

Werk

Titel: Über die permokarbone Eiszeit und ihre Sonderstellung im geologischen Klimaproble...

Autor: Eckardt, W. R.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log379

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Ein Vergleich der Sichtbarkeitsgrenzen zwischen dem natürlichen Flugbild und der 20-fachen Verkleinerung zeigt, daß ersteres zu letzterem im Verhältnis von etwa 9:1 steht. Es verhält sich also das natürliche Sperberflugbild (S) zu seiner Verkleinerung (s) wie das natürliche Flugbild der Krähe (K) zu seiner Verkleinerung (k). Die Proportion lautet also: $\frac{S}{s} = \frac{K}{k}$, ebenso für Krähe

und Bussard: $\frac{K}{k} = \frac{B}{b}$, und für Krähe und Geier: $\frac{K}{k} = \frac{G}{g}$.

Setzt man in den beiden letzten Gleichungen die entsprechenden Zahlen für die Sichtbarkeitsgrenzen ein, so lassen sich die fehlenden Werte für Bussard und Bartgeier ohne weiteres berechnen. Es ist: $\frac{1000}{110} = \frac{B}{162}$, also $B = 1470$ und $\frac{1000}{110} = \frac{G}{228}$, also $G = 2070$.

Demnach liegt die Sichtbarkeitsgrenze für den Bussard in rund 1500 m Höhe, für den Bartgeier in etwa 2000 m.

Aus den Sehproben geht hervor, daß ein Sperber in 850 m Höhe und eine Saatkrähe in 1000 m Höhe meinem Auge entschwindet, während Gätke diese Vögel noch bis zu einer Höhe von 3000—5000 m erkennen will. Einen Mäusebussard glaubt Gätke bis zu einer Höhe von 3600 m mit dem bloßen Auge verfolgen zu können, während die von mir ausgeführten Sehproben eine Sichtbarkeitsgrenze von 1500 m ergeben haben. Der Kranich, den Gätke noch bis 6000 m Höhe zu sehen vermeint, läßt sich bezüglich seiner Größe wohl mit dem Bartgeier vergleichen, dessen Sichtbarkeitsgrenze nach meiner Berechnung bereits in 2000 m Höhe anzunehmen ist.

Es zeigt sich also zwischen den Augenschätzungen Gätkes und den aeronautischen Höhenmessungen und Berechnungen eine gewaltige Differenz.

Die Entfernung, bis zu welcher ein Gegenstand dem menschlichen Auge sichtbar ist, ist freilich keine konstante Größe, sondern hängt von der Sehschärfe des Beobachters ab. Infolgedessen können die von mir aufgefundenen Sichtbarkeitsgrenzen zunächst nur für meine persönliche Sehschärfe gelten, die nach den internationalen Punktproben eine fast doppelte ist.

Gätke sagt leider über seine Sehschärfe nichts, aber es ist wohl kaum anzunehmen, daß er über eine noch höhere als doppelte Sehschärfe verfügt hat und imstande gewesen wäre, so kleine Objekte, wie Sperber und Saatkrähe, auf Entfernungen von mehreren tausend Metern noch zu erkennen, wozu eine etwa 5—6-fache Sehschärfe nötig wäre, die wohl überhaupt nicht vorkommt.

Gätke hat sich offenbar erheblich geirrt und die Entfernungen weit überschätzt.

Wie wir gesehen haben, lassen sich zahlreiche Gründe theoretischer und praktischer Art gegen

die Anschauung von einer großen Höhe des Wanderfluges der Vögel anführen, dagegen keine einzige Tatsache zu ihren Gunsten. Es kann also diese Hypothese, die lediglich auf irrtümliche Höhenschätzungen ihres Urhebers aufgebaut ist, nicht mehr aufrechterhalten werden.

Nicht in unermeßlichen Höhen, wo die Abnahme des Luftdrucks und der Temperatur jedem Lebewesen von vornherein den Aufenthalt unmöglich macht, liegen die Zugstraßen der Vögel, sondern unweit der Erde, an welche die Vögel trotz ihres Flugvermögens ebenso gefesselt sind, wie alle anderen Lebewesen.

