

Die Angabe Pichlers, daß die Phyllite im Padastergraben „von echten Phylliten nicht zu unterscheiden seien“ und doch dem „metamorphem Lias“ angehören, erscheint jetzt ihrer Rätselhaftigkeit entkleidet. Es handelt sich dort um „echte“ Quarzphyllite, welche mit den sie umgebenden Gesteinen nicht in stratigraphischem Verbande stehen. Ihr Auftreten ist nunmehr kein Hindernis gegen eine Deutung der in Rede stehenden Schichten als Rhät.

Nun gibt es aber auch unter den Glimmerkalken Gesteine, welche präkambrischen Kalkglimmerschiefern gleichen. Als sich vor einigen Jahren ein erfahrener Petrograph unserer Reichsanstalt nach dem Anblicke einer Suite von Gesteinen aus dem Schmurzjochgebiete zu dem Ausrufe verstieg, die karbonischen Quarzkonglomerate des Nöblacher Rückens sähen vergleichsweise so jung wie Diluvium aus, mochte er vielleicht zunächst an die Phyllite gedacht haben. Es wurde damals aber auch der Glimmerkalk vom Wildseck von einem ostalpinen Petrographen als altkristallines Gestein erklärt.

Die im wesentlichen konkordante Einlagerung der Pyritschiefer und Glimmerkalke zwischen Hauptdolomit und Kössener Schichten würde an sich heutzutage allerdings noch nicht unbedingt als Beweis eines rhätischen Alters derselben anerkannt. Die Annahme einer den hier geschilderten tektonischen Prozessen vorausgegangenen Überschiebung von aus dem Südosten gekommenen präkambrischen Glimmerkalken auf den Hauptdolomit wäre aber doch höchst unwahrscheinlich. Sie würde den an vielen Orten sichtbaren, durch Wechselagerungen vermittelten Übergang des Hauptdolomits in die Pyritschiefer und der Pyritschiefer in die Bänder- und Glimmerkalke nicht zu erklären vermögen.

Trins, Mitte September.

Eingesendete Mitteilungen.

Fritz v. Kerner. Sind Eiszeiten durch Polverschiebungen zu erklären? (Bemerkungen zu W. Eckardts „Klimaproblem“.)

Die Frage, ob die diluviale Eiszeit durch eine Polverschiebung zu erklären sei, ist schon wiederholt bejaht und noch öfter verneint worden¹⁾; jüngst wurde sie durch W. Eckardt neuerdings mit Entschiedenheit bejaht²⁾; ich möchte sie abermals mit Entschiedenheit verneinen. Die Bejahung der Frage durch W. Eckardt ist insofern bemerkenswert, als dieser Autor Meteorologe ist. Diejenigen, welche bisher in gleicher Eigenschaft den Ursachen der Eiszeit nachgingen, sei es durch Anstellung allgemein klimatologischer Erwägungen, sei es durch genaue Analyse der jetzigen Existenzbedingungen der Gletscher, sei es durch theoretisch-physikalische Untersuchung des Problems, waren

¹⁾ Als Verneinungen kann man alle Eiszeithypothesen ansehen, welche eine Polverschiebung auch nicht als unterstützendes Erklärungsmoment in Betracht ziehen.

²⁾ W. R. Eckardt, Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart. (Die Wissenschaft, Heft 31).

zu der Überzeugung gelangt, daß für die Entstehung einer Eiszeit in einem vorher unvergletscherten Gebiete andere Momente als eine Polverschiebung maßgebend seien.

Die Erklärung der geologischen Klimate durch Polverschiebungen ist bei jenen Geologen beliebt, welche an der Kohlensäurehypothese keinen Gefallen finden, und welche auch den Versuchen, bei der Erklärung ohne hypothetische Hilfsfaktoren auszukommen, sehr skeptisch gegenüberstehen. Besonders war der Entwicklungsgang, welchen die Studien Sempers nahmen, sehr geeignet, die Geologen zugunsten der Hypothese von großen Polverlagerungen einzunehmen. Semper war bekanntlich auf Grund sehr sorgfältiger Untersuchungen zu dem Ergebnisse gelangt, daß das Vorkommen von Waldbäumen im hohen Norden zur Tertiärzeit unter zwei annehmbaren Bedingungen ohne Herbeiziehung hypothetischer Hilfsfaktoren erklärbar sei, dann aber, nach weiterer Vertiefung in das paläothermale Problem, zu der Auffassung gekommen, daß die Verbreitungsweise der tertiären Floren und Faunen sehr für eine große Polverlagerung spreche.

Es ist darum zu erwarten, daß auch Eckardts Erklärung der quartären Eiszeit durch eine Polverschiebung bei vielen Geologen Anklang finden wird. Nicht, als ob die Geologen überhaupt eine Neigung bekunden würden, in paläothermalen Fragen den Äußerungen der Klimatologen Gehör zu schenken. Es würde mich ebenso wundern als freuen, wenn die Geologen den Versicherungen Eckardts, daß das terrestrische Klima schon seit den ältesten Perioden thermisch differenziert gewesen sei, Glauben schenken wollten. Ich denke, daß sie das nicht tun und behaupten werden, Eckardt habe als Nichtgeologe jene geologischen Tatsachen, welche mit zwingender Kraft zugunsten einer früheren gleichmäßigen Wärmeverteilung auf der Erde zu sprechen scheinen, in ihrer Beweiskraft sehr unterschätzt. Wenn die Geologen aber eine ihnen sympathische Ansicht über die Klimate der Vorzeit auch von meteorologischer Seite ausgesprochen hören, so werden sie gewiß nicht unterlassen, diesen Umstand jederzeit mit Befriedigung zu betonen.

