

# Der Einfluß der variablen Erdbahnelemente auf das morphogene Wärmebild Europas im Tertiär

Von

Fritz Kerner-Marilaun

k. M. d. Akad. d. Wiss.

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1925)

Mit Hilfe der von Spitaler<sup>1</sup> für die extremen Erdstellungen berechneten Temperaturen im reinen Land- und Seeklima und mittels der von mir angewandten Methoden der geographischen Temperaturanalyse lassen sich Grenzen für die Spielräume feststellen, innerhalb deren die Wärmeverteilung in Europa im Laufe der Tertiärzeit schwankte, insoweit sie durch das Erdbild und durch die Erdstellung bedingt war. Die in den von mir von  $\varphi = 55^\circ$  bis  $\varphi = 35^\circ$  für Europa entwickelten Wärmeformeln aus Ausgangspunkt gewählte Temperatur in  $\lambda = 20$  W v. G. setzt sich aus der Temperatur im reinen Seeklima und aus der thermischen Fernwirkung der atlantischen Äquatorialströme zusammen. Letztere kann man der in einem zeitlichen Abstände von sechs bis neun Monaten in den tropischen Breiten herrschenden Seeklimatemperatur proportional setzen und erhält so die besagte Ausgangstemperatur als eine von der Erdstellung abhängige Größe.

Die Differenzen zwischen dieser Temperatur und den Temperaturen auf den Koordinatenschnittpunkten ostwärts von  $\lambda = 20^\circ$  W lassen sich in Prozenten des thermischen Abstandes zwischen der Ausgangstemperatur und der Temperatur im reinen Landklima ausdrücken. Da letztere auch als Funktion der Erdstellung gegeben ist, kann man jene Differenzen leicht auf andere Werte des genannten thermischen Abstandes umrechnen und dann durch Zusatz der geänderten Ausgangstemperatur die für verschiedene extreme Erdstellungen geltenden Schnittpunkttemperaturen erhalten.

Dieses Verfahren kann aber nur rohe Näherungswerte liefern, weil die Berechnungsgrundlagen unzulängliche sind. Es hieße oft Gesagtes wiederholen, wollte man aussprechen, daß ja selbst die besten Bildnisse Europas in den Phasen des Tertiärs nur eine ungefähre Ähnlichkeit mit ihren Originalen haben können. Man wird aber auch die Land- und Seeklimatemperaturen Spitalers noch als unsichere ansehen, weil sie durch Einsatz der Grenzwerte von  $n$  in die zonalen Wärmeformeln gewonnen wurden, die empirische Ableitung der Temperaturen auf einer Land- und Wasserhalbkugel sich aber in Meteorologenkreisen nicht unbedingter Wertschätzung erfreut und so auch die Umwandlung der für andere als die heutigen Werte

<sup>1</sup> R. Spitaler, Das Klima des Eiszeitalters. Prag, 1921.

von  $\epsilon$ ,  $e$  und  $\Pi$  geltenden Strahlungsmengen in Temperaturen auf empirischer Grundlage als keine scharfe Bestimmungsmethode erscheint.

Sie wäre aber nicht leicht durch eine bessere zu ersetzen. Die von Liznar<sup>1</sup> angewandte Methode, mittels der an der Grenze der Lufthülle anlangenden Strahlenmengen aus den für zwei verschiedene Breiten ermittelten rein kontinentalen und rein ozeanischen Temperaturen die zonale Wärmekurve im reinen Land- und Seeklima abzuleiten, kann wohl zuverlässigere Werte liefern als die Bestimmung nach Forbes und Spitaler, wenn man sie auf die mittlere Jahrestemperatur beschränkt. Sie würde aber an Vertrauenswürdigkeit einbüßen, wenn man sie auf Monatstemperaturen ausdehnte, da sich solche in einwandfreier Form schwerer ermitteln ließen. Man könnte so auch nicht hoffen, durch Heranziehung der von Spitaler für die extremen Erdstellungen berechneten Relativwerte der mathematischen Strahlung in den extremen Monaten nach Liznars Methode ganz zuverlässige Land- und Seeklimatemperaturen für diese Monate zu erhalten.

Auch die auf Wunsch Köppens jüngst von Milanković<sup>2</sup> durchgeführte Berechnung der an die Wechsel von  $\epsilon$ ,  $e$  und  $\Pi$  sich knüpfenden Unterschiede der Bestrahlung in Breitenäquivalenten könnte keine exakten Temperaturwerte liefern, weil, wenn die Land- und Seeklimatemperaturen nicht genau bekannt sind, auch die für bestimmte Breitenabstände geltenden Temperaturunterschiede unsicher bleiben. Auch hat Milanković jene Berechnung nur für das Sommerhalbjahr und nur für die in den letzten 650 Jahrtausenden vorgekommenen Wertekombinationen von  $\epsilon$  und  $e$  durchgeführt. Im folgenden sollen die durch die Erdstellung bedingten Temperaturen zum Unterschiede von den morphogenen als taxigene Temperaturen bezeichnet sein.

Als von mir vor zwölf Jahren versucht wurde, die paläoklimatische Bedeutung der Land- und Meerverteilung am Beispiele Tertiäreuropas zahlenmäßig zu erweisen, konnte dies bei Beschränkung auf die winterlichen Verhältnisse geschehen, weil diese hier ausschlaggebend sind. Die Hochsommertemperaturen wären ja in unserem Erdteile in tieferen Lagen genügend hoch, um vielen Gewächsen der Tropen das Gedeihen zu gestatten, wie dies ja daraus hervorgeht, daß in vielen Gärten mitteleuropäischer Städte megatherme Glashauspflanzen während des Sommers ins Freie gestellt werden. Die Isotherme von 26°, welche dem mittleren thermischen Zustand am Gleicher (im Seeklima) entspricht, dringt im Hochsommer bis in die drei südeuropäischen Halbinseln vor.

<sup>1</sup> Liznar, Berechnung der Mitteltemperaturen der Breitenkreise aus den an der Grenze der Atmosphäre zugestrahlten Wärmemengen. Meteorolog. Zeitschrift 1900, Jännerheft.

<sup>2</sup> Milanković, Bestimmung der zeitlichen Änderungen der Größen  $\epsilon$ ,  $e$  und  $\Pi$  in: W Köppen und A. Wegener, Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin, 1924.

Ein Versuch, die paläoklimatische Bedeutung der variablen Erdbahnelemente ziffermäßig aufzuzeigen, muß aber auch die sommerlichen Verhältnisse in Betracht ziehen. Es war darum zunächst auf dem seinerzeit zur Berechnung morphogener Jännertemperaturen eingeschlagenen Wege eine geographische Analysis der Julitemperaturen in Europa durchzuführen.

### Geographische Analysis der Julitemperaturen in Europa.

Eine Darstellung der Julitemperaturen in Europa als Funktion der peristatischen Bedeckungen ist schwerer zu erzielen, als eine solche der Jännertemperaturen. Zunächst ist dies durch den geringeren sommerlichen Wärmeunterschied zwischen Land und Meer bedingt. Wenn, wie in diesem Falle, eine Variable zu einer anderen keine genaue und nur eine ungefähre Größenbeziehung hat, wird diese umso weniger deutlich hervortreten, je kleiner der Spielraum jener ersteren Variablen ist. Der Unterschied zwischen den Temperaturen in  $20^{\circ}$  W und  $60^{\circ}$  E ist in der Zone von  $55$  bis  $45^{\circ}$  N im Juli dreimal, im Breitenintervall von  $55$  bis  $35^{\circ}$  N noch mehr als zweimal so klein als im Jänner.

Durch die morphologische Analysis wird nur ein Teil der Bedingungen der Luftwärme zahlenmäßig erfaßt. Sie kann darum nur ein befriedigendes Bild geben, wenn dieser Teil über die rechnerisch nicht erfaßten Bedingungen stark überwiegt. Dies ist im Winter der Fall, aber nicht im Sommer, in welchem die Vegetationsbedeckung als ein die Luftwärme mitbestimmender Umstand stark zur Geltung gelangt. Während sich über der waldlosen Meseta eine von der  $26^{\circ}$  Isotherme rings umschlossene Pleiotherme erhebt und den vorwiegend kahlen Küstenländern des Jonischen Meeres zwei nach Nord vorgestreckte Zungen jener Isotherme entsprechen, schließt die durch das Schwarze Meer bedingte südliche Vorwölbung der  $24^{\circ}$  Isotherme auch den walddreichen Stamm der Balkanhalbinsel ein. Als Wiederholung des wärmemindernden Einflusses reicher Waldbedeckung erscheint die südliche Ausbauchung der  $22^{\circ}$  Isotherme über Siebenbürgen. Ist hier der die Sommerwärme senkende Einfluß des Waldes so groß, daß er die temperaturerhöhende Wirkung des Landes in das Gegenteil umkehrt, so kann er in den minder walddreichen Gauen Europas jene wärmesteigernde Wirkung wohl noch erheblich schwächen.

Es ist aber auch anzunehmen, daß sich über Grasland, beziehungsweise über Wiesen und Feldern zur Zeit des üppigsten Wachstums die Luft im Sommer weniger erhitzt als über Haiden, Steppen und Karstböden, so daß auch in waldlosen Teilen Europas bei gleicher Kontinentalität verschiedene Julitemperaturen erwachsen können. Endlich spielt bei der Gestaltung des Wärmebildes im Sommer die vertikale Gliederung eine größere Rolle als im Winter. Man wird die von Hann zur Rechtfertigung der Wahl eines einheitlichen Reduktionsmaßstabes vorgebrachten Gründe vollauf würdigen;

eine auf solcher Grundlage gezeichnete Isothermenkarte ist aber naturgemäß mit Ungenauigkeiten behaftet, die mit zunehmenden Höhenunterschieden wachsen. Der Abfluß der erkaltenden Luftmassen in die Niederungen im Winter wirkt nun gleichsam wie eine Minderung jener Unterschiede und wird dann die besagten Ungenauigkeiten verkleinern, während im Sommer, wenn die Höhen relativ kalt sind, die umgekehrte Sachlage eintritt.

Die folgenden Schnittpunkttemperaturen stellen Mittelwerte aus Bestimmungen dar, welche mit dem Kärtchen der Juliisothermen von Europa in Hanns Atlas der Meteorologie durch graphische Interpolation aus den über den Meridianen und über den Breitenkreisen errichteten Temperaturkurven und durch direkte Interpolation auf der Karte erhalten wurden. Kleine Abweichungen von den seinerzeit von Spitaler bestimmten Schnittpunkttemperaturen erklären sich unschwer daraus, daß letztere aus der Weltkarte der Juliisothermen in Hanns Atlas entnommen wurden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Wärmeänderungen auf den Parallelen sind die Schnittpunkttemperaturen als Differenzen gegen die Anfangstemperaturen  $T$  in  $\lambda = 20^\circ$  W v. G. dargestellt.