Unter dem Einfluß der Windstärke, der Windrichtung und der Bewölkung wechselt die Höhe des Fluges, indem die Wanderer bald dicht über dem Erdboden dahinfliegen, bald sich höher erheben, ohne jedoch jemals die Erdscholle aus dem Gesichtsfeld zu verlieren oder zu Regionen emporzusteigen, wo sich eine wesentliche Veränderung der atmosphärischen Verhältnisse bemerkbar macht.

Es handelt sich also bei der Höhe des Vogelzuges nicht um Tausende, sondern höchstens um einige hundert Meter, und in den meisten Fällen bewegt sich der Zug noch unter einer Höhe von 100 Metern. Wenn wir Kraniche, Wildgänse oder Störche so hoch über uns fortziehen sehen, daß wir gerade noch imstande sind, die Flugbilder zu erkennen, so dürfen wir nach meinen Sehproben und Berechnungen und unter Voraussetzung einer doppelten Sehschärfe des Beobachters diese Höhe höchstens auf etwa 900—1000 m und, wenn dieselben Vögel nur noch als Punkte erkennbar sind, auf etwa 1500—2000 m veranschlagen, was wohl überhaupt die höchsten Regionen sind, zu denen die Vögel auf ihren Wanderungen emporsteigen, und die man als niedrig bezeichnen muß im Vergleich zu der von Gätke aufgestellten Hypothese.

Über die permokarbone¹⁾ Eiszeit und ihre Sonderstellung im geologischen Klimaproblem.

Von Dr. W. R. Eckardt,

Wetterdienstleiter und I. Assistent am Meteorologischen Observatorium Essen.

In zwei Aufsätzen dieser Zeitschrift²⁾ habe ich erörtert, daß die permokarbone Eiszeit

¹⁾ Zum Unterschied von der jüngst vergangenen Eiszeit (auch diluviale Eiszeit oder Diluvialzeit genannt), die ihre kühlen Schatten hineinwirft bis in unsere Tage, hat man die an der Wende des Paläozoikums, d. h. des Altertums der Erdgeschichte, auftretende Eiszeit die permokarbone genannt, weil ihr Anfang noch in die Steinkohlenzeit (Karbonperiode), ihr Höhepunkt in die der Steinkohlenzeit folgende geologische Periode der Permformation fällt, die den Schluß des Paläozoikums bildet. Aus diesem Grunde hat man sie auch die jungpaläozoische oder dyadische Eiszeit genannt.

²⁾ 1. Über Grundlagen und Theorien der Paläoklimatologie, 2. Jahrgang 1914, Heft 9, und 2. Über die Fortschritte in der Kenntnis vom Wesen und

sich ebenso im Gefolge des um die Wende des Paläozoikums einsetzenden Gebirgsbildungsprozesses einstellte, wie die diluviale Eiszeit den mächtigen Faltungen der Erdkruste in der Tertiärzeit folgte, während die warmen Perioden der geologischen Vergangenheit nicht nur tektonisch ruhigen Zeiträumen entsprechen, sondern dem Klima der Vorzeit überhaupt ihren Stempel aufdrücken. Warme Perioden sind demnach die Regel, kühle Perioden die Ausnahmeerscheinungen in der Erdgeschichte. Kann man doch für eine ganze Anzahl von geologischen Perioden, so z. B. für das gesamte Mesozoikum¹⁾, behaupten, daß nicht einmal polare Vereisungen vorhanden waren, wo immer man auch die Pole hinverlegen mag.

Trotzdem aber kann in keiner geologischen Periode, auch nicht in der wärmsten, ein vollkommen gleichförmiges Tropenklima vom Äquator bis zu den Polen vorhanden gewesen sein. 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 von der Sonne 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, begünstigsten Landstrichen ebenso wie vielfach auch große wechselwarme Reptilien vorkamen, so beweist das nur, daß die größere Gleichmäßigkeit des Erdklimas 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 völlig frostfrei waren und somit einen Kosmopolitismus der damaligen Organismen ermöglichten.