Unter allen Erscheinungen, aus deren Verbreitung man auf Polverschiebungen zu schließen pflegt ist das Gletscherphänomen das für diesen Zweck am wenigsten geeignete. Sofern dies zunächst im Allgemeinen gezeigt werden soll, ist nur auf die horizontale Verbreitung der Gletscher hinzuweisen, da es sich bei vorquartären Glazialbildungen nicht immer beurteilen läßt, in welcher Seehöhe sie entstanden sind. Wie der Blick auf ein Kärtchen der Gletscherverbreitung auf der Nordhalbkugel zeigt, hat das Glazialphänomen keine zonale Anordnung. Es ist nicht nur die Poldistanz des dem Äquator nächsten Gletschers auf verschiedenen Meridianen sehr verschieden, es gibt auch größtenteils über bergiges Land gehende Meridiane, auf welchen man, vom Gleicher bis zum Pole fortschreitend, überhaupt keine Gletscher antrifft (das arktische Meereis kommt hier nicht in Betracht) und es kommen auch nordwärts von stark vergletscherten Gebirgen wieder ganz gletscherfreie Bergländer vor. Würden uns die heutigen Verhältnisse als Zeugen einer fernen Vergangenheit entgegengetreten und wollte man daraus, daß im Himalaja

Glazialablagerungen vorhanden sind, im Werchojanskischen Gebirge aber solche fehlen, den Schluß ziehen, daß das letztere das vom Pole entferntere gewesen sei, so würde das ganz falsch sein. Der Südpol der Dyasperiode wird meist möglichst in der Mitte zwischen den drei großen damaligen Vereisungszentren: Südafrika, Südastralien und Indien gesucht. Es wäre aber, konform dem vorigen Beispiele möglich, daß manche Gebiete, deren permische Schichten keine Glazialspuren enthalten, dem damaligen Südpole näher lagen als andere, in deren gleichalterigen Schichten Grundmoränen vorkommen. Andererseits darf man aber den Gegenbeweis gegen jene Südpollage, den Mangel von Gletscherspuren im Antipodengebiet (Mexiko) nur auf die vermutete damalige Konfiguration dieses Gebietes gründen, aber nicht auf die Voraussetzung stützen, daß der Gegenpol einer polaren Vergletscherung unbedingt auch vergletschert sein müsse. Würde ein großer Teil des Südpolarkontinents versinken und wären in einer kommenden Epoche nur in Grahamsland, Südgeorgien und Patagonien Glazialablagerungen der Jetztzeit zu beobachten, so käme der Antipodenpunkt des Zentrums dieser Vergletscherung in die Mitte eines weiten Gebietes zu liegen, dessen gleichalterige Schichten gar keine Gletscherspuren zeigen würden (Ostsibirien). Gleichwohl wäre es dann nicht berechtigt, aus diesem Umstande den Schluß zu ziehen, daß jene Vergletscherung keine in höheren Breiten ausgedehnte gewesen sein könne.

Die Ergebnisse der vielen von verschiedenen Forschern über die klimatischen Existenzbedingungen der Gletscher gemachten Studien sind in der neuesten Auflage der Klimatologie von Hann in folgenden Satz zusammengefaßt: „Die maximale Entwicklung der Gletscher ist dort zu finden, wo die warmen Strömungen in relativ kalte Räume vordringen, welche die größte positive Anomalie haben“ (pag. 379). Dieser Sachlage gemäß erscheint die atlantische Seite der Polarkalotte, etwa zwischen 70 und 83° Breite als das für die Gletscherentwicklung prädisponierte Gebiet. Man darf vermuten, daß das Gletscherphänomen, auch wenn am Nordpole Gebirge wären, dort gegenüber Grönland keine weitere Steigerung erfahren würde.

Die maximale Entfaltung der Gletscher ist auf der Nordhalbkugel ebensowenig wie die Entwicklung der tiefsten Wintertemperaturen an die Gegend des geographischen Poles geknüpft. Man kann darum auf dieser Halbkugel wie von einem Kältepole auch von einem besonderen Vergletscherungspole¹⁾ sprechen. Der Mittelpunkt des arktischen Gletscherkranzes liegt zwischen 74° und 75° Breite nahe der Ostküste von Grönland, also weit ab vom geographischen Pole²⁾.

¹⁾ Das Wort Pol natürlich in klimatologischem Sinne gebraucht, als innerster Punkt eines der Kreis- oder Ellipsenform sich nähernden größeren Gebietes, innerhalb dessen ein geophysikalisches Phänomen ungefähr gleiche Intensität erreicht.

²⁾ Auf der Südhalbkugel tritt an Stelle eines vom geographischen Pole abseits liegenden Vergletscherungspoles wahrscheinlich ein den ersteren in wechselnder Entfernung umziehender Gletscherring, da dort wegen des Fehlens eines Gebietes mit großer positiver Anomalie zur Konzentration des Glazialphänomens auf einen Quadranten der Polarkalotte kein Anlaß gegeben ist.

Daß das Gletscherphänomen auf dem antarktischen Kontinent mit wachsender Entfernung vom südlichen Eismeere und mit Annäherung an den Pol von einer

Das Zentrum der nordhemisphärischen diluvialen Eiskalotte befand sich in ungefähr gleicher Breite nahe der Westküste von Grönland. Es hat demnach seit der Eiszeit keine Breitenverschiebung des arktischen Vergletscherungspoles stattgefunden.

