

II. Besprechungen.

Das Klimaproblem der permokarbonen Eiszeit unter besonderer Berücksichtigung der Forschungen Fritz v. Kerners.

Von Dr. W. R. Eckardt (Essen).

Es ist eine unumstößliche Tatsache, daß in keiner geologischen Periode, auch nicht in der wärmsten, ein vollkommen gleichförmiges Tropenklima vom Äquator bis zu den Polen vorhanden gewesen sein kann. Denn bei der Kugelgestalt der Erde können zonale Klimaunterschiede nicht erst ein Merkmal der jüngsten geologischen Epochen sein: immer trafen die Sonnenstrahlen das Tropengebiet unter steilem, die Polargegenden unter flachem Winkel, und daher war stets die zugestrahlte Wärme, die ein Quadratmeter Land von der Sonne erhielt, abhängig von der geographischen Breite. Wenn dennoch in den warmen Erdperioden tropische Pflanzen bis in die Nähe der Polarkreise in den mildesten, begünstigtesten Landstrichen, ebenso wie vielfach auch große wechselarme Reptilien, vorkamen, so beweist das nur, daß die größere Gleichmäßigkeit des Erdenklimas in den warmen Perioden die in der Gegenwart vorhandene starke Akzentuierung des Tropenklimas verhinderte, und daß das Klima in höheren Breiten wenigstens insofern »tropisch« war, als die Winter sehr mild und wohl völlig frostfrei waren und somit einen Kosmopolitismus der damaligen Organismen ermöglichten.

Man kann demnach, wie schon E. PHILIPPI¹⁾ treffend bemerkt, nicht von einer Ausbildung von Klimazonen reden, die in einer gewissen Epoche eingesetzt haben soll, sondern nur von einer schärferen Herauspprägung und Verstärkung bereits vorhandener Temperaturunterschiede. »Die Forderung, daß es erst seit der Kreidezeit klimatische Verschiedenheiten gäbe«, bemerkt FR. V. KERNER²⁾ treffend, »schiene fast gleichbedeutend mit dem kühnen Postulat, daß die Gesetze der Physik der Atmosphäre erst seit der Kreidezeit bestünden.« Zonenbildung mußte aber eintreten, wenn die Temperaturen aus Gründen, die übrigens

¹⁾ Über einige paläoklimatische Probleme. Neues Jahrbuch für Mineralogie und Paläontologie. Beilageband 29, 1910.

²⁾ Bemerkung zu »CARLOS BURCKHARDT: Sur le climat de l'époque jurassique«. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1907. Nr. 16. S. 385.

durchaus auf der Erde selbst zu suchen sind, an der gesamten Erdoberfläche sich senkten, so daß sich in den höheren Breiten die Bedingungen für stärkeren Schneefall einstellen konnten. Durch die stärkere Reflexion der Schneedecke werden aber die Wintertemperaturen tief herabgedrückt, während im Frühjahr ein großer Teil der Sonnenwärme, der in schneefreien Gebieten der Erwärmung der Luft und des Landes zugute kommt, zum Schmelzen von Eis und Schnee verbraucht wird.

Ferner wird in den kühlen Erdperioden von den höheren Breiten, insbesondere von den vereisten Polarzonen aus, der Weltozean nicht nur auf großen Teilen seiner Oberfläche, sondern auch in seiner gesamten Tiefe abgekühlt, so daß schließlich auch die Tropen auf Umwegen (durch kalte Auftriebswässer) nicht unbeeinflusst bleiben von den Wirkungen der polaren Kälte. Wenn dagegen die Bedingungen für die Entstehung größerer Eismassen an den Polen fehlen, muß sich auch der Weltozean erwärmen und somit seines abkühlenden Einflusses verlustig gehen; er wird im Gegenteil sogar zu einem Wärmespeicher für die höheren Breiten, zumal wenn wir bedenken, daß, wenn ein geringer Anstoß zur Erhöhung der Temperatur gegeben ist, die weitere Steigerung etwa im Quadrat der ursprünglichen Bewegungsgeschwindigkeit erfolgt. Daher die milden Klimate der höheren Breiten in den warmen Perioden, die gewissermaßen die Regel für die Vergangenheit der Erde sind. Darin ist aber auch die Tatsache begründet, daß roter Tiefseeton unter den Sedimenten der Erde so selten ist. Denn er kann sich nur unter dem oxydierenden Einfluß der kalten Tiefenwasser bilden, die ihrerseits wiederum eben nur dann existieren können, wenn die Polargebiete vereist sind. Bis in die Tiefen weit entlegener Meere hin macht sich demnach der Einfluß der polaren Eispanzer bemerkbar; ja, es gibt wohl kaum eine Erdstelle, die nicht von irgendwelchen Einflüssen der Abkühlung zur Zeit der großen Vereisungen betroffen worden wäre, wenn wir sie jetzt auch noch nicht immer einwandfrei nachweisen können. Am auffälligsten ist dieser Einfluß wohl in subtropischen Breiten an den Westküsten der Kontinente, wo die ablandigen Passate das kalte Tiefenwasser an die Oberfläche befördern. In den warmen Erdperioden dagegen konnte in diesen Gegenden keine derartige negative Temperaturanomale vorhanden sein.

Bei dieser Gelegenheit sei noch gestattet, eine kritische Bemerkung über die paläoklimatologische Forschung auf geographischer Grundlage einzuschalten. Diese deduktive Methode in der Paläoklimatologie ist vor allem deshalb sehr wichtig, weil wir lediglich mit ihrer Hilfe den Verlauf der Windströmungen und die Temperaturverhältnisse festzustellen vermögen, und zwar durch gewisse allgemeine Grundsätze über Verteilung von barometrischen Tiefdruck- und Hochdruckgebieten unter der angenommenen Festland- und Meeresverteilung nach analogen heutigen Verhältnissen. Es ist aber, wie v. KERNER, der erfolgreichste Forscher auf paläoklimatologischem Gebiet, selbst meint, mehr als frag-

lich, ob die auf Grund der ehemaligen Festlandverteilung berechnete Wärmeverteilung und die daraus abgeleiteten Formeln die Temperaturverhältnisse der höheren Breiten speziell in den warmen Epochen nicht zu ungünstig darstellen, da sie ja, »auch wenn man sie auf von den heutigen abweichende Verhältnisse anwendet, doch noch die Zustände der Gegenwart widerspiegeln«, d. h. eben die winterlichen Effekte der großen Vereisungen der höheren Breiten in der Gegenwart; und das ist zweifellos der Fall!