Man kann demnach, wie schon E. Philippi²⁾ treffend bemerkt, nicht von einer Ausbildung von Klimazonen reden, die in einer gewissen Epoche eingesetzt haben soll, sondern nur von einer schärferen Herausprägung und Verstärkung bereits vorhandener Temperaturunterschiede. Eine solche mußte aber eintreten, wenn die Temperaturen aus Gründen, die übrigens 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 Erwär-

mung der Luft und des Landes zugute kommt, zum Schmelzen von Eis und Schnee verbraucht wird.

Ferner aber 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 sein abkühlender Einfluß fortfallen: 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, wie gesagt, 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 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 irgend welchen 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 abtändigen Passate das kalte Tiefenwasser an die Oberfläche befördern. In den warmen Erdperioden dagegen konnte in diesen Gegenden keine derartige negative Temperatur-anomalie vorhanden sein.

Jede stärkere Abkühlung des irdischen Klimas muß sich nun 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 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 zu einem Klima mit schneeigen Niederschlägen selbst in manchen Teilen der Niederungen, während doch die Polargegenden gar nicht stärker hätten abkühlen können. Eine tropische Vergletscherung nach

Klima der diluvialen Eiszeit, 4. Jahrgang 1916, Heft 33.

¹⁾ Mesozoikum = Mittelalter der Erdgeschichte.

²⁾ Über einige paläoklimatische Probleme. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilageband 29, 1910.

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 m herabgesenkt werden, so daß nur wenige Teile der Erdoberfläche einer allgemein werdenden Vereisung entgegen würden. In der Permokarbonzeit aber hätte das erst recht der Fall sein müssen. Ziemlich allgemein, mit wenigen Ausnahmen, betrachtet man, wie auch *Semper*³⁾ 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 Annahme eine Stütze, so daß man es dann jedenfalls in Indien und Australien mit einem relativ steilen Gefälle der Gletscherbahn, mit rasch vorwärtsgedrängten 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 tiefegelegenen Gegenden oder irgendwelchen Akkumulationsgebieten abgelagert wurden, wo sie der Abtragung nicht ausgesetzt, sondern von anderen Sedimenten überschichtet wurden, hatten sie die Aussicht, sich lange zu erhalten. Darum ist es auch, wie *W. Ramsay*⁴⁾ mit Recht meint, schon a priori wahrscheinlich, daß die noch existierenden glazialen Bildungen der fernliegenden geologischen Perioden von Inland-

eismassen in tiefliegenden 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 müßte 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 quartären¹⁾ und rezente Glazialablagerungen im besten Falle geringe Reste am Südrand 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 lang andauernde 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, worauf wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

Als vor einigen Jahren der kühne Versuch gemacht wurde, auch das dunkelste der paläothermalen Probleme, die permokarbone Eiszeit, auf rein geographischen Wege zu lösen²⁾, bemerkt v. Kerner („Das paläothermale Problem“ a. a. O. 1911), „könnte dies nach *Koken*'s eigenem Zugeständnis nur durch mehrere superlative Voraussetzungen gelingen. Da man aber, wenn man etwas unwahrscheinlich Dünkendes glaubhaft machen will, höchstens mittlere Verhältnisse voraussetzen darf, schien jene Lösung nicht befriedigend. Wenn es nun *Koken* nicht wahrscheinlich machen konnte, . . . so wäre es — statt gleich wieder an hypothetische Hilfsfaktoren zu denken — das einzig Richtige gewesen, nachzuforschen, ein wie weites Hinabreichen der Gletscher nur durch veränderte geographische Verhältnisse seine Erklärung finde.“

Jeder Erklärungsversuch unter Voraussetzung mittlerer Verhältnisse muß aber beim permokarbonen Eiszeitproblem fehlschlagen, wie ich mich selbst nach einer derartigen von mir vorgenommenen und anfänglich auch Erfolg versprechenden Untersuchung³⁾ überzeugen mußte. So werden denn auch die Erwägungen hinfällig, die *Woeikof*⁴⁾ über die Möglichkeit einer teilweisen Vergletscherung tropischer Festländer, z. B. Brasiliens, anstellte, indem er die Ansicht vertritt, daß zu einer Vergletscherung niederer Breiten kalte, mit Eisbergen beladene Meeresströmungen

¹⁾ quartär = diluvial.