Es muß hier ausdrücklich betont werden, daß der oben zitierte Satz nicht etwa nur aus der jetzigen Verbreitungsweise der Gletscher abgeleitet, sondern durch physikalische Erwägungen gewonnen wurde. Wäre er ein bloßer Erfahrungssatz, so könnte man es als einen Zirkelschluß bezeichnen, wenn aus der maximalen Entwicklung des Gletscherphänomens auf der atlantischen Seite der Polarkalotte gefolgert wird, daß die dort herrschenden klimatischen Verhältnisse die für die Gletscherentwicklung günstigsten seien und hieraus wieder erklärt wird, warum das Gletscherphänomen auf der Nordhalbkugel keine zirkumpolare Anordnung zeigt. Die Vertreter der Polverschiebungshypothese könnten dann behaupten, der Grund, warum das Zentrum der jetzigen arktischen Vergletscherung bei Grönland liegt, sei der, daß in der Eiszeit der geographische Pol in jener Gegend lag und daß der seit der Eiszeit verstrichene Zeitraum nicht lang genug war, um die durch die damalige Pollage bedingt gewesene Verbreitungsart des Gletscherphänomens ganz zu verwischen.

Der oben zitierte Satz ist aber, wie gesagt, auch unabhängig von der Betrachtung der Topographie des Polargebietes auf Grund physikalischer Erwägungen erhalten worden und es ist darum nicht berechtigt, anzunehmen, daß die Verbreitungsweise der polaren Gletscher jetzt eine andere sein würde, wenn der Gegenwart keine Eiszeit vorausgegangen wäre. Die arktische Vergletscherung der Jetztzeit ist ihrer Lage und Stärke nach als ein Produkt des jetzigen Klimas beim Bestande der jetzigen Konfiguration des Nordpolargebietes anzusehen. Das Inlandeis von Grönland ist — mutatis mutandis — vermutlich in jenem Sinne ein Rest der Eiszeit, in welchem der Aletschgletscher ein Rest der Eiszeit ist.

Die zum heutigen Nordpole sehr exzentrische Lage des Mittelpunktes der diluvialen arktischen Eiskalotte kann also nicht als Argument zugunsten einer seit der Eiszeit stattgehabten Polverschiebung gelten. Sie ist im Gegenteile als Beweis für eine der heutigen sehr ähnliche eiszeitliche Lage des Nordpales in Anspruch zu nehmen. Ein ringsum vom heutigen Nordpole gleich weites Abstehen der Ränder der diluvialen Eiskalotte würde vielmehr auf eine in der jüngsten Phase der Erdgeschichte erfolgte große Polverschiebung hinweisen.

Würde eine Polverschiebung der alleinige oder hauptsächlichste Grund der diluvialen Eiszeit gewesen sein, so wäre zu erwarten, daß die heutige arktische Vergletscherung ein ungefähr ebenso großes kreisähnliches oder elliptisches Areal wie die diluviale Vereisung bedecken würde und daß nur das Zentrum dieses Areals in einer

gewissen Grenze an wieder an Intensität abnimmt, ist durch die jüngste Südpolarexpedition — wenigstens für das von ihr betretene Gebiet — erwiesen worden. Shackleton hat den vorliegenden Berichten zufolge in der innersten Südpolarregion überhaupt nicht mehr Gletscher, sondern Schneefelder angetroffen.

viel höheren geographischen Breite läge als jenes der diluvialen Eiskalotte. Statt dessen zeigt sich, daß der heutige arktische Gletscherkranz einen viel kleineren Umfang als die diluviale Eiskappe hat, daß aber der Mittelpunkt dieses Kranzes in ungefähr derselben Breite liegt wie jener der viel ausgedehnteren diluvialen Eiskappe¹⁾. Diese Umstände sprechen dafür, daß nicht eine Polverschiebung, sondern eine Steigerung der die jetzige arktische Vergletscherung bedingenden Momente die nächste Ursache der diluvialen Eiszeit war.

Der Umstand, daß das Zentrum der arktischen Vergletscherung in der Diluvialzeit um eine Anzahl Längengrade weiter westlich als in der Jetztzeit lag, steht vielleicht damit im Zusammenhange, daß im älteren Quartär wegen der mangelhaften Wegsamkeit der Golfstrompforte zwischen Island und Schottland die größte positive Anomalie westlich vom Meridian des Cap Farewell erreicht wurde. Als Hauptgrund der im Vergleiche zu Europa weit stärkeren diluvialen Vereisung Nordamerikas ist der viel größere Niederschlagsreichtum der Osthälfte dieses Kontinents anzusehen. Für die Richtigkeit dieser Annahme kann bekanntlich ins Treffen geführt werden, daß auch innerhalb Nordamerikas selbst die Intensität der diluvialen Vergletscherung in nahen Beziehungen zur heutigen jährlichen Regenmenge steht, indem zum Beispiel westlich der großen Seen ein Gebiet, in welchem keine Glazialbildungen vorkommen, mit einer Region zusammenfällt, die heute weniger niederschlagsreich als ihre Umgebung ist. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß in einem um viele Breitengrade dem Nordpole näher gerückten Nordamerika bei gänzlich verändertem Isobarenbilde der Verlauf der Isohyeten derselbe gewesen wäre wie heute.

