

N^o. 12.



1910.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Bericht vom 30. September 1910.

Inhalt: Vorgänge an der Anstalt: Dr. A. Matosch: Einreihung in die VII. Rangsklasse. — Prof. F. Kossmat: Einreihung in die VIII. Rangsklasse. — **Eingesendete Mitteilungen:** F. v. Kerner: Klimatogenetische Betrachtungen zu W. D. Matthews Hypothetical outlines of the continents in tertiary times. — **Literaturnotizen:** Geologische Übersichtskarte von Bosnien und Herzegowina. II. Sechstelblatt.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Vorgänge an der Anstalt.

Seine Exzellenz der Minister für Kultus und Unterricht hat mit dem Erlasse vom 8. September 1910, Zahl 36973, den Bibliothekar der k. k. geologischen Reichsanstalt, kaiserlichen Rat Dr. Anton Matosch, ad personam in die siebente Rangsklasse der Staatsbeamten eingereiht.

Seine Exzellenz der Minister für Kultus und Unterricht hat mit dem Erlasse vom 9. September 1910, Zahl 36972, den Adjunkten der k. k. geologischen Reichsanstalt, tit. außerordentlichen Universitätsprofessor Dr. Franz Kossmat, ad personam in die achte Rangsklasse der Staatsbeamten eingereiht.

Eingesendete Mitteilungen.

Fritz v. Kerner. Klimatogenetische Betrachtungen zu W. D. Matthews Hypothetical outlines of the continents in tertiary times.

Aus verschiedenen Gründen hat man bekanntlich angenommen, daß das nordatlantische Festland in der älteren Tertiärzeit noch bestand. Sofern auch — wie vermutet wurde — Nordamerika und Ostasien zusammenhingen, stand das arktische Meeresbecken der Eocänzeit nur mit einem Ozean, dem indischen, über Westsibirien in offener Verbindung. Unter der Voraussetzung, daß der auf diesem Wege dem Nordpolargebiete zugeflossene laue Strom keine größere thermische Anomalie hervorrief als sie heute die Golfstromtrift erzeugt, mußte man auf eine rein geographische Erklärung der hochnordischen Funde von Tertiärpflanzen — selbst wenn man diese für

paläogen ansah — verzichten, denn die Annahme, daß diese Pflanzen bedeutend tiefere Wintertemperaturen ertrugen als Heer meinte — eine Annahme, unter welcher nach Semper die besagten Pflanzen auch bei einem dem heutigen analogen Solarklima auf großen Landflächen wachsen konnten — ist selbst schon ein zwar nicht klimatologischer, aber biologischer hypothetischer Hilfsfaktor. So sah man denn um die Jahrhundertwende Hypothesen über vermindert gewesene Wärmeausstrahlung und Hypothesen über Polverschiebungen als Lösungsmittel des thermalen Problems der Tertiärzeit bevorzugt, worauf dann noch Hypothesen über Krustenwanderungen auftauchten, die nur das Vorkommen pflanzenführender Schichten im hohen Norden, aber nicht zugleich ein mildes arktisches Klima zu erklären suchten.

Vor vier Jahren wurde nun die nordatlantische Landbrücke der Eocänzeit durch Lapparent¹⁾ und vor ihm schon durch Matthew²⁾ abgebrochen. Letzterer nimmt für das nordatlantische Gebiet der mittleren Eocänzeit eine in allen Grundlinien mit der heutigen übereinstimmende Gestalt an und läßt überdies Ostasien und Nordamerika durch einen die Behringsstraße an Breite weit übertreffenden Meereskanal getrennt sein. Seine Rekonstruktion der mitteleocänen Meere und Festländer regt dazu an, das paläothermale Problem wiederum im Sinne der alten Anschauungen von Wallace, welche Woeikof als klimatologisch zulässig erklärt hat, zu untersuchen. Nach Matthew zeigen die untereocänen Säugetierfaunen Nordamerikas und Europas noch gemeinsame Arten, dann entwickeln sie sich aber nach verschiedener Richtung weiter und es erfolgen weder Faunenmischungen noch Wanderungen bis zum Ende der Eocänzeit. Das Vorkommen mitteleocäner amerikanischer Säugetiere in Europa war auf mangelhaft erhaltene und nicht sicher bestimmbare Knochenreste hin angenommen worden und es handelte sich hier auch nicht um mitteleocäne, sondern um untereocäne Typen.

Diese Feststellungen beweisen, daß Nordamerika und Europa in der mittleren Eocänzeit getrennt waren. Dies würde aber nur einen Durchstich der nordatlantischen Landbrücke, wie ihn Kossmat³⁾ zwischen Island und Schottland vorgenommen hat, rechtfertigen. Für die Wiederherstellung des nordatlantischen Ozeans in seinen heutigen Umrissen findet sich bei Matthew keine spezielle Begründung, so daß sich nicht erkennen läßt, ob dieselbe nur auf Grund des für seine Rekonstruktionen im allgemeinen leitend gewesenen Prinzipes geschah, die Küstenlinien — soweit die geologische Forschung nicht einen abweichenden Verlauf derselben mit Sicherheit ergibt — den heutigen analog zu ziehen.

Mir möchte es scheinen, als wenn die Beweise für einen Fortbestand der Nordatlantis bis ins Tertiär keine zwingenden wären, da gewisse, in der Paläogeographie übliche Schlüsse im nordatlantischen

¹⁾ *Traité de Géologie*. Paris 1903.

²⁾ *Hypothetical outlines of the continents in tertiary times*. Bull. of the Amer. Mus. of Nat. Hist. XXII. New York 1906. Matthews Rekonstruktionen stammen aber schon aus 1903.

³⁾ *Paläogeographie*, Leipzig 1908.

Gebiete wegen dessen besonderer physischer Beschaffenheit mit weniger Berechtigung als anderswo gezogen werden können. Es betrifft dies zunächst das Fehlen mariner Eocänablagerungen an den Küsten des nördlichsten Atlantik. Solche Ablagerungen würden bei der geologischen Struktur der in Betracht kommenden Länder nicht als eingequetschte Muldenkerne, sondern als Auflagerungen auf den alten Massen oder als randliche Anlagerungen an dieselben in Erscheinung treten. Im letzteren Falle könnte es wohl sein, daß sie der Wucht der Brandung schon ganz zum Opfer gefallen wären, selbst wenn sie durch Decken von Ergußgesteinen geschützt waren. Kapitän Thom¹⁾ sagt von den Orkney-Inseln: „Während der fürchterlichen Stürme des Winters . . . geht alle Unterscheidung zwischen Luft und Wasser verloren . . . Das Wasser steigt an den felsigen Küsten in Schaum verwandelt einige hundert Fuß empor, Felsen von mehreren Tonnen an Gewicht werden gehoben und das Gebrüll der Brandung ist auf 30—40 km zu hören.“ Zumindest kann das Fehlen von marinem Eocän an den Küsten des nördlichsten Atlantik für eine alttertiäre Nordatlantis nicht so beweisend sein, wie etwa das Fehlen von marinem Pliocän an den Küsten der nördlichen Adria für ein jungtertiäres nordadriatisches Festland. Man wird bei paläogeographischen Schlüssen aus dem Fehlen von marinen Tertiärablagerungen an den Küsten eines Meeres auch die mittlere Zyklontiefe, beziehungsweise Sturm- und Brandungsstärke in dem betreffenden Meere zu berücksichtigen haben.

Das Vorkommen einer gleichartigen Tertiärflora auf den Inseln und Randgebieten des nördlichsten atlantischen Ozeans wäre nur dann ein sicherer Beweis der alttertiären Nordatlantis, wenn es sich um Pflanzen handeln würde, die nur in einem reinen Kontinentalklima ihre Existenzbedingungen hätten finden können. Es gibt auch heute Inselgruppen mit gleichartiger Flora und es wäre in einer kommenden Epoche nicht berechtigt, aus den versteinerten Resten dieser Flora den Schluß zu ziehen, daß jene Inseln auch noch in der Jetztzeit zusammengehangen hätten. Die Inseln und Festlandsküsten, welche unter dem Einflusse der Golftrift stehen, haben ein in vieler Hinsicht übereinstimmendes Klima und erscheinen so zur Bewahrung einer gleichartigen Flora geeignet; dagegen treten in einiger Entfernung vom atlantischen Ozean (Ostengland, Schweden) schon Klimate mit kontinentalem Einschlag auf. Vom phytoklimatologischen Standpunkte aus ließe sich so eher im Falle, daß die nordatlantischen Tertiärfloren verschiedenartig wären, der Schluß ziehen, daß dieselben auf einem großen Kontinente wuchsen, denn man hätte sich die Nordatlantis ja als ein Land mit wechselvollem Relief (etwa wie Großbritannien) zu denken, innerhalb dessen größere klimatische Unterschiede zur Entwicklung kamen. (Tiefländer können, wie das Beispiel Westsibiriens zeigt, allerdings auch in der subarktischen Zone bei großer Ausdehnung sehr gleichartige klimatische Verhältnisse aufweisen.) Die von der geographischen Breite abhängigen Wärmeunterschiede sind in der Einflußsphäre der Golfstromtrift

¹⁾ Tides of the Orkneys. Deutsches Zitat in Hanns Klimatologie.

gering, würden aber auf einem nordatlantischen Festland groß sein, so daß auch aus diesem Grunde eine Gleichartigkeit der Tertiärfloren eher für maritime als für kontinentale Verhältnisse im nordatlantischen Gebiete zur Tertiärzeit spricht.

Es liegt mir fern, mich der Erkenntnis zu verschließen, daß manches sehr zugunsten eines neuerdings von R. F. Scharff¹⁾ verteidigten Fortbestandes der nordatlantischen Landbrücke bis in relativ junge Vergangenheit spricht, so vor allem die weite Ausbreitung gleichartiger Basaltformationen im nordatlantischen Gebiete und die Tiefenverhältnisse des Nordatlantik; es möchte mir nur scheinen, daß die aus dem Studium der marinen und pflanzenführenden Schichten geschöpften Beweise für die alttertiäre Nordatlantis keine so überzeugenden seien, daß Matthews Rekonstruktion von vornherein als eine außerhalb des Bereiches der Möglichkeit gelegene betrachtet werden müßte. Sofern dies angenommen werden kann, verlohnt es sich, die klimatologischen Konsequenzen dieser Rekonstruktion zu ziehen.

Durch gleichzeitiges Eindringen der Golfstromtrift und eines westsibirischen Stromes in das arktische Becken würde sich das Klima auf der atlantischen Seite der Polarkalotte günstiger gestalten als es heute ist. Semper²⁾ hat zwar die Ansicht ausgesprochen, daß eine Vermehrung der Warmwasserzufuhr zum Polarmeere nur eine Gebietserweiterung, aber nicht auch eine Steigerung der jetzigen thermischen Anomalie zur Folge hätte; daß auch beim Eindringen mehrerer Triften bestenfalls im ganzen arktischen Gebiete jene Wintertemperaturen herrschen würden, welche man jetzt westlich von Spitzbergen trifft. Dieser Ansicht kann ich aber nicht beipflichten.