Jede stärkere Abkühlung des irdischen Klimas muß sich nun, wie gesagt, zuerst und am deutlichsten stets an den Polen oder doch an klimatisch sehr ungünstigen Stellen in nicht allzu weiter Entfernung von diesen zeigen. Es ist daher ausgeschlossen, daß jemals auf der Erde eine Abkühlung, die zur Bildung großer Binnenlandeismassen, deren Enden zum Teil ins Meer kalben, führen mußte, in den Tropen oder gar in den trockenen Passatzonen ihren Anfang hätte nehmen oder auf diese hätte beschränkt bleiben können, während die höheren Breiten überhaupt nicht merklich von jener Abkühlung betroffen worden wären. Auch wäre es gar nicht einzusehen, warum sich gerade die Tropen abgekühlt haben sollten bis zum nivalen Klima selbst in manchen Teilen ihrer Niederungen, während doch die Polargegenden gar nicht kalt gewesen wären, also auch den Ozean gar nicht stärker hätten abkühlen können. Eine tropische Vergletscherung, nach Analogie der polaren Vereisungen, mit zu gewissen Zeiten des Jahres tief unter dem Gefrierpunkt liegenden Temperaturen, wie es in den permokarbonen Gletschergebieten zum Teil selbst im Meeresniveau der Fall gewesen war, ist aber, wie v. KERNER selbst bemerkt, bei der heute der Erde von der Sonne zugestrahlten Wärmemenge undenkbar¹⁾. Denn um unter den gegenwärtigen geographischen Verhältnissen auf einem so ungeheuren Gebiete große Inlandeismassen, die selbst innerhalb der Wendekreise stellenweise unter Begleitung starker Frosterscheinungen²⁾ das Meer erreichten, ins Dasein zu rufen, müßte die heutige Schneegrenze vielfach über 3000 Meter herabgesenkt werden, so daß nur wenige Teile der Erdoberfläche einer allgemein werdenden Vereisung entgehen würden.

Ziemlich allgemein, mit wenigen Ausnahmen, betrachtet man nun, wie auch SEMPER³⁾ bemerkt, die permokarbonen Gletscherherde zwar als hochliegende Landschaften, und die Tektonik der nach der Richtung des Eisschubs als Herd in Betracht kommenden Gebiete verleiht dieser

¹⁾ Das paläoklimatische Problem. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft. Wien II, 1911. S. 285.

²⁾ Vgl. Fig. 185 in J. WALTHER, Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig 1908. S. 348, bzw. Fig. 7 in W. R. ECKARDT, Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart. Braunschweig 1909. S. 29.

³⁾ Geologische Rundschau, Bd. I. Leipzig 1910. S. 66 (Das Klimaproblem der Vorzeit).

Annahme eine Stütze, so daß man es dann jedenfalls in Indien und Australien mit einem relativ steilen Gefälle der Gletscherbahn, mit rasch vorwärts gedrängten Eismassen und demnach auch mit reichlichen Niederschlägen auf den speisenden Firnfeldern zu tun hatte. Das hat zweifellos für die Entstehung einer Anzahl permokarbonischer Eisherde auch seine Gültigkeit. Allein es dürfte sicher sein, daß ein anderer großer Teil der permokarbonen Gletschergebiete nicht nur zum Teil in den Küstengebieten, sondern auch auf weiten Strecken des Binnenlandes in nur geringer Meereshöhe lag, weil eben die Aussichten, solche Moränen der älteren Perioden anzutreffen, sehr gering sind, da die überhöhten Teile der Erdrinde mit allen ihren Bergen, Tälern und Ablagerungen am ehesten der Abtragung anheimgefallen und von der Erdoberfläche verschwunden sind. Erst wenn die Moränen in tief gelegenen Gegenden oder irgendwelchen Akkumulationsgebieten abgelagert wurden, wo sie der Abtragung nicht ausgesetzt, sondern von anderen Sedimenten überschichtet wurden, hatten sie Aussicht, sich lange zu erhalten. Darum ist es auch, wie RAMSAY¹⁾ mit Recht meint, schon a priori wahrscheinlich, daß die noch existierenden glazialen Bildungen der fernliegenden geologischen Perioden von Inlandeismassen in tief liegenden Gegenden abgeladen sind, und eben deswegen ist ihre Beweiskraft für die Klimafrage um so größer. Zugleich ist aber auch, wie PHILIPPI meint, denkbar, daß auch in unseren Breiten rotliegende Glazialbildungen vorhanden waren, die aber sehr bald wieder zerstört wurden. »Dies mußte sogar der Fall sein, wenn die Glazialsedimente höher gelegene Teile der Festländer bedeckten, die später keine Senkung erfuhren, oder wenn die Gebiete der jungpaläozoischen Vereisung gehoben wurden. Wenn das alpine Gebiet nicht nachträglich gesenkt wird, so werden sich von seinen ausgedehnten quartären und rezenten Glazialablagerungen im besten Falle geringe Reste am Südrande der Alpen erhalten. Wenn aber permisches Glazial in so großer Verbreitung besonders in niederen Breiten bekannt ist, so hat das seinen Grund darin, daß es hier durch tiefe und langandauernde Senkungen vor frühzeitiger Zerstörung geschützt wurde.« Jedenfalls dürften diese Senkungen mit der bedeutenden Intensität des jungpaläozoischen Gebirgsbildungsprozesses in Verbindung zu bringen sein und überdies noch eine gute Erklärungsmöglichkeit für das schnelle Schwinden der permokarbonen Schneezeit bieten, wie andererseits die teilweise bis an das Meeresniveau reichende Gletscherausdehnung selbst in relativ niederen Breiten damit im Zusammenhang stehen dürfte, daß die den permokarbonen Gletscheranhäufungen voraufgegangenen Gebirgsbildungen weit breitere Zonen umfaßten als die tertiären Faltungen, die der diluvialen Eiszeit vorangingen.

¹⁾ Orogenesis und Klima. Oefversigt of Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar 52, 1909/1910, Aft. A, No. 11, S. 25. Vgl. auch E. PHILIPPI, Über einige paläoklimatische Probleme, a. a. O., S. 129.

Es fragt sich nun, ob die permokarbone Eiszeit im geologischen Klimaproblem insofern etwa eine Ausnahmestellung einnimmt, als die Annahme einer Polverschiebung oder von großen Krustenwanderungen zu ihrer Erklärung unbedingt notwendig erscheint.