Auch die Temperaturverhältnisse würden eine stärkere Vereisung Nordamerikas gegenüber Europa bedingen, doch warnt Woeikof davor, diesem Momente eine zu große Bedeutung beizulegen. Die Winter- und besonders die Jahresisothermen verlaufen in Nordamerika in niedrigeren Breiten als in Europa, so daß die Südgrenze der diluvialen Vereisung dortselbst sogar viel weniger weit über die jetzige 0°-Isotherme nach Süden hinabreicht als in unserem Kontinente. Die stärkere Vereisung des nördlichen Nordamerika im Vergleich zu Nordeuropa erklärt es, warum in der Zone der Endmoränen die Jahres- und besonders die Julitemperatur im mittleren Nordamerika höher ist als in Mitteleuropa. Diese Erscheinung einer größeren eiszeitlichen Polnähe Nordamerikas zuzuschreiben, wäre so unbegründet, als wenn man in der kommenden Epoche der Erdgeschichte aus dem Umstande, daß die untere Moränengrenze der Jetztzeit in den Westalpen bei höheren Isothermen angetroffen würde als in den Ostalpen, den Schluß zöge, daß in jener Zeit die Westalpen um viele Breitengrade nördlicher gelegen hätten

¹⁾ Zur Betrachtung der gegenseitigen Größen- und Lagebeziehungen der jetzigen und der diluvialen arktischen Vergletscherung empfiehlt sich besonders die schöne Gletscherkarte in Berghaus' Physikalischem Atlas, Abteilung I, welche die in verschiedenen Gletscher- und Eiszeitbüchern enthaltenen analogen Kärtchen an Größe des Maßstabes und an Feinheit der Ausführung übertrifft.

als die Ostalpen. Der warme Juli im Innern Nordamerikas könnte immerhin als eine Schwierigkeit für die Erklärung der dortigen starken diluvialen Vergletscherung erscheinen; doch ist zu bedenken, daß — wie das Beispiel Ostsibiriens zeigt — auch in einem dem Pole näher gerückten Nordamerika der Juli noch ziemlich warm wäre und daß auch dann der Eintritt einer Vereisung an die Entwicklung von Verhältnissen, welche daß Sommerklima ungünstig beeinflussen, gebunden wäre. Es ist also keineswegs berechtigt, ein sehr ungleich weites südliches Hinabreichen der diluvialen Endmoränen in verschiedenen Meridianen auf der Nordhalbkugel als Beweis für eine von der heutigen abweichende eiszeitliche Nordpollage anzusehen.

Ebenso unbegründet ist es, ein ungleich weites Vordringen der diluvialen Gletscher auf demselben Meridiane zu beiden Seiten des Äquators als mit der jetzigen Pollage unvereinbar zu betrachten. Der Grund, warum die diluvialen Eisdecken in Südamerika nicht in so niedrige Breiten reichten als in Nordamerika war der, daß das Entwicklungsgebiet der Vergletscherung dort ein viel kleineres war als hier. Während im Norden die Bedingungen für ein Übergreifen des grönländischen Inlandeises auf Baffinsland und Hudsonsbay gegeben waren, war das Meer zwischen dem Südpolarkontinente und dem Feuerlande zu tief und zu stürmisch, als daß sich das antarktische Inlandeis über dieses Meer hinweg bis nach Patagonien hätte ausbreiten können. Das Entwicklungsgebiet der subpolaren Vereisung Südamerikas war somit auf den südlichsten Teil dieses Kontinentes beschränkt. Überdies fehlte dort jene große positive Anomalie, welche im Gebiete nordöstlich von Nordamerika die Gletscherentwicklung so sehr begünstigte. Einen teilweisen Ersatz für den Wegfall der im Norden vorhanden gewesenen Vereisungsgründe bildete im südlichsten Südamerika die gebirgige Beschaffenheit des westlichen Gebietsteiles.

Da bei einer hiezu günstigen Gestaltung des Polargebietes eine zum Pole exzentrische Lage der polaren Vergletscherung trotz der zum Pole genau konzentrischen Anordnung der solarklimatischen Faktoren möglich ist, ist es auch nicht berechtigt, jene Hypothesen, nach welchen allgemeine Abkühlungen die Ursache der Eiszeit waren, wegen der Verbreitungsweise der diluvialen Vereisung zu verwerfen. Was zunächst die Annahme betrifft, daß eine gleichmäßige Abkühlung der ganzen Erdoberfläche den Anlaß zur diluvialen Vereisung gebildet habe, so wird gegen die Zulässigkeit dieser Annahme geltend gemacht, daß der Überschuß der diluvialen Vergletscherung über die heutige in den niedrigen Breiten (tropische Hochgebirge) ein viel geringerer als in höheren Breiten war. Die Intensität einer eintretenden Vereisung wird aber nicht überhaupt durch den Grad der Abkühlung, sondern durch die Beschaffenheit des Klimas bedingt, in welchem eine bestimmte Temperaturerniedrigung stattfindet. Würden die Luft- und Meerestemperaturen heute allgemein um 5° sinken, so hätte dies in den gebirgigen Nachbarländern jener Meere, deren mittlere Oberflächentemperatur jetzt im Winter $6-7^{\circ}$ beträgt und auch im Sommer nicht viel über diesen Wert steigt, schon eine ausgedehnte Vergletscherung zur Folge, während an den bergigen Küsten warmer Meere noch gar keine Gletscher zur Entwicklung kämen.

