Wärmevertheilung der Gegenwart direct zu Grunde zu legen, denn diese ist wie jede andere durch die heutige Configuration der Continente bedingt und bedeutet in keiner Weise eine Art von klimatischem Normaltypus.

¹⁾ Das paläothermale Problem, speciell die klimatischen Verhältnisse des Eocän in Europa und im Polargebiet. Diese Zeitschr., XLVIII, 1896 (im Folgenden citirt als Pal. Prob. I).

Ich suchte nun festzustellen, wie weit die eocänen Meeresströme sich reconstruiren liessen; demnächst waren Muthmaassungen über ihre Temperaturen abzuleiten und erst dann zu untersuchen, ob das hierdurch gegebene Klima mit den Anschauungen übereinstimmte, welche auf anderem Wege, durch Vergleich der fossilen und recenten Floren u. s. w. gewonnen waren.¹⁾

Zur Reconstruction der Meeresströme stellte ich folgendes Hauptprincip auf²⁾:

„Ebenso wie in der Gegenwart muss auch in früheren Perioden der Verlauf der Meeresströme in Beziehung stehen zur Verbreitung der marinen, dem Benthos angehörigen Formen. Aus der geographischen Verbreitung der entsprechenden fossilen Formen der gleichen Stufe muss ein Bild der gleichzeitigen Meeresströme zu gewinnen sein.“

Die Verbreitung der eocänen Lamellibranchier - Arten in allen zu berücksichtigenden Ablagerungen hätte durch eine eingehende kritische Bearbeitung der gesammten Literatur ermittelt werden können. Da diese Arbeit aber aus vielen Gründen so gut wie undurchführbar schien, zog ich es vor, von den faunistischen Verhältnissen eines engeren, schon möglichst gleichmässig und vollständig bearbeiteten Gebiets auszugehen und die übrigen Faunen nur insoweit zu berücksichtigen, als sie zur Erläuterung und Vervollständigung der dort gewonnenen Ansichten nöthig waren.

¹⁾ Ich sehe mich veranlasst, diese Zusätze und Berichtigungen, obwohl sie nicht vollständig alles zu Berücksichtigende enthalten, schon jetzt vorläufig abzuschliessen und bei dieser Gelegenheit die früher befolgte Methode ausführlich darzustellen, weil ich, wie das Referat der Arbeit im N. Jahrb. f. Mineral. etc., 1898, II, p. 486 darthut, mich über die Methode auf zu kurze Andeutungen beschränkt hatte. Ich nehme durchaus nicht an, wie es dort gesagt wird, „dass die verschiedenen Gattungen in der Vorzeit ähnliche Lebensbedingungen gehabt hätten, wie noch jetzt.“ So uneingeschränkt halte ich die Annahme für durchaus unbegründet, besonders dann, wenn unter „Lebensbedingungen“ in erster Linie „klimatische Lebensbedingungen“ verstanden werden, wie es im Referat zu geschehen scheint. Nicht nur die fossile Verbreitung der Gattung *Astarte* u. a., auf welche dort hingewiesen wird, sondern auch die Thatsache, dass verschiedene recente Arten einer und derselben Gattung unter ganz verschiedenen Temperatur-Verhältnissen leben (z. B. *Corbula gibba* OLIVI u. a. im Littoral West-Europas, *Corbula modesta* HINDS u. a. im Littoral der Tropen), warnt davor, von dem Wärmebedürfniss einer Art auf das einer anderen zu schliessen. Dagegen stellte es sich heraus, dass die thiergeographischen Provinzen der heutigen Meere sich in ganz ähnlicher Weise schon im Eocän zu erkennen geben. Ich unterliess es jedoch, diese bei der Reconstruction der Meeresströme eine grosse Rolle spielende Thatsache mit genügender Ausführlichkeit hervorzuheben, und erkläre mir daraus den im Referat enthaltenen Irrthum.

²⁾ Pal. Prob., I, p. 278.

Die Fauna des Pariser Beckens, mit denen der benachbarten Bassins in England und Belgien fast für jede das Eocän betreffende Arbeit der natürliche Ausgangspunkt, zeigt nun im Lauf der zu betrachtenden Zeit folgende Veränderungen in ihrer Zusammensetzung.

28 pCt. der Gattungen der Sande von Bracheux leben jetzt in nördlichen Meeren. Ausserdem kommen Gattungen vor, welche jetzt auf die wärmeren Theile des Atlantischen Oceans beschränkt sind. 6 der letzteren treten im Eocän zuerst auf und zwar etwa gleichzeitig in Amerika und in Europa. Nur zwei Gattungen dieser Stufe sind gegenwärtig ausschliesslich auf das indopacifische Gebiet beschränkt, *Cucullaea* und *Corbis*, beide seit dem Jura bekannt.

In den Sanden von Cuise findet sich eine durchaus abweichend zusammengesetzte Fauna, die sich ähnlich bis in's Ober-Eocän erhält. Hier sinken die jetzt in nördlichen Meeren lebenden Gattungen auf 7—8 pCt. des Bestandes herab. Daneben sind jetzt für das atlantische Gebiet bezeichnende Gattungen vorhanden, während die Zahl der recent der indopacifischen Provinz angehörigen Gattungen auf 15—19 pCt. steigt; unter den letzteren mehrere, die im Eocän zuerst erscheinen. Gleichzeitig stellen sich die Nummuliten ein.¹⁾

¹⁾ Das erwähnte Referat widerspricht der stratigraphischen Stellung, welche ich dem Montien und dem London-thon angewiesen hatte. In ersterem Fall bin ich MUNIER - CHALMAS und LAPPARENT (Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. Bull. d. l. Soc. geol. de France, (3), t. 21) gefolgt und die oben wiederholte Schlussreihe wird kaum eine Aenderung erfahren müssen, oder an Beweiskraft verlieren, ob man diese Uebergangsschichten nun zur Kreide oder zum Tertiär rechnet. Dem London-thon hatte ich das Alter der Lignite und des plastischen Thons im Pariser Eocän zugeschrieben. Die Gründe, ihn nicht, wie es gewöhnlich geschieht, für homotax mit den Sanden von Cuise zu halten, sind Pal. Prob. I, p. 294 auseinandergesetzt. Nach Ausweis der Fauna war die Londoner Bucht ein der nördlichen und der atlantischen Provinz gemeinsames Gebiet, in dem jedoch die nördliche Fauna überwog. Die Sande von Cuise sind ebenfalls in einer solchen Zwischenzone abgelagert, enthalten jedoch Nummuliten und andere im London-thon fehlende Typen der indischen Provinz. Ich schloss daraus, dass der London-clay entstanden sei, ehe diese indischen Formen an der europäischen Küste erschienen. Erst später ward ich auf eine einfachere Erklärung dieses faunistischen Unterschiedes aufmerksam. Im ganzen englischen Eocän ist die Wirkung eines etwa von Nordwest her kommenden Flusses bemerkbar, sein Vorhandensein wird auch für den London-clay angegeben (GARDNER, Note on the London-clay and its deposition. Proc. Geol. Ass., t. 10, 1888. Ref. Annuaire géologique, t. V). Es ist wahrscheinlich, dass dieser Fluss dem Vordringen der Nummuliten etc. in ähnlicher Weise eine Grenze setzte, wie bekanntlich in der Gegenwart der Rio

Nun ergibt eine einfache, früher¹⁾ nur angedeutete Ueberlegung, dass eine neu auftretende Gattung nur einen zusammenhängenden Verbreitungsbezirk haben kann, so lange man ihr nicht einen polyphyletischen Ursprung zuschreiben will. Wenn eine solche Gattung also im Pariser Becken und in Alabama gleichzeitig erscheint, so folgt daraus, dass der Atlantische Ocean als ihre Heimath gelten muss, und wenn andererseits eine Reihe von Gattungen, welche im Pariser Eocän zuerst bekannt werden, gegenwärtig nur im indischen Ocean leben, so ist entweder anzunehmen, dass sie in Europa entstanden und später ostwärts wanderten, oder aber, dass sie indischen Ursprungs sind und von dort her im Eocän an die europäischen Küsten gelangten. Für Gattungen, die wie *Cucullaea* und *Corbis* schon in voreocäner Zeit weit verbreitet waren, die sich aber jetzt im indopacifischen Gebiet allein erhalten haben, gilt natürlich ein derartiger Schluss nicht.