Was die Geologen und Klimatologen für die Hypothese einer Polverlagerung bzw. von Wanderungen der Erdkruste zur Permokarbonzeit einnehmen konnte oder mußte, war vor allem der Ideengang PENCKs. A. PENCK, der 1900 eine sehr wertvolle Abhandlung¹⁾ über die Eiszeiten Australiens veröffentlicht hat, ist in einer späteren Abhandlung²⁾ sicherlich im Irrtum, wenn er meint, daß die Annahme einer bloßen Veränderung in der Verteilung von Wasser und Land ein Inlandeis am Saume der Tropen keineswegs erklärlich mache, weil wir gerade in der Nähe der Wendekreise heute so verschiedene Gruppierungen von Wasser und Land hätten, daß wir uns kaum eine weitere, für die Entwicklung von Vergletscherungen günstigere vorstellen könnten. Dieselbe höchst merkwürdige Ansicht hat, jedenfalls in voller Anlehnung an PENCK, auch E. PHILIPPI³⁾ geäußert. PENCK kommt dann auf die klimatischen Verhältnisse am Himalaya, bzw. auf die des tibetanischen Hochlandes, zu sprechen, die der Gletscherbildung ungünstig seien. Allein dieser letztere von PENCK vorgebrachte, an sich meteorologisch und klimatologisch einwandfreie Begründungsversuch paßt in keiner Weise auf unseren Gegenstand. Denn der Himalaya, am allerwenigsten das tibetanische Hochland, sind insofern kein gutes Schulbeispiel für unsere Sache, weil diese Gebirgsmassen ja nirgends an das Meer heranreichen. Vor allem steht der Himalaya — und das ist der springende Punkt — gerade an seiner polaren Seite mit einem Meere überhaupt nicht in direkter Beziehung oder in Wechselwirkung. Im Gegenteil: die größte Kontinentalmasse der Erde dehnt sich in seinem Rücken aus. Es ist aber die Wahl des Beispiels mit dem tibetanischen Hochland und seinem Südwand, dem Himalaya, vor allem auch aus dem Grunde keine glückliche, weil die diesem Gebirge bzw. Plateauland eigenen Gletscher größtenteils äquatorwärts und nicht polwärts abströmen, wie es in den Hochgebirgen der permokarbonen Passatzonen im Gegensatz hierzu meist der Fall war. Zudem liegt Tibet im Regenschatten des Himalaya. Da aber der Himalaya im gegenwärtigen Erdbilde das einzige Gebirge ist, welches an der Grenze der Passatzone etwa den Breitenkreisen einigermaßen parallel verläuft, so wird die Behauptung PENCKs und die PHILIPPIS, daß wir gerade in der Nähe der Wendekreise in der Gegenwart die verschiedensten Gruppierungen von Wasser und Land hätten, vollkommen hinfällig.

Was zunächst die Hypothese der permokarbonen Eiszeit in ihrem

1) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

2) Südafrika und die Sambesifälle. Geogr. Zeitschrift 1906, S. 609/10.

3) »Die permische Eiszeit« im Zentralblatt für Mineralogie, Geol. u. Paläont. 1908, Heft 12.

Verhältnis zu den absoluten Polverschiebungen¹⁾ anlangt, so hat bereits NEUMAYR gezeigt, daß, wie man auch immer die Erdachse drehen und wenden mag, stets verschiedene Teile des großen permokarbonen Gletschergebietes in die Äquatorialzone fallen würden; ja, man käme schließlich zu dem widersinnigsten aller Schlüsse, daß die Polargegenden damals warmes und die Äquatorialgegenden kaltes Klima gehabt hätten. Ganz anders aber ist es, worauf PENCK hinweist, wenn wir den Fall von relativen Polverschiebungen annehmen. Die Antipodenpunkte der drei Gebiete permokarboner Vergletscherungen fallen ins Meer: in den nördlichen und südlichen Stillen Ozean und in den nördlichen Atlantischen Ozean; sie gewähren also kein Material zur Entscheidung unserer Frage; aber im Dreieck zwischen jenen drei Antipodenpunkten liegt Land, nämlich Mittelamerika, und hier ist nicht die leiseste Spur einer permokarbonen Vergletscherung zu finden. Allein auf diese Tatsache bezugnehmend, meint daher A. PENCK²⁾, daß die Bewegung der Erdkruste in horizontalem Sinne als eine ernsthaft in Erwägung zu ziehende Arbeitshypothese ins Auge gefaßt werden müßte. Doch befindet sich hier PENCK nur sehr bedingt im Recht, ganz abgesehen davon, daß die Annahme von Polverschiebungen oder Krustenwanderungen für die Paläoklimatologie niemals das sein kann, was man unter »Arbeitshypothese« zu verstehen hat. Das haben neuerdings SEMPER und v. KERNER ausführlich gezeigt. Wir kommen weiter unten noch hierauf zu sprechen.

Zunächst ist der Einwand PENCKS, daß bei einer mittleren Lage des Südpoles zwischen Südafrika, Indien und Australien der Gegenpol in Gebiete zu liegen käme, in denen bisher keinerlei Glazialerscheinungen paläozoischen Alters nachgewiesen werden konnten, nicht stichhaltig. Denn es wäre nach FR. v. KERNER³⁾ sehr wohl möglich, daß manche Gebiete, deren permische Schichten keine Glazialspuren enthalten, dem damaligen Südpole näher gelegen hätten als andere, in deren gleichaltrigen Schichten Grundmoränen vorkommen. Der Gegenpol einer polaren Vergletscherung mußte nämlich nicht unbedingt ebenfalls vergletschert gewesen sein; er hätte infolge einer günstigen Konfiguration des betreffenden Gebietes sehr wohl auch eisfrei sein können. »Würde

1) Unter absoluter Polverschiebung hat man eine einheitliche Drehung des ganzen Erdkörpers, also eine Verlagerung der Rotationsachse mit dem Erdkörper, der sich hierbei wie eine homogene Kugel verhalten würde, zu verstehen, so daß der Äquator andere Länder schneidet und die Änderungen für Antipodenpunkte entgegengesetzter Art sind, was bei einer Verschiebung der Erdkruste gegenüber dem Erdkern (relative Polverschiebung) nicht unbedingt erforderlich ist.

2) Südafrika und die Sambesifälle. Geogr. Zeitschr. 1906, S. 609/10. Vgl. auch die sehr beachtenswerte Abhandlung von A. PENCK über die Eiszeiten Australiens in Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1900.

3) »Sind Eiszeiten durch Polverschiebungen zu erklären?« Bemerkungen zu W. ECKARDTS »Klimaproblem«. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1909. Nr. 12.

ein großer Teil des heutigen Südpolarcontinentes versinken und wären in einer kommenden Epoche nur in Grahamland, Südgeorgien und Patagonien Glazialablagerungen der Gegenwart zu beobachten, so käme der Antipodenpunkt des Zentrums dieser Vergletscherung in die Mitte eines weiten Gebietes zu liegen, dessen gleichaltrige Schichten gar keine Gletscherspuren zeigen, nämlich in die Gegend von Ostsibirien. Gleichwohl wäre es dann nicht berechtigt, aus diesem Umstand den Schluß zu ziehen, daß jene Vergletscherung keine in höheren Breiten ausgedehnte gewesen sein könnte.« Und ein weiteres Beispiel führt v. KERNER¹⁾ an: »Würden uns die heutigen Verhältnisse als Zeugen einer fernerer Vergangenheit entgentreten, und wollte man daraus, daß im Himalaya Glazialablagerungen vorhanden sind, im Werchojanskischen Gebirge aber fehlen, den Schluß ziehen, daß das letztere das vom Pol entferntere gewesen sei, so würde das sehr falsch sein.«