	$T$	-20	-15	-10	-5	0	10	15	
	14.5	0.0	-0.5	-0.2	0.9	1.1	0.7	1	1.5
50	16.5	0.0	0.0	-0.2	0.6	1.1		3.2	3.6
45	18.5	0.0	-0.4	-0.7	0.2	2.1	4.4	6.0	
40	20.0	0.0	-0.3	0.0	8.0	7.1	5.4		5.9
35	22.0	0.0	-0.7	-0.5	2.0	8.6	9.5	6.9	3.5
	20		30	35	40	45	50		60
		4.2	4.7	5.2		5.7	5.7	5.6	5.5
50	3.6	4.0	4.5		5.6	6.1	7.0	7.1	7.0
45	4.6	3.3	3.8	3.6	5.8	6.7	7.0		7.2
40	6.0			7.0	8.5	10.0	6.2	8.5	10.5
35	3.4	3.3	3.6	8.0	11.5	11.5	10.5	10.5	12.0

Als morphometrische Grundlage für die Temperaturanalyse dienten die prozentischen Landbedeckungen der um die Koordinatenschnittpunkte als Diagonalschnittpunkte herumgelegten  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  und  $20^\circ$  Felder, welche von mir zwecks der Analyse der Jänner-

temperaturen bestimmt worden waren.<sup>1</sup> Ich hatte schon damals erwähnt, daß es passender wäre, die Landprocente auf einer flächentreuen Karte für peristatische Kreisflächen mit wachsenden Radien zu bestimmen und noch günstiger wäre, diese Bestimmung für die Quadranten der Windrose getrennt vorzunehmen, weil der thermische Einfluß von im Norden, Osten, Süden und Westen benachbartem Land verschieden ist, und ich hatte die Gradfeldbestimmung mit dem viel geringeren von ihr erforderten Zeitaufwande begründet. (Möglichkeit der Überführung der Werte für die 10° und 20°-Felder in die nächstfolgenden durch fortlaufenden Abzug und Zuschlag von 5° breiten Streifen.) Inzwischen hat C. Brooks<sup>2</sup> zwecks Lösung eines thermalen Problems der Eiszeit Nordeuropas Landbedeckungen für peristatische Kreisflächen für einzelne Orte (nicht für Koordinatenschnittpunkte) bestimmt.

55. Parallel. Der Umstand, daß das einer sehr schwachen Zunahme bis in die Ostsee folgende rasche Ansteigen bald wieder einer Neigung zum Verharren in gleicher Höhe weicht, würde der Darstellung durch einen Ausdruck  $f_0 + F$  günstig sein, in welchem  $f_0$  die in der unmittelbaren Umgebung des betrachteten Punktes vorhandene Landbedeckung,  $F$  das Mittel aus den Bedeckungen der 5°, 10° und 20°-Felder bedeutet. Man hat dann, wenn bis  $\lambda = 20 E$   $f_0 = 0$  und von  $\lambda = 30 E$  ab  $f_0 = 100$  gesetzt wird (für  $\lambda = 25 E$  als Übergang  $f_0 = 50$ ) für  $\delta = t - 14 \cdot 5$ :

$$\delta = 0 \cdot 00913 (f_0 + F).$$

Dieser Ausdruck gibt folgende Werte für  $\delta$  und für  $\Delta$ , die Differenz gegen die gemessenen Werte:

$\lambda$	-15	-10	-5	0		10	15	20
	0.0	0.4	1.1	0.9	0.9	1.8	1.9	2.0
$\Delta$	+0.5	+0.6	+0.2	-0.2	+0.2	+0.1	+0.5	-0.5
$\lambda$	25	30	35	40	45	50	55	60
$\delta$	3.8	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.4	5.5
$\Delta$	-0.4	+0.7	+0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	0.0

Die gemessenen Werte erscheinen mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0.3$  wiedergegeben. Da sich zur Einführung der Größe  $f_0$  auf den anderen Parallelen aber kein Anlaß bot, war von ihrer Heranziehung auch am 55. Parallel abzusehen.

Es wurde nun eine Gleichung von ähnlicher Form, wie ich sie ehemals für die Jännertemperatur gewählt hatte, versucht, eine

<sup>1</sup> F. Kerner, Synthese der morphogenen Winterklimate Europas zur Tertiärzeit. Tab. III, p. 13. Diese Sitzungsber., CXXII, Bd. IIa, Februar 1913.

<sup>2</sup> C. Brooks, Continentality and Temperature Q. J. R. Meteor. Soc., Vol. 44.

Einführung der eury- und anchiperistischen Bedeckung in zwei Gliedern, deren erstes mit der linearen Kontinentalität (dem Abstände von  $\lambda = 20^\circ$  W) multipliziert erscheint. Die Ausgleichsrechnung ergab:

$$\delta = 0.00303 f_{20} d + 0.00741 (f_{10} + f_5)$$

$f_{20}$ ,  $f_{10}$  und  $f_5$  sind die Landbedeckungen der  $20^\circ$ ,  $10^\circ$  und  $5^\circ$ -Felder,  $d = (4 + \frac{1}{5} \lambda E v. G)$ .

Diese Gleichung gibt die gemessenen Werte in folgender Weise wieder:

$\lambda$	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
$\delta$	0.0	0.3	0.9	1.0	1.2	2.2	2.5	3.0
$\Delta$	+0.5	+0.5	0.0	-0.1	+0.5	+0.5	+1.0	+0.5
$\lambda$	25	30	35	40	45	50	55	60
$\delta$	3.7	4.2	4.7	4.9	5.2	5.6	5.8	6.1
$\Delta$	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.1	+0.2	+0.6

Der mittlere Fehler ist hier  $\pm 0.44$ . Ein Versuch, die lineare Kontinentalität in ihren zweiten Wurzelwerten einzuführen, lieferte ein ungünstigeres Resultat. Die hierbei erhaltene Gleichung:

$$\delta = 0.01329 f_{20} \sqrt{d} + 0.00262 (f_{10} + f_5)$$

gibt die Beobachtungen mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0.54$  und mit drei Fehlern  $\leq 1.0$  wieder. So wurde der vorige Ausdruck als zur Not genügend erachtet.

50. Parallel. Die nicht durch Zackenbildungen gestörte, stetige und sich verlangsamende Zunahme der euryperistischen Bedeckungen und der Temperaturen ladet dazu ein, jene Bedeckungswerte und die Temperaturen selbst als Exponentialfunktion der linearen Kontinentalität aufzuzeigen, wobei man aber die Darstellung erst bei  $\lambda = 10$  W beginnen lassen kann. Für die Relation  $f_{20} = A d^x$  fällt ein solcher Versuch aber noch nicht befriedigend aus; mit der Formel

$$f_{20} - 21 = 17.34 d^{0.5927}$$

werden die gemessenen Landprozent mit einem mittleren Fehler von  $\pm 5.7$  wiedergegeben. Etwas mehr Erfolg hat man bei Heranziehung der Werte von  $f_{30}$ , welche von mir auch noch bestimmt, aber schon bei der Analyse der Jännertemperaturen nicht benützt worden waren. Man erhält da:

$$f_{30} - 20 = 13.75 d^{0.67003}$$

Die berechneten Werte  $m' = f'_{30} - 20$  stellen sich zu den gemessenen  $m = f_{30} - 20$  wie folgt:

$\lambda$	-5	0	5	10	15	20	
	14	22	29	35	40	46	51
$\lambda$	10	20	30	38	43	51	
	30	35	40	45	50	55	60
	55	60	64	69	73	77	80
	60	65	66	68	71	73	74

Mittlerer Fehler  $\pm 3 \cdot 1$ . Für die Temperatur erhielt ich

$$t - 16 \cdot 3 = 0 \cdot 8781 d^{0 \cdot 8316}$$

Hier findet folgendes Verhalten der berechneten Werte  $T' = t - 16 \cdot 3$  zu den beobachteten  $T = t - 16 \cdot 3$  statt.

$\lambda$	-5	0	5	10	15	20	
$T'$	0.88	1.56	2.19	2.78	3.35	3.90	4.43
$T$	0.8	1.3	2.7	3.4	3.8	3.8	4.2
$\lambda$	30	35	40	45	50		60
$T'$	4.95	5.46	5.96	6.45	6.93	7.41	7.88
$T$	4.7	5.4	5.8	6.3	7.2	7.3	

Als mittleren Fehler findet man hier  $\pm 0 \cdot 28$ . Um die Temperatur durch die euryperistische Bedeckung auszudrücken, hat man allgemein, wenn  $t = Ad^x$  und  $f = Bd^y$ ,

$$t = \frac{A}{B} f d^{x-y}$$

und im vorliegenden Falle:

$$t - 16 \cdot 3 = 0 \cdot 06386 (f_{30} - 20) d^{0 \cdot 1616}$$

Diese Formel gibt die beobachteten Werte in folgender Weise wieder (mittlerer Fehler  $= \pm 0 \cdot 34$ ):

$\lambda$	-5	0		10	15	20	
$T'$	0.64	1.43	2.29	3.04	3.56	4.35	4.81
$T$	0.8	1.3	2.7	3.4	3.8	3.8	4.2
$\lambda$	30	35	40	45	50	55	60
$T'$	5.36	5.92	6.11	6.40	6.78	7.06	7.24
$T$	4.7	5.4	5.8	6.3	7.2	7.3	7.2

Im Rahmen der hier durchzuführenden Analysis ist aber auch die Temperatur am 50. Parallel als eine von der eury- und anchiperistischen Bedeckung abhängige Größe aufzuzeigen. Die für den 55. Parallel mit nur mäßigem Erfolge in Betracht gezogene Gleichungsform liefert hier ein besseres Resultat. Die mit der Ausgleichsrechnung erhaltene Formel

$$\delta = 0.00436 f_{20} d + 0.00542 (f_{10} + f_5)$$

stellt die gemessenen Werte mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0.27$  dar, wie aus folgender Zahlenreihe zu ersehen:

	— 15	— 10	— 5	0		10	15	20
	0.0	0.2	0.8	1.6	2.3	2.7	3.3	3.8
$\Delta$	0.0	+0.4	+0.2	+0.5	—0.2	—0.5	—0.3	+0.2
$\lambda$		30	35	40	45	50		60
	4.3	4.7	5.2	5.5	5.9	6.5	6.9	7.6
$\Delta$	+0.3	+0.2	0.0	—0.1	—0.2	—0.5	—0.2	+0.6

45. Parallel. Auf diesem wird die Lösung der hier gestellten Aufgabe unmöglich. Das wurde von mir schon vor vier Jahren erkannt, als ich sie zu einem besonderen Zwecke wenigstens für die Meridiane des Westmittellmeeres zu erreichen versuchte. Der Einfluß der anchiperistischen Bedeckung erscheint da durch den Alpenbogen gestört, die euryperistische reicht aber zur Darstellung der Temperaturen nicht aus. Durch die Ausdrücke:

$$t = 16.81 + 9.69 f_{20} \text{ und } t = 17.44 + 7.90 f_{20}$$

wurde nur eine sehr unvollkommene Wiedergabe der Temperaturen mit mittleren Fehlern von  $\pm 1.16$  und  $\pm 0.95$  erzielt.<sup>1</sup>

Ostwärts vom 15. Meridian tritt dann die schon erwähnte Anomalie der südlichen Isothermenvorwölbung ein, welche jeden Versuch einer Darstellung der Julitemperaturen als Funktion der Landentwicklung zum Scheitern zwingt. Man müßte da ein negatives Glied mit der anchiperistischen Waldbedeckung als Variablen einführen. Dies würde aber nicht bloß — da es dann der Gleichmäßigkeit wegen auch für die anderen in Betracht gezogenen Parallele geschehen müßte — der Arbeit einen ganz ungewollt großen Umfang geben, sondern darum seinen Zweck verfehlen, weil die hier versuchte thermogeographische Analysis ja nur das Mittel zur Ableitung stenomorphogener Temperaturen für die Stufen der Tertiärzeit sein soll, für die die Waldbedeckung ganz unbekannt ist. Volle Waldbedeckung anzunehmen, schloße sich für die jüngeren Stufen schon

<sup>1</sup> F. Kerner, Bauxite und Braunkohlen als Wertmesser der Tertiärklimate in Dalmatien. Diese Sitzungsber., 130. Bd., I. Abt., 1. bis 3. Heft, p. 52.



wegen der weitausgedehnten Grasland voraussetzenden großen Säugetierfaunen ganz aus; aber auch für das paläozäne Europa wäre die Vorstellung, daß es aus mit undurchdringlichem Urwald bedeckten Inseln bestanden habe, aus verschiedenen paläobiologischen Gründen nicht haltbar. Es soll darum hier der Ausweg versucht sein, für den 45. Parallel eine Temperaturformel durch Interpolation aus den für die Nachbarparallele gewinnbaren Formeln zu erhalten.