Nun bemühte ich mich des Weiteren nachzuweisen, dass die Nummuliten zuerst in Indien auftreten, dann in's Mittelmeergebiet vordringen und erst im Pariser Becken erscheinen, als durch eine Transgression über Süd-Frankreich eine nahe Verbindung zwischen dem letzteren und dem Mittelmeer geschaffen wurde. Sie sind also bestimmt im Eocän von Osten nach Westen gewandert, sie setzen ferner im Oligocän die Wanderung nach Westen fort, und besiedeln einen Theil der Ostküste Amerikas. Dann aber wird man annehmen müssen, dass die Gattungen, welche, wie oben erwähnt, im Eocän oder später entweder nach Osten oder nach Westen gewandert sind, die Nummuliten begleiteten. Sie entstammen also dem indopacifischen Gebiet, und sind in den westlichen Meeren ausgestorben, als die Verbindung mit ihrer Heimath wieder abgeschnitten wurde.

Daraus folgt, dass schon im Alttertiär eine indische Faunenprovinz bestand²⁾, charakterisirt durch Nummuliten und Gattungen, wie *Septifer*, *Coralliophaga*, *Sunetta*. In ähnlicher Weise liesse sich eine atlantische, etwa durch die Gattungen *Erycina*, *Kellya*, *Diplodonta* zu charakterisirende, sowie eine nördliche durch *Axiinus*, *Cyrtodaria* u. a. bezeichnete Provinz nachweisen. Das Pariser

de la Plata an der Ostküste Süd-Amerikas eine solche faunistische Grenze schafft. Meine früheren Ausführungen über das Alter des London-thones sind also überflüssig und gegenstandslos.

¹⁾ Pal. Prob. I, p. 291.

²⁾ Einen directen Beweis für das Bestehen dieser Provinz ergibt die Zusammensetzung der Eocänfauna von Java, welche durchaus als Vorläuferin der jetzt in diesen Meeren lebenden zu bezeichnen ist. Siehe u. a. MARTIN, Paläontol. Ergebnisse von Tiefbohrungen auf Java etc. Samml. des geol. R.-Museums in Leiden, Bd. III.

Becken war im Eocän ein diesen drei Provinzen mehr oder weniger gemeinsames Gebiet, in welchem die Faunen sich mischten.

Annahmen über die Lebensbedingungen der fossilen Arten sind also in dieser ganzen Darlegung nicht gemacht. Ich möchte jedoch hier einige Bemerkungen einschalten über die Frage, ob in keinem Falle die Existenzbedingungen recenter Gattungen und Arten auf die ihrer fossilen Verwandten schliessen lassen.

Die im Pariser Eocän vorkommenden Gattungen indopacifischer Abstammung gehören in der Gegenwart fast ganz der Littoralfauna an. Das Gleiche ist für das Eocän anzunehmen, da sie die vermuthlich flache Verbindung zwischen Mittelmeer und dem Atlantischen Ocean passiren konnten, und in den ebenfalls küstennahen und seichten Gewässern des Pariser Beckens lebten. An und für sich mag es denkbar sein, dass eine erst im Littoral und in der Tiefsee verbreitete Gattung sich später nur im Littoral erhält, aber in den meisten Fällen wird doch vorausgesetzt werden können, dass die gegenwärtig an flache Gewässer gebundenen Arten es auch in der Vorzeit waren. Die Lebensbedingungen in der Tiefsee sind offenbar sehr constant und eine Reihe sonst ausgestorbener Gattungen, wie z. B. *Pholadomya*, haben sich hier erhalten, es ist also kaum ein Grund einzusehen, aus dem eine Gattung hier verschwinden soll, die sich nahe der Meeresoberfläche trotz der stetig und von Grund aus wechselnden Lebensbedingungen noch erhält. Viele Gattungen scheinen ausserdem durch ihre Lebensweise und ihre Organisation ganz an die Flachsee gebunden zu sein. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Beobachtungen hingewiesen, welche BEUSHAUSEN¹⁾ über das Auftreten der Lamellibranchier in den littoralen und den Tiefsee-Ablagerungen des rheinischen Devon gemacht hat.

Er betrachtet die detritogenen Sedimente, die Brachiopoden- und Korallenmergel sowie die Riffkalke als littorale resp. Seichtwasser-Ablagerungen, dagegen die Thonschiefer und vor Allem die Knollenkalke als Ablagerungen in grösserer, küstenfernerer Tiefe. Die Bestimmung der Tiefe, in der eine Schicht sich bildete, ist also auf petrographischem Wege erfolgt. Dann führte die Verbreitung der Gattungen in den einzelnen Ablagerungen zu dem Resultat, „dass die Gattungen, welche aus der devonischen Fauna in die Jetztwelt hereinreichen, nach ihrer heutigen verticalen Verbreitung mit derjenigen zur Devonzeit übereinstimmen. *Modiola* lebt ganz vorwiegend in geringer Tiefe. *Nucula* und *Nuculana* weisen heute noch neben vielen der Flachsee angehörigen Arten, solche auf, welche in Tiefen von mehreren tausend Metern leben.

¹⁾ Die Lamellibranchiaten des rheinischen Devon. Abh. kgl. preuss. geol. L.-A., Neue Folge, Heft 17, p. 499 ff.

Auch *Solen* und *Solenomya*, wenn man diese mit den nahe verwandten *Palaeosolen* und *Janeia* vergleichen darf, sind noch heute Bewohner der Flachsee.“

Derartige Erwägungen führen zu der Annahme, dass in der Regel die Ahnen der heutigen Littoralfauna derselben Tiefenstufe zugewiesen werden müssen. Wenn man in diesem Fall die Lebensbedingungen der fossilen Formen denen ihrer recenten Verwandten gleichsetzt, so betrachtet man nicht die Temperatur, sondern vielmehr Untergrunds- und Ernährungs-Verhältnisse als den für die Verbreitung ausschlaggebenden Factor.

Umgekehrt aber konnte zweifellos eine Gattung, welche gegenwärtig der Tiefseefauna angehört, dort auch schon in früherer Zeit eingedrungen sein; ohne diese Annahme sind einzelne That-sachen in der Verbreitung eocäner Lamellibranchiaten, auf welche ich schon früher¹⁾ hinwies, kaum zu erklären.

Schliesslich berechnete ich²⁾ die Temperaturen, welche der eocäne Golfstrom im Pariser Becken vermuthlich hervorrufen musste, und erhielt dabei für dieses Gebiet klimatische Werthe, welche darzuthun scheinen, dass der Einfluss von horizontalen Veränderungen in der Configuration der Erdoberfläche ausreichte, um ohne Mitwirkung von hypothetischen Hilfsfactoren das nach der damaligen Flora postulierte subtropische Klima in West-Europa hervorzurufen. Ich glaubte daher den Nachweis geführt zu haben, dass der Anlass fehle, nach solchen Hilfsfactoren zu suchen.

Diese Anschauung lässt sich jedoch nicht aufrecht erhalten, denn ich hatte, worauf NATHORST³⁾ aufmerksam machte, einen wenig umfangreichen, aber sehr wichtigen Aufsatz von TH. FUCHS⁴⁾ übersehen, welcher es nothwendig macht, die früheren Darlegungen über das Klima des Polargebietes, und damit das Endresultat des ganzen Aufsatzes umzustossen.⁵⁾

¹⁾ Pal. Prob. I, p. 291, 298, 302.

²⁾ Pal. Prob. I, p. 315.

³⁾ Marine Conchylien im Tertiär Spitzbergens und Ost-Grönlands. Briefl. Mitth. Diese Zeitschr., XLVIII, p. 983 ff.

⁴⁾ Ueber die während der schwedischen geologischen Expedition nach Spitzbergen gesammelten Tertiär-Conchylien. Bihang till K. Svenska. Vet. Akad. Handl., Bd., 8, 1883.