Es gibt aber auch zwei Hypothesen, denen zufolge eine allgemeine Abkühlung, von welcher die höheren Breiten in stärkerem Maße als die niedrigen betroffen wurden, die Ursache der quartären Eiszeit gewesen sei. Die eine derselben, die Kohlensäurehypothese, wird Denjenigen, welche die vorerwähnte Annahme verwerfen, allerdings auch als leistungsunfähig erscheinen, da sich nach ihr für die hohen Breiten nur ein mäßiger Mehrbetrag der Abkühlung ergibt (bei Abnahme des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre).

Dagegen könnte wohl die Hypothese von de Marchi Diejenigen befriedigen, welche auf den Umstand ein großes Gewicht legen, daß die tropischen Hochgebirge in viel geringerem Maße als die außertropischen Bergländer vereist waren. Nach dieser Hypothese hätte die eiszeitliche Abkühlung in den Tropen nur wenige Zehntelgrade, in den hohen Breiten dagegen etwa 5° betragen und zwar in den ozeanischen Klimaten etwas mehr als in den kontinentalen. Da sich nun im nordpazifischen Gebiete und in der subantarktischen Zone wegen der Meeresbedeckung und in Nordasien wegen des exzessiven Kontinentalklimas keine Inlandeismassen bilden konnten, hätte auch die Wirkung einer gleichmäßigen Abkühlung der höheren Breiten beider Hemisphären doch hauptsächlich nur eine ausgedehnte Vergletscherung der Nachbarländer des Nordatlantik sein können. Soweit auf der Südhalbkugel in mittleren Breiten Land vorhanden ist, war dasselbe in der Eiszeit stark vergletschert (Patagonien, Süd-Georgien, Kerguelen, Gebirge des südlichsten Australien, Südinsel von Neu-Seeland). Es ist durchaus nicht notwendig, für jede dieser Vergletscherungen eine besondere lokale Ursache zu suchen, zum Beispiel für die Vergletscherung Patagoniens eine frühere viel größere Höhe der südlichsten Anden und in jenen Fällen, in welchen man keine Ursache findet, anzunehmen, das Phänomen sei ein „zufälliges“ (So soll nach Eckardt die Erscheinung, daß die eiszeitliche Depression der Schneegrenze in Südaustralien ungefähr so groß war wie in mittleren Nordbreiten, eine „zufällige“ sein.) Es ist sehr wohl möglich, daß die diluvialen Vergletscherungen der oben genannten südhemisphärischen Gebiete durch eine allgemeine Abkühlung der höheren und mittleren antarktischen Breiten bedingt waren. Daß trotz der auf der Südhalbkugel vorhandenen, für Gletscherbildung günstigen Bedingungen die südhemisphärischen Vergletscherungen geringer waren als jene zu beiden Seiten des Nordatlantik, läßt sich damit begründen, daß die Entwicklungsgebiete der Vereisung dort viel kleinere gewesen sind, daß insbesondere nirgends eine Verbindung mit der zirkumpolaren Vereisung möglich war. Auch war im Süden wohl nirgends eine so große positive Anomalie wie im nördlichsten Atlantik vorhanden.

Jene Erscheinungen der Verbreitung des Eiszeitphänomens, welche beweisen sollen, daß dieses Phänomen nicht durch eine bei der jetzigen Pollage stattgehabte allgemeine Temperaturerniedrigung bedingt gewesen sein könne, lassen sich demnach zur Erbringung dieses Beweises nicht mit Erfolg verwerten.

Was nun die zuerst von Harmer entwickelte Idee betrifft, daß die Eiszeit Europas mit einer Verlagerung der Zyklonenbahnen in

diesem Erdteile im Zusammenhang gestanden sei, so kann man eine solche Verlagerung und somit auch die Polverschiebung, welche durch sie bewiesen werden soll, wohl nicht als Ursache der Eiszeit hinstellen. Wenn Nordeuropa in der Diluvialzeit deshalb eine antizyklonale Luftdruckverteilung hatte, weil es schon mit Inlandeismassen bedeckt war, so kann diese Luftdruckverteilung doch nicht zugleich der Beweis für eine Polverschiebung sein, durch welche die Eiszeit erst hervorgerufen wurde. Wohl aber scheint eine Verlagerung der Zyklonenbahnen dafür zu sprechen, daß der Nordpol zur Eiszeit eine andere Lage hatte als jetzt. Man muß zugeben, daß die diesbezügliche Beweisführung Eckardts auf meteorologischen Erfahrungssätzen gut aufgebaut ist. Doch möchte es mir scheinen, als wenn eine der Voraussetzungen, auf welche er seine Folgerungen stützt, nicht unbedingt gemacht werden könne. Eckardt setzt voraus, daß die nordatlantischen barometrischen Minima in der Diluvialzeit ebenso tief waren wie heute und sich zwischen der über Nordeuropa gelagerten Antizyklone und der subtropischen Pleiobare nicht hätten nach Osten bewegen können, wenn die letztere nicht eine südlichere Lage als heute besessen hätte.