40. Parallel. Die hohe, schon in Spanien erreichte Juliwärme und der Umstand, daß dieselbe erst in der Gegend zwischen Pontus und Kaspisee wieder erreicht und überschritten wird, lassen erkennen, daß (bis  $\lambda = 60^\circ E$  wenigstens) in den subtropischen Breiten die lineare Kontinentalität als temperaturerhöhender Faktor nicht mehr von Belang ist, hingegen die anchiperistische Bedeckung größeren Einfluß gewinnt. Dies erschien als ein Fingerzeig, für den 40. Parallel einen Ausdruck von der Form  $A(f_{20} + f_{10}) + Bf_5$  aufzusuchen. Die Ausgleichsrechnung ergab die Formel:

$$\delta = 0.04160(f_{20} + f_{10}) + 0.02509f_5,$$

welche zu folgenden Werten von  $\delta$  und  $\Delta$  führte:

$\lambda$	-5	0		10	15	20	
		6.9	4.7	4.5	5.0	5.9	6.4
$\Delta$	-0.8	-0.2	-0.7	-0.7	-0.9	-0.1	+0.9
	30	35	40	45	50		60
	7.0	7.6	8.5	9.5	6.9	8.6	10.3
$\Delta$	+1.8	+0.6	0.0	-0.5	+0.7	+0.1	-0.2

Der große mittlere Fehler von  $\pm 0.58$  erscheint durch die auffallend tiefe Temperatur, welche sich aus Hanns Isothermenkarte für  $\lambda = 30^\circ E$  ableitet, verursacht; schaltet man diese aus, geht der Fehler knapp unter  $\pm 0.5$  herab. An der unverhältnismäßig großen Differenz, Beobachtung-Rechnung in  $\lambda = 10 W (2.8^\circ)$ , erkennt man die sich bis an Portugalsküste erstreckende abkühlende Wirkung des Kanariensstromes.

Es wurden nun noch die drei verfügbaren peristatischen Werte mit gleichem Gewichte in einem eingliedrigem Ausdruck als Variable vereinigt, wobei sich als Konstantenwert 0.0368 ergab. Die auf diese Art gewonnenen Werte von  $\delta$  und  $\Delta$  sind:

$\lambda$	-5	0		10	15	20	
	7.8	7.0	4.2	4.3	5.1	6.0	6.4
$\Delta$	-0.2	-0.1	-1.2	-0.9	-0.8	0.0	+0.9
$\lambda$	30	35	40	45	50	55	60
		7.9	8.6	9.8	6.5	8.7	10.5
$\Delta$	+2.0	+0.9	+0.1	0.2	+0.3	+0.2	0.0

Die hispanische und armenische Zacke und der kaspische Einschnitt der Wärmekurve erscheinen hier besser wiedergegeben; im Tyrrhenischen Meere und in Anatolien ist die Anschmiegung an die Beobachtungen schlechter. Der mittlere Fehler geht hier bei Ausschaltung von  $\lambda = 30$  E auf  $\pm 0.45$  herab.<sup>1</sup>

35. Parallel. Auf diesem zeigt sich ein noch stärkerer thermischer Einfluß der näheren Umgebung als am 40. Breitenkreise. Eine zweigliedrige Gleichung von der für diesen letzteren angewandten Form lautet hier:

$$\delta = 0.0290(f_{20} + f_{10}) + 0.0617f_5.$$

Sie ergibt folgende Werte und Wertunterschiede gegen die gemessenen Temperaturen:

$\lambda$	— 5	0	5	10	15	20	25
$\delta$	9.0	9.0	9.4	7.0	2.9	2.9	3.2
$\Delta$	—	+ 0.4	— 0.1	+ 0.1	— 0.6	— 0.5	— 0.1
$\lambda$	30	35	40	45	50	55	60
$\delta$	4.4	8.0	11.3	11.3	10.5	10.9	11.6
$\Delta$	+ 0.8	0.0	— 0.2	— 0.2	0.0	+ 0.4	— 0.4

Der Mittelwert von  $\Delta$  ist hier  $\pm 0.29$ . Diese Gleichung läßt sich in die eingliedrige:

$$\delta = 0.0299(f_{20} + f_{10} + 2f_5)$$

umformen, welche fast dieselben Werte gibt.

Bei Weglassung der Werte von  $f_{10}$  erhält man die Gleichung

$$\delta = 0.0467f_{20} + 0.0702f_5,$$

welche zu folgenden Werten von  $\delta$  und  $\Delta$  führt:

$\lambda$	— 5	0	5	10	15	20	25
$\delta$	—	8.8	9.4	7.1	3.2	3.1	3.1
$\Delta$	—	+ 0.2	— 0.1	+ 0.2	— 0.3	— 0.3	— 0.2
$\lambda$	30	35	40	45	50	55	60
$\delta$	4.4	7.7	10.7	10.8	10.4	10.7	11.1
$\Delta$	+ 0.8	— 0.3	— 0.8	— 0.7	— 0.1	+ 0.2	— 0.9

<sup>1</sup> Bloß für das Intervall von 20 W bis 20 E und für das von 5° W bis 20° E konnten von mir vor vier Jahren (in meiner Arbeit über die Tertiärklimata Dalmatiens) mittels der Formeln:

$$t = 19.66 + 12.07 L \text{ und } t = 21.32 + 9.16 L,$$

Einer etwas besseren Anschmiegung an die gemessenen Werte im Syrteneere steht eine verschlechterte Wiedergabe der Temperaturen in Vorderasien gegenüber. Der mittlere Fehler ist hier  $\pm 0.39$ . Der abkühlende Einfluß des längs des Kanariestromes aufquellenden Tiefenwassers macht sich in  $\varphi = 35$  noch stärker fühlbar als in  $40^\circ$  Breite, er bedingt es, daß die Wärmeberechnung in  $\lambda = 10^\circ$  W um  $3.1$ , in  $\lambda = 5^\circ$  W sogar um  $6.6$  zu hoch wird.

Sieht man von rechnerischer Genauigkeit ab, so kann man ohne Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate in einfachster Weise zu Lösungen der hier vorgelegenen Aufgabe gelangen. Man braucht nur aus den Werten auf  $\lambda = 60 E$ , die der vollen Landbedeckung der  $20^\circ$ -Felder entsprechende Temperatur zu suchen und durch die Zahl der in einem Gewichtsmittel von  $f_{20}$ ,  $f_{10}$  und  $f_5$  enthaltenen Einzelgewichte zu dividieren und erhält dann die Konstante für einen eingliedrigen Ausdruck, in welchem jenes Gewichtsmittel als Variable erscheint. Durch Ausprobung läßt sich dann feststellen, wie die Gewichte zu verteilen sind. So ergibt sich beispielsweise auf  $\varphi = 35^\circ$ , weil  $\delta = 12.0$  einem Werte  $\Sigma f = 288$  entspricht, für  $\Sigma f = 300$ , als Wert von  $\delta = 12.5$  und für ein Mittel, in welchem einer der drei peristatischen Werte mit doppeltem Gewichte aufscheint, als Konstante  $12.5 \cdot 400 = 0.0313$ . Das doppelte Gewicht ist hier dem  $f_5$  beizumessen, wobei man dann fast dieselben Werte wie mit der ersten der vorangeführten Formeln erhält. Man kann so mühelos verschiedene Gewichtskombinationen der peristatischen Werte in bezug auf ihre Güte prüfen. Vorausgesetzt ist bei diesem Verfahren, daß die auf  $\lambda = 60 E$  herrschende Relation zwischen Temperatur und Landbedeckung der durchschnittlichen nahe kommt. Andernfalls muß man auch die Verhältnisse auf einigen der dem sechzigsten vorausgehenden fünften Meridiane heranziehen.

Es erübrigt nun noch, für den 45. Parallel eine Formel auf indirektem Wege zu finden. Eine Interpolation im engerem Sinne, wie sie die Ablesung der dem genannten Parallel entsprechenden Werte an einer Kurve wäre, die aus den Konstanten für die zwei nördlichen und südlichen fünften Nachbarparallele zur Zeichnung käme, ist nicht tunlich, da die beiderseitigen Nachbarformeln verschieden gebaut sind. Man muß sich so für eine dieser beiden Bauarten entschließen und wird es dann aus allgemein geographischen Erwägungen vorziehen, den 45. Parallel seinem südlichen Nachbar anzugleichen, für ihn also eine Formel zu wählen, in welcher die euryperistische Bedeckung nicht mehr — wie am 50. Parallel — mit der linearen Kontinentalität multipliziert ist. Man wird aber, da ein Vergleich von  $\varphi = 40$  und  $\varphi = 35$  ein nach Süd vorschreitendes Wachstum des Einflusses der näheren Nachbarschaft auf Kosten der Wirkung des weiteren Umkreises zeigt, für den

in welchen  $L = 1/5 (3f_{20} + 2f_5)$ , die Temperaturen mit mittleren Fehlern von  $\pm 0.37$ , beziehungsweise  $\pm 0.32$  dargestellt werden. Es begreift sich, daß für das jetzt in Betracht gezogene doppelte, beziehungsweise dreifache Längenintervall nur eine minder befriedigende Annäherung an die gemessenen Werte erzielt wurde.

45. Parallel diese letztere Wirkung höher als auf dem 40. Parallelkreis einschätzen. Eine nur probeweise vorgenommene Rechnung der Konstanten für einen zweigliedrigen Ausdruck mit  $f_{20}$  und  $(f_{10} + f_5)$  als Variablen ergab für  $f_{20}$  0·06030 und für  $(f_{10} + f_5)$  0·00353. Das würde besagen, daß die Temperatur am 45. Parallel fast nur von der Bedeckung der 20°-Felder abhängt. Ein näherer Zublick zeigt aber, daß es sich bei diesem zwerghaften Werte von  $(f_{10} + f_5)$  nur um einen rechnerischen Zwangsausgleich der Sachlage handelt, daß infolge störender Einflüsse die Temperatur im Vergleiche zur anchiperistatischen Landbedeckung teils erheblich zu hoch, teils viel zu niedrig erscheint. Es wäre auch nicht einzusehen, warum gerade am 45. Parallel die anchiperistische Bedeckung fast belanglos sein sollte. Als mittleren Fehler erhält man da  $\pm 1\cdot27$ . Ein Versuch, mit Weglassung der ungünstigsten Fälle eine Formel mit  $f_{20}$  allein und eine solche mit Einbezug von  $f_{10}$  und  $f_5$  abzuleiten, ergab noch mittlere Fehler von  $\pm 0\cdot96$  und  $\pm 0\cdot84$ . Auch das ist unter den obwaltenden Umständen nicht als Beweis eines starken Zurücktretens der anchiperistischen Landeinflüsse zu deuten.