⁵⁾ In der genannten brieflichen Mittheilung des Herrn NATHORST findet sich ein mir nicht ganz verständlicher Satz, nämlich (l. c. p. 985): „Dass diese Thatsache (die Existenz mariner Conchylien im Tertiär Spitzbergens) für gewisse Speculationen nicht passt, kann daran nichts ändern.“

Speculationen können allerdings nichts daran ändern, dass da, wo marine Ablagerungen sind, einmal Meer gewesen sein muss. Hat Herr NATHORST nichts mehr als etwas so selbstverständliches sagen wollen? Ich entsinne mich nicht, eine abweichende Ansicht auch nur angedeutet zu haben, war es doch gerade mein Bestreben, That-sachen hervorzu-

Im Eocän stand das Polarmeer durch einen östlich des Ural gelegenen Meeresarmes mit dem Indischen Ocean in Verbindung. Ich sprach die Vermuthung aus¹⁾, dass dieses meridionale sibirische Meer von einem Polarstrom durchflossen gewesen sei, dessen Einwirkungen ich in der mediterranen und nordwesteuropäischen Fauna zu erkennen glaubte. Diesem Polarstrom muss natürlich ein von Süden herkommender Strom entsprechen, der sich wahrscheinlich von dem indischen, das centrale Mittelmeer passirenden Strom abzweigte. Es könnte scheinen, als ob die von FUCHS beschriebene Fauna dieser letzten Vermuthung eine, wenn auch schwache Stütze verliehe. Scheidet man nämlich unter den von FUCHS genannten Vorkommnissen die ganz fraglichen Angaben aus, so bleiben 9 Gattungen übrig:

In Spitzbergen:

Siliquaria sp. (ähnlich der *S. Dombei* LAM. aus Chile).

Pharella sp. (ähnlich der *Ph. jaranica* MAM. und *Ph. subovata* CUV. aus den indischen Meeren).

Cytherea sp. (*Callista*) (Gattung vorwiegend indopacifisch, aber auch atlantisch).

Psammosolen sp. (*Macha*) (ähnlich *Ps. strigillatus* L. aus dem Mittelmeer. Gattung vorwiegend indopacifisch).

In Ost-Grönland.

Pecten sp. (ähnlich dem *P. magellanicus* GMEL. von Neufundland).

Astarte sp. (Gattung hauptsächlich arctisch und boreal).

Lucina sp. (Gattung in nördlichen Meeren nur durch eine Art vertreten).

Venus sp. (Gattung in nördlichen Meeren nur durch wenige Arten vertreten).

Cytherea sp. (warme und gemässigte Meere).

Es überrascht in dieser Zusammenstellung, mehrere in der Gegenwart vorwiegend indopacifische Gattungen zu finden, weniger merkwürdig ist das Auftreten von *Astarte* und einer dem *Pecten magellanicus* verwandten Art.

Bei aller in dem schlechten Erhaltungszustande der Fossilien begründeten Reserve hat TH. FUCHS sich doch berechtigt geglaubt, gewisse Schlüsse auf das Alter dieser Schichten zu ziehen. Nach ihm deutet die Zusammensetzung der Fauna, wenn überhaupt in diesem Sinne zu verwerthen, auf miocänes, nicht auf paläogenes

heben, welche meines Erachtens in den klimatischen Speculationen von CROLL, DUBOIS, NEUMAYR und NATHORST nicht genügend berücksichtigt waren.

¹⁾ Pal. Prob. I, p. 315.

Alter der betreffenden Schichten, und sie soll deshalb den Hypothesen, welche der im gleichen Schichtenverhald auftretenden Polarflora eocänes Alter zuschreiben keine Stütze bieten können.

Er begründet das in folgender Weise (l. c. p. 9 ff.):

„Soweit uns bisher aus den verschiedensten Welttheilen und aus den verschiedenen Zonen eocäne und oligocäne Ablagerungen bekannt geworden sind, so hat man bei denselben ausnahmslos die Beobachtung gemacht, dass nicht nur die herrschenden Gattungen grösstentheils durch andere Subgenera vertreten sind, als in der Jetztwelt, sondern dass auch die einzelnen in ihnen vorkommenden Fossilien sich nur selten enger an lebende Arten anschliessen lassen und dass namentlich die häufigen und auffallenden Formen meist ohne Verwandtschaft in der Jetztwelt dastehen.

Erwägt man nun, dass von der vorliegenden Fauna sich alle Formen auf ganz gewöhnliche, allgemein verbreitete, lebende Gattungen zurückführen lassen, ja, dass die meisten sich zu gleicher Zeit sehr enge an bestimmte lebende Arten anschliessen, so muss man wohl gestehen, dass bereits dieser Umstand ausreicht, um es unwahrscheinlich zu machen, dass die in Rede stehenden Ablagerungen dem Eocän oder Oligocän angehören sollen. Hierzu kommen aber noch verschiedene andere Momente.

Die Gattungen *Cytherea* und *Venus* sind im Eocän und Oligocän meist nur durch kleine Arten vertreten und die grossen Callisten aus der Verwandtschaft des *C. erycina*¹⁾, sowie die Subgattung *Circumomphalus*²⁾ sind dem Eocän sowohl wie dem Oligocän vollkommen fremd. Auch die Gattung *Pharella* ist bisher im Eocän noch nicht nachgewiesen worden, und wenn wir die Vorkommnisse von Hochstetter-Vorland in Grönland für gleichzeitig mit den unserigen ansehen, wie dies wohl kaum zu bezweifeln ist, so muss noch auf den grossen *Pecten* aus der Verwandtschaft des *P. magellanicus* als auf einen Typus hingewiesen werden, der dem Eocän, das nur kleine *Pecten*-Arten enthält, ebenfalls fremd ist.

Unter solchen Umständen muss es wohl unthunlich erscheinen, die vorliegenden Ablagerungen dem älteren Tertiär, d. i. dem Eocän oder Oligocän zuzurechnen und kann es sich wohl nur darum handeln, welcher Abtheilung des jüngeren Tertiärs dieselben zuzuzählen sind, resp. ob man dieselben für miocän oder pliocän zu halten habe.

¹⁾ Lebt im indischen Ocean.

²⁾ Mit verschiedenen anderen als fraglich angeführten Vorkommnissen in dem obigen Verzeichniss ausser Betracht gelassen.

Hier muss nun wieder vor allen Dingen darauf hingewiesen werden, dass unter den aus Spitzbergen vorliegenden Formen keine einzige auf irgend eine lebende arktische Art zurückgeführt werden kann und dass unter ihnen ausgesprochen arktische Typen (*Astarte*, *Modiola*, *Mya*, *Cyprina*, *Glycimeris* u. dergl. m.) überhaupt fehlen. Ebenso wenig kann eine der vorliegenden Formen mit irgend einer von jenen fossilen Arten identificirt werden, welche WINKLER in den Basalttuffen Islands auffand und die ihrerseits fast ausnahmslos zu den gemeinsten arktischen Arten gehören.

Bei solcher Bewandniss geht es wohl nicht an, die vorliegenden Ablagerungen für pliocän zu erklären und bleibt daher nur der eine Fall übrig, in ihnen Vertreter der miocänen Schichtengruppe zu sehen.“

Dagegen ist zunächst zu bemerken, dass bei einer so lückenhaften Ueberlieferung ein negatives Argumentiren aus dem Fehlen arktischer Formen äusserst gewagt ist. Um so grösserer Nachdruck wird auf das Vorhandensein indischer Typen zu legen sein und diese scheinen gerade darauf hinzuweisen, dass die betr. Schichten dem älteren Tertär angehören, weil der sibirische Meeresarm, welcher das Polarmeer mit dem Indischen Ocean verband, im oberen Oligocän schon trocken lag. Von einer anderen Verbindung dieser Meere haben wir keine Kenntniss und man kann das vorübergehende Auftreten von indischen Typen im polaren Tertiär wohl nur durch die Annahme erklären, dass sie durch einen Meeresstrom aus dem indischen Ocean dahin verschleppt wurden und dort wieder ausstarben, als sich nach dem Eingehen der Verbindung die Lebensbedingungen im Polarmeer fundamental umgestalteten. Derselbe Einwand lässt sich erheben, wenn TH. FUCHS auf ein relativ junges Alter der Fauna schliesst, weil sie unter den heutigen Arten nähere Verwandte findet, als unter ausgestorbenen. Wenn, wie in diesem Fall, ausschliesslich Abdrücke und Steinkerne vorliegen, „welche im besten Fall Spuren der Oberflächensculptur und der Muskeleindrücke, niemals aber die Beschaffenheit des Schlosses erkennen lassen“, so wäre es in den meisten Fällen wohl vorzuziehen, eine Altersbestimmung ganz zu unterlassen. Soll sie aber versucht werden, so scheint mir die grössere Wahrscheinlichkeit nicht für miocänes, sondern für paläogenes Alter zu sprechen. Das Gleiche würde für die Floren gelten, welche in demselben Schichtenverband gefunden sind.