²⁾ *W. R. Eckardt*, Das Klima der permokarbonen Eiszeit, Naturwiss. Wochenschrift 1916, Nr. 10.

³⁾ Gletscher und Eiszeiten, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1881.

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

²⁾ Vgl. Figur Nr. 185 in *J. Walther*, Geschichte der Erde und des Lebens, Leipzig 1908, S. 348, bzw. Figur 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).

⁴⁾ Orogenesis und Klima. Översigt of Finska Vetenskaps Societeten Förhandlingar 52, 1909/1910, Aft A No. 11, S. 25. Vgl. auch *E. Philippi*, Über einige paläoklimatische Probleme, a. a. O., S. 129.

in weit niedrigere Breiten vorrücken müßten, als es in der Gegenwart der Fall ist. Selbst wenn wir trotz der oben kurz begründeten Unwahrscheinlichkeit oder gar Unmöglichkeit sehr kühler Meeresströmungen, die im Permokarbon von höheren in niedere Breiten gelangten, solche als damals vorhanden annehmen wollten, so vermögen diese das Problem der Vereisung erst recht nicht zu erklären. Denn *Philippi*¹⁾ hat gegen die außer von *Woëikof*²⁾ und anderen auch von *Koken* versuchte Heranziehung kalter Meeresströme zur Erklärung der permokarbonen Eiszeit mit vollem Recht das Bedenken erhoben, daß solche Ströme auf einem benachbarten Lande die Feuchtigkeit mindern und daher eine Vergletscherung nicht fördern könnten. Daran ändert aber auch der Einwand v. *Kerners*³⁾ nur wenig, der dahin geht, daß man die beiden Hauptbedingungen einer Vereisung bis zu einem gewissen Grade getrennt betrachten dürfe. Denn als Kältequelle könne für niedrige Breiten in erster Linie doch nur ein echter polarer Meeresstrom, welcher direkt in den rücklaufenden Bogen eines von den konstanten Passatwinden verursachten subtropischen Stromkreises eintritt, in Betracht kommen, und man müsse dann eben annehmen, daß die andere der beiden Hauptbedingungen, die Luftfeuchtigkeit, auf anderem Wege herbeigebracht würde. Wie das möglich wäre, hat indessen v. *Kerner* nicht gezeigt.

Daß gewisse Teile der Tropen bei einer entsprechenden Konfiguration der Länder und Meere weit mehr als heute eine Abkühlung aus polarer Richtung in dem von *Fr. v. Kerner* angegebenen Sinne erfahren könnten, wird wohl kein Klimatologe bezweifeln. Es ist aber mehr als fraglich, ob diese Erwägung v. *Kerners* auf die permokarbone Eiszeit anwendbar ist, nachdem v. *Hann*⁴⁾, übrigens ganz in Übereinstimmung mit der oben vorgebrachten Einwendung *Philippis*, gezeigt hat, daß doch die hauptsächlichste Entwicklung der Gletscher dort zu finden ist, wo wärmere Meeresströmungen in relativ kalte Räume vordringen, die aber im Vergleich zu ihrer hohen Breitenlage doch noch ziemlich warm sind. Denn jedenfalls ist eine gewisse Abkühlung des Landes die Ursache der Entstehung großer Inlandeismassen, nicht die Abkühlung der Meere, die sonst den nötigen Wasserdampf nicht mehr liefern können.

Es ist daher die permokarbone Eiszeit ohne Anwendung hypothetischer Hilfsfaktoren nicht zu erklären, und zwar kämen wohl einzig und allein die Hypothesen von Polverschiebungen in Betracht.

Was zunächst die Hypothese der permokarbo-

nen Eiszeit in ihrem Verhältnis zu den *absoluten*¹⁾ Polverschiebungen 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, 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. Penck*²⁾, daß die Bewegung der Erdkruste in horizontalem Sinne als eine ernsthaft in Erwägung zu ziehende Arbeitshypothese ins Auge gefaßt werden müßte, und das mit Recht!

Zwar 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. Kerner*³⁾ 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 ein großer Teil des heutigen Südpolarkontinentes 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

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, *Geograph. Zeitschr.* 1906, S. 609/610. 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.