Sucht man mit einfachsten Annahmen auszukommen, so wird man, weil sich für  $\varphi = 35^\circ$  die Kombination  $f_{20} + f_{10} + 2f_5$  und für  $\varphi = 40$  die Kombination  $f_{20} + f_{10} + f_5$  als brauchbar erwiesen, für  $\varphi = 45$  die Kombination  $2f_{20} + f_{10} + f_5$  ansetzen können. Die besondere Unregelmäßigkeit der thermogeographischen Beziehungen am 45. Parallel schließt es aber aus, eine Konstante nach dem oben aufgezeigten einfachen Verfahren abzuleiten und muß auch dies auf einem Umwege geschehen.

Es wurden für die beiderseitigen fünften Nachbarparallele – um möglichst sicher zu gehen – aus jeweils mehreren sehr östlichen Meridianen die der vollen Landbedeckung der 20°-Felder entsprechenden Temperaturen bestimmt und aus diesen durch Interpolation ein Wert für den 45. Parallelkreis erzielt. Es ergaben sich

$$\text{für } \varphi = 55 \text{ aus } \lambda 40 \text{ bis } 60, a = 5\cdot67$$

$$\varphi = 50 \quad \lambda 50 \quad 60, a = 7\cdot42$$

$$\varphi = 40 \quad \lambda 40, 45, 55, 60, a = 11\cdot07$$

$$\varphi = 35 \quad \lambda 40 \text{ bis } 60, a = 12\cdot40$$

Diese Werte schmiegen sich einer Geraden mit der Gleichung  $a = 4\cdot007 + 1\cdot711 b$  an, in welcher  $b$  in 5° Längen von  $\varphi = 60$  ab südwärts zu zählen ist, so daß sich für  $\varphi = 45$ ,  $a = 9\cdot14$  ergibt. (Aus  $\lambda 55$  und  $60$  auf  $\varphi = 45$  würde man nur  $8\cdot47$  erhalten.) Da  $9\cdot14 \cdot 400 = 0\cdot02285$ , kann man abrundend für  $\varphi = 45$  die Wärmeformel

$$\delta = 0\cdot023 (2f_{20} + f_{10} + f_5)$$

verwenden. Zusammengestellt sind die zur Wiedergabe der Juli-temperaturen in Europa benützbaren Gleichungen:

$$\varphi = 55, t = 14 \cdot 5 + 0 \cdot 0030 f_{20} d + 0 \cdot 0074 (f_{10} + f_5)$$

$$\varphi = 50, t = 16 \cdot 5 + 0 \cdot 0044 f_{20} d + 0 \cdot 0054 (f_{10} + f_5)$$

$$\varphi = 45, t = 18 \cdot 5 + 0 \cdot 0229 (2 f_{20} + f_{10} + f_5)$$

$$\varphi = 40, t = 20 \cdot 0 + 0 \cdot 0368 (f_{20} + f_{10} + f_5)$$

$$\varphi = 35, t = 22 \cdot 0 + 0 \cdot 0299 (f_{20} + f_{10} + 2 f_5).$$

### Synthese der stenomorphogenen Sommerklimate Europas zur Tertiärzeit.

Als Grundlage für die Ableitung der stenomorphogenen Jännertemperaturen Europas im Tertiär hatten mir die von Matthew entworfenen Kärtchen gedient; sie kamen so auch für die Bestimmung der stenomorphogenen Julitemperaturen als Unterlage in Betracht. Die Bedeutung, welche diesen Kärtchen im Rahmen meiner Untersuchung zukommt, ist die, daß sie als sechs mögliche unter den sehr vielen verschiedenen Gestaltungen gelten können, welche Europa im Laufe der langen Zeit vom Ende des Mesozoikums bis zum Beginn des Quartärs als Folgezustände mannigfacher regionaler und lokaler Regressions- und Transgressionsvorgänge gezeigt haben muß. Man braucht ihnen (im Rahmen dieser Untersuchung) aber nicht die Bedeutung beizumessen, daß sie die wahrscheinlichsten jener Gestaltungen seien, welche während der Zeitstufen, nach denen sie benannt sind, jeweils am längsten anhielten oder vielleicht aus einem anderen Grunde die für diese Stufen bemerkenswertesten wären. Es wird hier auch nicht vorausgesetzt, daß diese Kartenbilder den morphologischen Gesamtspielraum des tertiären Europa zur Gänze aufzeigen; es wird nur angenommen, daß das Transgressionsbild des Oligozäns und das Regressionsbild des Pliozäns der landärmsten und der landreichsten Phase des Tertiärs beiläufig entsprechen.

Die folgende Tabelle I bringt die stenomorphogenen Julitemperaturen, welche durch Einsatz der aus den Kärtchen von Matthew erhaltenen Landbedeckungen der 5°, 10° und 20°-Felder<sup>1</sup> in die im vorigen entwickelten Formeln gewonnen wurden.

Als erwünschte Zugabe zur Kundmachung der berechneten stenomorphogenen Jännertemperaturen habe ich seinerzeit die Abweichungen derselben von den heutigen Temperaturwerten mitgeteilt. Diese von mir als stenomorphogene Diakrinen eingeführten Größen, welche angaben, um wieviel die Wintertemperaturen in Tertiäreuropa wegen der veränderten Land- und Meerverteilung in diesem Erdteile schon von den heutigen abwichen, müssen die Grundlage für jeden Erklärungsversuch des europäischen Tertiärklimas sein, auf die sich dann Erwägungen über noch andere Klimakomponenten aufbauen können. Die Betrachtung damit beginnen, daß man das Europa der Eozänzeit auf den Äquator verlegt, heißt das Pferd mit

<sup>1</sup> Synthese der morphogenen Winterklimate etc. Tab. VI, p. 36 und 37.

Tabelle I.

Stenomorphogene Julitemperaturen in Europa im Tertiär.

φ	55°	50°	45°	40°	35°	φ	55°	50°	45°	40°	35°
λ	Protozän					λ	Miozän				
—15	14·6	16·6	19·3	20·5	22·8	—15	14·6	16·6	19·1	20·7	23·3
—10	15·4	17·2	21·0	24·0	24·8	—10	15·2	17·0	20·4	23·7	28·2
— 5	16·1	17·9	23·1	28·0	28·7	— 5	16·1	17·7	22·1	27·1	30·9
0	15·8	18·5	24·9	26·5	29·1	0	15·9	18·2	23·9	25·0	28·7
5	16·8	18·7	23·7	22·7	28·4	5	15·7	18·5	22·3	22·4	28·9
10	16·9	19·0	22·5	21·9	26·7	10	16·7	18·6	22·1	21·8	28·0
15	17·7	19·4	21·4	22·2	23·5	15	17·5	18·9	22·3	22·3	24·7
20	17·9	19·5	21·9	21·9	22·9	20	17·9	19·4	23·0	24·7	24·3
25	17·9	19·1	22·0	25·3	23·3	25	18·0	19·7	23·0	27·0	25·2
30	17·8	18·9	20·6	25·4	25·1	30	18·2	20·1	22·9	27·2	24·7
35	18·0	19·1	20·5	23·1	24·1	35	18·4	20·4	23·6	26·4	24·5
40	18·5	19·5	21·6	20·9	22·8	40	18·8	20·9	24·1	25·1	28·2
45	19·0	20·5	21·8	21·2	23·1	45	19·3	21·4	23·5	25·5	27·9
50	19·4	21·4	21·8	22·8	24·0	50	19·8	22·4	23·4	27·1	27·4
55	19·8	21·8	22·5	25·8	25·9	55	20·3	23·3	25·2	28·2	30·5
60	20·3	22·8	22·3	25·7	29·1	60	20·8	24·1	26·9	29·9	33·5
λ	Eozän					λ	Pliozän				
—15	14·6	16·6	19·1	20·3	22·4	—15	14·6	16·6	19·3	20·5	22·7
—10	15·4	17·0	20·7	23·2	22·9	—10	15·8	17·2	21·1	24·2	24·7
— 5	15·7	17·7	22·2	25·6	24·9	— 5	16·3	18·0	22·8	28·0	30·5
0	16·0	18·3	24·5	24·7	26·0	0	16·1	18·5	24·9	28·4	31·1
5	16·6	18·7	24·2	25·4	24·1	5	16·0	18·9	24·2	25·5	31·3
10	17·3	18·9	21·5	22·8	23·1	10	17·2	19·3	24·1	25·2	30·4
15	17·7	19·0	20·5	26·5	22·8	15	18·0	20·2	24·7	24·4	26·8
20	17·8	19·0	21·4	22·2	22·5	20	18·4	20·8	26·5	26·7	25·1
25	17·8	19·2	21·6	25·4	23·3	25	18·7	21·4	27·2	29·3	27·5
30	17·9	19·3	20·2	23·4	23·6	30	19·0	21·9	27·6	30·0	29·2
35	17·7	18·9	19·3	20·4	23·0	35	19·3	22·4	27·7	30·4	30·9
40	17·3	18·8	19·0	20·0	22·4	40	19·6	22·8	27·7	30·6	33·6
45	18·0	19·4	19·3	20·2	22·3	45	19·9	23·3	27·7	30·8	33·9
50	18·8	20·0	20·4	20·4	22·1	50	20·2	23·7	27·7	30·8	34·0
55	18·5	20·3	21·8	20·4	22·0	55	20·5	24·1	27·7	30·8	34·0
60	16·9	19·2	20·4	20·4	22·0	60	20·8	24·6	27·7	30·8	34·0
λ	Oligozän					λ	Pleistozän				
—15	14·6	16·6	19·3	20·5	22·6	—15	14·7	16·7	19·3	20·5	22·7
—10	15·5	17·2	21·0	23·5	24·7	—10	15·6	17·1	20·7	23·4	24·5
— 5	16·2	17·9	23·1	28·0	29·5	— 5	16·4	17·9	22·8	27·8	30·2
0	16·4	18·4	24·9	27·6	30·6	0	16·9	18·9	23·9	27·3	30·6
5	16·2	18·5	24·3	24·5	31·0	5	17·4	19·6	26·3	25·1	31·8
10	16·3	18·2	21·8	23·5	27·1	10	17·8	20·1	26·6	26·7	32·5
15	16·4	18·2	20·6	21·0	23·0	15	18·1	20·5	27·0	27·8	29·5
20	16·6	18·3	20·9	21·3	22·6	20	18·4	21·0	27·2	28·7	26·2
25	16·8	18·7	21·9	24·1	22·6	25	18·7	21·2	26·9	29·2	28·6
30	17·0	18·6	21·0	22·0	22·7	30	18·9	21·3	24·9	28·0	27·9
35	17·1	18·3	19·3	20·5	22·5	35	19·2	21·5	23·9	27·8	31·3
40	17·1	18·2	19·4	20·6	22·4	40	19·3	21·5	25·0	28·3	33·5
45	17·7	18·7	20·0	23·0	22·5	45	19·0	20·9	25·1	29·3	33·5
50	18·6	19·5	19·7	21·3	22·4	50	18·7	20·6	22·1	26·1	32·7
55	19·1	20·3	19·9	20·4	22·3	55	18·7	21·0	23·3	25·0	32·8
60	18·6	19·8	20·0	21·5	22·5	60	19·8	21·9	23·8	27·8	33·4

dem Schweife aufzäumen. Die Abweichungen der hier berechneten Julitemperaturen von den heutigen sind weniger belangreich und zwecks Raumersparnis sei da von ihrer Mitteilung abgesehen. Um einen Überblick über sie zu ermöglichen, sei aber eine Tafel der heutigen Temperaturwerte eingefügt.