Schließlich ist aber auch, wie v. KERNER²⁾ meint, die Annahme einer Polverlagerung in 20° S. und 80° E. L. v. Gr. — also auch die WEGENERsche Verschiebungshypothese — nicht imstande, das Rätsel der permokarbonen Eiszeit verständlicher zu machen: »Projiziert man das FRECHsche Erdbild zu Ende des Karbons auf die ebenerwähnte Pollage, so hätte man einen sehr ausgedehnten Kontinent, der die gesamte Polarkappe umfassen und größtenteils noch weit über deren Grenzen in mittlere und zum Teil noch in niedrigere Breiten hinabreichen würde. Es würden gerade in diesem Falle überhaupt gar keine Polarströme zur Abkühlung der Subtropen vorhanden sein, während sie bei Beibehaltung der jetzigen Koordinaten nur dann in Wegfall kämen, wenn die Blütezeit der wärmeliebenden Fusulinen in den hochnordischen Meeren mit der altdyadischen Eiszeit zeitlich zusammenfiel³⁾. Dagegen würden die fraglichen Vergletscherungsgebiete bei der gedachten Pollage und Landverteilung unter dem Einflusse äquatorialer Strömungen stehen, während bei Beibehaltung der jetzigen Koordinaten und Annahme eines riesigen Gondwanalandes auf der Osthalbkugel überhaupt gar keine Äquatorialströme zur Erwärmung der Subtropen vorhanden wären. Wenn jetzt die Antarktis tief vergletschert ist, so hängt das aufs engste damit zusammen, daß sie hochgebirgig und ringsum von einer ganz meerbedeckten Subpolarzone umgeben ist. In einer von einer landbedeckten subpolaren Zone umgebenen landbedeckten Antarktis würde sich dagegen wohl keine bedeutende Vergletscherung entwickeln können, keinesfalls aber eine solche, daß die Vereisungs-

1) Die extremen thermischen Anomalien auf der Nordhemisphäre und ihre Bedeutung für die Frage der geologischen Polverschiebungen. Met. Zeitschr. 1909, Heft 10.

2) Nach einer brieflichen, seine neuesten Schriften ergänzenden Mitteilung von KERNERS an den Verfasser.

3) Vgl. hierüber: H. v. STAFF, Zur Entwicklung der Fusuliniden. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Paläont. 1908, Nr. 22, S. 691ff.

herde Südafrikas, Südaustraliens und Indiens als letzte randliche Ausläufer einer riesigen, weit über den Wendekreis hinausreichenden Eiskappe aufgefaßt werden könnten«.

Projiziert man das Erdbild KOKENS auf eine Pollage in 20° S. und 80° E. L. v. Gr., so hat man eine wasserbedeckte, mit den Meeren der niedrigen Breiten in offener Verbindung stehende Antarktis. Diese fröre, wie v. KERNER meint, im Winter zwar zu, aber die durch den Zerfall des gebildeten Meereises in Schollen bedingte Abkühlung der Meere mittlerer Breiten im Sommer wäre wohl viel schwächer als die jetzige durch die von den Rändern einer vergletscherten landbedeckten Antarktis kommenden Eisberge verursachte. Es würde daher auch bei KOKENS Rekonstruktion die Vereisung der Randgebiete des heutigen Indischen Ozeans bei der gedachten Pollage eher schwerer als leichter verständlich sein als bei der heutigen Pollage.

Sehr bemerkenswert ist aber nach KERNER auch noch der oft betonte Umstand, daß die gedachte Polverlagerung deshalb nicht zum Ziele führen kann, weil die vom Pole am weitesten abstehenden Gletscherspuren auch dann noch in die geographische Breite von Algier zu liegen kommen. Denn es zeigt sich in der Tat, daß bei der gedachten Pollage und bei der vermuteten altdyadischen Landverteilung in 35° Br. keine Gletscher gedeihen konnten.

Dagegen haben die allerneuesten Rechnungen FR. v. KERNERS ergeben, daß bei der heutigen Pollage und der altdyadischen Landverteilung in 35° Br. ein Hinabreichen von Gletschern bis in die Meeresnähe denkbar wäre. Es steht also fest, daß weder die Annahme großer Polverlagerungen noch die Zuhilfenahme der WEGENERSchen Verschiebungshypothese das Rätsel der permokarbonen Eiszeit verständlich macht. Im Gegenteil!

Zwingend für eine Hypothese von Polverschiebungen kann nur der geologische Nachweis sein, daß für die Permokarbonzeit die bis heute so gut wie ausschließlich nur in niederen Breiten gemachten Glazialfunde auf diese beschränkt blieben, während die permischen Ablagerungen der höheren Breiten nichts von einer ehemals stärkeren Abkühlung des irdischen Klimas erkennen ließen. Nur so hätten wir einen zwingenden Beweis für eine Polverlagerung, bzw. für stattgefundene Krustenwanderungen größerer Erdgebiete. Denn jede stärkere Abkühlung des irdischen Klimas muß sich zuerst und am deutlichsten stets an den Polen oder doch in deren unmittelbarer Nähe zeigen, wie ich oben auseinandersetzte. Lediglich von diesem Standpunkte aus hatte ich das Problem der permokarbonen Eiszeit in Heft 29 der Zeitschrift »Die Naturwissenschaften«, V. Jahrgang 1917, folgerichtig beleuchtet und war zu dem Ergebnis gekommen, daß von diesem Gesichtspunkte aus die Annahme von Polverlagerungen oder Krustenwanderungen zur Lösung dieses Klimarätsels unvermeidlich sei.

Sehen wir uns die Permformation auf der Nordhalbkugel an, so finden wir wenigstens keine sicheren Eisspuren als Äquivalent der ausgedehnten Vereisungen der Subtropen und vor allem der Südhalbkugel, und zwar namentlich nicht in höheren Breiten des Nordens. Wenn auch die Rotliegenzeit nach v. LOZINSKI¹⁾ unter der Herrschaft eines subarktischen Klimas gestanden haben könnte²⁾, so ist doch ebenso wenig wie diese Frage auch noch manches andere der Permokarbonzeit in seinem Verhältnis zum Klima noch lange nicht geklärt³⁾.

Die Frage, ob unter der Voraussetzung kalter Polarklimate eine Vereisung weiter Gebiete der Subtropen zur Permokarbonzeit möglich war, ohne daß eine Polverschiebung stattgefunden hat, hat bis zu einem gewissen hohen Grade von Wahrscheinlichkeit bereits FR. v. KERNER in seiner neuesten hochwichtigen Studie: »Untersuchungen über die morphogene Klimakomponente der permischen Eiszeit Indiens⁴⁾ bejahend beantwortet, wenn diese rechnerische Untersuchung auch keineswegs eine Lösung dieses Problems zum Ziele hat, sondern nur klimatologische Feststellungen bezweckt, die zu den unerläßlichen Vorarbeiten für jeden ernsthaften Erklärungsversuch der permischen Eiszeit Indiens zählen. FR. v. KERNER will eine Beantwortung der Frage versuchen, was für thermische Verhältnisse sich bei der für die Paläodyas vermuteten Land- und Meeresverteilung für Südasien ergeben würden. Der Versuch erfolgte unter rein klimatologischen Gesichtspunkten nach verschiedenen Methoden und auf verschiedenen Grundlagen, indem von den Ergebnissen der geologischen Forschung nur das paläogeographische Bild entlehnt wird, wohingegen die aus der Beschaffenheit und aus den Einschlüssen der marinen und terrestrischen Sedimente gezogenen paläoklimatologischen Schlüsse gänzlich außer Betracht bleiben. Als Grundlage für die Konstruktion der morphogenen Paläoisothermen⁵⁾ benutzte FR. v. KERNER die von FRECH entworfene Darstellung der Kontinente und Meere am Schluß der Steinkohlenzeit und stellte auf diese Weise rechnerisch fest, daß die morphogenen Isodiakrinen (Isothermen der Gegenwart minus Paläoisothermen) des Juli