Ohne nun die Angaben einer solchen Autorität, wie TH. FUCHS, im entferntesten anzweifeln zu wollen, sei auf den sonderbaren Widerspruch hingewiesen, dass die — trotz NATHORST

— nur aus wenig sicheren Angaben bekannte eocäne Fauna des Polargebiets einen viel mehr tropischen Anstrich haben soll, als die des viel südlicher liegenden europäischen Nordmeeres, dessen Fauna doch immerhin besser bekannt ist und im Gesamtcharakter an die borealen Meere der Gegenwart erinnert. Man wird diesem Polarmeer sehr gemässigte Temperaturen zuschreiben müssen, nicht nur weil in ihm, ausser den Ahnen der heutigen Borealfauna, die dort vorauszusetzen sind, und für deren Vorhandensein das Auftreten des *Pecten* aff. *magellanicus* einen schwachen Anhaltspunkt giebt, tropische Elemente lebten, sondern vor Allem deshalb, weil seine Ufer mit einer Flora von Laubhölzern bestanden waren, die jetzt auch im warmen Seeklima nicht in so hohe Breiten steigen. Es klingt unwahrscheinlich, dass der vom indischen Ocean kommende warme Strom noch auf dem 80° n. Br. eine sehr viel intensivere Milderung des Klimas hervorgebracht haben soll, als gegenwärtig der Golfstrom etwa auf dem 70° n. Br., und die alte Vermuthung, dass im Palaeogen der Nordpol eine andere Lage als gegenwärtig inne hatte, scheint sich geradezu aufzudrängen. Das Für und Wider dieser Hypothese ist, wie mir scheint, durchaus genügend erörtert, und als einziges Resultat der Controverse könnte man höchstens die Erkenntniss bezeichnen, dass weder die einen noch die anderen Argumente zwingende Beweiskraft haben. Mögen sich gegen die astronomischen Beobachtungen, auf welche NEUMAYR¹⁾ sich berief, Einwände erheben lassen, so sind die aus der geographischen Verbreitung der Fossilien, und aus geophysikalischen Berechnungen abgeleiteten Gegengründe dem gleichfalls ausgesetzt.

Verschiebt man mit NEUMAYR den Pol im Meridian von Ferro um 10° gegen NO.-Asien, so werden zwar die nordatlantischen Tertiärfloren in niedrigere Breiten gerückt, andererseits aber weitere, ähnlich zusammengesetzte Floren dem Pol genähert.²⁾

Nun scheinen sich aber die Pflanzenarten und Florentypen durch grosse Langlebigkeit auszuzeichnen, so dass allein auf floristischer Grundlage die Gleichzeitigkeit zweier Ablagerungen nur innerhalb sehr weiter Grenzen erwiesen werden kann. Wie ich früher darlegte³⁾, kann das Alter von Ablagerungen, welche die tertiäre Polarflora enthalten, zwischen oberer Kreide (Laramie) und Ober-Oligocän schwanken. Es liesse sich sehr wohl annehmen, dass z. B. die Tertiärflora von Neu-Sibirien beträchtlich jünger oder älter ist, als etwa die von Spitzbergen, und dass sie

¹⁾ NEUMAYR, Erdgeschichte, 1887, II, p. 513.

²⁾ Eingehenderes bei KOKEN, Vorwelt, p. 541.

³⁾ Pal. Prob. I, p. 266 ff.

zu einer Zeit wuchs, wo der Pol nicht näher an Asien, sondern umgekehrt näher an Europa lag.

Auf geophysikalischer Grundlage hat man eine Reihe complicirter Berechnungen angestellt¹⁾, welche allerdings wohl beweisen, dass man nicht mit NEUMAYR die Ursache von Polverschiebungen in Faltungen und Erosion sehen darf. Aber daraus geht nicht die Unmöglichkeit der Verschiebung selbst hervor. Sie könnte durch andere Ursachen bewirkt werden und wurde auch schon aus andern abgeleitet.²⁾

Ein dritter, oft erhobener Einwand gegen die Hypothese behauptet, dass eine Verlegung des Pols bei der Abplattung der Erde bemerkbare tektonische Störungen hervorrufen müsste. Nun würde aber, wenn der Pol um 10^0 südwärts gleitet und die Abplattung ihm folgt, sich die Erdoberfläche an der Stelle des neuen Poles um etwa 620 m senken und um ebenso viel an dem früheren Polort heben. während ein in der Mitte liegender Punkt seine Entfernung vom Erdcentrum nicht ändert. So ergibt sich eine Senkung resp. Hebung von 620 m auf 5^0 (558,5 km) oder von 1 m auf ca. 900 m, die wohl nur zu geringfügigen Verwerfungen Anlass geben würde.

Dass aber der Pol in einer vergangenen Periode eine andere Lage hatte als gegenwärtig, bedarf eines triftigeren Beweises als den, dass mit dieser Annahme die Existenz der Polarflora zu erklären sei und dergleichen, denn die Existenzbedingungen der Organismen werden nicht ausschliesslich und nur indirect durch die geographische Breite bestimmt. Wohl aber können die gleichzeitigen Meeresströme in diesem Zusammenhang verwendet werden, denn sie sind, wenigstens im offenen Ocean, abhängig von der Lage des Aequators. Lassen sich Veränderungen in ihrer Lage und Richtung nachweisen, so müssen sich unter Umständen ähnliche Bewegungen des Aequators resp. des Poles daraus ableiten lassen.

Vergleicht man nun das schematische Bild der gegenwärtigen Meeresströme (Fig. 2) mit dem der eocänen (Fig. 2), welches letzteres sich auf die früher³⁾ gegebene Zusammenfassung bezieht,

¹⁾ TWISDEN, On possible displacement of the earth axis of figure produced by elevations and depressions of her surface. Quart. Journ. Geol. Soc., 1876. u. a.

²⁾ PÉROCHE, Les vegetations fossiles dans leurs rapports avec les révolutions polaires et avec les influences thermiques de la précession des equinoxes. Paris 1886.

³⁾ Pal. Prob. I, p. 315.

so finden sich in der That Andeutungen dafür, dass im Eocän der Nordpol um etwa 20° im 20 Meridian E Greenwich gegen Nord-Amerika verschoben war.

Sieht man ab von den Verhältnissen im nördlichen indischen Ocean, wo die Nähe des Landes den normalen Verlauf der Winde und Meeresströme stört, so lässt sich das marine Circulations-system in folgender Weise schematisiren.

Die Passate rufen etwa zwischen 10° und 20° Breite von Ost nach West gerichtete Ströme hervor, die sich an den Continentalbarrieren theilen und polwärts abfliessen. Diese Theilstrome gelangen in das Gebiet der vorherrschenden Westwinde und speisen die von den letzteren hervorgerufenen West-Ost-Ströme. Diese liegen etwa zwischen 40° und 50° Breite und werden auf der nördlichen Halbkugel durch die Continentalbarrieren in einzelne Arme getheilt, deren einer zum Aequator, ein anderer nach Norden, zum Polarmeer verläuft. Den letzteren entsprechen kalte Ströme, von denen der sog. Labradorstrom im Atlantischen Ocean am bekanntesten ist.