Julitemperaturen der Jetztzeit.

$\lambda$	$\varphi$					$\lambda$	$\varphi$				
	55°	50°	45°	40°	35°		55°	50°	45°	40°	35°
15	14·0	16·5	18·1	19·7	21·3	25	18·7	20·5	21·8	25·5	25·3
-10	14·3	16·3	17·8	20·0	21·5	30	19·2	21·0	22·3	25·2	25·6
5	15·4	17·1	18·7	28·0	24·0	35	19·7	21·7	22·1	27·0	30·0
0	15·6	17·6	20·6	27·1	30·6	40	20·0	22·1	24·3	28·5	33·5
5	15·2	19·0	22·9	25·4	31·5	45	20·2	22·6	25·2	30·0	33·5
10	16·2	19·7	24·5	25·2	28·9	50	20·2	23·5	25·5	26·2	32·5
15	16·0	20·1	24·0	25·9	25·5	55	20·1	23·6	25·7	28·5	32·5
20	17·0	20·1	23·1	26·0	25·4	60	20·0	23·5	25·7	30·5	34·0

Ein Vergleich der vorstehenden Werte mit jenen in Tabelle I zeigt, daß die stenomorphogenen Sommertemperaturen in den jüngeren landreicheren Phasen des Tertiärs den heutigen ziemlich nahe standen; in den älteren Phasen sanken sie in der Richtung gegen Süd und Ost erheblich unter die heutigen hinab; die im Eozän und Oligozän tatsächlich vorhanden gewesenen Julimittel der Luftwärme brauchten aber nicht so tief zu sein, wenn andere wärmesteigernde Faktoren hinzutraten.

Durch Heranziehung der von mir seinerzeit berechneten stenomorphogenen Jännertemperaturen wäre es nun möglich, auch jene mittleren Jahrestemperaturen — als arithmetische Mittel der Jänner- und Julitemperaturen — angenähert zu bestimmen, welche in Tertiär-Europa beim heutigen Solarklima auf Grund der im Gebiete des Erdteiles selbst vorhanden gewesenen anderen Land- und Meer-Verteilung geherrscht hätten.

Dem Meteorologen gilt das Jahresmittel stets als die wichtigste thermoklimatische Zahl. Für den Biologen ist es sehr viel weniger bedeutsam als die periodischen Extreme. Da die Altklimakunde sich aber nicht selbst bezweckt, sondern als ein Mittel zur Ergründung der physischen Zustände der Vorzeit erscheint (soweit sie nicht selbst auf diesen basiert), so käme da die Ableitung von Jahresmitteln der Temperatur aus den Temperaturen der extremen Monate der Schaffung einer minder dienlichen Sache aus brauchbareren Dingen gleich. Dies schließt aber nicht aus, daß für besondere Zwecke auch die Kenntnis von morphogenen mittleren Jahrestemperaturen der Vorzeit von Wert werden könnte.

Die Bildung der Differenzen zwischen den Jänner- und Julitemperaturen ist aber auch in der sich nur biologischen Zielen widmenden Altklimakunde bedeutsam. Zwecks Raumersparnis sei hier nur ein kurzer Überblick der Sachlage gegeben, indem die Jahresamplituden auf den Grenzparallelen und dem Mittelparallel der betrachteten Zone für fünf Meridiane für die landärmste und landreichste Phase und für die Jetztzeit angeführt werden.

$\varphi$ $\lambda$	Oligozän			Jetztzeit			Pliozän		
	55	45	35	55	45	35	55	45	35
0	14.9	20.4	20.3	12.8	15.8	20.6	14.0	20.3	21
15	16.2	11.3	8.8	15.9	20.5	13.3	22.1	21.9	15.8
30	19.1	13.0	8.2	27.5	23.3	15.8	27.6	32.2	21.4
45	22.5	10.7	7.9	32.2	30.2	25.1	32.4	35.8	31
60	26.2	12.5	7.9	35.7	34.7	26.0	37.3	38.9	34.0

Diese Tabelle bedarf keiner Erläuterung.

Die Schwierigkeiten, welche aus der Unkenntnis des tertiären Erdbildes außerhalb Europas einer klaren Einsicht in die paläothermischen Verhältnisse in diesem Erdteile erwachsen, wurden vor mir schon an anderen Orten dargelegt. Es kommen da Gestaltungen in Frage, welche einen sehr verschieden großen Wärmezuwachs gegenüber der Jetztzeit bedingt hätten, und durch die rechnerische Darstellung der stenomorphogenen und taxigenen Klimakomponente ohne gleichzeitige zahlenmäßige Erfassung der eurymorphogener Komponente wird so nur so viel erreicht, wie wenn man das Ergebnis der Auflagerung zweier sekundärer Wellen ohne nähere Kenntnis der Hauptwelle zeigt. Als besonders hinderlich für eine Feststellung der eurymorphogenen Komponente bezeichnete ich bei meinen Studien, daß die Frage, ob aus der Arktis rückkehrende Ströme in der Tertiärzeit nicht kalt gewesen wären, offen bleibe, solange das milde Polarklima der Tertiärzeit auf geographischem Wege nicht befriedigend erklärt ist.

In dieser Hinsicht ist jetzt eine Besserung der Sachlage zu verzeichnen, insofern es durch meine Untersuchung<sup>2</sup> über das akryogene Seeklima und die durch sie angeregten wichtigen Forschungen von C. Brooks<sup>3</sup> an Wahrscheinlichkeit gewinnt, daß es auch beim heutigen Solarklima eisfreie Polarmeere geben könnte. Meine von der Entwicklung des Begriffes jenes Klimas durchgeführte Untersuchung

<sup>1</sup> Synthese der Winterklimate etc. und Bauxite und Braunkohlen etc.

<sup>2</sup> F. Kerner, Das akryogene Seeklima und seine Bedeutung für die geologischen Probleme der Arktis. Diese Sitzungsber., 131. Bd., 6. Heft, 1922.

<sup>3</sup> C. Brooks: The problem of warm polar climates. Quart. Journ. of the R. Meteor. Soc. Vol. 51 N. 214. April 1925.

<sup>4</sup> F. Kerner, Klimatogenetische Betrachtungen zu W. D. Matthews Hypothesis. Theoretical outlines of the continents in tertiary times. Verhandlg. d. geol. Reichsanst. 1911



über die morphogene Komponente des arktischen Klimas im Tertiär hatten noch nicht vermocht, den einst von Woeikof<sup>1</sup> getanen Ausspruch zu rechtfertigen, daß ein von drei Seiten mit lauem Wasser gespeistes Polarbecken eisfrei sein würde. Waren die atlantischen Polarströme nicht eisführend und nur kühl, so konnte die Golftrift (wie beim Bestande einer nordatlantischen Landbrücke) mit einer viel höheren Wärme als heute an die Küsten Europas gelangen und da die indische Trift dann auch bis in mittlere Breiten hinauf sehr warm sein mußte, wäre im Alttertiär für Mittel- und Südeuropa eine sehr bedeutende eurymorphogene Wärmezunahme erwachsen. Im Miozän kam eine solche aber schon im Wegfall.

Soweit das Klima Tertiär-Europas durch die außerhalb dieses Erdteiles bestandenen geographischen Verhältnisse bedingt war, mußte es sich so allmählich sehr zu seinen Ungunsten verändern.

### Synthese der taxigenen Winter- und Sommerklimate Europas zur Tertiärzeit.

Da die westindischen Gewässer ungefähr sechs Monate brauchen, um an Irlands Küsten zu gelangen, und der Weg vom Guineagolf bis nach Cuba bei der mittleren Geschwindigkeit der atlantischen Äquatorialströme ungefähr halb so viel Zeit erheischt, wurde ein Mittel aus der Julitemperatur in 20° N, der doppelten Julitemperatur in 10° N und der Aprilwärme am Gleicher im Seeklima als Proportionalitätsfaktor für die taxigene Beeinflussung des Wärmezuschusses gewählt, welchen die Seeklimatemperatur in 20° W durch die Golftrift erhält. Um den Wärmeinhalt dieser Trift im Jänner als Funktion der Temperaturverhältnisse in ihrem gesamten Ursprungsgebiete aufzuzeigen, müßte man ein feiner gebautes Gewichtsmittel aus zonalen Oberflächentemperaturen des Meerwassers suchen; im vorliegenden Falle konnte ein roher Näherungswert genügen, weil es sich nur um die Erzielung einer kleinen Wärmekorrektur handelt, die man fast vernachlässigen könnte, würde ihre Anbringung nicht aus prinzipiellen Gründen geboten sein.

Spitaler hat im klimatologischen Teile seines Eiszeitwerkes den Gesichtspunkt entwickelt, daß im reinen Landklima im Winter keine extremen Kältegrade vorkämen, weil auf einer gleichmäßig mit Land bedeckten Halbkugel kein Anlaß zu einer regionalen Luftanhäufung bestünde, wie sie jetzt über Eurasien auftritt und er hat daraufhin den Begriff der Überkontinentalität (und analog den der Überozeanität) aufgestellt.

Spitalers reines Landklima des Jänner wird jetzt in nachstehenden Längen erreicht:

<sup>1</sup> A. Woeikof, Gletscher und Eiszeiten. Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde, Berlin, 1881.

		50	45	40	35
$t$	— 18·2	— 11·5	— 5·1	1·0	6·9
$\lambda$ E v. G	69	49	46	56	76

Dies entspricht im Durchschnitt dem Meridiane des Aral, also ungefähr jener Gegend, in welcher sich auf dem Isobarenbilde des Jänner über den bis Mitteleuropa vorgeschobenen Rücken die ost-asiatische Kuppe erhebt.

Bei der Heranziehung von Spitalers Landklimatemperaturen zur vorliegenden Untersuchung bleibt die Frage, ob dieselben ein getreuer Ausdruck für die auf einer landbedeckten Halbkugel zu erwartenden Jännertemperaturen seien, ganz abseits. Sie werden hier nur als kontinentale Temperaturen in Anspruch genommen, für welche die Abhängigkeit von den variablen Erdbahnelementen berechnet vorliegt. Daß der Durchschnittsmeridian ihres Eintrittes mit dem Ostende des betrachteten Längenintervalles (20 W bis 60 E) zusammenfällt, erscheint günstig, weil so die Strecke, über welche sich die zu betrachtenden Temperaturen verteilen, zugleich ihrem größtmöglichen Spielraum entspricht und so die Temperaturdifferenzen voll zum Ausdruck kommen. Dieser größtmögliche Spielraum ist hier aber nicht der Unterschied zwischen dem reinen Land- und Seeklima, sondern der Abstand zwischen dem ersteren und der um die Wärmewirkung der Golftrift erhöhten Seeklimatemperatur in  $\lambda = 20^\circ$  W. Es entspricht hier darum die den Landeinfluß bezeichnende Variable nicht dem Werte  $\frac{t\varphi - W}{L - W}$ , d. i. der klimatischen Kontinen-

talität im Sinne Spitalers, sondern dem Werte  $\frac{t\varphi - (W + G)}{L - (W + G)}$ .

Die von Spitaler berechneten Land- und Seeklimatemperaturen beziehen sich auf die Kombinationen des Nullwertes und des zu 0·07775 bestimmten Höchstwertes der Exzentrizität mit den von Schubert (1799) ermittelten extremen Werten der Ekliptikschiefe:  $27^\circ 48'$  und  $20^\circ 34'$ , welche bedeutend weiter auseinanderstehen als die sonst stets angeführten Grenzwerte Stockwells. Es ist anzunehmen, daß in den einzelnen Phasen des Tertiärs niemals jene Kombinationen eintraten und so auch niemals jene extremen Zustände der Bestrahlung vorkamen, welche sich bei zweien jener Kombinationen an die Perihelstellungen 90 und 270 knüpfen.