Man darf in der thermischen Wirkung der Golfstromtrift nicht einen Gesamtbetrag von gelieferter Wärme sehen, sondern nur einen Restbetrag von Wärme, welcher nach Abzug der vom übrigen Polargebiet ausgehenden Erkältung übrigbleibt. Beim Eindringen einer zweiten Trift in das arktische Becken würde sich darum die thermische Wirkung der Golfstromtrift erhöhen, weil nun das Areal, von welchem aus ihre Abkühlung stattfände, um den vom zweiten Strom beherrschten Teil des Polargebietes vermindert wäre. Überdies würde beim Vorhandensein einer zweiten Trift der rückläufige Strom zur Linken der ersteren weniger kalt sein und diese etwas wärmer in das Polargebiet eintreten. Die thermische Gesamtwirkung zweier Triften wäre sonach größer als die Summe der thermischen Wirkungen jeder einzelnen derselben. Ich will es versuchen, dies im folgenden näher zu zeigen.

Betrachtet man die Jännertemperatur in 80° Nordbreite, so zeigt es sich, daß dieselbe über Nordamerika und Asien in ungefähr derselben Tiefe liegt, auf der atlantischen Seite der Polarkalotte

¹⁾ On the evidences of a former landbridge between Northern Europa and North Amerika. Pr. R. Ir. Ac. XXVIII 1909. Dasselbst auch eine reiche Literaturzusammenstellung über die nordatlantische Landbrücke.

²⁾ Das paläothermale Problem. Zeitschr. d. Deutsch-geolog. Gesellsch. 1896.

aber einen steilen, ziemlich symmetrischen Wellenberg bildet, dessen Scheitel auf 10° *EL.* fällt. Wegen der nordöstlichen Verlaufsrichtung der Golfstromtrift kann man diesen Scheitel als der Mitte des Wasserweges zwischen Grönland und Norwegen gegenüberliegend ansehen und sonach die Jännertemperatur eines Punktes in 80° Breite als Funktion seiner Lagebeziehung zu der in 70° Breite vorhandenen Öffnung des subarktischen Festlandsringes darstellen. Die Wärmezufuhr erfolgt allerdings nur auf dem östlichsten Viertel dieser Öffnung; sofern eine für paläoklimatologische Zwecke dienliche Formel gefunden werden soll, erscheint es aber passender, die ganze Breite der Öffnung einzuführen, da nur diese für frühere Perioden als „bekannt“ gelten kann.

Als klimatisches Problem der Jetztzeit hätte eine analytische Darstellung der Wintertemperatur in 80° N auch den in der Asymmetrie des vorgenannten Wellenberges zum Ausdruck kommenden Einfluß der Land- und Wasserverteilung innerhalb der Polarkalotte zu beachten: Bei einer paläoklimatologischen Studie kann dieser Einfluß nicht leicht berücksichtigt werden, da die Konfiguration des arktischen Gebietes in der geologischen Vorzeit fast ganz unbekannt ist. Als Grundlage für die Rechnung kommen dann die arithmetischen Mittel der Jännertemperaturen auf je zwei von 10° *E* gleich weit abstehenden Meridianen in Betracht.

Man kann zunächst die Jännertemperatur auf jedem zehnten Meridian in 80° N, $t = aw - bk$ setzen, worin w den erwärmenden Einfluß eines zehn Längengrade breiten, gegen das Weltmeer offenen meerbedeckten Bogenstückes, k den erkaltenden Einfluß eines ebenso breiten, gegen die subarktischen Ozeane abgeschlossenen (meer- oder landbedeckten) Bogens des 70° Parallelkreises bezeichnet und a und b zwei von der Lagebeziehung des betreffenden Meridians zu diesen Bogenstücken abhängige Variable sind. Zur Ermittlung der Werte von a diene mir die auf empirischem Wege erhaltene Relation $\alpha = \frac{1}{3} \left(\frac{10}{9} \vartheta + 2 \cos \text{vers } \vartheta \right)$. Sie ergibt für um 10° wachsende Winkelabstände vom Meridian (5° , 15° 85°) folgende Relativzahlen:

92 77 63 49 36 25 15 7 2

Setzt man den mittleren thermischen Einfluß eines 10° breiten Bogenstückes approximativ gleich dem für die Mitte dieses Bogens geltenden, so ist für den Scheitelpunkt der Temperaturkurve $a = 2(0.92 + 0.77) = 3.38$, und, da $2 \Sigma (\alpha) = 7.32$, $b = 3.94$. Die maximale Temperatur in 10° *EL.* ist nach Spitaler¹⁾ -16.3 , die mittlere Temperatur auf dem vom Golfstrom völlig unbeeinflussten pazifischen Kreisbogen bestimmt sich nach derselben Quelle zu -36.6 . Man erhält so zunächst aus den Gleichungen $-16.3 = 3.38 w - 3.94 k$ und $-36.6 = -7.32 k$ die Werte $w = 1.0$ und $k = 5.0$.

Die Gleichung $t = a - 5 b$ läßt sich, da $b = 7.32 - a$, einfacher schreiben: $t = 6a - 36.6$. Behufs genauerer Auswertung der Kon-

¹⁾ Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche. Denkschr. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. LI. Bd.

stanten habe ich für die arithmetischen Mittel der Jännertemperaturen je zweier gleich weit von $10^{\circ} EL$ abstehender Meridiane die zugehörigen Werte von a bestimmt. Es ergab sich für $\lambda = 10^{\circ} E \pm 10^{\circ}$

$$a = 2 \times 0.92 + 0.77 + 0.63 = 3.24, \text{ für } \lambda = 10^{\circ} E \pm 20^{\circ}$$

$$a = 0.92 + 0.77 + 0.63 + 0.49 = 2.81 \text{ usw.}$$

Aus zwölf Bedingungsgleichungen erhielt ich so die Werte $w + k = 6.1$ und $K = -37.1$.

Die folgende Tabelle enthält einen Vergleich der nach der Formel $t = 6.1 a - 37.1$ berechneten und der beobachteten Temperaturen.

λ	$10^{\circ} E$	$10^{\circ} E \pm 10^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 20^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 30^{\circ}$
beobachtet	-16.3	-17.5	-19.3	-22.8
berechnet	-16.5	-17.3	-20.0	-23.3

λ	$10^{\circ} E \pm 40^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 50^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 60^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 70^{\circ}$
beobachtet	-27.7	-30.7	-32.7	-34.0
berechnet	-26.5	-29.5	-32.0	-34.1

λ	$10^{\circ} E \pm 80^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 90^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 100^{\circ}$	$10^{\circ} E \pm 110^{\circ}$
beobachtet	-35.7	-36.4	-37.0	-37.0
berechnet	-35.6	-36.6	-37.0	-37.1

Auf der Karte des Mitteleocän von Matthew erscheint die Polarregion außer auf dem Bogenstücke von $20^{\circ} W$ bis $20^{\circ} E$ auch auf dem Bogen von $50-80^{\circ} E$ gegen das Weltmeer offen. Nimmt man zunächst an, daß die Wärmezufuhr auf diesem zweiten Wege jener zwischen Grönland und Europa analog wäre und letztere der heutigen entspräche, so wird — unter der Annahme, daß die westsibirische Trift nach ihrem Eintritte in das Polarbecken eine nördliche Richtung beibehalten würde — für $10^{\circ} E$

$$a = \frac{1}{100} (2 \times 92 + 2 \times 77 + 36 + 25 + 15) = 4.14, \text{ für } 10^{\circ} E \pm 10 \text{ wird}$$

$$a = \frac{1}{100} (2 \times 92 + 77 + 63 + 49 + 36 + 25) = 4.34 \text{ usw.}$$

Es ergeben sich dann für den Ostquadranten des atlantischen Halbbogens folgende Jännertemperaturen in $80^{\circ} N$ (t) und Temperaturzunahmen gegen die Jetztzeit (d).

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-14.5	-11.8	-10.6	-10.9	-11.8	-12.4	-13.6	-16.1	-20.0
d	2.5	4.5	7.4	9.3	10.7	13.9	16.7	16.9	14.0

Für den 75. Parallelkreis erhielt ich auf Grund der Relation $\alpha = \frac{1}{8} (2 \sin \vartheta + 3 - 3 \cos 2 \vartheta)$, welche die Relativzahlen

99 94 84 71 55 39 24 11 3

zur Bestimmung der Variablen α ergibt, aus elf Bedingungsgleichungen die Formel $t = 7 \alpha - 36.1$ und mittels derselben nachstehende Jännertemperaturen (t) als kombinierte Wirkung einer zwischen $20^{\circ} W$ und $20^{\circ} E$ und einer zwischen 50° und $80^{\circ} E$ in das Polarmeer eindringenden Trift:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-6.5	-2.8	+1.9	+3.1	+2.7	+0.8	-2.3	-6.5	-11.3

Um auch für den 85. Parallelkreis eine analoge Rechnung durchzuführen, habe ich aus dem Polarkärtchen auf Taf. II des meteorologischen Atlas von Hann die mittleren Wintertemperaturen für diesen Breitenkreis bestimmt. Dieselben können — da in der arktischen Zone das Minimum erst im Februar oder März eintritt — als Ersatz für die (nicht vorliegenden) Jännertemperaturen gelten.