Auf der Figur 2, welche das Schema der eocänen Meeresströme bei unveränderter Lage des Pols darstellt, fällt vor Allem der zwischen $30 - 40^{\circ}$ n. Br. das centrale Mittelmeer durchfließende Ost-West-Strom auf, welcher also fast in der Breite der gegenwärtigen West-Ost-Ströme und ca. 20° nördlicher als die Region der Passatströme gelegen ist. Durch die angegebene Polverschiebung würde ein in dieser Beziehung mehr mit den heutigen Verhältnissen übereinstimmendes Bild erzielt werden (Fig. 3). Indessen kann man das ringsum von grossen Landmassen umgebene centrale Mittelmeer des Eocän nicht ohne Weiteres mit offenen Oceanen vergleichen. Es ist vielmehr nöthig wenigstens in den Grundzügen das System der atmosphärischen Circulation bei unveränderter und bei veränderter Lage des Pols zu reconstruiren, so prekär und unsicher derartige Speculationen auch sein mögen. Dann ist zu erwägen, ob der Verlauf der eocänen Meeresströme für eine Polverschiebung spricht oder nicht.¹⁾

Auch bei den auf Figur 2 dargestellten Verhältnissen ergeben sich für das Eocän mehrere fundamentale Abweichungen von der heutigen Vertheilung des Luftdruckes. Gegenwärtig liegt im Winter eine Zone höheren Druckes fast über ganz Asien und Europa, sowie über Nordwest-Afrika. Sie verbindet sich mit der

¹⁾ Das Folgende gründet sich in der Hauptsache auf die von WOEIKOFF angegebenen Principien (WOEIKOFF, Die atmosphärische Circulation etc. PETERMANN's Mittheilungen, Erg.-Band 18, No. 38, 1874), ferner auf die Isobarenkarten in BERGHAUS' physikalischem Atlas (No. 33 u. 34 bezw. Abth. III, No. 7 u. 8).

oceanischen Pleiobare¹⁾ des tropischen Atlantic. Südlich davon liegt eine äquatoriale Meibare¹⁾, nordwestlich das oceanische Minimum des Nordatlantic. In der continentalen Zone höheren Druckes ruft der erwärmende Einfluss des Mittelmeeres, begünstigt durch die nördlich vorgelagerten Gebirge, welche die kalte, von Nord und Nordost andringende Luft abschneiden, eine Unterbrechung hervor. Im Westen jedoch, über Spanien und Marokko stellt sich mit dem continentalen Charakter des Winters auch die Pleiobare wieder her. Das nordatlantische Minimum folgt in höchst auffälliger Weise dem Golfstrom und ist in seiner Ausdehnung und Lage offenbar bedingt durch die Wärme der Meeresoberfläche, welcher die darüber lagernde Luft auflockert.

Im Eocän lag nördlich des Atlantischen Oceans ein Continent, über dem ein barometrisches Maximum anzunehmen ist, das sich jedenfalls westlich über Nord-Amerika nach Ost-Asien fortsetzte. In Folge dessen musste das nordatlantische Minimum zunächst wahrscheinlich verflacht, dann aber auch bis auf 40 bis 50° n. Br. nach Süden gedrängt werden. Für beide Vermuthungen giebt das heutige Nordpacific ungefähr ein Analogon. Dem eocänen Mittelmeer ist wohl ein ähnlicher, aber in Folge des warmen, hindurchziehenden Stromes sehr viel stärkerer Einfluss auf den Luftdruck zuzuschreiben, wie dem gegenwärtigen. Man kann sich daher das nordatlantische Minimum im Winter bis etwa zum 20—30° östl. Länge (40—50° E Greenwich, siehe Fig. 2) ausgedehnt denken. Freilich fehlten die Gebirge, welche jetzt den Zufluss kalter Luft fern halten, aber es ist aus anderen Ueberlegungen wahrscheinlich, dass dieses Gebiet damals eines solchen Schutzes nicht bedurfte. Zunächst war die eurasiatische Landmasse vielmehr zerstückelt als jetzt, dann aber fehlten die Gebirge, welche jetzt an der Ostküste Asiens die kalte Luft verhindern, nach Osten abzufliessen, so dass im Winter die Luftstauung weder über so grosse Strecken ausgedehnt war, noch so beträchtliche Höhe erreichen konnte. Drittens aber würde, analog dem heutigen Golfstrom, der warme über West-Asien in's Polarmeer vordringende Strom etwa zwischen 60—80° n. Br. eine dem asiatischen Continentalmaximum viel näher liegende Meibare hervorrufen.

Ueber dem Norden des arabischen Meeres ist ein subtropisches, wenn auch räumlich wenig ausgedehntes Maximum anzunehmen, welches die Verbindung zwischen den continentalen Pleio-

¹⁾ Meibaren sind Gebiete eines durchschnittlichen Luftdruckes unter 760 mm, Pleiobaren solche über 760 mm. Bezeichnungen eingeführt durch PRESTEL (siehe SUPAN, Statistik der unteren Luftströmungen. Leipzig 1881).

baren über Afrika und Asien herstellen mochte. Die Verhältnisse der Bai von Bengalen bleiben im Princip ungeändert.

Von ausschlaggebendem Interesse sind die Luftdruck-Verhältnisse in der Umgebung des centralen Mittelmeeres, weil durch sie die festzustellende Vorherrschaft einzelner Windrichtungen bedingt ist. Leider giebt es aber in der Gegenwart kein an Grösse und geographischer Lage einigermaassen entsprechendes Gebiet, das man als analog zum Vergleich heranziehen könnte, so dass die Reconstruction zu einem grossen Theil auf rein theoretische Erwägungen gegründet werden muss. Am ehesten findet man noch einen Anhaltspunkt in den gegenwärtigen Verhältnissen von Nord-Afrika selbst, dann aber auch in denen der Südküste Australiens.

Noch gegenwärtig lässt sich die Vorherrschaft westlicher Winde bis weit in die europäische Pleiobare hinein verfolgen. Es beruht das auf den Grundgesetzen der atmosphärischen Circulation, und muss für das Eocän in diesen Breiten um so mehr vorausgesetzt werden, als sich ihr damals bei der grösseren Meeresfläche und der geringeren Bedeutung der continentalen Pleiobare weniger Hindernisse entgegengesetzten. Dann darf für den südlichen Theil des centralen Mittelmeeres, wo sich der indische Strom befand, der meteorologische Einfluss des Nord-Continentes ausser Betracht bleiben.

Nun sind nach WOEIKOFF¹⁾ noch gegenwärtig an der ägyptischen Küste im Winter Südwinde „nicht selten“. Damit übereinstimmend giebt die Karte No. 33 des physikalischen Atlas von BERGHAUS hier ein Vorherrschen von Südwestwinden an. Da im Eocän das Meer wärmer, der Luftdruck über ihm also geringer war, als gegenwärtig, mochte damals das Vorwalten südwestlicher Winde ausgesprochener hervortreten. Im westlichen Theil des Mittelmeeres überwiegen jetzt während des ganzen Jahres Nordwestwinde. Man wird sie als Abzweigungen der atlantischen Südwestwinde dieser Breiten betrachten müssen und sie würden in diesem Fall im Eocän, als nur flache Inseln und nicht wie gegenwärtig ein Gebiet höheren Luftdruckes in ihrem Wege lag, ebenfalls von hervorragender Bedeutung gewesen sein, vielleicht aber schon eine östliche, in die Passate überführende Componente gewinnen.

An der südlichen Küste Australiens behaupten im Grossen und Ganzen Winde mit westlicher Componente das Uebergewicht.²⁾ Doch sind diese Verhältnisse nicht ohne Weiteres vergleichbar,

¹⁾ Klimate der Erde, II, p. 112 u. 113.

²⁾ Indischer Ocean. Atlas der Seewarte, Tafel 21.

da der Gürtel vorherrschender Westwinde, welcher in 40—50^o südl. Br. die ganze Erde umgiebt, der Küste sehr nahe kommt und ausserdem das Meer hier weit kälter ist, als für das eocäne Mittelmeer anzunehmen. So ist auch die Differenz des durchschnittlichen Luftdruckes über dem Continent und dem polwärts vorgelagerten Meer geringer, ihr Einfluss auf die Windrichtung, wenn auch deutlich bemerkbar¹⁾, so doch weniger stark, als an der afrikanischen Küste während des Eocän der Fall gewesen sein wird.

Im Allgemeinen gelangt man also für den Winter zur Annahme vorwaltender Winde mit westlicher Componente, welche einen von Ost nach West gerichteten Strom mindestens nicht befördern, sondern, wenn sie genügend constant waren, ihn höchstens hinderu konnten.