Diesen Umstand im Auge behaltend, kann man aber doch auch die durch die Wechsel der Erdstellung vermutlich stattgehabte Beeinflussung der morphogenen Tertiärklimate beurteilen. Die reinen Seeklimate ändern sich mit wechselnden Werten von  $\epsilon$ ,  $e$  und  $\pi$  nur wenig. Dementsprechend weisen auch die Temperaturen in  $\lambda = 20^\circ$  W (von  $55^\circ$  bis  $35^\circ$  Nordbreite) nur geringe taxigene Schwankungen auf. Man braucht sich so nur die Differenzen gegen diese Ausgangs-

Tabelle II.

Grenzwerte der Wintertemperaturen bei den extremen Erdstellungen.

Winter		$e = 0.7775, \varepsilon = 27^\circ 48'$				$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34'$				$e = 0$	
		0	90	180	270	0	90	180	270	$27^\circ 48'$	$20^\circ 34'$
55	G	6.3	6.5	6.1	6.0	6.7	6.9	6.5	6.4	6.3	6.7
	W	-1.4	-1.6	-1.4	-1.0	0.1	-0.2	0.1	0.6	-1.2	0.4
	T	4.9	4.9	4.7	5.0	6.8	6.7	6.6	7.0	5.1	7.1
	L	-24.3	-26.4	-24.3	-20.9	-16.1	-19.0	-16.1	-11.6	-23.9	-15.6
	A	29.2	31.3	29.0	25.9	22.9	25.7	22.7	18.6	29.0	22.7
50	G	6.3	6.5	6.1	6.0	6.7	6.9	6.5	6.4	6.3	6.7
	W	2.1	1.8	2.1	2.6	3.7	3.3	3.7	4.3	2.3	4.0
	T	8.4	8.3	8.2	8.6	10.4	10.2	10.2	10.7	8.6	10.7
	L	-18.1	-20.9	-18.1	-13.6	-10.0	-13.6	-10.0	-4.5	-17.6	-9.4
	A	26.5	29.2	26.3	22.2	20.4	23.8	20.2	15.2	26.2	20.1
45	G	5.4	5.5	5.2	5.1	5.7	5.8	5.5	5.4	5.4	5.7
	W	5.6	5.2	5.6	6.2	7.3	6.8	7.3	8.0	5.9	7.6
	T	11.0	10.7	10.8	11.3	13.0	12.6	12.8	13.4	11.3	13.3
	L	-11.7	-15.2	-11.7	-6.2	-3.9	-8.2	-3.9	2.5	-11.1	-3.2
	A	22.7	25.9	22.5	17.5	16.9	20.8	16.7	10.9	22.4	16.5
40	G	3.5	3.6	3.4	3.3	3.7	3.8	3.6	3.5	3.5	3.7
	W	8.7	8.2	8.7	9.4	10.4	9.9	10.4	11.2	9.0	10.7
	T	12.2	11.8	12.1	12.7	14.1	13.7	14.0	14.7	12.5	14.4
	L	-5.8	-9.9	-5.8	0.7	1.7	-3.2	1.7	9.1	-5.0	2.6
	A	18.0	21.7	17.9	12.0	12.4	16.9	12.3	5.6	17.5	11.8
35	G	2.6	2.7	2.6	2.5	2.8	2.9	2.7	2.7	2.6	2.8
	W	11.7	11.1	11.7	12.5	13.4	12.8	13.4	14.3	12.0	13.7
	T	14.3	13.8	14.3	15.0	16.2	15.7	16.1	17.0	14.6	16.5
	L	0.1	-4.6	0.1	7.5	7.2	1.7	7.2	15.4	1.0	8.2
	A	14.2	18.4	14.2	7.5	9.0	14.0	8.9	1.6	13.6	8.3

temperaturen etwas verkleinert zu denken, um ein Bild der vermutlich eingetretenen Grenzfälle des Thermoklimas zu gewinnen.

Im folgenden bedeuten:

$T_w$ , die Jännertemperatur in  $\lambda = 20^\circ$  W v. G.  $W_w$  die Jännertemperatur im reinen Seeklima,  $G_w$  die Differenz,  $T_w - W_w$  (Einfluß der Golftrift),  $M_w$  das Gewichtsmittel  $\frac{1}{4} \left( t_{20N}^{\text{VII}} + 2 t_{20N}^{\text{VII}} + t_0^{\text{IV}} \right)$ ,  $a_w$  der Quotienten  $G_w : M_w$ .

$L_w$ , die Jännertemperatur im reinen Landklima,  $A_w$  die Differenz  $T_w - L_w$ .

Für die Jetztzeit hat man  $M_w = 23 \cdot 2$  und:

	$T_w$	$W_w$	$G_w$		$L_w$	$A_w$
	6·2	—0·3	6·5	0·280	—18·2	24·4
50	10·0	3·5	6·5	0·280	—11	21·5
45	12·5	7·0		0·237	—5·1	17·6
40	13·8	10·2	3·6	0·155	1·0	12·8
35	15·8	13·1	2·7	0·116	6·9	8·9

Für die zehn extremen Erdstellungen nimmt  $M_w$  die folgenden Werte an:

$c = 0 \cdot 07775, \varepsilon = 27^\circ 48'$				$c = 0 \cdot 07775, \varepsilon = 20^\circ 34'$				$c = 0$	
0	90	180	270	0	90	180	270	$27^\circ 48'$	$20^\circ 24'$
22·5	23·1	21·9	21·5	23·8	24·4	23·2	22·7	22·6	23·8

Die durch Multiplikation dieser Zahlen mit den zugehörigen Werten von  $a_w$  erhaltenen Werte von  $G_w$  und die aus Spitalers Tabellen für  $\varphi = 50$  und  $40$  direkt entnommenen und für  $\varphi = 55, 45$  und  $35$  durch Interpolation erhaltenen Temperaturen im reinen Land- und Seeklima sowie die Werte von  $T_w = W_w + G_w$  und  $A_w$  enthält Tabelle II. Die Indizes  $w$  (Winter) konnten in ihr weggelassen werden, weil sie allen Buchstaben zukommen.

Zur Bestimmung der taxigenen Mittsommertemperaturen wurde für  $M_s$  das dem Werte von  $M_w$  analog gebildete Gewichtsmittel  $\frac{1}{4} \left( t_{20N}^{\text{I}} + 2 t_{20N}^{\text{I}} + t_0^{\text{X}} \right)$  eingesetzt, dasselbe beträgt  $22 \cdot 6$ . Die Werte der anderen in Betracht zu ziehenden Größen für die Jetztzeit sind:

	$T_s$	$W_s$	$G_s$		$L_s$	$A_s$
	14·5	4·3	10·2	0·452	23·9	9·4
50	16·5	7·7	8·8	0·390	27·3	10·8
45	18·5	10·8	7·7	0·342	30·2	11
40	20·0	13·6	6·4	0·284	32·6	12·6
35	22·0	16·1	5·9	0·262	34·4	12·4

Der erwärmende Einfluß der Golftrift erscheint da auffallenderweise im Sommer größer als im Winter. Spitalers Berechnungsmethoden müssen so für das reine Seeklima in den mittleren Breiten relativ niedrige Juli- und relativ hohe Jännertemperaturen ergeben haben.

Für die zehn extremen Erdstellungen nimmt  $M_s$  die folgenden Werte an:

$e = 0·07775, \varepsilon = 27^\circ 48'$				$e = 0·07775, \varepsilon = 20^\circ 34'$				$e = 0$	
0	90	180	270	0	90	180	270	$27^\circ 48'$	$20^\circ 34'$
20·8	20·4	21·3	21·9	22·4	22·0	22·9	23·5	21·4	23·0

Die durch Multiplikation dieser Zahlen mit den zugehörigen Werten von  $a_s$  erhaltenen Werte von  $G_s$  und die aus den Tabellen Spitalers entnommenen, beziehungsweise interpolierten Werte von  $L_s$  und  $W_s$  sowie jene von  $T_s = W_s + G_s$  und  $A_s = L_s - T_s$  sind in Tabelle III angeführt. Auch hier blieben die Indizes  $s$  (Sommer) weg.

Die größten thermischen Gegensätze knüpfen sich an die Stellungen

$$e = 0·07775, \varepsilon = 27^\circ 48', \pi = 90$$

$$e = 0·07775, \varepsilon = 20^\circ 34', \pi = 270$$

Für diese beiden extremsten Sachlagen wurden die Temperaturen um die Winter- und Sommermitte für die sechs Rekonstruktionen von Matthew von mir bestimmt.

Die große vierteilige Tabelle IV enthält die so gewonnenen taxigenen Temperaturen. Diese Tabelle ist so angeordnet, daß sie die zur Entfaltung kommenden thermischen Gegensätze leicht erkennen läßt. Ein Vergleich der linken und rechten Hälfte jeder Seite führt den im jährlichen Wärmegang bestehenden Gegensatz zwischen dem kontrastreichsten und dem am meisten ausgeglichenen Klima vor Augen. Ein Vergleich derselben Hälften beider Seiten zeigt den zwischen den Grenzfällen eines jeden der beiden extremen Monate bestehenden Wärmeunterschied auf. Die so gebotene Möglichkeit rascher Vergleichung soll eine Mitteilung der Jahresamplituden und

Tabelle III.

Grenzwerte der Sommertemperaturen bei den extremen Erdstellungen.

Sommer		$e = 0.07775, \varepsilon = 27^\circ 48'$				$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34'$				$e = 0$	
		0	90	180	270	0	90	180	270	$27^\circ 48'$	$20^\circ 34'$
55	G	9.4	9.2	9.7	9.9	10.1	9.9	10.4	10.6	9.7	10.4
	W	4.1	5.2	4.1	3.4	4.2	5.3	4.2	3.5	4.4	4.5
	T	13.5	14.4	13.8	13.3	14.3	15.2	14.6	14.1	14.1	14.9
	L	27.5	37.5	27.5	20.5	22.9	32.4	22.9	16.3	28.6	24.0
	A	14.0	23.1	13.7	7.2	8.6	17.2	8.3	2.2	14.5	9.1
50	G	8.1	8.0	8.3	8.6	8.7	8.6	9.0	9.2	8.4	9.0
	W	7.4	8.6	7.4	6.6	7.7	8.8	7.7	7.0	7.7	8.0
	T	15.5	16.6	15.7	15.2	16.4	17.4	16.7	16.2	16.1	17.0
	L	30.6	41.3	30.6	23.2	26.6	36.8	26.6	19.6	31.8	27.8
	A	15.1	24.7	14.9	8.0	10.2	19.4	9.9	3.4	15.7	10.8
45	G	7.1	7.0	7.3	7.5	7.6	7.5	7.8	8.0	7.3	7.9
	W	10.3	11.6	10.3	9.5	10.8	12.0	10.8	10.0	10.7	11.1
	T	17.4	18.6	17.6	17.0	18.4	19.5	18.6	18.0	18.0	19.0
	L	33.0	44.2	33.0	25.3	29.7	40.5	29.7	22.3	34.3	31.0
	A	15.6	25.6	15.4	8.3	11.3	21.0	11.1	4.3	16.3	12.0
40	G	5.9	5.8	6.1	6.2	6.4	6.2	6.5	6.7	6.1	6.5
	W	13.1	14.4	13.1	12.3	13.7	15.0	13.7	12.9	13.5	14.1
	T	19.0	20.2	19.2	18.5	20.1	21.2	20.2	19.6	19.6	20.6
	L	35.1	46.7	35.1	27.0	32.5	43.8	32.5	24.7	36.4	33.8
	A	16.1	26.5	15.9	8.5	12.4	22.6	12.3	5.1	16.8	13.2
35	G	5.4	5.4	5.6	5.7	5.9	5.7	6.0	6.2	5.6	6.0
	W	15.4	16.8	15.4	14.6	16.1	17.4	16.1	15.3	15.8	16.6
	T	20.8	22.2	21.0	20.3	22.0	23.1	22.1	21.5	21.4	22.6
	L	36.4	48.3	36.4	28.1	34.5	46.2	34.5	26.5	37.7	35.9
	A	15.6	26.1	15.4	7.8	12.5	23.1	12.4	5.0	16.3	13.3

der taxigenen Spielräume in besonderen Tabellen entbehrlich erscheinen lassen. Die taxigenen Spielräume, die Wärmeunterschiede zwischen den extremen Aphel- und Perihellagen der extremen Monate (in Kombination mit den Grenzwerten der Ekliptiksschiefe) treten in einer auf die Erdstellungen Bezug nehmenden Klimatologie als neue, einer besonderen Betrachtung werthe Größen auf. Man könnte sie — zum Unterschiede von den Amplituden — als Diastemen (von διάστημα-Abstand) und die Verbindungslinien gleicher Werte derselben als Isodiastemen bezeichnen.