1) Zur Bildungsweise der Konglomerate des Rotliegenden. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Bd. 62. Wien 1912. S. 209/218. Vgl. auch: TSCHERNYSCHEW, Die oberkarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan. Mém. Comité géolog. Tome 16, No. 2. St. Petersburg 1902. S. 713/718, sowie E. DACQUÉ, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena 1915. S. 412/417.

2) Vgl. hierüber: E. DACQUÉ, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena 1915. S. 413ff.

3) Ich will hier nur an die *Glossopteris*-Flora erinnern und auf meine Abhandlung: »Was sagen uns Jahresringbildung und Jahresringlosigkeit des fossilen Baumwuchses über das Klima der geologischen Perioden?« in: »Die Naturwissenschaften«, 6. Jg., Heft 10, und die hier genannte Literatur verweisen.

4) Sitzungsbericht der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 126. Bd., 2. u. 3. Heft.

5) Das sind die Linien gleicher Wärme der Vorzeit, soweit sie sich aus der Verteilung des Festen und Flüssigen an der Erdoberfläche ergeben.

im nordwestlichen Vorderindien einen Unterschied von -20° aufweisen, so daß die Temperatur im Meeresspiegel in der dortigen Gegend zur Permokarbonzeit im Juli nur 15° betrug. Man sieht also, daß unter solchen Umständen die kritische mittlere Jahrestemperatur von 10° , das ist die höchste, bei der jetzt ein Gletscher zu leben vermag, möglicherweise in der Tat nicht überschritten wurde. Und was die Tatsache anlangt, daß auch die permokarbonen Gletscher Südostaustraliens teilweise das Meer erreichten, so ist dieser Umstand überhaupt nicht weiter verwunderlicher als die tiefe Senkung der Schneegrenze, wie sie auch zur Diluvialzeit auf Neuseeland unter etwa gleicher Breite vorhanden war.

Zwar hatte PHILIPPI gegen die außer von WOJIKOF und anderen auch von KOKEN versuchte Heranziehung kalter Meeresströme zur Erklärung der permokarbonen Eiszeit das auf den ersten Blick berechtigte Bedenken erhoben, daß solche Ströme auf einem benachbarten Lande die Feuchtigkeit mindern und daher eine Vergletscherung nicht fördern könnten. FR. v. KERNER hat indessen neuerdings einwandfrei gezeigt, daß man die beiden Hauptbedingungen einer Vereisung bis zu einem gewissen Grade getrennt betrachten dürfe. Denn als Kältequelle könne für niedrigere Breiten in erster Linie doch nur ein echter polarer Meeresstrom in Betracht kommen, der direkt in den rücklaufenden Bogen eines von den konstanten Passatwinden verursachten subtropischen Stromkreises eintritt, und man müsse dann eben annehmen, daß die andere der beiden Hauptbedingungen: die Luftfeuchtigkeit, auf anderem Wege herbeigebracht würde, und zwar wäre es wohl möglich, daß an der Nordwestecke eines bis etwa 10° reichenden Südkontinentes oder an der Südwestecke eines Nordkontinentes von Süd bzw. von Nord kommende Kälte mit von Ost, d. h. mit einer kräftigen Passatdrift, kommenden Feuchtigkeit zusammenträfen. Die Hauptfrage wäre dabei, ob ein Polarstrom nach Durchquerung der sonnigen Subtropenzone noch kalt in der Äquatorialzone anlangen könnte, und diese muß aus verschiedenen Gründen unbedingt bejaht werden. Denn zunächst würde die Besonnung der Wasseroberfläche keine Erhöhung der Stromtemperatur bedingen, weil sie ein vermehrtes Abschmelzen der mitgeführten Eisberge zur Folge hätte. Sodann liegen über den kühlen Strömen an den subtropischen Westküsten häufig Nebel, die die Sonnenwirkung bedeutend herabmindern. Weiterhin würde das kalte Wasser nicht in die Tiefe sinken, weil es in einer Region mit Auftriebwasser seinen Weg nähme und wegen der Eisbergschmelze salzarm würde. Und schließlich würde das Auftriebwasser eine Erwärmung behindern.

» Wenn in der Gegenwart die Meerestemperatur an den subtropischen Auftriebsküsten nicht unter 13° herabsinkt, so hat das darin seinen Grund, daß sich das kalte Ozeangrundwasser mit warmem Ozeanoberflächenwasser mischt. Wenn sich aber das nur $1-2^{\circ}$ messende Grundwasser mit kühlem Oberflächenwasser mischen würde — und bis

an die Polargrenze der Subtropen könnte letzteres ja noch mit niedriger Temperatur gelangen —, könnte es wohl mit einer Temperatur zwischen 5 und 10° bis an die Grenzen der feuchten inneren Tropenzone kommen, und es könnte dann der Fall eintreten, daß dort im Meeresniveau die kritische mittlere Jahrestemperatur von 10° nicht überschritten würde und die Bedingung für Firnbildung könnte dann in einem Küstengebirge wohl schon zwischen 1000 und 2000 m Meereshöhe erfüllt sein. An der vom kalten Strome bespülten subtropischen Küste bestünde aber wohl ein kühles Küstenklima wie an den Ufern des Ochotskischen Meeres ohne Gletscher in einem die Küste eventuell begleitenden Gebirge «¹⁾).

Was ferner die Bemerkung WOEIKOFFS betreffs einer Vergletscherung der Küstengebirge Brasiliens anlangt, so liegen hier die Dinge ganz anders als an jenen Küsten, die PHILIPPI in Betracht zog. An den Ostküsten bewegt sich kaltes Wasser polarer Herkunft sehr langsam äquatorwärts und sinkt allmählich unter der vom Äquator kommenden warmen Strömung unter. Es ist das Phänomen des »kalten Walles«, bei dem es sich, wie v. KERNER näher auseinandersetzt, nicht um einen »eigentlichen« Polarstrom handelt, sondern nur um eine die Küste begleitende kühle Strömung, die aber im Gegensatz zu den kühlen rückläufigen Ästen der subtropischen Stromkreise auf das benachbarte Land nicht austrocknend wirkt. Die subtropischen Ostküsten sind feucht und niederschlagsreich. Denkt man sich nun, daß dieses »sich langsam äquatorwärts bewegende Wasser polarer Herkunft« reicher mit Eisbergen beladen wäre und daß die warme Strömung schwächer wäre, so wäre, nach v. KERNER, jener Zustand gegeben, den v. HANN als für die Gletscherbildung besonders günstig bezeichnet, nämlich das Eindringen warmer Strömungen in relativ kalte Meeresräume. Die warme Strömung braucht aber nur in der Nähe zu sein und nicht die Küste zu bespülen. Ist doch auch die Ostküste Grönlands sehr stark vergletschert und dennoch von einem kalten Strome begleitet.