Mit Hilfe der Relation $\alpha = \frac{1}{4} (2 \sin \vartheta + 1 - \cos 2 \vartheta)$, welche die Relativzahlen

99 95 87 75 61 45 30 17 5

zur Bestimmung von α liefert, gewann ich die Gleichung $t = 1.6 \alpha - 36.3$ und durch Auflöser derselben für die entsprechenden Werte von α folgende Jännertemperaturen (t):

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-29.0	-27.9	27.1	-26.5	-26.4	-26.6	-27.2	-28.1	-29.3

Man kann den unter dem Einflusse der Golftrift stehenden Verlauf der Jännertemperatur auf dem atlantischen Bogen des 80° . Parallels auch durch eine Sinuskurve darstellen, die Konstanten derselben für den Verlauf über der angenommenen zweiten Trift entsprechend ändern und dann die kombinierte thermische Wirkung beider Triften durch Superposition der Kurven bestimmen. Eine befriedigende Wiedergabe der beobachteten Werte erzielte ich durch die Gleichung

$t = -26.3 + 9.8 \sin \gamma - 2.4 \cos^2 \gamma$, in welcher $\gamma = \frac{1}{2} \lambda$ ist und $\gamma = 270^{\circ}$ dem Meridian $80^{\circ} W$ entspricht. Die mit dieser Formel berechneten Temperaturen sind im folgenden mit den gemessenen zusammengestellt:

λ	$10^\circ E$	$10^\circ E \pm 10'$	$10^\circ E \pm 20''$	$10^\circ E \pm 30'''$
beobachtet	- 16.3	- 17.5	- 19.3	- 22.8
berechnet	- 16.5	- 17.4	- 19.8	- 23.2

	$10^\circ E \pm 40''$	$10^\circ E \pm 50'''$	$10^\circ E \pm 60''$	$10^\circ E \pm 70'''$
beobachtet	- 27.7	- 30.7	- 32.7	- 34.0
berechnet	- 26.9	- 30.4	- 33.0	- 34.8

λ	$10' E \pm 80''$	$10^\circ E \pm 90'''$
beobachtet	- 35.7	- 36.4
berechnet	- 35.8	- 36.1

Um die Temperaturen zu erhalten, welche unter den früher gemachten Voraussetzungen eine 30 Längengrade breite Öffnung des Arktik gegen das Weltmeer in $80^\circ N$ erzeugen würde, sind die Konstanten des zweiten und dritten Gliedes der obigen Formel mit $\frac{\sqrt{3}}{2}$ zu multiplizieren und für das erste Glied der Wert $-36.1 + 4.9\sqrt{3}$ einzusetzen und die so gewonnene Gleichung $t = -27.6 + 8.5 \sin \gamma - 2.1 \cos^2 \gamma$ für um $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15$, beziehungsweise 11.55° oder $11^\circ 33'$ fortschreitende Winkel aufzulösen. Es ergeben sich dann folgende Jännertemperaturen in $80^\circ N$ zu beiden Seiten des die Mitte der Wasserstraße durchschneidenden Meridians (l).

λ	l	$l \pm 10''$	$l \pm 20''$	$l \pm 30''$
t	- 19.1	- 20.1	- 22.8	- 26.4

λ	$l \pm 40''$	$l \pm 50'''$	$l \pm 60''$	$l \pm 70'''$
t	- 30.0	- 32.9	- 34.9	- 35.8

Für Matthews Rekonstruktion der westsibirischen Meeresstraße ist $l = 65^\circ E$ und erhält man für die Meridiane im atlantischen Ostquadranten folgende Werte:

λ	0°	$10^\circ E$	$20^\circ E$	$30^\circ E$	$40^\circ E$	$50^\circ E$	$60^\circ E$	$70^\circ E$	$80^\circ E$
t	- 35.5	- 34.1	- 31.7	- 28.4	- 21.6	- 21.3	- 19.4	- 19.4	- 21.3

Die unter gleichzeitiger Einwirkung der atlantischen und westsibirischen Trift entstehenden Jännertemperaturen in $80^{\circ} N$, $T = 36.1 + t + t'$ sind alsdann:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
T	-16.8	-14.5	-13.0	-12.1	-11.7	-12.1	-13.7	-16.3	-20.0

Setzt man, was mir indessen nicht empfehlenswert erscheint, innerhalb gewisser Grenzen aber vielleicht zulässig ist, die Temperaturerhöhungen proportional der Breite der Öffnungen in dem um die Polarregion gelegten Festlandsringe (die durch die westsibirische Trift erzeugte positive Anomalie also $= \frac{3}{4}$ der durch die Golftrift hervorgerufenen), so erhält man als kombinierte thermische Wirkung beider Triften folgende Zahlenwerte:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t'	-15.1	-12.2	-10.5	-10.1	-11.0	-12.9	-15.7	-18.3	-20.6

Für den 75° Parallelkreis erhielt ich mittels der einfachen Relation $t = -22.8 + 13.2 \sin \gamma$ als kombinierte Triftwirkung folgende Temperaturerhöhungen nach den zwei eben angegebenen Bestimmungsweisen:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-9.9	-5.3	-1.2	+1.8	+3.0	+2.5	-0.2	-4.7	-10.5
t'	-7.9	-3.3	+0.1	+1.9	+2.0	+0.2	-3.1	-7.6	-12.8

Für den 85° Breitenkreis ergab die Formel $t = -33.0 + 3.1 \sin \gamma$ nachstehende Werte:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-29.6	-28.2	-27.0	-26.1	-25.9	-26.1	-26.9	-27.8	-28.8
t'	-29.0	-27.8	-27.1	-26.5	-26.5	-26.8	-27.6	-28.5	-29.5

Aus allem ergibt sich, daß die thermische Wirkung einer in das arktische Gebiet eindringenden Trift bei Koexistenz einer zweiten, auf derselben Seite der Polarkalotte einströmenden Trift größer wäre als sie ohne dieselbe ist. Betreffs des Ausmaßes der Temperaturerhöhung stimmen die erhaltenen Werte zum Teil nicht überein, da ein verschiedenes rasches seitliches Ausklingen der thermischen Anomalie vorausgesetzt wurde. Die Temperaturerhöhungen, welche innerhalb des jetzt vom Golfstromes beeinflussten Polargebietes bei gleichzeitigem Eindringen eines thermisch analogen indischen Stromes eintreten würden, sind nach den angewendeten Bestimmungsarten:

φ	75°			80°			85°		
	λ	D	d	d'	D	d	d'	D	d
10 E	7.2	4.7	6.7	4.7	2.0	4.3	2.1	1.8	2.2
20 E	11.9	8.8	10.1	6.7	4.3	6.8	2.9	3.0	2.9
30 E	14.5	13.2	13.3	9.1	7.9	9.9	3.5	3.9	3.5
40 E	16.7	17.0	16.0	11.5	11.6	12.3	4.1	4.6	4.0

Will man auf Grund der gewonnenen Ergebnisse zur Schätzung jener Wintertemperaturen schreiten, welche bei Annahme von Matthews Rekonstruktion unter einem dem heutigen analogen Solarklima in arktischen Gebiete zur mittleren Eocänzeit herrschen konnten, so muß vorerst entschieden werden, ob der Golfstrom der Eocänzeit auf dem Wege durch die mittleren Breiten in derselben Weise wie jetzt abgekühlt wurde, ob die Abkühlung, welche der indische Strom erfuhr, jener des Golfstromes gleich war, ob der Golfstrom der Eocänzeit die Tropen mit seiner heutigen Anfangstemperatur verließ und ob die Anfangstemperatur des indischen Stromes jener des Golfstromes gleichkam.

Die Abkühlung des Golfstromes wäre nur als wenig geringer als die heutige anzunehmen. Da sich weder die kombinierte thermische Wirkung der Golfstromtrift und westsibirischen Trift, noch auch die überhaupt nicht bedeutende Wärmewirkung einer durch die erweiterte Behringsstraße gegangenen lauen Trift auf den Archipel nördlich von Nordamerika erstrecken würde, wäre eine aus der Davisstraße in den Atlantik gelangende Polarströmung auch bei Matthews Rekonstruktion des Mitteleocäns von niedriger Temperatur. Der indische Strom hätte dagegen keine solche Abkühlung erfahren wie sie der Golfstrom durch den Labradorstrom erleidet. Um die durch ihn alsdann bewirkte Erwärmung zu ermitteln, muß man die Temperatur zu bestimmen suchen, mit welcher der Golfstrom ohne vorherige Abkühlung durch den Labradorstrom den Polarkreis überschreiten würde.

Rechnungen über den Wärmeinhalt des Golfstromes sind bekanntlich schon wiederholt und auf verschiedener Basis ausgeführt worden. Seine Abkühlung durch den Labradorstrom ließe sich in erster Annäherung aus einer Formel: $(t-x)v.b + t'v'b' = T(vb + v'b')$ erhalten, in welcher t die Temperatur, v die Geschwindigkeit und b die Breite des vereinigten Florida- und Antillenstromes, $t'v'b'$ die entsprechenden Werte beim Labradorstrom bezeichnen und T die Oberflächentemperatur der Golfstromtrift in $66\frac{1}{2}^{\circ}N$ bedeutet. Nach dem Atlas der Deutschen Seewarte (2. Aufl.) und nach dem Handbuche von Boguslawski-Krümmel (II. Bd., 1. Aufl.) kann man am 30. Parallel, welchen die beiden erstgenannten Ströme ungefähr rechtwinklig durchschneiden, ihre Breite zu 120 und 840 km, ihre Geschwindigkeit zu 60 und 18 Seemeilen und ihre Durchschnittstemperatur zu 21.1° im Februar, zu 22.9° im Mittel aus November, Februar und Mai annehmen. Für den Labradorstrom ergibt sich als

Breite etwa 300 *km*¹⁾, als Geschwindigkeit 12 Seemeilen und als Temperatur 0—1°. Die durchschnittliche Wassertemperatur in 65° N ist zwischen Island und Norwegen im Februar 4·8, im Mittel aus November, Februar und Mai 5·6, in der von der Golftrift eingenommenen Osthälfte dieser Wasserstraße 5·8, beziehungsweise 6·7. Die Beteiligung des Labradorstromes am Zustandekommen letzterer Endtemperatur würde aber durch das Produkt $v'b'$ zu gering in Rechnung gestellt. Die abkühlende Wirkung eines Eisberges ist jedenfalls viel größer als die einer 0° messenden Wassermasse vom Areale der mittleren Querschnittsfläche des Eisberges und von jener Tiefenerstreckung, bis zu welcher die Wassertemperatur die Luftwärme beeinflusst. Da nun in einem Teile des Jahres zahlreiche Eisberge aus der Davisstraße trift, wird es nicht zu hoch gegriffen sein, wenn man ihre abkühlende Wirkung jener des Kaltwasserstromes gleichsetzt und den Wert von b' in der Formel verdoppelt. Man erhält dann aus $(22·9-x) 6·2 = 6·7 \times 8·2$ für x den Wert 14·0 und für die Temperatur, mit welcher die Golftrift ohne Abkühlung durch den Labradorstrom den Polarkreis überschreiten würde 8·9°. Für den Februar allein bekommt man die Werte 13·4 und 7·7. Aus beiden Auflösungen ergibt sich übereinstimmend, daß die Golfstromtrift mit $\frac{4}{3}$ ihrer jetzigen Wärme in den Arktik einträte. Mit dieser Zahl ist sonach die Konstante des positiven Gliedes der Gleichung $t = aw - bk$ zu multiplizieren, wenn man die thermische Wirkung einer sich in mittleren Breiten nicht durch Eisberge abkühlenden Trift von der Anfangstemperatur des Golfstromes erhalten will.