Dann ist bei Bezugnahme auf die Wechsel der Erdstellung der vorerwähnte Begriff der Diakrinen zu erweitern. Würden die unter Annahme des jetzigen Solarklimas für vorzeitliche Erdbilder sich ergebenden Temperaturabweichungen von der Gegenwart als morphogene Diakrinen eingeführt, so sind die Abweichungen der in Tabelle IV enthaltenen Werte von den heutigen als vereinte morphogene und taxigene Diakrinen und die Differenzen zwischen den Werten der Tabelle IV und den in Tabelle I und den in Tabelle VII meiner Arbeit über die tertiären Winterklimate enthaltenen Temperaturen als taxigene Diakrinen einzuführen. Es sind das also die allein auf Rechnung einer geänderten Erdstellung zu setzenden Wärmeabweichungen von der Gegenwart.

Zwei Beispiele mögen das Gesagte erläutern. Im folgenden bedeuten:

$t$  die heutige Temperatur.

$t_c$  die morphogene Paläotemperatur (bei dem heutigen Solarklima).

$t_c - t$  die morphogene Diakrine.

$t_{c \max}$  die morphogene Paläotemperatur bei der thermisch günstigsten Erdstellung.

$t_{c \max} - t$  die vereint morphogene und taxigene Diakrine.

$t_{c \max} - t_c = (t_{c \max} - t) - (t_c - t)$  die taxigene Diakrine.

$t_{c \min}$  die morphogene Paläotemperatur bei der thermisch ungünstigsten Erdstellung.

$t_{c \min} - t$  die vereint morphogene und taxigene und  $t_{c \min} - t_c$  die taxigene Diakrine.

Tabelle V bringt für Winter und Sommer die Werte dieser Größen auf sechs Schnittpunkten am 45. Parallel für das landarme Erdbild des Eozän und für das landreiche Bild der Pliozänzeit.

In diesen Zahlenreihen kommt der große Unterschied zwischen dem Land- und Seeklima in bezug auf die Beeinflussung durch die Erdstellung zu deutlichem Ausdruck. Für das landarme Erdbild des Eozäns sind die größtmöglichen taxigenen Wärmeabweichungen kaum halb so groß wie die morphogenen; für das landreiche Erdbild des Pliozäns sind die ersteren durchschnittlich dreimal so groß als die letzteren.

Mit diesen Untersuchungen erscheint ein zweiter Schritt auf dem weiten Wege der paläoklimatischen Analysis getan, auf dem

Tabelle IVa.  
Temperaturverteilung bei den extremen Erdstellungen.

		$e = 0.07775, \varepsilon = 27^\circ 48',$ $\pi = 90, W$					$e = 0.07775, \varepsilon = 27^\circ 48',$ $\pi = 90, S$				
$\lambda \setminus \varphi$	55°	50°	45°	40°	35°	55°	50°	45°	40°	35°	
Protozön	-15	4·8	7·8	10·4	11·6	13·4	14·6	16·8	20·2	21·3	23·7
	-10	2·5	5·2	9·7	7·0	10·5	16·6	18·2	23·9	28·6	27·9
	-5	0·4	1·8	6·6	0·9	5·5	18·3	19·8	28·5	37·0	36·1
	0	0·5	-1·1	2·2	2·8	4·1	17·5	21·2	32·4	33·9	37·0
	5	0·2	-1·8	2·0	7·7	4·5	17·5	21·6	29·8	25·9	35·5
	10	4·1	-3·0	0·8	8·4	6·2	20·2	22·3	27·2	24·2	31·9
	15	7·2	-5·0	1·7	7·9	9·7	22·2	23·2	24·8	24·8	25·2
	20	8·3	-8·0	3·2	8·1	10·5	22·7	23·5	25·8	24·2	23·9
	25	8·5	-3·4	1·6	2·8	9·9	22·7	22·6	26·1	31·3	24·7
	30	8·7	-2·6	4·2	2·6	8·0	22·4	22·1	23·0	31·5	28·5
	35	9·7	-3·3	4·2	5·9	8·6	22·9	22·6	22·8	26·7	26·4
	40	11·9	-5·4	1·3	9·4	9·5	24·2	23·5	25·2	22·1	23·7
	45	14·6	-9·9	-0·2	8·2	7·4	25·4	25·8	25·6	22·7	24·3
	50	16·7	-14·0	-1·7	4·5	3·1	26·4	27·8	25·6	26·1	26·2
	55	18·5	-15·7	-4·3	-1·3	-1·3	27·3	28·7	27·2	32·4	30·2
60	21·4	-20·1	-7·1	-4·3	-8·5	28·6	31·0	26·7	32·2	37·0	
Eozön	-15	4·8	7·9	10·4	11·6	13·6	14·6	16·8	19·7	20·8	22·8
	-10	2·6	6·1	8·0	7·6	12·6	16·6	17·8	23·2	26·9	23·9
	-5	0·3	2·7	4·8	4·2	9·7	17·3	19·4	26·5	32·0	28·1
	0	0·0	0·1	-0·5	5·2	8·4	18·1	20·7	31·5	30·1	30·4
	5	2·6	-1·6	-0·8	3·7	10·3	19·6	21·6	30·9	31·5	26·4
	10	4·9	-2·6	4·4	7·4	11·5	21·3	22·1	25·0	26·1	24·3
	15	6·9	-3·1	6·0	10·4	11·9	22·3	22·3	22·8	33·9	23·7
	20	7·7	-3·1	3·3	8·1	11·7	22·5	22·3	24·8	24·8	23·1
	25	8·3	-4·1	2·6	3·2	10·1	22·5	22·8	25·2	31·5	24·7
	30	8·7	-4·5	5·4	6·0	9·4	22·7	23·0	22·1	27·3	25·4
	35	8·3	-2·4	7·8	10·6	11·1	22·3	22·1	20·2	21·0	24·1
	40	9·2	-2·3	8·0	11·6	11·9	21·3	21·9	19·5	20·2	22·8
	45	10·8	-5·2	7·3	10·9	12·2	23·0	23·2	20·2	20·6	22·6
	50	13·8	-7·7	3·6	10·1	13·4	25·0	24·6	22·6	21·0	22·2
	55	12·3	-8·9	-0·1	9·9	13·8	24·2	25·3	25·6	21·0	22·2
60	6·5	-4·2	3·2	9·8	13·8	20·3	22·8	22·6	21·0	22·2	
Oligozön	-15	4·8	7·8	10·5	11·7	13·6	14·6	16·8	20·2	21·2	23·3
	-10	2·3	5·0	7·7	7·8	10·7	17·8	18·2	23·9	27·6	27·7
	-5	0·0	2·0	3·6	1·2	5·0	18·6	19·8	28·5	37·0	37·8
	0	1·1	-0·6	-1·0	1·3	2·5	19·1	21·0	32·4	36·2	40·1
	5	1·3	-0·7	-1·0	5·1	1·9	18·6	21·2	31·1	29·7	41·0
	10	1·9	0·8	6·5	6·1	6·2	18·8	20·5	25·6	27·6	32·8
	15	2·8	2·0	6·1	9·7	10·5	19·1	20·5	23·0	22·3	26·5
	20	4·0	0·2	4·9	9·2	11·5	19·6	20·7	23·7	22·9	23·3
	25	4·7	-1·7	2·4	4·9	11·5	20·0	21·6	25·8	28·8	23·3
	30	5·7	-1·0	4·2	8·2	11·1	20·5	21·4	23·9	24·4	23·5
	35	6·4	0·2	8·0	10·2	11·3	20·8	20·7	20·2	21·3	23·1
	40	6·5	0·5	8·0	10·4	11·8	20·8	20·5	20·4	21·5	22·8
	45	9·2	-1·4	6·1	7·0	11·3	22·3	21·6	21·7	26·5	23·1
	50	12·5	-5·4	5·8	9·2	11·8	24·5	23·5	21·0	22·9	22·8
	55	15·4	-9·0	4·0	10·2	12·0	25·7	25·3	21·5	21·0	22·6
60	12·8	-6·6	3·4	8·3	11·3	24·5	24·2	21·7	23·4	23·1	



Tabelle IVb.  
Temperaturverteilung bei den extremen Erdstellungen.