Da also v. KERNER hiermit einwandfrei gezeigt hat, unter welchen naheliegenden natürlichen Bedingungen ein Polarstrom nach Durchquerung der sonnigen Subtropenzone noch kalt in der Äquatorialzone anlangen könnte, und auch des weiteren erörtert hat, wie trotz des Vorhandenseins dieser kühlen Strömung die Feuchtigkeit für reichliche Niederschläge geliefert werden kann, so gewinnt die Annahme an Wahrscheinlichkeit, daß auch die permokarbone Eiszeit keine Sonderstellung im geologischen Klimaproblem einnimmt, sondern ebenfalls ohne Polverschiebungen oder Krustenwanderungen sich erklären lassen dürfte. Nur die ausgedehnten Eisfelder der Südhalbkugel würden einem Erklärungsversuch, der seine Zuflucht nicht zu hypothetischen Hilfsfaktoren nimmt, einige Schwierigkeiten bereiten. Doch wäre es ja immerhin möglich, daß die Erde eben

1) Nach einer brieflichen Mitteilung von KERNERS.

vom Karbon her ein anscheinend außergewöhnlich ausgeglichenes maritimes Klima auch noch im Perm besaß, in dem die heutige starke Akzentuierung der Tropen und Subtropen wegfiel, da eben allem Anschein nach die niederen Breiten auf dem Wasserwege aus polarer Richtung eine starke Abkühlung erfuhren. Unter solchen Umständen mußte der um die Wende des Paläozoikums einsetzende Gebirgsbildungsprozeß die schneeigen Niederschläge in entsprechender Höhenlage in allen Zonen außergewöhnlich fördern. Denn in hohem Maße bemerkenswert ist, daß auf die Bildung der Geschiebelehne eine eisfreie Periode folgte, deren Gesteine für ein warmes Klima und üppige Vegetation in Indien für ein warmes, trockenes in Afrika sprechen. »Das zeigt deutlich,« bemerkt WALTHER, »daß die Gletscher in demselben Maße wieder verschwanden, als die zu nährenden Gebirge wieder abgetragen wurden.« Für die gerade in den Passatzonen auftretenden Gletscherbildungen der Permokarbonzeit könnte man wohl mit Recht die im Gegensatz zu heutigen Verhältnissen überwiegende Landbedeckung der niederen Breiten verantwortlich machen. Dieser geographische Zustand brächte nämlich in der kühlen Jahreszeit vermehrte Bewölkung und erhöhte Möglichkeit der winterlichen Zyklonenbildung über landumringten Meeren der Roßbreiten wegen des geringeren Luftabflusses aus dem kühleren Tropengebiet¹⁾.

Gleichwie übrigens in der diluvialen Eiszeit vor allem die gewaltigen Gletschergebiete der Nordhalbkugel ihre Wirkungen auf das Klima der ganzen Erde erstreckten²⁾, so haben sich auch in der Permokarbonzeit auf der ganzen Erde korrespondierende Erscheinungen offenbaren müssen. Darum darf man wohl mit Recht voraussetzen, daß, gleichwie die diluvialen, auch die zahlreichen permischen Vereisungen im wesentlichen gleichzeitig waren, so daß man ihr Auftreten als Ausgangspunkt für die Homotaxie benutzen kann.

Bemerkenswert wäre schließlich noch, daß die zu diesem Zweck früher so oft herangezogene *Glossopteris*-Flora in Wirklichkeit im allgemeinen kein geeignetes Material zur Beurteilung des Klimas der Permokarbonzeit liefert, und zwar weder hinsichtlich ihrer geographischen Verbreitung noch bezüglich ihres histologischen Baues³⁾.

Immerhin läßt sich mit Recht wohl das behaupten, daß die Ursachen der permokarbonischen Vereisungsgebiete nicht nur in der klimatischen Beschaffenheit der Tropenzone und ihrer Grenzgebiete, sondern auch in den Eigentümlichkeiten des Klimas der ganzen Erde

¹⁾ Vgl. hierüber: FR. VON KERNER, Untersuchungen über die morphogene Klimakomponente usw. a. a. O., S. 42.

²⁾ Vgl. hierüber: W. R. ECKARDT, Über die Fortschritte in der Kenntnis vom Wesen und Klima der diluvialen Eiszeit. Die Naturwissenschaften, Heft 33, 1916.

³⁾ Vgl. hierüber: W. R. ECKARDT, Was sagen Jahresringbildung und Jahresringlosigkeit des fossilen Baumwuchses über das Klima der geologischen Perioden? Die Naturwissenschaften, Heft 10, Jg. 6, 1918, und die hier genannte Literatur.

zur damaligen Zeit zu suchen sind. Die Folgerung, daß eine für einzelne Teile der Tropen geologisch nachgewiesene Vereisung mit einer Vereisung der ganzen Erde gleichbedeutend sei, ist demnach in keiner Weise begründet. Es hätte gleichzeitig sehr wohl auch nicht vereiste, sondern eben nur kühle insulare Äquatorialgebiete geben können, während ozeanische Gebiete in der Passatregion sehr wohl ein mildes niederschlagsreiches Klima hätte haben können; ja, im abgeschlossenen Innern größerer tropischer oder subtropischer Kontinentalmassen hätte es gleichzeitig sogar ziemlich warm sein können¹⁾, ganz abgesehen davon, daß die Gletscher eine Erscheinung sind, die im Innern größerer Länderräume die geeigneten klimatischen Bedingungen überhaupt nicht mehr findet und daher auf gebirgige Küsten und Inseln angewiesen ist.