Der Umstand, daß die eben durchgeführte Wertbestimmung auf die Trifttemperatur in 65° N gestützt wurde (die Isothermenkarten des Nordatlantik im Atlas der Deutschen Seewarte reichen nur bis zu diesem Parallel), die eingangs aufgestellte Formel aber auf die Wärmewirkung der Golfstromtrift in 70° bezogen ist, spielt als Fehler keine Rolle, da ja die Temperaturerhöhung der Golftrift nur als Relativzahl in die Formel eintritt. Desgleichen ist es ziemlich belanglos, daß, obschon bei Aufstellung der Formel $t = aw - bk$ die ganze Öffnung in dem um das arktische Gebiet gelegten Festlandsringe als Wärmequelle angenommen wurde, in der letzten Rechnung doch nur die Temperatur und Temperaturerhöhung im östlichsten Viertel dieser Öffnung in Betracht gezogen wurde. Führt man die Rechnung für die ganze Wasserstraße zwischen Island und Norwegen durch, so ändert dies am Resultat nichts, da sich dann unter den vorigen Bedingungen als Abkühlung der Golftrift ohne Einfluß des Labradorstromes 15·5 und 14·7 (im Februar) und als Endtemperatur 7·4 und 6·4 ergibt und diese Werte sich zu den jetzigen auch wie 4:3 verhalten. Da man nun für die Wasserstraße zwischen Grönland und Island eine mittlere Wassertemperatur von 0° annehmen kann, bleibt die Relativzahl der durch Ausschaltung des

¹⁾ Der Labradorstrom nimmt auf älteren Strömungskarten die Hälfte, auf späteren Darstellungen ungefähr ein Drittel und in der neuen Karte im Atlas der Deutschen Seewarte (1902) nur etwas über ein Viertel der zwischen Domino Run und Cap Farewell zirka 960 *km* breiten Davisstraße ein.

Labradörstromes bedingten Temperaturerhöhung in $65^{\circ} N$ unverändert, ob man die ganze Öffnung des Arktik gegen den Atlantik oder nur deren östlichstes Viertel in Betracht zieht. Was in $65^{\circ} N$ betreffs der Wasserstraßen rechts und links von Island gilt, darf mit nur geringer Einschränkung in $70^{\circ} N$ auch als für die meerbedeckten Bogenstücke ost- und westwärts vom Nullmeridian gültig angesehen werden.

Am $75.$ Parallel, für welchen die eingangs aufgestellte Temperaturformel in ihrer ersten Schreibart $t = 3.25a - 3.75b$ lautet, erhält man für $\lambda = 0^{\circ}$:

$$t = \frac{1}{100} \left[\frac{13}{4} (99 + 94 + 84 + 71) + \frac{13}{3} (39 + 24 + 11) - \frac{15}{4} (538) \right], \text{ für } \lambda = 10^{\circ} E:$$

$$t = \frac{1}{100} \left[\frac{13}{4} (2 \times 99 + 94 + 84) + \frac{13}{3} (55 + 39 + 24) - \frac{15}{4} (486) \right] \text{ usw.}$$

Die Jännertemperaturen, welche durch kombinierte Wirkung eines dem heutigen analog abgekühlten Golfstromes und eines nicht in analoger Weise abgekühlten indischen Stromes im atlantischen Ostquadranten auftreten würden, sind dann:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-5.6	-1.5	3.6	5.3	5.4	3.8	0.8	-3.4	-8.2

Am $80.$ und $85.$ Parallel ist der konstante Faktor des negativen Gliedes der Gleichung etwas zu verkleinern. Die Summe der Kältewirkungen, welche von den über dem subarktischen Festlandsringe gelegenen Meridiansektoren ausgeht, muß für die Zirkumpolarregion abnehmen, wenn in der peripheren arktischen Zone die Temperatur über der Ringöffnung wächst, weil mit einer Steigerung der thermischen Anomalie zugleich eine seitliche Verbreiterung derselben einhergeht. Wenn man diese Breitenzunahme der Temperatursteigerung proportional setzt, erhält man dann mit Rücksicht auf das Größenverhältnis der polaren 5° -Zonen eine Verringerung der Konstante K um ein Zehntel ihres Wertes. Die für $\varphi = 80^{\circ}$ sich ergebenden Jännertemperaturen sind sodann:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-12.4	9.9	-8.7	-8.8	-9.5	-9.9	-10.8	-13.1	-16.7

Für den $85.$ Breitenkreis liefert die Rechnung folgende Werte:

λ	0°	$10^{\circ} E$	$20^{\circ} E$	$30^{\circ} E$	$40^{\circ} E$	$50^{\circ} E$	$60^{\circ} E$	$70^{\circ} E$	$80^{\circ} E$
t	-25.8	-24.8	-24.0	-23.4	-23.2	-23.4	-23.9	-24.8	-25.8

Daß die ermittelten Zunahmen der Luftwärme in der arktischen Region zum Teil etwas größer sind, als die supponierte Temperaturzunahme der indischen Trift — die erhöhten Lufttemperaturen selbst bleiben noch weit niedriger als die angenommene höhere Triftwärme — schließt keinen Widerspruch in sich. Die lauen Triften bringen ja nicht die arktischen Lufttemperaturen als solche; letztere sind das Ergebnis einer Wechselwirkung zwischen den in der Polarregion vorhandenen erkältenden Einflüssen und der erwärmenden Kraft der Triften.

Die Frage, ob die Anfangstemperatur und Stärke des eocänen Golfstromes bei Annahme von Matthews Rekonstruktion der heutigen gleich gewesen wäre, läßt sich im großen und ganzen mit ja beantworten. Allerdings fehlt auf jener Rekonstruktion die Enge zwischen Florida und Kuba, welche jetzt einen auf der Erde einzig dastehenden Fall von Stromstärke bedingt. Der Floridastrom ist aber — wie Krümmel durch eine einfache Rechnung gezeigt hat — an der Erzeugung der nordatlantischen Wärmeanomalie in weniger als $2\frac{1}{2}$ mal so geringem Maße beteiligt als der Antillenstrom. So darf man auch annehmen, daß die Einbuße an Geschwindigkeit, welche der eocäne Strom an der SO-Küste von Nordamerika infolge der anderen Küstengestaltung erlitten hätte, durch die ihm aus derselben Ursache erwachsene Verbreiterung ungefähr wettgemacht worden wäre. Die zwei Lücken in der westlichen Umrandung des amerikanischen Mittelmeeres würden keine nennenswerten Stromablenkungen zum Pazifik verursacht haben. Die Land- und Wasserverteilung auf der Südhalbkugel ist bei Matthew der heutigen sehr ähnlich, so daß auch die aus jener Verteilung sich herleitende Wärmequelle des Golfstromes im Eocän nicht minder reichlich als in der Gegenwart geflossen wäre. Natürlich fällt mit der Annahme, daß auch im Tertiär große Mengen warmen Wassers aus den südlichen Tropen in die nördlichen hinübergetrieben worden seien, die Möglichkeit hinweg, auch ein mildes antarktisches Tertiärklima durch Warmwasserheizung zu erklären.

Sehr schwierig scheint die Beantwortung der Frage, ob der indische Strom mit derselben Temperatur und Stärke wie der Golfstrom in die mittleren Breiten eingetreten sei. Eine auf die faunistischen Verhältnisse gestützte wertvolle Untersuchung der Strömungsvorgänge im altweltlichen Mittelmeer der Eocänzeit verdanken wir bekanntlich Semper. Hier sollen auch diese Vorgänge vom rein geographischen Gesichtspunkte aus und nur insoweit betrachtet werden, als dies für die Frage des arktischen Klimas jener Zeit von Belang ist. Man darf annehmen, daß der nördliche Indic auch in der Eocänzeit ein Gebiet mit jahreszeitlich wechselnder Stromrichtung war, wenn auch das alttertiäre Asien einen nicht so kräftigen Monsun wie das viel größere heutige Eurasien zu erzeugen vermochte. Während des Nordwinters würde in einem Nordindic von der von Matthew für das Mitteleocän gezeichneten Gestalt eine kräftige Passattrift gegen die NO-Küste von Afrika geströmt sein und sich dort in einen schwächeren gegen S und in einen stärkeren gegen N ausweichenden Ast gespalten haben. Letzterer wäre zum Teil um die Nordostspitze

von Afrika herum in das Mittelmeer geflossen, zum Teil aber gegen den Eingang der breiten westsibirischen Straße hingedrängt worden und hätte in dieser unter der Herrschaft einer zwischen den winterlichen Luftdruckmaximis über Nordeuropa und Nordasien ständig entwickelten Zyklone rechts von der rückkehrenden Polarströmung seinen Weg in den Arktik zurückgelegt. Während des Nordsommers würde eine SW-Monsuntrift direkt zum Eingang der westsibirischen Straße gelangt sein und dann unter allerdings weniger günstigen Windverhältnissen als im Winter ihren Weg weiter nach Norden gefunden haben.

Zufluß von südtropischem Ozeanwasser wäre bei der angenommenen Verteilung von Land und Meer auch für den indischen Strom eine wichtige Wärmequelle gewesen. In seinem engeren Entwicklungsgebiete würden aber die Bedingungen für eine hohe Erwärmung etwas weniger günstige gewesen sein als im mehr umschlossenen amerikanischen Mittelmeere. Längs der Nordseite des zentralen Mittelmeeres rücklaufende Strömungen würden eine allerdings mäßige Abkühlung bewirkt haben, für welche sich beim Antillenstrome kein Analogon gefunden hätte. Ein eventueller Minderbetrag an Anfangstemperatur wäre aber durch den Umstand ausgeglichen worden, daß der indische Strom bis zum Polarkreise einen viel weniger weiten Weg zurückzulegen hatte als der Golfstrom. In der subtropischen Zone erleidet Ozeanwasser, welches auf demselben Parallelkreis weiterfließt, allerdings keinen merklichen Wärmeverlust; in der Subarktis wird jedoch ein Strom, welcher abwechselnd meridional und zonal, beziehungsweise diagonal fließend in höhere Breiten gelangt, sich mehr abkühlen als ein solcher, der direkt nordwärts fließt.

Der durch die westsibirische Straße links von der lauen Trift zurückgeflossene Polarstrom kommt hier als besondere Kältequelle nicht mehr in Betracht. Seine abkühlende Wirkung ist in den berechneten Wärmegraden schon insofern berücksichtigt, als bei Aufstellung der Formeln bereits die unter dem Einflusse des Ostgrönlandstromes von der Golftrift noch ausgeübte thermische Wirkung zugrunde gelegt wurde. Zahlenwerte für das Verhältnis der Anfangstemperatur und Stärke des indischen Stromes zu jener des vereinigten Florida- und Antillenstromes zu finden, würde schwierig sein; man wird sich mit der Annahme begnügen, daß der indische Strom der mittleren Eocänzeit eine wenigstens ebenso kräftige Wärmequelle wie der Golfstrom sein konnte.