¹⁾ Über die permische Eiszeit, *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1908, Heft 12, S. 338/360.

²⁾ Indisches Perm und die permische Eiszeit, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1907, S. 446 ff. und 1908, S. 449 ff.

³⁾ Das paläoklimatische Problem, a. a. O.

⁴⁾ *Handbuch der Klimatologie*, 3. Aufl., I. Bd., S. 379.

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 könne.“ Und ein weiteres Beispiel führt v. Kerner¹⁾ an: „Würden uns die heutigen Verhältnisse als Zeugen einer ferneren Vergangenheit entgegentreten, 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.“

Dennoch scheint eine absolute Polverschiebung für das Permokarbon nicht in Frage zu kommen, sondern nur Verschiebungen der Erdkruste, also relative Polverschiebungen, und zwar vor allem wegen der ungeheuren Größe der Eiskappe, die die betreffenden Teile des Gondwanalands hätte bedecken müssen, falls die alte Lehre vom Versinken der Landbrücken ihre Geltung behielte. Denn selbst wenn der Pol an die günstigste Stelle, nämlich mitten in den Indischen Ozean gelegt würde, so erhielten die fernsten Gebiete mit Inlandeis immer noch geographische Breiten von 30° bis 35°, so daß die Eisfelder Indiens, Südafrikas und Australiens von ihm so weit entfernt wären wie Tunis und Algier vom gegenwärtigen Nordpol. Nach der Wegenerschen Verschiebungstheorie²⁾ gestalten sich dagegen die Verhältnisse viel einfacher und natürlicher: Südamerika mit den Falklandsinseln, Vorderindien und Australien mit Neuseeland rücken konzentrisch auf Südafrika zusammen. Messen wir dann auf dem rekonstruierten Urkontinent die Abstände der permischen Glazialfunde voneinander, so wird die größte derartige Entfernung, d. h. der vorläufig größte Durchmesser der permischen Inlandeiskappe 60° bis 70°, also viel geringer als der der diluvialen Eisbedeckung der Nordhalbkugel, wenn man den nördlichen Teil des nordatlantischen Ozeans als Glazialgebiet mitrechnet. „Und auch der Nordpol“, fährt A. Wegener fort, „macht jetzt keine Schwierigkeiten; denn wenn der Südpol inmitten seiner Glazialerscheinungen, also in Südafrika, etwa 70° von seinem heutigen Ort entfernt angenommen wird, so fällt der Nordpol auf heute 20° Nordbreite mitten in den auch im Mesozoikum bereits bestehenden Pazifischen Ozean, wo er keine Glazialablagerungen erzeugen kann.“ Wenn auch aus hier nicht näher zu erörternden Gründen Wegener mit Annahme solch gewaltiger Verschiebungen (wenigstens in bezug auf die von ihm zum Vergleich herangezogenen und ebenfalls mit Hilfe der Verschiebungstheorie erklärten diluvialen Verhältnisse der Nordlandhalbkugel, die Wegener durch die Annahme zu vereinfachen

sucht, daß zur diluvialen Eiszeit Nordamerika noch dicht an Nordeuropa angelehnt gewesen sei, um sich später westwärts zu verschieben) unter Umständen nicht das Richtige treffen sollte, so gebührt ihm doch das Verdienst, durch die sehr wahrscheinliche Annahme von großen Verschiebungen der Erdkruste und deren Begründung bis jetzt den plausibelsten Erklärungsversuch für die permokarbone Eiszeit gegeben zu haben. Dadurch, daß die geographischen Verhältnisse des Permokarbons durch den Gegensatz eines nördlichen und eines südlichen Kontinents bestimmt werden, wird für diese Epoche, wie Semper³⁾ bemerkt, „das Scheinbild gürtelförmiger Provinzen hervorgerufen, die eine mit der Glossopterisflora, die andere mit der Lepidodendrenflora“ (Steinkohlenflora). Wenn nun auch bei der Glossopterisflora — und ebenso bei den permokarbonen Vergletscherungen — der Anschein zonerer Abgrenzung schwindet, sobald man, wie Semper mit Recht meint, auch auf die kleineren und zerstreuteren Vorkommnisse Rücksicht nimmt, so leuchtet doch dem Klimatologen ohne weiteres ein, daß die beiden genannten Provinzen, d. h. eine sehr milde Nordhalbkugel und eine bis tief in die tropischen Niederungen hinein vergletscherte Südhalbkugel, klimatisch nebeneinander undenkbar sind, so daß zur Erklärung der eigentümlichen Klimaverhältnisse jener Zeit die Zuhilfenahme der Verschiebungshypothese unumgänglich ist. Daran vermag auch die Erwägung nichts zu ändern, daß die Verschiebungshypothese im Sinne Wegeners, wie die Hypothesen von Polverschiebungen überhaupt, für die Geologie und Paläoklimatologie heute noch nicht das sind, was man, streng genommen, unter „Arbeitshypothese“ („working hypotheses“) zu verstehen hat.