»Bedenkt man, wie groß und wie häufig erneuert die Luftmassen sein müssen, um eine gewisse Wärmemenge zur Eisschmelze zu liefern, so ist es schwerer zu erklären, wie die Eisschmelze gewaltigen, jährlich zukommenden Massen die Wage halten kann, als daß große Gletscher bis in warme Landschaften reichen können.« Unter Berücksichtigung solcher Umstände gewinnen die bereits 1881 von WOJIKOF²⁾ angestellten wertvollen Studien über »Gletscher und Eiszeiten« erneut an Bedeutung; sie gipfeln in dem Satze: »Wer sich Rechenschaft davon gibt, wie wenig die Wärme vieler Gegenden auf unserer Erde der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme entspricht, wie sehr kalte Meeresströmungen und die Eisschmelze abkühlen können, und dann Wolken und Nebel die direkte Wirkung der Sonnenstrahlen mindern, der wird in der Vergletscherung Brasiliens keine physikalische Unmöglichkeit sehen und auch zur Erklärung derselben nicht zu völlig unbewiesenen Hypothesen seine Zuflucht nehmen . . ., sondern sich mit den auf der Erde jetzt wirkenden Ursachen begnügen, nur eine besondere Kombination derselben erfordernd³⁾.«

Nach alledem handelt es sich also keineswegs mehr um einen kühnen Versuch, auch »das dunkelste der paläothermalen Probleme«: die permokarbone Eiszeit, auf rein geographischem Wege zu lösen, wie 1911 v. KERNER selbst noch der Meinung war. Nur KOKENS superlative Voraussetzungen konnten nach dieser Richtung hin keine befriedigende

1) Vgl. hierüber auch die lehrreichen Abhandlungen von FRITZ v. KERNER: »Klimatogenetische Betrachtungen zu W. D. MATTHEWS Hypothetical Outlines of the continents in tertiary times«. Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt in Wien 1910, 12, sowie Bemerkungen zu CARLOS BURCKHARDT: »Sur le climat de l'époque jurassique«. Ebenda 1907, 16.

2) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1881. In dieser für die Paläoklimatologie außerordentlich wichtigen Abhandlung hat WOJIKOF auch physikalische Berechnungen der hier angedeuteten Möglichkeiten gegeben.

3) Nach BECKER hängt die maximale Entwicklung der Gletscher in einer Gebirgsgruppe ab von dem Maximumwert einer Funktion von zwei Variablen, die zueinander im umgekehrten Verhältnis stehen. (»The influence of Convention to glaciation«. Amer. Journ. of Science III, Vol. 27, S. 473.)

Lösung bringen, weil man, »um etwas Unwahrscheinliches glaubhaft machen zu können, höchstens mittlere Verhältnisse voraussetzen darf.«

Für die weitere Erklärung des Phänomens bleiben freilich trotzdem noch recht beträchtliche Schwierigkeiten bestehen. Ich will nur an die Eiszeitspuren im zentralen Afrika erinnern, wo wir im östlichen Kongostaate im Bereich des Lualabastromes, also in unmittelbarer Nähe des Äquators, noch drei zeitlich getrennte Glazialspuren finden, die nicht nur permokarbonisch, sondern zum Teil auch älter und jünger, im letzteren Falle mesozoisch, sein müssen und als solche gleichaltrig sind mit den Resten einer subtropischen Flora auf Spitzbergen und Grönland. Es kommt hinzu, daß in Zentralafrika mindestens die Stirn des Gletschers in recht beträchtliche Tiefen hinabgestiegen sein muß, wie überhaupt die Geomorphologie des in Frage kommenden Gebietes für eine geringe Meereshöhe spricht, in der sich der Spiegel jenes Binnenmeeres befand, in dem, bzw. an dessen Rande, sich die glazialen Ablagerungen finden¹⁾.

Nach dem heutigen Stand der Forschung läßt sich demnach die Möglichkeit der Lösung des permokarbonen Glazialphänomens kurz in die folgenden Sätze zusammenfassen:

1. Sollte der Geologie der einwandfreie Nachweis einer starken Abkühlung und vor allem von ausgedehnteren Vereisungen der Polarzonen zur Permokarbonzeit gelingen, dann konnten auch weite Gebiete der Subtropen vergletschert sein, und es erübrigt sich die Annahme von Polverschiebungen oder Krustenwanderungen, auch wenn solche bis zu einem gewissen Grade stattgefunden haben sollten.

2. Sollte dagegen die Geologie einmal den sicheren Nachweis erbringen können, daß die höheren Breiten der Erde in der Permformation, ähnlich wie im Karbon und im Mesozoikum, ein warmes Klima besessen haben, so ist die Annahme von Polverschiebungen unvermeidlich. Denn man käme ja sonst zu dem widersinnigsten aller Schlüsse, daß in der Permokarbonzeit die niederen Breiten kaltes, nivales Klima; die höheren Breiten dagegen mildes Klima gehabt hätten.

3. Sollte sich ein bestimmter geologischer Nachweis überhaupt nicht erzielen lassen, wie die klimatischen Verhältnisse der Polarzonen im Permokarbon beschaffen waren, so muß die Frage, ob Polverschiebungen stattgefunden haben oder nicht, naturgemäß unentschieden bleiben. Immerhin ist und bleibt dann Fall 1 der wahrscheinlichere.

Die Möglichkeit, daß die Erdachse früher eine etwas andere Lage einnahm, oder daß holosphärische Gleitbewegungen der Erdkruste über einen in gleicher Achsenlage verharrenden Erdkern bis zu einem gewissen Grade stattfanden, ist wohl nicht gänzlich abzustreiten. Allein ganz abgesehen davon, daß solchen Hypothesen überhaupt keine allzu große Bedeutung beigemessen werden kann, sind sie schon deswegen

¹⁾ Vgl. hierüber: EDW. HENNIG, Die Glazialerscheinungen in Äquatorial- und Südafrika. Geol. Rundschau 1915, S. 154/164.

für die Paläoklimatologie keine Arbeitshypothese¹⁾, weil bei ihrer Heranziehung alle paläogeographischen Rekonstruktionen sinn- und zwecklos werden und somit der Paläoklimatologie ihr wichtigster Lebensquell versiegt.

Gleichwie die permokarbone Eiszeit, lassen sich ebensowenig auch die diluviale Eiszeit oder gar die warmen Klimate der höheren Breiten durch Polverschiebungen erklären. Denn wenn auch die Polargegenden zweifellos für die Eis- und Gletscherbildung prädisponiert sind, so finden wir doch in den pliothermen Erdperioden nirgends Eisspuren auf der Erde, wo wir auch immer die Pole hinverlegen. Wollten wir zur Erklärung des Paläoklimas Polverschiebungen heranziehen, so würde die Lösung des Klimaproblems nicht nur nicht vereinfacht, sondern im Gegenteil erschwert und durchaus unsicher. Schon in diesem Umstand ist die Unwahrscheinlichkeit von Polverschiebungen bis zu einem gewissen hohen Grade begründet.

Nach FR. v. KERNER²⁾ hat überhaupt nur ein biologisch wichtiges Phänomen eine streng zonale Anordnung, so daß die einwandfreie Feststellung einer von der heutigen abweichenden Verbreitung dieses Phänomens der sichere Nachweis einer stattgehabten absoluten Polverschiebung wäre: die Polarnacht.

Man könnte in dieser Beziehung etwa folgendes behaupten:

1. Wenn die in Betracht kommenden Pflanzen die Polarnacht nicht überdauern konnten, und wenn es sich einwandfrei feststellen ließe, daß diese ein zum heutigen Pol exzentrisch gelegenes kreisförmiges Gebiet gemieden haben, so wäre das ein schwerwiegendes Argument für eine stattgehabte Polverschiebung: die einwandfreie Feststellung jener Gebietsmeidung hätte jedoch zur Voraussetzung, daß innerhalb jenes Gebietes die betreffende Formation in derselben limnischen Facies wie außerhalb desselben entwickelt wäre. Wenn man fossile Pflanzen nur deshalb innerhalb eines zum heutigen Pole exzentrisch gelegenen kreisförmigen Areals nicht fände, weil die Formation marin entwickelt ist, oder wegen Denudation oder Überdeckung mit jüngeren Bildungen nicht zu beobachten ist, so hätte man doch keinen Beweis für eine Polverschiebung.