In diesem Falle wären die zuletzt mitgeteilten Temperaturwerte als die Jännertemperaturen anzusehen, welche unter Annahme von Matthews Rekonstruktion und bei Ausschluß jedes hypothetischen Hilfsfaktors in der mittleren Eocänzeit herrschten, vorausgesetzt, daß die gewonnenen Formeln bis zu jenen Grenzen Geltung haben, bis zu welchen sie benützt wurden. Diese Voraussetzung erscheint statthaft, wenn auch zugegeben werden mag, daß die Anwendung der Formel für den 75. Parallel bis hart an die für sie zulässige Grenze ging. Die für diesen Parallel erhaltenen Temperaturen sind allerdings sehr hoch; doch ist es klar, daß jede auf einem kleinen Bogenstücke des 70. Parallels erfolgende Steigerung der Wärmezufuhr sich in der

näheren Nachbarschaft in weit höherem Maße geltend machen müßte, als in den weiter entfernten Teilen des Polargebietes.

Die Konzentration der Wärmesteigerung auf ein relativ kleines Gebiet ist ein charakteristisches Merkmal der berechneten Temperaturverteilung. Die nordwärts von Ostasien und Nordamerika gelegenen Polarregionen würden von der Temperaturerhöhung kaum betroffen. Die Wärmezufuhr durch die erweiterte Behringsstraße würde in 75° eine Jännertemperatur von -29.2 , in 80° eine solche von -31.5 und in 85° eine solche von -34.7° erzeugen. Eine Verschärfung der jetzt bestehenden Wärmekontraste in der Polarregion würde sehr wohl möglich sein. Es wäre unberechtigt, anzunehmen, daß die für den 75. Parallel bestimmten relativ hohen Wärmegrade innerhalb einer zum Teil ihre heutige Kälte (-36.0°) aufweisenden Polaralotte überhaupt nicht bestehen könnten. Solange an einem Orte ein stetiger und starker Zufluß von Wärme und Kälte stattfindet, kommt es zu keiner Ausgleichung der Gegensätze. Die Folge einer Steigerung der winterlichen Wärmeanomalie im Meere nordwärts von Europa wäre eine Vertiefung der Zyklonen und eine Zunahme der Bewölkung und der Niederschläge in der kalten Jahreszeit.

Die berechnete Temperaturverteilung gilt zunächst für eine der heutigen ähnliche Konfiguration des arktischen Gebietes. Das Areal der positiven Wärmeanomalie greift aber allseits über den auch im Winter offen bleibenden Teil des arktischen Ozeans hinaus. Da sich nun schneebedeckte, zum Teil vergletscherte Bergländer und schneebedeckte, zugefrorene Meere thermisch analog verhalten, kann man die Ausdehnung der Anomalie in dem Gebiete rings um den offen bleibenden Meeresteil als von der Land- und Wasserverteilung in diesem umgebenden Gebiete ziemlich unabhängig ansehen.

Zugunsten dieser Ansicht läßt sich geltend machen, daß der durch die Golftrift bedingte Wellenberg der Jännertemperatur auf dem 80. Parallel viel weniger asymmetrisch ist als auf dem 75. Parallel, obschon in beiden Breiten zwischen links und rechts vom Meridian, auf welchen der Wellenscheitel fällt, dieselbe Verschiedenheit der Konfiguration, links Land (Grönland), rechts Meer (Barends See) vorhanden ist.

Bei der von Matthew für das Mitteleocän angenommenen Konfiguration würde die Jännerisotherme von 0° , welche jetzt in $15^{\circ} E$ bis $70^{\circ} N$ hinaufreicht, in $10^{\circ} E$ in $73\frac{1}{2}^{\circ}$, in $20^{\circ} E$ in $76\frac{1}{2}^{\circ}$ und in $30^{\circ} E$ in 77° verlaufen. Würde das Polargebiet vorwiegend meerbedeckt sein, so wären bei dieser Isothermenlage die Grenzen des im Winter nicht zufrierenden Meeres im Bereiche der Barends See um soviel über diese Breiten polwärts hinausgerückt, als sie jetzt nördlich vom 70. Parallelkreis liegen. Durch die Vergrößerung des nicht zufrierenden Teiles des arktischen Ozeans würde zugleich ein Teilbetrag der sommerlichen Insolation die jetzt zum Auftauen der Eismassen verbraucht wird, zur Erhöhung der Sommerwärme frei werden.

Die Küsten Spitzbergens würden eisfrei bleiben, die Gebirge dieses Landes aber noch Gletscher tragen. Im Bereiche der nördlichen Umrandung des durch die beiden Triften erwärmten Meeres träten große Gletscher bis an die Küste heran.

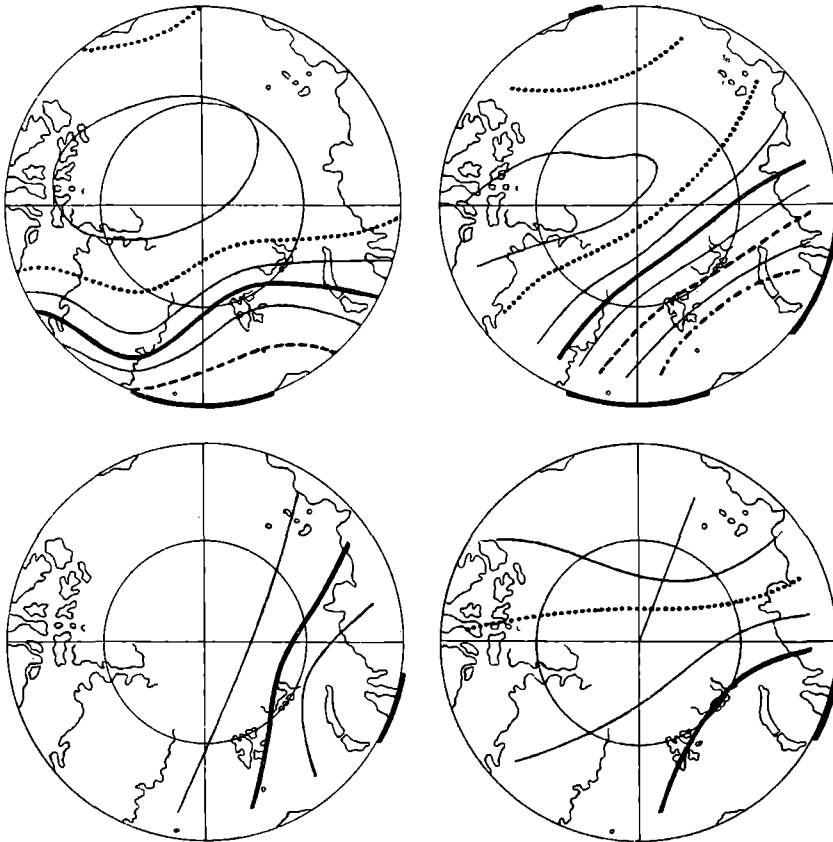
Jänner-Isothermen im Nordpolargebiete zur mittleren Eocänzeit.

Links oben: Zum Vergleich Jänner-Isothermen zur Jetztzeit.

Rechts oben: Jänner-Isothermen unter Voraussetzung von Matthews Rekonstruktion (1906) und bei Ausschluß jedes hypothetischen Hilfsfaktors.

Links unten: Jänner-Isothermen unter Voraussetzung von Kossmats Rekonstruktion (1908) und bei Annahme einer Verminderung des Transmissionskoeffizienten für die Wärmeausstrahlung, durch welche die Temperatur an der Erdoberfläche um 10° erhöht würde.

Rechts unten: Jänner-Isothermen unter Voraussetzung von Kossmats Rekonstruktion und bei Annahme einer Polverschiebung um 15° in 20° WL.



Die abwechselnd gestrichelte und punktierte Linie bezeichnet die 0° Isotherme
 Die gestrichelte Linie — 10° "
 Die dicke ausgezogene Linie — 20° "
 Die punktierte Linie — 30° "

Die dünnen ausgezogenen Linien bezeichnen die intermediären Isothermen — 5° ,
 — 15° usw.

Die Peripherie der Diagramme entspricht dem 70. Parallelkreise, die innere Kreislinie dem 80. Parallel.

Die verdickten Bogenstücke des äußeren Kreises entsprechen den in 70° vorhandenen offenen Verbindungen des arktischen Meeresbeckens mit dem Weltozean.

Die Einzeichnung der jetzigen Festlandsverteilung hat in dem rechts oben stehenden und in den beiden unteren Diagrammen selbstverständlich nicht den Sinn einer paläogeographischen Rekonstruktion und dient nur zur leichteren Orientierung über die Lagebeziehung der Isothermen zu den nördlichsten Fundstellen tertiärer Pflanzen.

Das links oben stehende Diagramm ist mit Hilfe des Kärtchens der Winter-Isothermen auf Tafel II in Hanns Atlas der Meteorologie gezeichnet, in welchem die Isothermen von 0° ab von 4 zu 4° gezogen sind. Nach Hann können jene Linien in der inneren Polarregion als Jänner-Isothermen gelten.

Die beim links unten stehenden Diagramm angenommene Änderung des Solarklimas entspricht ungefähr jener, welche nach der (nicht allgemein geteilten) Ansicht von Arrhenius durch eine Verdreifachung des CO_2 -Gehaltes der Luft erzeugt würde. Vermindert man die Werte der Isothermen dieses Diagrammes um 10° , so zeigt sich, welche niedrige arktische Wintertemperaturen bei Bestand einer nordatlantischen Landbrücke beim heutigen Solarklima herrschen würden.

Die beim rechts unten stehenden Diagramm angenommene Polverschiebung ist größer als die von Neumayr (10°) supponierte und in einen westlicheren Meridiankreis verlegt (bei Neumayr im Meridian von Ferro).

Würde das Polargebiet vorwiegend landbedeckt sein, Grönland mit Spitzbergen und dieses mit Franz-Josefs-Land zusammenhängen und nur die Südhälfte der Barends See und des europäischen Nordmeeres zur Aufnahme der Golftrift und der westsibirischen Trift verfügbar sein, so wäre das so eingeengte Meeresbecken relativ sehr warm. Da seine Küsten ringsum eisfrei blieben, fände keine Abkühlung durch Eisberge statt, die rücklaufenden Ströme wären wärmer und die Triften träten selbst noch weniger abgekühlt in das Polargebiet ein. In den Gebirgen am Nordrand eines solchen Meeres fänden sich aber noch Gletscher. Jenseits der Küstengebirge kämen aber kontinentale Klimate mit warmen Sommern und nordwärts rasch absinkenden Wintertemperaturen zur Entwicklung.