Wesentlich einfacher ist gegenwärtig die Luftdruckvertheilung im Sommer. Der asiatische Continent und Ost-Europa wird durch eine Meiobare eingenommen, deren tiefste Depression sich nördlich des arabischen Meeres befindet. Dieses Gebiet niedrigen Druckes dehnt sich über Nord-Afrika aus und ist auch im äquatorialen Atlantic zu erkennen, wenn hier auch der durchschnittliche Luftdruck nicht unter 760 mm sinkt. Ferner überschreitet es den nördlichen Atlantic, wo der Einfluss des Golfstromes ein Minimum hervorruft. Im mittleren Atlantic, sowie über dem unter marinen Einfluss stehenden Westen von Europa liegt eine Pleiobare, ebenso in der Nähe des Pols, wo die angesammelten Eismassen die überlagernde Luft abkühlen und so den Luftdruck erhöhen.

Analog wäre über der circumpolaren Continentalmasse des Eocän die Existenz einer Meiobare anzunehmen mit einem Minimum über dem nördlichen Theil des westsibirischen Meeres.

Niedrig war ferner der Luftdruck im nördlichen Afrika, dagegen bestand die durch continentales Klima hervorgerufene Depression im nordwestlichen Indien nicht, vielmehr erstreckte sich wohl die atlantische Pleiobare, welche nach Analogie des heutigen Pacific bis an die Küste des nördlichen Continents auszudehnen ist, über das centrale Mittelmeer bis in dieses Grenzgebiet des Indischen Oceans. Da das Meer nördlich von Afrika trotz des hindurchziehenden warmen Stromes jedenfalls kühler war, als der südlich gelegene Continent, so muss es als ein Gebiet von im Allgemeinen höheren Luftdruck angesehen werden.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich für den nördlichen Theil des centralen Mittelmeeres, analog den heutigen Ver-

¹⁾ Indischer Ocean. Atlas der Seewarte, Tafel 25.

hältnissen, im Sommer wie im Winter die Vorherrschaft westlicher Winde; im südlichen Theil, ebenfalls analog der Gegenwart, die von nördlichen Winden. Nahe dem Atlantischen Ocean wird man den letzteren eine östliche Componente zuschreiben müssen, da sie wohl mit den bis in diese Breiten vordringenden Passaten in Verbindung zu bringen sind. Aber bis in den östlichen Theil darf man die Passate kaum ausdehnen, vielmehr kommt diesen vermuthlich von den weiter im Norden wehenden Westwinden abgezweigten Strömungen eher eine westliche Componente zu. Jedenfalls spielen in den, aus schon erwähnten Gründen allerdings nicht unmittelbar zu vergleichenden Meeren südlich von Australien, östliche Winde durchaus keine Rolle¹⁾, ausserdem haben auch gegenwärtig die im östlichen Mittelmeergebiet herrschenden Winde offenbar ihren Ursprung im Westen. Erst weiter östlich, im arabischen Meer, trifft man wieder auf eine Passatzone, denn hier ist nach dem Verschwinden des continentalen Minimums über Nordwest-Indien natürlich kein Anlass zur Entstehung von Monsunen. Ein solcher lag wahrscheinlich an der afrikanischen Nordküste auch nicht vor, denn erstens treten in dieser Breite gegenwärtig Monsune nirgends auf, zweitens erreichen die jeweiligen Druckdifferenzen über Festland und Meer kaum die zur Hervorbringung so ausschliesslich vorwaltender Winde erforderliche Grösse. Jedenfalls im Sommer, der eigentlichen Monsunzeit, waren sie hier wohl geringer als in der Gegenwart an der entsprechenden Küste Australiens, wo trotz der relativ niedrigen Temperatur des Meeres nichts derart zu bemerken ist.

Es ergibt sich demnach für den Sommer im westlichen Mittelmeer die Vorherrschaft von Winden mit östlicher, im östlichen Theil eine solche von Winden mit mehr westlicher Componente.

Nun darf man aber ferner annehmen, dass die Gradienten, welche diese Winde bestimmten, während des ganzen Jahres sehr flach, nur durch relativ geringfügige Druckdifferenzen hervorgerufen waren und so wird es wenig wahrscheinlich, dass sich ausser der westlichen, in diesen Breiten überhaupt herrschenden Windrichtung irgend eine in genügender Constanz erhielt, um Einfluss auf den Verlauf der Meeresströme zu gewinnen.

Dieses Resultat steht aber durchaus nicht im Einklang mit dem Schema der marinen Circulation, auf welches die Verbreitung der eocänen Lamellibranchiaten schliessen lässt. Man sollte bei solchen Windverhältnissen eher erwarten, dass der Golfstrom das Mittelmeer von West nach Ost durchzogen hätte, dass es fau-

¹⁾ Indischer Ocean. Atlas der Seewarte, Blatt 20 u. 23.

nistisch, wie in der Gegenwart, einen Anhang des Atlantischen, nicht aber, wie vor Allem das Auftreten von Nummuliten beweist, des Indischen Oceans bildete.

Denkt man sich dagegen den Pol im 20° E Greenwich um 20° gegen Alaska verschoben, so ergibt die Reconstruction der Luftdruckverhältnisse ein durchaus mit dem Verlauf der Meeresströme übereinstimmendes Bild (Fig. 3). Auf dem circumpolaren Festland fand ein Wechsel zwischen hohem Luftdruck im Winter und niedrigem im Sommer statt. Ueber dem nördlichen sibirischen Meer dagegen lag während des ganzen Jahres eine Meibare. Das centrale Mittelmeer wird ganz in die Passatzzone verlegt und ist für alle Jahreszeiten als Pleiobare, der nördliche Theil von Afrika, welcher in die Breite der entsprechenden Gegenden Süd-Amerikas rückt, als beständige Meibare zu bezeichnen. Die Passatzzone ist ferner westlich über den Atlantic, östlich bis in die Grenzgebiete des Indischen Oceans auszudehnen, ebenso wie südlich davon die äquatoriale Zone geringeren Druckes. Für das ganze Gebiet vom arabischen Meer bis jenseits des Atlantic ist also die Vorherrschaft des Nordost-Passates, und im Einklang mit den auf anderem Wege gewonnenen Resultaten, das Bestehen eines von Ost nach West gerichteten Aequatorialstromes anzunehmen.

Durch die Verlegung des Pols wird die Küste des atlantischen Continents dem Aequator genähert, bleibt aber auf ungefähr 40° n. Br. und ist daher kaum der auf viel niedrigerer Breite gelegenen südasiatischen oder der Guineaküste zu vergleichen, also nicht als Monsungebiet anzusehen, welche in der Gegenwart jedenfalls nördlich des 30° nicht mehr vorkommen. Es ist vielmehr, womit die Existenz des Golfstroms übereinstimmt, wahrscheinlich, dass im nördlichen Atlantic wie gegenwärtig südwestliche Winde während des ganzen Jahres vorherrschen.

Fast auf derselben Breite wie der Golfstrom, und vermuthlich gleichfalls im Bereich solcher Südwestwinde, aber in entgegengesetzter Richtung verläuft der nordeuropäische, vom sibirischen Meer ausgehende Strom. Er scheint demnach in gewisser Weise eine Schwierigkeit der Hypothese zu bedeuten. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die geographische Reconstruction dieses nordeuropäischen Meeres nicht auf geologischen Beobachtungen, sondern auf thiergeographischen Erwägungen beruht, welche möglicher Weise sich auch in anderer Weise deuten lassen. Die geologische Untersuchung des älteren Tertiärs in Süd-Russland¹⁾ führte zu der Annahme, dass nach einer längeren,

¹⁾ SOKOLOW, Die untertertiären Ablagerungen Süd-Russlands. Mem. Com. géol., IX, 2.

etwa vom Danien bis in den Beginn des Mittel-Eocäns reichenden Festlandsperiode, hier das Meer im oberen Mittel-Eocän erst transgredirte, allmählich sich nach Nordwesten ausdehnte, aber erst im Oligocän mit dem norddeutschen Meer in Verbindung trat. Nun ergeben verschiedene Thatsachen der eocänen Thiergeographie, dass der Atlantische Ocean während des Paleocän und Eocän mit einem nördlichen Meer in Verbindung stand¹⁾, und dass schon während des Paleocän dies letztere einen Zusammenhang zwischen dem Mittelmeer und den nordwesteuropäischen Bassins vermittelte.²⁾ Es liegt nahe, daraus eine geographische Configuration, wie sie nach KOKEN's³⁾ Vorgang in Figur 2 und 3 dargestellt, zu construiren, und anzunehmen, dass die Sedimente dieses Meeres entweder noch nicht aufgefunden, oder durch Erosion zerstört sind. Man kann aber, was die Bedeutung der erwähnten Schwierigkeit wesentlich verringert, auch vermuthen, dass das arktische Meer mit dem Atlantischen Ocean durch eine besondere Strasse verbunden war, welche mehr in nord-südlicher Richtung verlief und deren Spuren durch die Thätigkeit der diluvialen Gletscher verwischt sind. Die Uebereinstimmungen der paleocänen Fauna im Mittelmeergebiet und in Nordwest-Europa, liesse sich durch einen derartigen indirecten Zusammenhang beider Meere recht gut erklären, ebenso auch die Verbreitung der eocänen Fische, auf welche KOKEN's Schlussfolgerungen sich gründeten. Eine genauere Prüfung dieser Vermuthung ist freilich nicht möglich, bevor die Fauna und die Verbreitung eocäner Glacialgeschiebe genauer als gegenwärtig bekannt ist. Ich ziehe daher vor, diese Frage vorläufig auf sich beruhen zu lassen, und im Folgenden allein das indisch-arktische Verbindungsmeer in Betracht zu ziehen.