Es wäre nun aber möglich, daß im Diluvium wegen des Eindringens des Golfstromes zwischen kühlere Länder die Temperaturunterschiede im nordatlantischen Gebiet größer¹⁾ und die daselbst entstandenen barischen Minima tiefer waren als in der Jetztzeit. Solche tiefere Minima hätten sich den Durchtritt durch die oben genannte Pforte wohl erzwingen können. Ich kann mich hier auf die Autorität Hann's berufen, welcher in der neuen Auflage seiner Klimatologie, pag. 378 (bei Besprechung der Arbeiten von Davis), sagt: „Die stärkere außertropische Luftzirkulation dürfte bewirken, daß die Winterregen der Subtropenzone weiter zurück in die Passatregion eingreifen und daß wahrscheinlich auch die Winterniederschläge auf den Kontinenten reichlicher würden.“ Wenn die nordhemisphärischen Luftwirbel in der Eiszeit stärker waren und weiter in die Passatregion eingriffen als in der Gegenwart, liegt aber auch kein zwingender Grund mehr zur Annahme vor, daß die Nordgrenze des Passatgürtels in Afrika südlicher verlaufen sei, beziehungsweise der Nordpol eine Lage gehabt habe, bei welcher Europa in höhere Breiten gerückt wäre.

Nur mit großer Reserve möchte ich noch die Eventualität ins Auge fassen, daß in der Eiszeit die Nordgrenze des Passatgürtels auch bei einer mit der jetzigen übereinstimmenden Pollage etwas südlicher verlaufen sei. Ich denke hierbei nicht an die längst als unzutreffend erkannten Argumentationen Croll's, sondern an jene Vorstellung, welche einst Penck (im Schlußkapitel zur Vergleichen der Deutschen Alpen) entwickelt hat, daß nämlich ein Hinaufrücken des Kalmengürtels in jene Hemisphäre, welche den längeren Sommer hat, als direkte Folge dieses Umstandes stattfindet. Jedenfalls müßte man auch bei dieser Annahme die Land- und Wasserverteilung,

¹⁾ Die nördlichen Ausläufer des Golfstromes dürften in der Diluvialzeit durch das Schmelzen zahlreicher Eisberge allerdings stark abgekühlt worden sein.

besonders die Verschiedenheit derselben auf beiden Halbkugeln, welche Hann und Woeikof als das die Lage des thermischen Äquators beinahe ausschließlich bestimmende Moment betrachten, als den diese Lage in erster Linie beeinflussenden Faktor ansehen. Da nun in der Eiszeit — wie in der Gegenwart — die Landbedeckung in den niedrigen Südbreiten nur eine geringe war, wären auch bei einem extrem langen Sommer der Südhalbkugel keinesfalls die Bedingungen für ein Hinüberwandern des thermischen Äquators auf diese Halbkugel gegeben gewesen. Ich würde auch durchaus nicht jene großen Verschiebungen des Kalmengürtels in Erwägung ziehen, welche l. c. Penck — gestützt auf eine vermutlich nicht einwandfreie Berechnungsart Pilar's — annahm, sondern nur an eine geringe Südwärtsverschiebung von 1—2 Breitengraden denken. Auch eine solche würde — von einer entsprechenden Südwärtsverschiebung des Passatgürtels begleitet — dazu beigetragen haben, den Durchzug der nordatlantischen Zyklonen durch die oben genannte Pforte etwas zu erleichtern.

Es ist nicht zu zweifeln, daß die Ableitung von Polverschiebungen auf Grund des Nachweises von Verlagerungen der Windgürtel mehr begründet ist als jene auf Grund der Feststellung von Lageänderungen der Isothermen. Man muß aber im Auge behalten, daß Änderungen in der Land- und Wasserverteilung sowie in den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen auch das Stärkeverhältnis verschiedener Windsysteme und hiermit die Lage ihrer gegenseitigen Grenzen beeinflussen können.

Auch vom geologischen Standpunkt aus sind gegen die Erklärung der diluvialen Eiszeit durch eine Polverschiebung große Bedenken zu erheben. Über die nächsten Ursachen von Polverschiebungen hat man bekanntlich verschiedene Ansichten entwickelt. Nach einer derselben wären diese Verschiebungen durch große Massenverlagerungen in der Erdkruste bedingt, welche mit gewaltigen Schichtstauungen einhergehen würden, als deren Zeugen die mächtigen Faltengebirge anzusehen wären. Diese Art von Polverschiebungen, welche nicht mit Achsenverlagerungen kombiniert sein müßten, könnte man sich als einen in ungleichen Zeiträumen wiederkehrenden und von Fall zu Fall in verschiedenen Meridianen und in verschiedenem Ausmaße stattfindenden Vorgang denken.

Wäre die diluviale Eiszeit durch eine Polverschiebung dieser Art bedingt gewesen, so könnte man als Begleiterscheinungen der ursächlichen Massenverlagerung vielleicht die tertiären Faltungen ansehen. Es müßte dann aber auch jene spätere Massenverlagerung, welche die jetzige Pollage bedingte, durch eine große postdiluviale Gebirgsfaltung angezeigt sein. Diese müßte als ein tektonischer Prozeß von sehr jungem Datum noch weit deutlichere Spuren als die tertiäre Faltung hinterlassen haben. Nun gibt es zwar auch viele junge Störungen, von einer postdiluvialen Gebirgsaufrichtung, welche auch nur im entferntesten an die gebirgsbildenden Vorgänge der Tertiärzeit erinnern würde, ist aber nichts bekannt.