Über die von H. v. Staff²⁾ aufgestellte Forderung, daß die Verteilung der Fusulinenfundorte³⁾ auf der Erde sich nach Lage und Alter ebensowohl der Annahme einer Polverlagerung als einer allgemeinen Eiszeit widersetze, daß vielmehr das Klima auch während der permokarbonen Eiszeit keine sehr bedeutende Herabsetzung der Temperatur erfuhr, wollen wir an dieser Stelle kein eingehenderes Urteil fällen, da die allgemeinen Forschungsergebnisse noch nicht soweit gediehen sind. Es sei nur hervorgehoben, daß H. v. Staff bei seiner Beweisführung die Hypothese der bekannten absoluten Polverschiebung (Pollagen in der Mitte des Indischen Ozeans und in der Gegend von Mexiko) im Auge hatte. Immerhin würde die Hypothese von H. v. Staff sehr gut mit der An-

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

²⁾ A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Sammlung Vieweg, Braunschweig 1915.

¹⁾ Vgl. den Artikel Semper „Paläoklimatologie“ im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 7. Bd., Jena 1912 sowie Semper, Das Klimaproblem der Vorzeit (Sammelreferat), Geologische Rundschau I, 1910.

²⁾ Zur Entwicklung der Fusuliniden, Centralblatt für Mineralogie, Geologie u. Paläontologie 1908, Nr. 22.

³⁾ Die einen typischen Bestandteil der karbonischen und permischen Meeresfauna ausmachende Gattung *Fusulina* besteht aus einer gekammerten, dünnen Platte, die zu einer Spindel zusammengerollt ist und so einem Getreidekorn ähnlich sieht.

nahme in Einklang zu bringen sein, daß die permokarbonen Gletschergebiete nicht unbedingt in der Polarzone zu liegen brauchten, zum mindesten aber im allgemeinen keine erhebliche Abkühlung der Meere bewirkt hätten, wie die Eismassen von heute oder gar die diluvialen. Jedenfalls ist so viel sicher, daß sich die Ansicht *H. v. Staffs* weit besser mit der Wegenerschen Verschiebungstheorie verträgt, als mit der Hypothese einer absoluten Polverlagerung.

Was die Glossopterisflora (so genannt nach der für die damalige Zeit charakteristischen Farn-gattung *Glossopteris* mit ihren langen, zungenförmigen Wedeln) in ihrer Beziehung zum Klima der permokarbonen Eiszeit anlangt, so spricht der ganze Habitus ihres Blatt- und Holzbaues nicht dafür, daß sie in einem einstigen rauhen Klima wuchs, denn vor allem fehlt den Stämmen im allgemeinen die Jahresringbildung; nur ausnahmsweise wurde sie nach den trefflichen Untersuchungen *Gothans*¹⁾ von den Nachwehen der Eiszeit noch berührt, so daß es zur Jahresringbildung kam. Die Glossopterisflora muß demnach unter ganz ähnlichen klimatischen, d. h. eben mindestens stark ozeanischen Verhältnissen aufgewachsen sein, wie die echte Steinkohlenflora. Mit Sicherheit können wir daher annehmen, daß die Glossopterisflora im allgemeinen erst nach dem Zurückweichen des Eises die Moränenlandschaften besiedelt hat. Zu einer genaueren Feststellung engerer Beziehungen dieser Flora zum Klima reichen die bisher gemachten Funde noch nicht aus. Immerhin läßt sich mit Gewißheit sagen, daß die Glossopterisflora nicht die eines sehr kühlen oder gar glazialen Klimas war, schon weil sie bei ihrem Vorrücken auf die Nordhalbkugel den Tropengürtel überschreiten mußte und über-schritten hat. Dagegen kann, wie *Handlirsch*²⁾ aus den zur Permokarbonzeit entstandenen Insektenformen mit gänzlicher Verwandlung (Holo-metabolie) gezeigt hat, im Vergleich zur Steinkohlenzeit eine deutlichere Abkühlung des Klimas nachgewiesen werden.