Die Frage, inwieweit die gewonnenen Resultate zu einer natürlichen Erklärung der tertiären arktischen Pflanzenfunde beitragen können, lohnt sich in dem Falle zu untersuchen, wenn die Möglichkeit besteht, daß wenigstens ein Teil jener Funde von mittel- oder obereocänem Alter wäre. Semper kam bei kritischer Betrachtung der Altersfrage der arktischen Tertiärfloren zu dem Schlusse, daß zwar die von Gardener für ein eocänes Alter derselben vorgebrachten Beweise auf schwachen Füßen stünden, daß sich aber doch einiges anführen lasse, was gegen die von Heer vorgenommene Altersbestimmung als miocän spreche und daß für die älteren Tertiärfloren des Polargebietes ein unteroligocänes bis eocänes Alter angenommen werden könnte.

Untersucht man nun, inwieweit an den nördlichsten Fundstellen tertiärer Pflanzen die Wintertemperaturen durch die hier vorgenommenen Berechnungen gegenüber jenen erhöht würden, welche Semper unter Anlehnung an Kokens Rekonstruktion annahm, so ergibt sich in betreff Spitzbergens ein bemerkenswertes Resultat. Die Jänner-temperatur in der Gegend des Eisfjordes (zirka $78^{\circ} N$, $15^{\circ} E$) bestimmt sich nach den vorigen Tabellen zu -5.5° ; -6.0° hat man als Minimum der Temperatur betrachtet, welches die Spitzbergenschen Tertiärpflanzen unter der Annahme ertragen, daß sie dasselbe Wärme-

bedürfnis hatten wie ihre nächsten jetzt lebenden Verwandten. Dieses Minimum erscheint durch den berechneten Wert allerdings noch nicht erreicht, da im hohen Norden die tiefsten Temperaturen erst im Februar oder März eintreten. Das von Semper für das Wachstum jener Pflanzen ohne hypothetische Hilfsfaktoren aufgestellte Postulat, daß jene Pflanzen „bedeutend tiefere“ Wintertemperaturen ertragen als Heer annahm, würde aber doch in Wegfall kommen (vorausgesetzt, daß sie von eocänem Alter wären).

Die Jännertemperatur -5.5° bezöge sich zunächst auf ein insulares Spitzbergen, sie könnte aber auch für ein kontinentales Spitzbergen Geltung haben, dessen Südküste nicht weit südlich vom Kap Lookout läge, denn in einem Meere von der vorhin erwähnten räumlichen Beschränkung würden noch etwas höhere Temperaturen auftreten als die berechneten und es könnte dann, wenn auch die Winterkälte in einem arktischen Kontinent nordwärts rasch zunähme, in 78° doch noch eine Jännertemperatur von -6° herrschen. Die Sommertemperaturen würden in einem Kontinent, der sich von der Bäreninsel oder vom Südkap Spitzbergens bis über den Pol hinüber auf die pazifische Seite des arktischen Gebietes erstreckt hätte, hoch genug gewesen sein, um das Wachstum der an den Ufern des Eisfjordes gefundenen Tertiärpflanzen zu gestatten. In einem durch zwei laue Triften von der angenommenen Wärmeführung umspülten Spitzbergen wären die Sommer aber zu kühl gewesen, um das Blühen und Fruchtereifen baumartiger Gewächse zuzulassen. Die Möglichkeit, daß die hochnordischen Tertiärfloren in einem ozeanischen Polar Klima gediehen, hat Woeikof¹⁾ an die Bedingung geknüpft, daß „von den tropischen Teilen aller drei Ozeane so mächtige warme Strömungen in das nördliche Polargebiet eintraten, wie von Wallace vermutet wurde“. In diesem Falle wäre nach Woeikofs Ansicht im ganzen arktischen Ozean oder wenigstens im größten Teile desselben die Eisbildung unterblieben und es wäre die sommerliche Insolation statt — wie jetzt — ganz zur Eisschmelze verbraucht zu werden, ganz zur Erwärmung der polaren Festländer und Meere verfügbar gewesen. Bei der Heizung des Arktik durch bloß zwei auf der atlantischen Seite der Polarkalotte eindringende laue Triften, welche nicht oder nur wenig stärker wären als die heutige Golftrift, würde sich dagegen ein großer Teil der pazifischen Kalottenseite im Winter mit Eis bedeckt haben und dies hätte auch für die atlantische Seite sehr kühle Sommer bedingt.

Bei Ausschluß einer sehr starken, durch eine breite Straße in das Polargebiet eindringenden pazifischen Trift ist es auch unmöglich, für Grinnelland europäische Wintertemperaturen anzunehmen. Nach den hier vorgenommenen Berechnungen würden sich die Jännertemperaturen auf dem 80. Parallel in 70° W kaum über ihren jetzigen Betrag erheben, da dieser Meridian außerhalb der thermischen Einflußsphäre des indischen und des schwachen pazifischen Stromes liegt

¹⁾ Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältnisse zum Klima. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1881.

und nur noch von dem letzten westlichen Ausklingen der Wärmewirkung des Golfstromes tangiert wird.

Man kann allerdings — noch im Rahmen der paläogeographischen Annahmen — mit Verhältnissen rechnen, durch welche die Jänbertemperatur in Grinneland erhöht würde. Man könnte an die Möglichkeit denken, daß auch der Golfstrom der Eocänzeit wie der indische Strom nicht durch Eisberge abgekühlt wurde und daß die Konfiguration nördlich von Westsibirien so beschaffen war, daß die indische Trift eine Ablenkung nach NW erfuhr. In diesem Falle wäre die Golftrift ganz in die Grönlandsee gedrängt worden und hätte sich die thermische Anomalie westwärts verschoben. Zwingende Beweise für oder wider eine eocäne Landverbindung zwischen Labrador und Grönland liegen nicht vor; die Rekonstruktion erscheint dort durch die für das nordatlantische Gebiet allgemein geltenden Anschauungen diktiert. Diejenigen, welche in diesem Gebiete eine möglichst große, in Landverlusten bestandene Umgestaltung in möglichst junge Vorzeit zu verlegen suchen, lassen Labrador und Grönland im Eocän verbunden sein; Matthew, welcher — soweit die geologische Forschung nicht eine von der jetzigen abweichende Festlandsverteilung nachweist — für das Eocän schon die Grundlinien des heutigen Erdbildes annimmt, läßt die genannten beiden Länder getrennt sein. Es scheint nun allerdings sehr inkonsequent, sich in betreff des Atlantik an Matthew, betreffs der Davisstraße an Koken und Kossmat anzuschließen.

Würde es sich darum handeln, das wahrscheinlichste Erdbild einer geologischen Epoche zu ermitteln, so könnte dies wohl nur so geschehen, daß man sich für eine der vorliegenden Rekonstruktionen entscheidet, nicht aber so, daß man von jeder derselben ein Teilstück akzeptiert. Im vorliegenden Falle handelt es sich aber nicht um die wahrscheinlichste, sondern um die für das Polarklima günstigste Rekonstruktion unter den im Bereiche der Möglichkeit gelegenen. Gewiß gehören die Bestandteile einer paläogeographischen Rekonstruktion innig zusammen, sie stehen aber doch nicht in so engem Kausalnexus, wie etwa die Bedingungen einer mathematischen Relation, wo das Bestehen der einen den Bestand der anderen ausschließt und umgekehrt.

Unter der Annahme, daß in der Eocänzeit auch die Golftrift mit $\frac{4}{3}$ ihrer jetzigen Wärme den Arktik erreichte und daß das Maximum der thermischen Wirkung bei ihr im Nullmeridian, bei der indischen Trift in $45^\circ E$ eintrat, hat man für $\lambda = 0$

$$t = \frac{1}{100} \left[\frac{4}{3} (2 \times 92 + 2 \times 77) + \frac{4}{3} (49 + 36 + 25) - \frac{9}{2} (284) \right] \text{ usw.}$$

und es ergeben sich für $\varphi = 80^\circ N$ nachstehende Jänbertemperaturen im atlantischen Westquadranten, denen die unter der ursprünglichen Annahme berechneten (t') zum Vergleiche beigelegt sind:

λ	$80^\circ W$	$70^\circ W$	$60^\circ W$	$50^\circ W$	$40^\circ W$	$30^\circ W$	$20^\circ W$	$10^\circ W$	0°
t	— 31.1	— 29.9	— 28.1	— 25.5	— 22.3	— 18.4	— 12.0	— 9.6	— 6.8
t'	— 36.4	— 35.6	— 34.1	— 32.0	— 29.5	— 26.4	— 22.8	— 18.5	— 14.6

Für Grinnelland, das noch nordwärts vom 80. Parallel liegt, erhielte man so — 31·0.

Für dieses Land vermögen aber auch die zurzeit favorisierten Klimahypothesen keine mitteleuropäischen Wintertemperaturen zu erklären. Frech¹⁾ nimmt denn auch für das Eocän außer einem erhöhten CO_2 -Gehalte der Luft noch eine Polverlagerung an und jene, welche von einem die winternächtliche Ausstrahlung vermindernenden Hilfsfaktor absehen, müssen zu einer Polverschiebung greifen, die den Höchstbetrag derjenigen übersteigt, die nach dem Urteil der Geophysiker mechanisch möglich wäre. Die Kohlensäurehypothese ergibt bei Annahme eines gegen den jetzigen verdreifachten CO_2 -Gehaltes der Luft für 82° N 70° W eine Jännertemperatur von — 28·5°. Nach Polverschiebungen um 10 und 15° würden dort Jännertemperaturen von — 30·3 und — 26·3° herrschen.

Während die Kohlensäurehypothese eine allgemeine Temperaturerhöhung annimmt, kann die Polverschiebungshypothese auch erklären, warum jene Erscheinungen, die auf eine im Vergleich zu heute sehr gesteigerte Luftwärme hinweisen, besonders auf der atlantischen Seite der Polarkalotte und in Europa sichtbar sind. Ganz dasselbe vermag aber auch die geographische Klimahypothese — gestützt auf Matthews Rekonstruktion — zu leisten. Im atlantischen Polargebiete würden sich — wie hier ausführlich gezeigt wurde — die Wintertemperaturen sehr erhöhen. Aber auch das mittlere und südliche Europa bekäme ein sehr warmes und sehr feuchtes Klima. Es würden ihm ja die großen, im Raume zwischen Afrika und Vorderindien stark erwärmten Wassermassen auf kürzestem Wege zuströmen. Der von mir hier für die hohen Breiten bewiesene Satz, daß die kombinierte thermische Wirkung zweier Ströme größer wäre als die Summe der Wirkungen jedes einzelnen derselben, hätte bei großer Landentwicklung auch noch in mittleren Breiten Geltung, da auch in diesen das Festland im Winter noch temperaturerniedrigend wirkt. Die Hochländer Vorderasiens wirken jetzt im Winter für ihre südliche und westliche Umgebung zum Teil wie eine Kältequelle. Wäre an ihrer Stelle noch indischer Ozean, so müßte sich das Winterklima Südeuropas günstiger gestalten. Dagegen träten in Nordamerika und Ostasien, da Matthew die Umriss dieser Länder den heutigen sehr ähnlich zeichnet, keine bemerkenswerten Abweichungen von den heutigen klimatischen Verhältnissen auf. Das Klima des östlichen Uniongebietes würde sich zufolge des tieferen Eindringens des mexikanischen Golfes etwas weniger exzessiv gestalten.