Hebungen und Senkungen mit Verschiebungen der Meere, Vorgänge, wie sie wohl auch seit der Eiszeit noch stattgefunden haben,

könnte man als ausreichende Ursache für große Polverlagerungen wohl nicht anerkennen. Auch muß bedacht werden, daß viele von den geologischen Veränderungen der Postglazialzeit die Folge des Schwindens der Gletscher waren und darum nicht als Veranlassung jener Polverschiebung betrachtet werden könnten, deren Resultat die jetzige Pollage sein soll. So wäre es eine Verwechslung von Ursache und Wirkung, wollte man die durch das Abschmelzen der arktischen Eiskalotte in den von ihr bedeckt gewesen Gebieten eingetretene Entlastung und die durch die Anhäufung fluvioglazialer Bildungen in anderen Gebieten eingetretene Mehrbelastung als Veranlassung jener Polverschiebung ansehen, durch welche Nordamerika und Nordeuropa in niedrigere Breiten rückten und so von ihren Eispanzern befreit wurden. Man könnte höchstens annehmen, daß, nachdem eine Polverschiebung schon erfolgt war, welche das Abschmelzen des Eises in den eben genannten Ländern bedingte, die mit dem letzteren Vorgang verbundene Massenumlagerung jene Verschiebung noch weiter begünstigt habe und daß es dann so zu einer gegenseitigen Förderung von Ursache und Wirkung gekommen sei.

Noch unwahrscheinlicher ist es, daß, wie Eckardt andeutet, auch die Interglazialzeiten durch Polverschiebungen bedingt gewesen seien. Dann müßten nicht weniger als sieben große posttertiäre Falungsperioden nachweisbar sein! Die Vorstellung aber, daß nur die erste Eiszeit durch eine infolge großartiger Massenumlagerungen eingetretene Polverschiebung verursacht worden sei und daß dann der Erdball wie ein aus seiner Mittellage gebrachter Körper unter wiederholten Oszillationen in seine ursprüngliche Lage zurückgekehrt sei — wobei dann allerdings jenen Polverschiebungen, welche die drei folgenden Eiszeiten und die Interglazialzeiten bedingt hätten, nicht jedesmal große Krustenbewegungen hätten entsprechen müssen — wäre geomechanisch wohl unzulässig und zugleich eine Verquickung mit der Pendulationsidee.

Sollten die diluvialen Eiszeiten und die Interglazialzeiten durch Pendulationen des Erdballes verursacht worden sein, welche — unabhängig von den durch Krustenbewegungen bedingten Schwerpunktsänderungen — in einem bestimmten Schwingungskreis stattfanden, so müßte es sich hierbei um Schwingungen von — geologisch gesprochen — sehr kurzer Dauer gehandelt haben. Da man doch nicht annehmen kann, daß sich die Dauer dieser Schwingungen in der Quartärzeit plötzlich sehr verkürzt habe, so müßten im Tertiär, welches doch einen weit längeren Zeitraum als das Quartär repräsentiert, zahlreiche Polverschiebungen stattgefunden haben. Diese müßten sich bei den tertiären Floren und Faunen durch oftmaligen Wechsel mehr borealen und mehr tropischen Gepräges zu erkennen geben, besonders in Europa, wo wegen der supponierten Lage des Schwingungskreises die Breitenschwankungen groß gewesen sein sollten. Die Ansicht, daß der seit der Eiszeit verstrichene Zeitraum zu einer viele Breitengrade betragenden Polverschiebung viel zu kurz gewesen wäre, hat auch Neumayr ausgesprochen, welcher in geophysikalischen Fragen einen klareren Blick bekundete als manche seiner Fachgenossen, war er doch der einzige Paläontologe, der eine Emanzipation vom Dogma

der ganz gleichmäßigen Wärmeverteilung in vorkretazischer Zeit für möglich hielt. Neumayr wandte sich mit Entschiedenheit gegen eine Erklärung der diluvialen Eiszeit durch eine Polverschiebung gegen Nordamerika zu, obschon er behufs Erklärung der thermischen Rätsel der Tertiärzeit sehr warm zugunsten der Annahme einer Polverschiebung gegen Ostasien hin eingetreten war. Der Ansicht Neumayr's schloß sich auch de Marchi an, während in zwei neueren vielverbreiteten Gletscher- und Eiszeitbüchern (Hess und Geinitz) bei Erörterung der Ursachen der Eiszeit die Polverschiebungshypothese mit Berufung auf die Resultate der in letzter Zeit erfolgten fortlaufenden Beobachtungen der Polhöheänderungen abgelehnt wird. Diese Beobachtungen sind wohl von viel zu kurzer Dauer, als daß sich erkennen ließe, ob es sich da nur um einen den minimalen Schlotterbewegungen eines auch wohlzentrierten Schwungrades vergleichbaren Vorgang handle, oder ob hier unter Spiralbewegungen auch eine progressive Bewegungstendenz verborgen sei. Soviel läßt sich aber sagen, daß die beobachteten Polverschiebungen von anderer Größenordnung sind als jene, welche man zur Erklärung der Klimate der Vorzeit annehmen zu müssen glaubt, während die den Brücknerschen Klimaperioden entsprechenden Schwankungen der für das Gletscherphänomen maßgebenden klimatischen Faktoren von derselben Größenordnung sind wie jene, welche man zur Erklärung der Glazial- und Interglazialzeiten anzunehmen hätte. Es liegt darum viel näher, Schwankungen der mittleren Temperaturen und Niederschlagsmengen bei Konstanz der Pollage statt Polverschiebungen als nächste Ursachen der eben genannten Phänomene anzusehen.