Wie wir uns aber auch die Lage des vielfach vergletscherten Südkontinentes zu den Polen im Permokarbon vorstellen, so ist jedenfalls das sehr wahrscheinlich, daß das Auftreten der permokarbonen Vereisungen auch in ziemlich polfernen, jedoch nicht äquatorialen Gegenden möglich war, und daß die teilweise bis an das Meeresniveau reichende Gletscherausdehnung selbst in relativ niederen Breiten damit im Zusammenhang stehen könnte, daß die den permokarbonen Gletscher-

anhäufungen voraufgegangenen Gebirgsbildungen weit breitere Zonen umfaßten als die tertiären Faltungen, die der diluvialen Eiszeit vorangingen. In Übereinstimmung damit darf aber, wie *W. Ramsay* meint³⁾, vielleicht vorausgesetzt werden, daß die Verschiebungen und Zerbrechungen in der Erdkruste und die Deformation der Erdoberfläche damals viel größer waren als bei dem tertiären Gebirgsbildungsprozeß.

Bei dieser Gelegenheit sei es 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 *von Kerner* selbst meint, mehr als fraglich, 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. Das ist aber zweifellos der Fall!

Die an sich durchaus berechnete Ansicht *v. Kerners*, daß die paläogeographischen Rekonstruktionen für die Paläoklimatologie der wichtigste Lebensquell seien, wird auch besonders von mir in jeder Beziehung geteilt. Aber ich kann die weitere Anschauung *von Kerners*, daß speziell auch die Bezwingung des Problems der jungpaläozoischen Eiszeit durch Annahme von Verschiebungen der Erdkruste „einem durch den eigenen Tod erkauften Sieg gleiche“, nicht billigen, und zwar aus dem Grunde nicht, weil wir weder die klimatischen Verhältnisse der permokarbonen Eiszeit selbst, noch die paläogeographischen Rekonstruktionen der die Vereisungen tragenden Festlandsmassen ohne Zuhilfenahme der Hypothese von Verschiebungen nun und nimmer auch nur einigermaßen zu erklären vermögen. Erfährt doch vielmehr mit Hilfe der Wegenerschen Verschiebungstheorie das permokarbone Glazialproblem sogar eine sehr plausible Vereinfachung in dieser Beziehung dadurch, daß die Reste des nach alten Hypothesen größtenteils versunkenen Gondwanalandes einfach zusammenrücken und in höhere Breiten zu liegen kommen. Damit wird aber auch gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit ziemlich groß, daß die permokarbonen Vereisungen ebenso im wesentlichen gleichzeitig waren, wie die diluvialen. Das muß man aber schon z. T. auch

¹⁾ Die Frage der Klimadifferenzierung im Jura und in der Kreideformation im Lichte paläobotanischer Tatsachen, Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt 1908, Bd. 29, Teil II, Heft 2 sowie den Aufsatz: Die Jahresringlosigkeit der paläozoischen Bäume und die Bedeutung dieser Erscheinung für die Beurteilung des Klimas dieser Perioden, Nat. Wochenschrift N. F., Bd. 10, Nr. 28 (1911).

²⁾ Beiträge zur exakten Biologie, Sitzungsber. d. Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Math.-naturwiss. Kl., Bd. 122, Hd. I, März 1913.

³⁾ Orogenesis und Klima, a. a. O., S. 46.