Die Nordküste des zentralen Mittelmeeres, durch das heutige Mitteleuropa verlaufend, würde im Winter allerdings auch von kalten Nordwinden bestrichen und im Innern der kleinen westeuropäischen Landmassen könnten die Temperaturen gelegentlich bis auf Null herabgehen; es wäre dies aber noch kein Hindernis für das Gedeihen von Pflanzen, die heute nur in niedrigen Breiten leben, denn die Winterminima der Temperatur sind ja auch jetzt bis hart an die

¹⁾ Studien über das Klima der geologischen Vergangenheit. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1902.

Grenzen der heißen Zone, wo schon eine Flora von tropischem Habitus wächst, recht niedrig. Unvergeßlich bleibt mir noch ein Anblick, den ich vor Jahren nahe dem südlichen Wendekreise in 600 m Seehöhe an einem bitterkalten (-3.0° !) Junimorgen vor mir hatte: Eine Gruppe hoher Attaleapalmen auf einer infolge starken Reifes wie schneebedeckt aussehenden Wiese!

Aber nicht bloß die thermische Meistbegünstigung Europas und des europäischen Nordmeeres im Eocän, auch die allmähliche Verminderung derselben im Laufe der Tertiärzeit läßt sich aus Matthews Rekonstruktionen ebensogut ableiten wie mit Hilfe einer Polverschiebung. Bei einer Festlandsverteilung, wie sie Matthew für das mittlere Oligocän annimmt, würden sich die klimatischen Verhältnisse in Europa schon weniger günstig gestalten als die vorbesprochenen. Das Meer zwischen Afrika und Indien erscheint schmaler, das zentrale Mittelmeer viel größer; es müßte so eine kleinere Masse von in den Tropen stark erwärmtem Wasser ein größeres außertropisches Becken heizen. Die Enge zwischen Asien und der turkestanischen Insel würde — da sich den nordwärts drängenden Wassermassen des Indic Gelegenheit zu einem Ausweichen nach anderer Richtung böte — keinen so kräftigen Strom erzeugen, wie ihn jetzt die Enge zwischen Florida und Kuba hervorbringt. Durch die westsibirische Straße würde dem Arktik weniger warmes Wasser zufließen als bei der eocänen Landverteilung und die kombinierte Wirkung dieses Zuflusses und des Golfstromes fiel geringer aus, da die asiatische Trift den 70. Parallel um 20 Längengrade weiter ostwärts als im eocänen Kartenbilde überschreitet.

Im Miocän erscheint das Mittelmeer vom indischen Ozean abgetrennt, aber noch größer als das heutige, und das arktische Meeresbecken nur mehr mit dem Atlantischen Ozean in Verbindung. Diese Änderungen hätten eine weitere Abnahme der Wintertemperaturen in Mittel- und Südeuropa und im atlantisch-arktischen Gebiet zur Folge. Nordamerika und Ostasien erfahren dagegen nach Matthew im Laufe der Tertiärzeit nur eine mäßige Gestaltsveränderung. Es hätte sich so durch die von Matthew angenommenen geographischen Umgestaltungen im Laufe des Tertiärs der Wärmeüberschuß in den Meridianen von Europa in ähnlicher Weise allmählich vermindert, wie wenn dieser Erdteil aus niedrigeren Breiten langsam in höhere hinaufgerückt wäre.

Aber auch vorübergehende regionale Temperaturzunahmen im Laufe des gesamten Abkühlungsprozesses ließen sich durch geographische Veränderungen so gut oder besser wie mit Hilfe einer unter Oszillationen erfolgten Polverlagerung erklären. So könnte die Aufrichtung der Kettengebirge für die südlich oder westlich derselben gelegenen Gebiete der Anlaß zu einer neuerlichen Milderung des Winterklimas im Miocän gewesen sein.

Semper hat die für das Eocän aus thermischen Gründen angenommene Polverschiebung auch durch den faunistischen Nachweis einer im zentralen Mittelmeere stattgehabten Ost—Westströmung, die auf das Windregime der niedrigen Breiten hindeutet, gestützt. Bei Matthews Rekonstruktion erscheint mir eine solche Stromrichtung

auch ohne Breitenänderung denkbar. Die Nordostspitze des eocänen Afrika liegt dort in 29° N (bei Kossmat in 27° N). Der Agulhasstrom kommt heute noch um die in 34° S gelegene Südostspitze von Afrika herum. Die Westwinde, welche dem mediterranen Aste des eocänen nordindischen Stromes entgegentraten, darf man für schwächer halten als jene, gegen welche der Agulhasstrom anzukämpfen hat, da die prozentische Meeresbedeckung in den mittleren Nordbreiten im Eocän geringer war als sie jetzt in den mittleren Südbreiten ist. Die Bewegungsenergie des eocänen Stromes kann man aber für etwas größer ansehen als die des Angulhasstromes, da unter Verhältnissen, wie sie jetzt auf der Südhalbkugel herrschen und sich nach Matthew auch für das Eocän ergeben würden, der Südostpassat zum Teil zur Verstärkung der nordhemisphärischen Ströme beiträgt.

Es ist so nicht klar einzusehen, warum nicht auch bei der heutigen Pollage ein starker Ast der nordindischen Passattrift um die Nordostspitze Afrikas herum in das zentrale Mittelmeer hätte einbiegen können. Die winterlichen Zyklonen wären im eocänen Mittelmeere, da es weniger landumringt war, vielleicht minder tief als jetzt gewesen und die von Matthew in die Mitte dieses Meeres gelegte Insel hätte durch Erzeugung lokaler Antizyklonen dem Auftreten ständiger Westwinde im südlichen Meeresteile entgegengewirkt. Längs der Nordküste des eocänen Mittelmeeres hätten rückläufige W—O—Strömungen stattgefunden, obschon hier die Winde im Winter eher einer entgegengesetzten Stromrichtung günstig waren; allein solche rückläufige Strömungen hätte es auch bei einer niedrigeren Breitenlage gegeben zufolge des von den Luftdruckverhältnissen und von der Erdrotation unabhängigen, von Krümmel experimentell bestätigten Gesetzes der Ozeanmechanik, daß jede Strömung bereits den Keim zur Entwicklung zweier geschlossener Stromkreise in sich birgt.

Im Vorjahre bot sich mir ein Anlaß, darauf hinzuweisen¹⁾, daß die Konzentration des diluvialen Glazialphänomens auf die Nachbarländer des nördlichsten Atlantik keineswegs zur Annahme einer Polverschiebung in der Richtung gegen Grönland zwingt; diesmal versuchte ich zu zeigen, daß auch die Konzentration der alttertiären Temperaturerhöhung auf die Meridiane von Europa auf andere Weise als durch eine Polverschiebung in der Richtung gegen das Tschuktschenland erklärt werden könne. Freilich sind die Voraussetzungen, von welchen ich bei diesem Versuche ausgehen mußte, nicht so gut begründet als wie jene, auf die ich mich bei meinem vorjährigen Hinweise stützen konnte.

Die Frage, ob die Annahme einer zur heutigen analogen tertiären Pollage wegen des Lichtbedürfnisses der Pflanzen möglich sei, ist hier nicht der Platz zu untersuchen. Ergebnisse der experimentellen Pflanzenphysiologie sprechen eher für eine Verneinung dieser Frage; Heer glaubte sie mit Hinweis auf zwei Beispiele auch für immergrüne Gewächse bejahen zu dürfen. Man wird einwenden können, daß diese Beispiele: das Überwintern kultivierter Oleanderbäumchen in

¹⁾ Sind Eiszeiten durch Polverschiebungen zu erklären? Diese Verhandl. 1909, Nr. 12.

finsternen Kellern und der Winterschlaf der Alpenrosen unter der Schneedecke (die in hochgelegenen, schattigen und vor dem Föhn geschützten Schluchten wohl ein mehrmonatliches ununterbrochenes Dunkel schafft), nicht ganz beweisend seien und auch wieder der Meinung sein können, daß dieser Einwand nicht voll berechtigt wäre.

Noch ein Moment läßt es fraglich erscheinen, ob Waldwuchs in jenen hohen Breiten möglich war, in welchen man noch versteinerte Blattreste von Bäumen findet: die Heftigkeit der Winterstürme. Solange sich nur ein Teil des Polargebietes relativ milder Wintertemperaturen erfreut hätte, wäre die Zyklonenbildung eine sehr lebhaft gewesene. In einer ganz eisfreien Polarkalotte würden die Winterstürme weniger heftig sein. Allerdings gibt es in jedem Land von wechselvollem Relief auch windgeschützte Lagen, in welchen baumartige Gewächse günstigere Existenzbedingungen finden.

Eine große Schwierigkeit erwächst der Ablehnung hypothetischer Hilfsfaktoren außer durch die Funde auf Grinnelland auch durch die Funde von Tertiärpflanzen in der antarktischen Region. Es wurde schon erwähnt, daß die Heranziehung des Südostpassates als einer Energiequelle für die zur Heizung der nördlichen Polarregion dienenden Meeresströme die Annahme eines milden antarktischen Klimas ausschließt.

Es fällt so selbst demjenigen, der sich von der bei den Geologen üblichen Unterschätzung der terrestrischen Klimafaktoren fernhält, sehr schwer, die geographische Hypothese bedingungslos zu vertreten. Wohl aber scheint es mir unbedingt erforderlich, vor Heranziehung von hypothetischen Hilfsfaktoren genau festzustellen, wieviel sich durch Änderungen in der Verteilung von Land und Meer allein erklären läßt. In jedem halbwegs geordneten Privat- und Staatshaushalt ist es Brauch, bevor man Anlehen aufnimmt, nachzusehen, wie groß die verfügbaren Mittel sind. Dieses ökonomische Grundprinzip sollte auch in der Paläoklimatologie befolgt werden. Diejenigen, welche ein Universalmittel zur restlosen Auflösung aller paläoklimatologischen Probleme gefunden zu haben vermeinen, sind bei der Anpreisung der Vorzüge ihres Mittels gegenüber allen anderen rasch mit dem Urteil fertig, daß die geographische Klimahypothese unzureichend sei. Sie glauben ein übriges zu tun, wenn sie zugeben, daß Änderungen in der Festlandsverteilung auf Klimaänderungen von nicht zu unterschätzendem Einflusse seien. Aber auch diejenigen, welche ohne Voreingenommenheit für irgendeinen hypothetischen Hilfsfaktor an die Lösung der großen Klimarätsel der geologischen Vergangenheit herantreten, pflegen sich über das Ausmaß der durch Änderungen in der Konfiguration der Erdoberfläche möglichen Abweichungen von den heutigen Klimaten zu wenig genau Rechenschaft zu geben.