2. Wenn die in Betracht kommenden Pflanzen die Polarnacht nicht überdauern konnten und doch innerhalb der ganzen Polarregion gefunden werden, so müssen sie entweder durch Strömungen des Flüssigen oder Festen, d. h. als Treibholz oder durch Krustenwanderungen, in die Polarregion hineingelangt sein. Polverschiebungen könnten deswegen doch noch stattgefunden haben, aber aus dem Lichtbedürfnis der Pflanzen ließen sie sich nicht beweisen.

¹⁾ Vgl. hierüber auch: M. SEMPER, Was ist eine Arbeitshypothese? Zentralbl. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie. Stuttgart 1917. Heft 7.

²⁾ »Die extremen thermischen Anomalien usw.« sowie nach einer brieflichen Mitteilung von KERNERS.

3. Wenn die in Betracht kommenden Pflanzen die Polarnacht überdauern konnten, so ist ihr Vorkommen in höchsten Breiten für eine Polverschiebung nicht beweisend.

Was Punkt 3 anlangt, so ist es aber aus biologischen Gründen¹⁾ und vor allem nach den von mir selbst experimentell vorgenommenen Untersuchungen, indem ich verschiedene immergrüne Pflanzen der Mediterranzone einer viermonatlichen, mäßig temperierten künstlichen »Polarnacht« aussetzte, mehr als wahrscheinlich, daß die Pflanzen wirklich die Polarnacht ohne Schaden ertragen konnten. Wenn auch die geologischen Aufschlüsse nicht dazu ausreichen, »um für diese Pflanzen kreisförmige, zueinander konzentrische, aber zum Pol exzentrisch gelegene Verbreitungsgebiete zu rekonstruieren«, so kann man doch so viel sagen, daß die Vorkommnisse tertiärer Pflanzenfundorte einen zusammenhängenden Kranz um den Pol bilden, oder, wie der englische Geologe HUTTON sagt, »eine Kette, aus der der Pol so wenig entkommen kann, wie eine Ratte aus einer Falle, die ringsum von Dachshunden umstellt ist«. Welche Stellung wir auch dem Pole anweisen mögen, jedenfalls liegen ihm Lokalitäten, an welchen karboner Pflanzenwuchs und tertiäre Waldbäume gefunden werden, weit näher als heute die nördliche Grenze des Baumwuchses. Es besteht daher wenig Aussicht, daß paläophytogeographische Verhältnisse zur Lösung des Problems, ob Polverschiebungen stattgefunden haben oder nicht, etwas beitragen können, zumal wenn wir bedenken, daß eventuell stattgefundene Polverlagerungen doch in sehr langsamem Tempo vor sich gegangen sein müssen.

Die gerade von den Anhängern der Polverschiebungshypothesen kaum gewürdigte Frage, wie die aus geologischen Polverschiebungen erwachsenden Wärmeänderungen zu bestimmen sind, ist ebenfalls von FR. V. KERNER²⁾ eingehender behandelt worden. Nach seinen Untersuchungen ist es schon im Falle einer streng zonalen Land- und Meer-Verteilung nicht allgemein zulässig, die durch eine Polverschiebung auf einem in ihrem Meridiankreise gelegenen Punkte bedingte Wärmeänderung dem vor der Verschiebung zwischen der gegebenen und nachmaligen Ortsbreite bestehenden zonalen Temperaturunterschiede gleichzusetzen. Auch kann die thermische Wirkung einer Polverschiebung im allgemeinen weder nach dem mittleren Temperaturunterschiede noch nach der im Meridiane des betrachteten Ortes herrschenden Wärmedifferenz zwischen der gegebenen und verschobenen Ortsbreite beurteilt werden. Was schließlich die Bestimmungen der Wärmeänderungen infolge der durch Verschiebung der Küstenlinien bedingten Umgestaltung des Erdbildes anlangt, so sind die Aussichten für eine erfolgreiche Her-

¹⁾ Vgl. hierüber: W. R. ECKARDT, Die Theorie von Polverschiebungen und ihre Bedeutung für das paläothermale Problem. Globus 1910, Heft 8; sowie W. R. ECKARDT, Eigentümlichkeiten des geologischen Klimas, insbesondere des Paläozoikums. Prometheus 1910, Nr. 46/47.

²⁾ Sitzungsber. d. Kais. Akad. der Wiss. in Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 126. Bd., 6. u. 7. Heft, S. 445ff.

anziehung der Polverschiebungshypothese zur Lösung paläoklimatischer Rätsel sehr ungünstige, da wegen der Unsicherheit der paläogeographischen Forschungsergebnisse die jeweilige Land- und Wasserverteilung der einzelnen Erdperioden als bekannter Klimafaktor nicht ohne weiteres in Rechnung eingestellt werden kann. Wenn trotzdem v. KERNER nebst anderen paläogeographische Rekonstruktionen wiederholt als Rechnungsgrundlagen benutzt hat, um für die morphogene Komponente geologischer Klimate Zahlenwerte zu erhalten, so muß daran erinnert werden, daß diese Versuche lediglich als thermische Feststellungen für mögliche Fälle der Vergangenheit gedacht waren. Denn wir müssen, auf den Worten von JOH. WALTHER fußend, leider gestehen, daß auch das Ziel, die Konfiguration der Länder und Meere für die einzelnen geologischen Epochen genau festzulegen, so gut wie noch für keine einzige Periode erreicht ist, und daß es noch langer, mühseliger Mosaikarbeit bedarf, bis die einzelnen, lithologisch oder paläontologisch leicht bestimmbareren Klimaregionen zu einem harmonischen System paläogeographischer Beziehungen angeordnet sein werden.

Noch weniger als die Frage nach den Wärmeänderungen infolge von Verlagerungen der Erdachse läßt sich, wie v. KERNER in seiner zuletzt genannten Abhandlung ausführlich gezeigt hat, die Frage nach den thermischen Wirkungen großer Breitenwechsel infolge von partiellen oder holosphärischen Erdkrustendrehungen über den Erdkern beantworten, da sich die thermischen Wirkungen großer Krustenwanderungen auch nicht annähernd schätzen lassen.

Nach alledem verdanken wir jedenfalls FR. VON KERNER in allererster Linie, eine bisher fehlende Grundlage geschaffen zu haben, auf der sich das permokarbone Eiszeiträtsel seiner Lösung näher bringen läßt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Eckardt Wilhelm Richard Ernst

Artikel/Article: [Das Klimaproblem der permokarbonen Eiszeit unter besonderer Berücksichtigung der Forschungen Fritz v. Kerners 30-46](#)