In fast noch höherem Maasse als bisher ist man auf theoretische Reconstruction angewiesen, will man eine Vorstellung von den klimatischen Verhältnissen des eocänen Polargebietes gewinnen. Nur das dürfte keine weitere Auseinandersetzung erfordern, dass die Lage von Spitzbergen, Grönland und Grinnell-Land durch die vorgeschlagene Polverschiebung sich günstiger gestalten würde. Die Breite Neu-Sibiriens wird durch sie nicht verändert, die der Ablagerungen am Mackenzie, sowie überhaupt des ganzen centralen und westlichen Nord-Amerika mehr oder weniger erhöht. Die Frage, ob aus diesen Verhältnissen ein Widerspruch gegen die hier vorgetragene Hypothese abzuleiten ist, kann nur ganz allgemein und durchaus nicht mit irgendwelcher Sicherheit ent-

¹⁾ KOKEN, Vorwelt, p. 522.

²⁾ Pal. Prob. I, p. 312.

³⁾ Vorwelt, p. 522 und Tafel II.

schieden werden. Es lässt sich weder in Näherungswerthen feststellen, wie sich bei der angenommen geographischen Configuration die Temperaturen, die Bewölkungshäufigkeit, die Feuchtigkeitsvertheilung und die Windverhältnisse der einzelnen Jahreszeiten im Polargebiet gestalten würden, noch ist es genau bekannt, aus welchen Ursachen gegenwärtig hier keine Waldflora besteht. Daher ist grosse Vorsicht geboten, will man untersuchen, ob die geographische Gestaltung bei ungeänderter oder eher bei geänderter Lage des Pols die Existenz einer Waldflora in der gegebenen Zusammensetzung ermöglichen würden.

Einige Bedenken gegen die klimatischen Werthe, welche HEER¹⁾ für die Flora von Grönland constatiren zu können glaubte, habe ich schon früher geäussert²⁾ und meine sie aufrecht erhalten zu können. Wie man überhaupt im Allgemeinen geneigt ist, den Werth der am leichtesten der Beobachtung zugänglichen Temperatur als Existenzbedingung zu überschätzen, so dürfte das auch in diesem Fall geschehen sein. So weit überhaupt klimatische Verhältnisse auf die Lage der Baumgrenze in verticaler Richtung, auf Bergen u. s. w. und in horizontaler gegen das arktische Gebiet von Einfluss sind, werden vorzugsweise drei Factoren zu nennen sein: 1. strenge Kälte im Winter, 2. geringe Wärme im Sommer, 3. — nach neueren Ansichten wohl der wichtigste — Vorherrschenden trockener, heftiger Winde im Sommer, welche einerseits mechanisch die jungen Schösslinge zerstören, andererseits die Transpiration der Blätter allzusehr erhöhen, so dass diese verdorren und absterben.³⁾ Die Bedeutung des letzten Factors ist ist übrigens schon an den Nordseeküsten und in den europäischen Mittelgebirgen deutlich zu erkennen, wo an manchen, heftigen und kalten Winden ausgesetzten Stellen Bäume nur kümmerlich oder garnicht bestehen können, während sie im Windschatten bei derselben Temperatur durchaus normal entwickelt sind. Die am weitesten vertical und polarwärts vordringenden Coniferen sind durch die Organisation der Nadeln mehr gegen diesen austrocknenden Einfluss geschützt, ebenso die Laubhölzer mit lederartigen Blättern. Das Vorkommen der letzteren in der arktischen Tertiärflora fasste HEER als ein Anzeichen für warmes Klima auf. In südlichen Breiten bieten derartige Blätter der Pflanze Schutz gegen die austrocknende Wärme. Als Ursache der Lederartigkeit ist also gewissermaassen die Austrocknungsgefahr anzusehen.

Nun herrschen gegenwärtig an den Polarküsten der Conti-

¹⁾ Flora fossilis arctica, VII, p. 222 ff.

²⁾ Pal. Prob. I, p. 319 ff.

³⁾ KIHLMANN, Pflanzenbiologische Studien aus russisch Lappland. Helsingfors 1890.

nente im Sommer solche kalten und demgemäss trockenen Nordwinde vor, man kann daher ziemlich sicher annehmen, dass die Laubhölzer wenigstens theilweise in höheren Breiten einwandern würden, wenn diese Winde fortfielen. Die letzteren haben gegenwärtig ihren Ursprung in dem Gebiet hohen Luftdruckes, das sich in der nächsten Umgebung des Pols befindet, hervorgerufen durch die Abkühlung der Luft über den vom Golfstrom nicht getroffenen Ansammlungen von Packeis.

Man kann sich kaum vorstellen, dass im Eocän auch bei ungeänderter Lage des Pols der eindringende warme Strom ausreichte, jede Eisbildung zu verhindern, so dass im Sommer sich weder Packeismassen dort befanden, noch die Oberfläche durch die Eisschnelze eine andauernde Abkühlung erfuhr.

Für den Fall einer Polverlegung aber, welche den nördlichsten Theil dieses Meeres in die Breite des heutigen Skandinavien bringt, hat diese Annahme, sowie die daraus abzuleitende, dass die besprochenen schädlichen Winde fehlten, durchaus nichts Unwahrscheinliches. Da weiter noch in der Gegenwart einige, wenn auch nur niedrig bleibende Holzgewächse (*Betula nana* L. und *Dryas octopetala* L. u. a.) in Spitzbergen vorkommen, so dürfte kaum ein Bedenken gegen die Annahme bestehen, dass nach Wegfall der Winde und besonders bei der vermutheten Verlegung des Pols die Wärme des Sommers ausreichend sein würde, um die Existenz einer Waldflora der angegebenen Zusammensetzung zu ermöglichen. Als drittes wäre zu erwähnen, dass in dem Küstengebiet des arktischen Meeres unter den genannten Bedingungen die Winterkälte überhaupt gemildert werden musste, und dass ausserdem ein mehr oder weniger beträchtlicher Schneefall vorausgesetzt werden kann, der dazu beitrug, die Vegetation vor dem Erfrieren zu schützen. Das Aufthauen dieser, wohl vorwiegend vom Atlantischen Ocean herübergebrachten Schneemassen, geschah dann in der Umgebung von Spitzbergen durch die wärmeren Südwestwinde im Frühling, eine Vermuthung, zu welcher die Beobachtungen über den Gang der Schneeschmelze im Innern nördlicher Continente¹⁾ wohl berechtigen. Unwahrscheinlich ist es, dass der Schnee in diesen Fällen den Sommer überdauern würde. Zwar liegen die heutigen Gletscher Grönlands ebenfalls auf einer Breite von 60 — 70°, aber sie befinden sich östlich vom Atlantic und daher bilden ihre meteorologischen Verhältnisse wegen der ganz abweichenden Windvertheilung kein Analogon zu denen, welche für die Umgebung des tertiären arktischen Meeres anzunehmen sind.

¹⁾ WOEIKOFF, Klimate der Erde, I, p. 72.