Solange man sich bei den Betrachtungen über die Klimate der Vorzeit in vagen Vermutungen über kältere und weniger kalte Welträume und über eine heißere und minder heiße Sonne erging, war es verzeihlich, sich auch betreffs der terrestrischen Ursachen der Klimate mit verschwommenen Vorstellungen über abkühlende und erwärmende Einflüsse von Land und Meer zu begnügen. Seitdem man aber daranging, die Wärmesteigerungen und -Abnahmen, welche durch

bestimmte Änderungen der solarklimatischen Größen bedingt würden, ziffermäßig festzustellen, ist es als ein großes Versäumnis zu bezeichnen, wenn man nicht auch die thermischen Folgen von Umgestaltungen der Erdoberfläche durch Zahlenwerte auszudrücken sucht.

Den thermischen Schlußfolgerungen aus einer Polverschiebung könnte man geradezu den Charakter der Wissenschaftlichkeit absprechen, solange sie nicht unter genauer Rücksichtnahme auf die im gegebenen Falle möglichen terrestrischen Modifikationen des Klimas gezogen wurden. Aus Polverschiebungen ergeben sich genau bestimmte Änderungen der solarklimatischen Faktoren. Da nun aber das terrestrische Klima vom solaren sehr verschieden sein kann — ich erinnere hier an zwei Aussprüche von Woeikof¹⁾: „Ich habe so viele Tatsachen gebracht, welche die Unabhängigkeit der Lufttemperatur von der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme zeigen, in Fällen, wo andere mächtige Faktoren wirken.“ und „Wer sich Rechenschaft davon gibt, wie wenig die Wärme vieler Gegenden auf unserer Erde der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme entspricht . . .“ — so ist es prinzipiell verfehlt, aus bestimmten Polverschiebungen auf bestimmte Temperaturänderungen zu schließen. Im Vorjahre habe ich gezeigt²⁾, daß die extremen Abweichungen von den mittleren Parallelkreistemperaturen so groß sein können wie die Differenzen zwischen den Mitteltemperaturen zweier Breitengrade vom Winkelabstande der für das Tertiär vermuteten Polverschiebung. Es ist ein Irrtum, sich einzubilden, daß man einen Zahlenwert durch Addition einer bekannten Größe erhöht, wenn noch eine Unbekannte hinzuzufügen ist, von der man nicht weiß, ob sie ein positives oder negatives Vorzeichen hat und nicht weiß, wie groß sie ist und nur weiß, daß sie möglicherweise so groß sein könnte wie die addierte bekannte Größe.

Beschränkt man sich auf das von den Geophysikern als zulässig bezeichnete Maß von Verlagerungen der Erdpole, so ist sogar mit der Möglichkeit zu rechnen, daß diese Unbekannte größer ist als die hinzugefügte Bekannte und daß, falls sie ein negatives Vorzeichen hat, das Ergebnis der Addition statt der gewünschten Temperaturerhöhung noch eine Temperaturverminderung gegenüber der Jetztzeit darstellt. Dasselbe kann sich bei Benützung der Kohlensäurehypothese ereignen, wenn man über die gebräuchliche Annahme eines gegen jetzt verdreifachten CO_2 Gehaltes der Luft nicht hinausgeht. Die mittlere Jänbertemperatur in $78^{\circ}N$, $15^{\circ}E$ (Gegend des Eisfjord in Spitzbergen) wäre, wenn nur eine westsibirische Trift unter den angenommenen Verhältnissen in das Polarmeer einträte, nach der eingangs abgeleiteten Formel — $26\cdot3$. Die Benützung dieser Formel ist im vorliegenden Falle ganz einwandfrei, da es sich hier nur um eine Interpolation, nicht um eine Extrapolation handelt. Als jetzige Jänbertemperatur in jener Gegend ergibt sich — $13\cdot7$. Eine geographische Veränderung,

¹⁾ l. c. pag. 38 und 52.

²⁾ Die extremen thermischen Anomalien auf der Nordhemisphäre und ihre Bedeutung für die Frage der geologischen Polverschiebungen. Meteorologische Zeitschrift 1909, Oktoberheft.

der Bestand eines nordatlantischen Festlandes und der hiedurch bedingte Wegfall eines erwärmenden Einflusses des Golfstromes auf das Polargebiet würde also eine Temperaturerniedrigung von 12.6° erzeugen. Die Wärmezunahme infolge einer Polverschiebung um 10° im Meridian 165° W wäre 7.6 , jene infolge einer Verdreifachung des atmosphärischen Kohlendioxidgehaltes 9.5 . Es wird hier also die von den hypothetischen Hilfsfaktoren erzeugte Wärmesteigerung durch die von einer geographischen Veränderung abhängige Kältezunahme nicht einmal kompensiert und das Resultat ist eine Temperaturerniedrigung um 5.0 und 3.1° gegenüber der Gegenwart. Selbst als kombinierte Wirkung einer Polverschiebung von 15° und einer Verdreifachung des CO_2 -Gehaltes der Luft würde sich bei Annahme einer Nordatlantis als Jännertemperatur im mittleren Spitzbergen erst -4.3° ergeben, also erst soviel als bei Annahme von Matthews Rekonstruktion ohne hypothetische Hilfsfaktoren. An der für die Gegend des Eisfjord berechneten Wintertemperatur wäre auch dann kaum etwas zu ändern, wenn man sich die Nordatlantis nur als eine sehr schmale Landbrücke denkt. Das Meer auf der Nordseite dieser Brücke bliebe kalt; der winterliche Luftdruck über diesem Meere wäre zwar niedriger als jener über Grönland und Nordeuropa, aber viel höher als jener über dem zentralen Mittelmeer und die tiefen nordatlantischen Zyklonen würden gegen das letztere hinziehen und so noch dem mittleren Europa, aber nicht dem Nordmeere warme Luft vom Ozean zuführen.

Aus dem vorigen erhellt, daß eine bloße Beteuerung, den Einfluß geographischer Veränderungen auf das Klima nicht unterschätzen zu wollen, noch nicht vor der Gefahr schützt, ihn doch zu unterschätzen. Ziffermäßige Nachweise über die Temperaturänderungen, welche durch Umgestaltungen der Meere und Festländer veranlaßt würden, sind sonach eine unerläßliche Vorbedingung für einen Fortschritt in der Paläoklimatologie¹⁾. Daß solche Nachweise wegen der bei ihnen nicht zu vermeidenden Vernachlässigungen und Vereinfachungen und zum Teil auch willkürlichen Suppositionen keinen Anspruch auf Genauigkeit erheben können, ist, wie in allen Fällen, wo man komplizierte Wechselbeziehungen in der Natur in das Gewand weniggliedriger Formeln zwingt, kein stichhaltiger Einwand gegen ihre Nützlichkeit. Durch zwei rohe Näherungswerte läßt sich das Verhältnis zweier Größen zueinander immer noch viel besser ausdrücken als durch die bloßen Worte: größer, stärker, wärmer u. dgl.

Auch durch den Umstand, daß die Linienziehungen der Paläogeographen sehr unsicher sind, kann das eben ausgesprochene Postulat keine Einschränkung erfahren. Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche in früheren Perioden wird allerdings solange zweifelhaft bleiben, solange die Umrisse der alten Kontinente und Meere nicht

¹⁾ Solche ziffermäßige Nachweise könnten wohl mit Hilfe der von Madsen aufgestellten Formeln erzielt werden. Die von mir vor Jahren für die Juraperiode und für die Silur- und Devonperiode versuchte Anwendung der Forbesschen Formel (Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. 1895 u. 1899) konnte nur Mittelwerte für die Breitenkreise liefern.

feststehen. Soweit sich aber begründete Annahmen über ein früheres anderes Aussehen des Antlitzes der Erde machen lassen, müssen diese als Erklärungsgründe für frühere, von den heutigen abweichende Klimate voll und ganz ausgenützt werden, ehe man zu hypothetischen Hilfsfaktoren greift.

Literaturnotizen.

Geologische Übersichtskarte von Bosnien und Herzegowina. II. Sechstelblatt: Tuzla.

Von diesem Kartenwerke, dessen große Bedeutung anlässlich des Erscheinens des I. Sechstelblattes Sarajevo an dieser Stelle gewürdigt wurde (Verh. 1908, Nr. 11, pag. 250 und 251), worauf hier verwiesen sei, ist nunmehr das zweite Sechstelblatt erschienen. Es umfaßt den zwischen der Save und der unteren Drina gelegenen nordöstlichen Teil Bosniens, westwärts bis zum Tale der Ukrina, südwärts bis Zepče an der Bosna und bis zum Quellgebiete der Spreča. Die Bezeichnung „Übersichtskarte“ paßt eigentlich nur auf die Darstellungsweise der älteren Formationen, wo in der Trias Kalk und Schiefer, im Paläozoikum Sandstein nebst Konglomerat, Kalk, Phyllit, Gneiß und Quarzit unterschieden werden. Die kartographische Gliederung des jüngeren Mesozoikums und insbesondere jene des Tertiärs ist eine so eingehende, wie man sie sonst auf geologischen Spezialkarten zu erwarten und zu finden gewohnt ist, ohne daß jedoch das Kartenbild durch die Fülle des Gebotenen an Klarheit und Übersichtlichkeit eine Einbuße erlitt. In der Kreideformation sind Sandsteine und Konglomerate, Mergel mit Schiefertönen und Kalke der oberen und unteren Kreide unterschieden, hierzu kommen die teilweise den Jura mitumfassenden Radiolarite, tuffitischen Gesteine und Mergelkalke. Von den im Tertiär vorgenommenen Unterscheidungen entfallen drei auf das Eocän, eine auf Oligocän, zwei auf das binnenländische Oligomiocän, sechs auf marines Miocän und zwei auf Pliocän. Von eruptiven und metamorphen Bildungen weist die Legende nicht weniger als zehn Nummern auf. (Granit, Diorit, Diabas, Melaphyr, Gabbro, Serpentin, Granatamphibolit, Hornblendegesteine, Andesit und Andesittuff)

Die Aufnahme des auf der Karte dargestellten, ungefähr sieben Spezialkartenblätter umfassenden Gebietes ist zum allergrößten Teil ein Werk Katzers. Teilweise konnte mitberücksichtigt werden eine Aufnahme der Gegend von Gjurjevnik des Oberbergkommissärs V. Lipold und eine Aufnahme der Gegend zwischen Modrić und Lukavica des em. Assistenten der geolog. Landesanstalt Ing. W. Šrajn. Die Ausarbeitung des Kartenblattes wurde ausschließlich durch den hochverdienten Chef der bosnischen geologischen Landesanstalt besorgt.

(Kerner.)