Die Berechtigung der Annahme von großen Polverschiebungen in vereinzelt Perioden kann sehr in Zweifel gezogen werden. Es könnte sein, daß solche Verschiebungen auch in anderen Perioden stattfanden — da doch Krustenbewegungen nicht auf Karbon und Tertiär beschränkt waren und auch von solchen unabhängige Pendulationen rhythmisch erfolgt wären — und daß das Fehlen solcher Verschiebungen in den Perioden mit anscheinend ganz gleichmäßiger Wärmeverteilung nur dadurch vorgetäuscht ist, daß bezüglich solcher Perioden die geologischen Beweismittel für Polverschiebungen (eine fast zonale Verbreitung von auf sehr verschiedene Temperaturen hinweisenden Fossilien) naturgemäß ganz in Wegfall kommen. Es könnte aber auch sein, daß niemals große Polverschiebungen stattfanden und daß deren Eintreten im Tertiär und Altquartär (die permokarbone Eiszeit macht der Erklärung durch eine Polverschiebung ohnedies große Schwierigkeiten¹⁾) nur dadurch vorgetäuscht ist, daß

¹⁾ Bekanntlich reicht weder die Annahme großer Verlagerungen der Erdachse noch die Annahme von holosphärischen Gleitbewegungen der Erdkruste über einen in gleicher Achsenlage verharrenden Erdkern zu einer befriedigenden Erklärung aus. Die Annahme großer partieller Krustenverschiebungen von verschiedener Richtung ermöglicht allerdings die Vorstellung, daß die Verbreitungsgebiete und besonders die Ursprungsgebiete der permokarbonen Gletscher in der Permokarbonzeit sich in größerer Äquatorferne befunden hätten als jetzt; doch gleicht diese Art der Bezwingung des Problems der jungpaläozoischen Eiszeit einem durch den eigenen Tod erkauften Sieg, denn wenn mit der Eventualität gerechnet wird, daß die Schichten älterer Formationen jetzt in sehr verschiedener und viele

das physisch-geographische Bild dieser Perioden — da sie die jüngst vergangenen sind — viel vollständiger als das der früheren ist und darum erst in ihm die Umrisse eines analog dem heutigen stark differenzierten Klimas deutlich hervortreten.

Die Geologen, welche für das Tertiär und ältere Quartär große Polverschiebungen annehmen, bekunden einen eigentümlichen Stimmungswechsel. Betreffs der älteren Perioden, bis einschließlich des Jura, verhalten sie sich gegenüber der Vorstellung, daß es trotz zur Milderung von Wärmekontrasten geeigneter Umstände an den Polen doch kühler als am Äquator gewesen sein müsse, durchaus ablehnend und betreffs des Känozoikums bekunden sie plötzlich ein so feines Empfinden für eine streng zonale Temperaturverteilung, daß sie, sobald die Reste von anscheinend gleicher Wärme angepaßten Lebewesen nicht rings um den Erdball genau dieselbe polare Verbreitungsgrenze zeigen, sogleich an Polverschiebungen denken. Jene Hypothesen, welche es kosmisch-physikalisch zu begründen suchen, daß erst in relativ junger Zeit durch eine von den Polen ausgegangene Abkühlung die thermische Differenzierung des zuvor gleichförmigen irdischen Klimas erfolgt sei, können als überwunden betrachtet werden, nachdem die Erkenntnis Platz greift, daß die permokarbone Eiszeit keine auf Hochgebirge beschränkte Lokalerscheinung sein konnte und mit einer bis ins Meeresebene vorgedrungenen Abkühlung weiter Gebiete verbunden war. Aber selbst wenn man sich um das Phänomen der permokarbonen Eiszeit auf irgendeine Weise herumdrückt und daran festhält, daß erst nach der Jurazeit eine thermische Gliederung des irdischen Klimas eingetreten sei, hat man noch kein Recht dazu, für die Kreide-, Tertiär- und Diluvialperiode einen den Breitenkreisen parallelen Verlauf von Temperaturzonen anzunehmen, nachdem die Jetztzeit ein Bild großartiger Abweichungen des terrestrischen Klimas vom solaren Klima darbietet.

Literaturnotizen.

W. Petrascheck. Die Steinkohlenvorräte Österreichs. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1908, Nr. 36—38, 1—14, Taf. VIII.

Den Kern dieser Arbeit bilden die auf Taf. VIII mitgeteilten Karten der österreichischen Steinkohlenvorkommen (im Maßstab 1:225.000), auf welchen die Steinkohlenvorräte der Kohlenreviere: Rakonitz—Kladno, Schatzlar—Schwadowitz von Westböhmen, Rossitz—Oslawa und Mähren—Schlesien—Westgalizien einheitlich und sehr übersichtlich dargestellt sind.

Es wurde eine Darstellung in Farben (beziehungsweise Punkte, Schraffen und Raster und volltöniges Rot) gewählt, deren jede ein gewisses Intervall an Kohlenmächtigkeit bezeichnet, und zwar: unter 1 m, 1—5, 5—10, 10—15, beziehungsweise 20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60 und über 60 m.

Die Feststellung der Kohlenmächtigkeit erfolgte durch Summierung der übereinander lagernden Kohlenbänke unter Vernachlässigung aller weniger als 30 cm dicken Bänke, soweit diese nicht zu einem bauwürdigen Flöz gehören.

Hinsichtlich der Tiefen wurde bis 1200 m gegangen.

Breitengrade betragender Entfernung von ihrer Bildungsstätte liegen, werden alle paläogeographischen Rekonstruktionen sinn- und zwecklos und versiegt für die Paläoklimatologie ihr wichtigster Lebensquell.