Für die Flora am Mackenzie jedoch, wenn sie anders gleichen Alters ist, müssen wohl die früher für die gesammte Polarflora aufgestellten Erwägungen¹⁾ in Geltung bleiben. Sie gehörte offenbar dem Continentalclima an, wenn man nicht voraussetzen will, dass zu ihrer Zeit die Rocky Mountains noch nicht bestanden, und dass der klimatische Einfluss des Stillen Oceans, der jetzt die Küstengebirge kaum überschreitet, sich damals bis hierher ausdehnte und hier dieselbe Rolle spielte, wie der Atlantische Ocean gleichzeitig für die östlicher gelegenen Floren.

So scheint also im Grossen und Ganzen die Verbreitung der alttertiären Pflanzen und die Richtung der eocänen Meeresströme für eine Polverlegung ungefähr der angegebenen Art zu sprechen. Aber eine solche mehr oder weniger lückenhafte und in vielen Fällen sich notwendiger Weise auf unsichere Argumente stützende Untersuchung liefert noch nicht den Nachweis, dass der Pol in Wirklichkeit seine Lage verändert. Erst wenn sich durch ähnliche Untersuchungen zeigen liesse, dass in der Folgezeit der Pol allmählich in seine gegenwärtige Lage rückt und dass — was allerdings sehr schwer zu beweisen sein wird — auf der Südhemisphäre entsprechende Veränderungen stattgefunden haben, könnte eine derartige Hypothese mit gewisser Sicherheit vertreten werden. Es ist nämlich höchst unwahrscheinlich, dass der Pol sich sozusagen ruckweise bewegt, resp. dass die gesammte Erdmasse, oder allein die Kruste plötzlich eine anders gerichtete Rotation annimmt. Im Gegentheil ist es von vornherein wahrscheinlich, dass diese Bewegungen, wenn sie überhaupt vorkommen, als periodisch anzusehen sind, dass also der scheinbare Pol sich in irgend einer Wanderung um einen noch unbekanntem wirklichen Pol befindet.

Vielleicht lassen sich schon im Eocän die Spuren einer solchen Periodicität finden, wie ich mit allem Vorbehalt und als eine noch strengster Prüfung bedürftige Idee zum Schluss andeuten möchte.

Es lässt sich auf Grund physikalischer Erwägungen vertreten, dass sich das Wasser der Meere am Aequator aufstaut. Ist diese Hypothese berechtigt, so folgt daraus, dass, wenn der Aequator seine Lage ändert, dieser Wassergürtel ihm folgen muss. In den niederen Breiten zugeführten Gebieten muss sich eine Neigung zu Transgressionen, in den übrigen die umgekehrte Tendenz bemerkbar machen; in beiden Fällen werden locale Verhältnisse von Bedeutung sein, so dass in Einzelheiten die Allgemeinerscheinung verwischt oder in ihr Gegentheil verkehrt werden kann.

¹⁾ Pal. Prob. I, p. 274 ff.

Wanderte also im Eocän der Aequator über Afrika langsam nordwärts, so musste das Meer zuerst in südlicheren Gebieten vordringen und sich allmählich nach Norden ausdehnen. Sobald der Aequator seinen Culminationspunkt überschritten hatte und rückwärts wanderte, mussten auch die Meere sich erst aus den nördlicheren, dann aus den südlicheren Gebieten zurückziehen.

Nun bieten die Veränderungen der eocänen Meere in ihren grossen Grundzügen in der That etwas an solche Oscillation Erinnerndes. Am Ende der Kreidezeit zog sich das Meer aus dem mediterranen Gebiet und auch aus den nördlich davon liegenden Strecken zurück. Im Paleocän steigt es wieder, der Atlantic dringt in das Pariser Becken, der Indische Ocean in das Mittelmeer, bleibt aber auf dessen südliche Seite beschränkt. Erst im eigentlichen Eocän werden auch die nördlicheren Mediterran-Gegenden überfluthet, zugleich stellt sich eine Verbindung zwischen Atlantic und Mittelmeer über Süd-Frankreich her und der Mediterranstrom dringt in das Pariser Becken ein. Gleichzeitig steigt der Meeresspiegel in Süd-Russland und an anderen Orten. Schon in der Bartonstufe machen sich im Westen Europas mehr oder weniger geringfügige Trockenlegungen bemerkbar. Im Oligocän treten indische Formen in Central-Amerika auf, der indische Strom befolgt eine südlichere Strasse als im eigentlichen Eocän.

Ich wiederhole, dass durchaus nicht alle Einzelheiten mit dem angedeuteten Verlauf in Einklang stehen, sondern dass locale Ursachen auch neben einem mehr universell wirkenden Factor von grosser, im einzelnen Fall ausschlaggebender Bedeutung sein müssen. Aber in diesen Grundzügen lässt sich die Geschichte der eocänen Meere in Einklang bringen etwa mit einer Wanderung des Pols im 20° E Greenwich, so zwar, dass man ihn gegen Ende der Kreidezeit ungefähr in seiner gegenwärtigen Lage, im Mittel-Eocän am weitesten, etwa um 30° gegen Alaska verschoben suchen würde und ihn im Oligocän wieder zurückwandernd denkt.

Als eine gradlinige Bewegung dürfte man sie sich freilich kaum vorstellen, sondern eher als Kreisbewegung um den wirklichen Erdpol als Mittelpunkt. Ist aber eine solche vorhanden, so muss sie sich durch ähnliche, über genügend lange Perioden ausgedehnte Untersuchungen wie diese, wenn auch nicht mit mathematisch verwerthbarer Genauigkeit, so doch wenigstens annähernd nachweisen lassen, und erst dann, wenn das Ausmass dieser Bewegungen bekannt ist, kann füglich nach der Ursache gesucht werden, welche sie hervorruft.

Druckfehler - Verzeichniss.
zu Band L.

Seite	469	Zeile	24 v. u.	lies südlichste statt nördlichste.
"	473	Erklärung	der Textfigur	lies Alluvium statt Alluviaum.
"	483	Zeile	6 v. o.	lies (Lias?) statt (Lias).
"	486	lies	Profillinie	1400 statt 1100.
"	490	Zeile	3 v. u.	lies oberen statt unteren.
"	492	Erklärung	der Textfigur	lies Lias und oberer Jura statt Lias.
"	494	Zeile	2 v. u.	lies wahrscheinlich statt hingegen.
"	496	"	3 v. o.	Anmerkung zu Muschelkalk: Auf der Karte wegen seiner geringen Breite nicht aus- geschieden, sondern mit dem Ramsaudolomit vereinigt.
"	496	"	8 v. o.	lies südlich statt nördlich.
"	503	"	19 v. u.	lies H. statt M.
"	503	"	20 v. u.	lies <i>Halobia</i> statt <i>Monotis</i> .
"	508	Profiltafel	Maassstab	1 : 50000.
"	531	Zeile	20 v. u.	lies einiger statt jener.
"	532	"	19 v. u.	lies Pechler statt Pechter.
"	532	"	9 v. u.	lies Daonellen statt Halobien.
"	541	"	8 v. o.	lies <i>alterniplicatus</i> statt <i>altimplicatns</i> .
"	546	Anm. 1	lies Profile	statt Prole.
"	550	Zeile	7 v. u.	lies Gruttenstein statt Gutenstein.
"	552	"	9 v. o.	lies Gruttenstein statt Gutenstein.
"	555	Anm. 1	lies westliche	statt mittlere.
"	582	Maassstab	1 : 12500.	
"	719	Zeile	18 v. u.	lies <i>caprilis</i> statt <i>capsilis</i> .
"	724	"	10 v. u.	lies rauhe statt rasche.
"	735	"	10 v. o.	lies zoologische statt geologische.
"	740	"	15 v. u.	lies nicht statt noch.
"	748	"	20 v. o.	lies nicht statt Nichts.
"	757	"	20 v. u.	lies Laramie statt Lamarie.

Zu Bd. LI.

Seite	204	Zeile	5 v. u.	lies westlich statt östlich.
"	208	"	3 v. o.	lies <i>Turbinolia</i> statt <i>Turbiolina</i> .
"	328	Profil	lies Forrenkopf	statt Porrenkopf.
"	478	Zeile	7 v. o.	lies exacter und gründlicher statt exacte und gründliche.
"	127	"	21 v. u.	lies Crocifisso statt Cröfcisso.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Semper Max

Artikel/Article: [1. Das palaeothermale Problem. 185-206](#)