		$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34', \pi = 270, W$					$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34', \pi = 270, S$				
		$55^\circ$	$50^\circ$	$45^\circ$	$40^\circ$	$35^\circ$	$55^\circ$	$50^\circ$	$45^\circ$	$40^\circ$	$35^\circ$
Protozän	-15	6.9	10.4	13.3	14.6	16.9	14.1	16.2	18.3	19.8	21.8
	-10	5.5	9.1	13.0	13.5	16.7	14.3	16.4	18.9	21.2	22.6
	-5	4.3	7.3	11.7	11.9	16.3	14.5	16.6	19.7	22.8	24.2
	0	4.4	5.8	9.8	12.4	16.1	14.4	16.8	20.4	22.2	24.3
	5	3.9	5.5	8.1	13.7	16.2	14.4	16.9	19.9	20.7	24.1
	10	1.7	4.8	9.3	13.9	16.3	14.7	17.0	19.5	20.3	23.4
	15	0.2	3.8	9.6	13.7	16.6	14.9	17.1	19.1	20.5	22.1
	20	-0.9	2.2	10.2	13.8	16.7	14.9	17.1	19.3	20.3	21.8
	25	-0.9	4.6	9.6	12.4	16.6	14.9	17.0	19.3	21.7	22.0
	30	-1.1	5.0	10.7	12.3	16.5	14.9	16.9	18.8	21.8	22.7
	35	-1.7	4.7	10.7	13.2	16.5	14.9	17.0	18.8	20.8	22.3
	40	-3.0	3.6	9.4	14.1	16.6	15.0	17.1	19.2	19.9	21.8
	45	-4.6	1.2	8.8	13.8	16.4	15.2	17.4	19.2	20.1	21.9
	50	-5.8	-0.9	8.2	12.8	16.0	15.3	17.7	19.2	20.7	22.3
	55	-6.9	-1.8	7.1	11.3	15.7	15.3	17.8	19.5	21.9	23.0
	60	-8.6	-4.1	5.9	10.6	15.1	15.5	18.2	19.4	21.9	24.3
	Eozän	-15	6.9	10.5	13.3	14.7	16.9	14.1	16.2	18.2	19.7
-10		5.6	9.6	12.3	13.6	16.8	14.3	16.3	18.8	20.9	21.8
-5		4.2	7.8	10.9	12.8	16.6	14.4	16.5	19.4	21.9	22.6
0		4.1	6.4	8.7	13.0	16.5	14.5	16.7	20.2	21.5	23.1
5		2.6	5.5	8.6	12.6	16.7	14.6	16.9	20.1	21.8	22.3
10		1.2	5.0	10.7	13.6	16.8	14.8	16.9	19.1	20.7	21.9
15		0.0	4.8	11.4	14.4	16.8	14.9	17.0	18.8	22.2	21.8
20		-0.5	4.8	10.3	13.8	16.8	14.9	17.0	19.1	20.5	21.7
25		-0.9	4.3	10.0	12.5	16.6	14.9	17.0	19.2	21.8	22.0
30		-1.1	4.0	11.2	13.2	16.6	14.9	17.1	18.6	21.0	22.1
35		-0.9	5.1	12.2	14.4	16.7	14.9	16.9	18.3	19.7	21.9
40		-1.4	5.2	12.6	14.7	16.8	14.8	16.9	18.2	19.6	21.6
45		-2.3	3.7	12.0	14.5	16.8	14.9	17.1	18.3	19.7	21.6
50		-4.1	2.4	10.4	14.3	16.6	15.1	17.3	18.7	19.7	21.5
55		-3.2	1.7	8.9	14.3	17.0	15.0	17.4	19.2	19.7	21.5
60		0.2	4.2	10.2	14.2	17.0	14.7	17.0	18.7	19.7	21.5
Oligozän		-15	7.0	10.4	13.3	14.6	17.0	14.1	16.2	18.3	19.8
	-10	5.6	8.9	12.1	13.6	16.7	14.4	16.4	18.9	21.0	22.5
	-5	4.0	7.4	10.4	11.9	16.3	14.5	16.6	19.7	22.8	24.5
	0	3.5	6.0	8.4	12.0	16.1	14.6	16.8	20.4	22.7	25.0
	5	3.3	6.0	8.4	12.9	16.0	14.5	16.8	20.1	21.4	25.1
	10	2.9	6.8	10.5	13.2	16.4	14.5	16.7	19.2	21.0	23.5
	15	2.4	7.4	11.5	14.1	16.7	14.6	16.7	18.8	20.0	21.9
	20	1.8	6.5	10.9	14.0	16.8	14.6	16.7	18.9	20.1	21.7
	25	3.1	5.6	9.9	12.9	16.8	14.7	16.9	19.3	21.2	21.7
	30	0.7	5.9	10.6	13.7	16.8	14.7	16.8	18.9	20.4	21.7
	35	0.3	6.5	12.2	14.2	16.8	14.7	16.7	18.3	19.8	21.7
	40	0.2	6.6	12.2	14.3	16.8	14.7	16.7	18.3	19.8	21.6
	45	-1.3	5.6	11.5	13.4	16.8	14.9	16.9	18.6	20.8	21.7
	50	-3.4	3.6	11.3	14.0	16.8	15.1	17.1	18.5	20.1	21.6
	55	-5.0	1.6	10.6	14.2	16.8	15.2	17.4	18.5	19.7	21.6
	60	-3.5	3.0	10.4	13.8	16.8	15.1	17.2	18.6	20.2	21.7

Tabelle IVc.  
Temperaturverteilung bei den extremen Erdstellungen.

		$e = 0.07775, \varepsilon = 27^{\circ} 48',$ $\pi = 90, W$					$e = 0.07775, \varepsilon = 27^{\circ} 48',$ $\pi = 90, S$				
$\lambda$	$\varphi$	55°	50°	45°	40°	35°	55°	50°	45°	40°	35°
Miozän	-15	4.9	8.0	10.4	11.6	12.8	14.7	16.8	19.9	21.7	24.9
	-10	3.1	6.1	9.1	7.4	7.2	16.2	17.7	22.7	28.0	35.2
	-5	0.4	2.7	5.1	2.3	3.5	18.4	19.3	26.5	35.1	40.9
	0	0.3	0.3	0.5	4.8	4.7	17.9	20.5	30.4	30.7	36.3
	5	0.0	-0.9	3.3	8.1	4.1	17.4	21.2	26.9	25.2	36.7
	10	-3.2	-1.4	3.0	8.6	4.5	19.8	21.4	26.5	24.0	34.8
	15	-6.4	-2.8	2.0	7.6	7.0	21.8	22.1	26.9	25.0	27.9
	20	-8.2	-4.9	-0.3	3.5	7.0	22.8	23.2	28.4	30.1	27.0
	25	-9.1	-6.4	-1.1	-0.1	5.1	23.0	23.9	28.4	34.9	28.9
	30	-10.4	-8.0	-2.0	-1.3	4.5	23.5	24.8	28.2	35.3	27.9
	35	-11.5	-9.4	-4.2	-0.8	3.3	24.0	25.5	29.8	33.6	27.4
	40	-13.3	-11.7	-6.2	0.4	-0.1	25.0	26.7	30.8	30.9	35.2
	45	-16.0	-14.1	-6.2	-1.1	-3.2	26.2	27.8	29.5	31.8	34.6
	50	-18.6	-18.7	-8.0	-5.3	-5.0	27.4	30.1	29.3	35.1	33.5
55	-21.5	-22.5	-14.6	-9.1	-10.2	28.7	32.1	33.3	37.4	40.1	
60	-24.0	-26.2	-21.1	-13.8	-15.3	29.9	34.0	37.0	41.0	46.4	
Pliozän	-15	4.6	7.8	9.8	11.6	13.4	14.7	16.8	20.3	21.7	23.6
	-10	1.6	5.2	7.6	8.4	10.5	17.6	18.2	24.3	29.0	27.9
	-5	0.4	1.5	3.9	1.1	3.9	18.9	20.0	28.0	37.0	40.1
	0	0.4	-1.1	-0.9	-0.1	1.6	18.4	21.2	32.6	37.8	41.4
	5	0.9	-2.7	-0.5	3.5	0.8	18.1	22.1	31.1	31.8	41.8
	10	4.9	-4.7	-1.2	3.3	1.2	21.1	23.0	30.8	31.1	39.9
	15	8.3	-8.5	-3.6	3.7	3.9	23.0	25.0	32.2	29.4	32.3
	20	10.5	-11.5	-8.7	-1.3	4.5	24.0	26.4	36.1	34.3	28.7
	25	12.4	-14.3	-12.0	-5.2	1.0	24.7	27.8	37.6	39.7	33.8
	30	14.1	-16.6	-14.5	-7.7	-2.7	25.5	28.9	38.5	41.2	37.3
	35	15.8	-18.6	-16.5	-9.7	-6.9	26.2	30.1	38.7	42.0	40.9
	40	17.4	-20.5	-18.1	-11.6	-11.8	27.0	31.0	38.7	42.5	46.6
	45	19.1	-22.5	-19.6	-13.3	-14.3	27.7	32.1	38.7	42.9	47.3
	50	20.8	-24.4	-21.1	-14.7	-16.2	28.4	33.1	38.7	42.9	47.5
55	21.1	-26.5	-22.7	-15.8	-17.4	29.2	34.0	38.7	42.9	47.5	
60	24.2	-28.4	-24.2	-16.9	-18.9	29.9	35.1	38.7	42.9	47.5	
Pleistozän	-15	4.5	7.5	10.4	11.6	13.4	14.9	17.0	20.3	21.7	23.6
	-10	2.1	5.4	8.3	7.9	10.7	17.1	17.9	23.4	27.3	27.4
	-5	0.6	1.8	4.2	1.3	4.1	19.1	19.8	28.0	36.6	39.5
	0	2.8	-2.7	1.6	1.6	2.4	20.3	22.1	30.4	35.5	40.3
	5	5.1	-5.8	-4.8	4.0	0.2	21.6	23.7	35.7	30.9	42.8
	10	7.3	-8.3	-6.7	0.8	-1.5	22.6	24.8	36.3	34.3	44.3
	15	9.1	-10.2	-8.7	-1.8	0.2	23.3	25.7	37.2	36.6	38.0
	20	10.8	-12.2	-10.5	-3.8	2.0	24.0	26.9	37.6	38.5	31.0
	25	12.3	-13.2	-11.2	-5.2	-0.5	24.7	27.3	37.0	39.5	36.1
	30	13.5	-13.7	-7.7	-4.1	-1.3	25.2	27.6	32.6	37.0	34.6
	35	14.9	-14.5	-6.8	-4.8	-6.3	26.0	28.0	30.4	36.6	41.8
	40	15.6	-14.4	-10.1	-6.5	-10.4	26.2	28.0	32.8	37.6	46.4
	45	14.6	-11.9	-10.1	-8.4	-11.6	25.5	26.7	33.0	39.7	46.4
	50	14.2	-10.2	-3.9	-4.3	-11.6	24.7	26.0	26.5	33.0	44.7
55	14.7	-11.9	-7.4	-3.6	-12.9	24.7	26.9	29.1	30.7	44.9	
60	19.1	-18.1	-10.6	-9.2	-15.1	24.7	28.9	30.2	36.6	46.2	

Tabelle IVd.  
Temperaturverteilung bei den extremen Erdstellungen.

		$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34', \pi = 270, W$					$e = 0.07775, \varepsilon = 20^\circ 34', \pi = 270, S$				
$\lambda \setminus \varphi$		55°	50°	45°	40°	35°	55°	50°	45°	40°	35°
Miozän	-15	7.0	10.5	13.3	14.7	16.9	14.1	16.2	18.2	19.9	22.0
	-10	5.9	9.6	12.7	13.6	16.4	14.3	16.3	18.7	21.1	24.7
	-5	4.3	7.8	11.1	12.3	16.1	14.5	16.5	19.3	22.5	25.1
	0	4.2	6.5	9.1	12.9	16.2	14.4	16.7	20.0	21.6	24.2
	5	4.1	5.9	10.3	13.8	16.1	14.4	16.8	19.4	20.5	24.3
	10	2.2	5.7	10.2	13.9	16.2	14.6	16.8	19.3	20.3	23.9
	15	0.3	4.9	9.8	13.6	16.4	14.8	16.9	19.4	20.5	22.5
	20	-0.8	3.8	8.8	12.6	16.4	14.9	17.1	19.7	21.5	22.4
	25	-1.3	3.1	8.4	11.7	16.2	14.9	17.2	19.7	22.4	22.8
	30	-2.1	2.2	8.1	11.3	16.2	15.0	17.3	19.6	22.5	22.5
	35	-2.8	1.5	7.2	11.5	16.1	15.0	17.4	19.9	22.2	22.5
	40	-3.8	0.3	6.3	11.8	15.8	15.1	17.6	20.1	21.6	24.0
	45	-5.4	-1.0	6.3	11.4	15.5	15.2	17.7	19.8	21.8	23.9
50	-7.0	-3.4	5.5	10.3	15.4	15.3	18.0	19.8	22.5	23.6	
55	-8.7	-5.4	2.8	9.3	14.9	15.5	18.3	20.5	22.9	24.9	
60	-10.2	-7.3	0.0	8.1	14.5	15.6	18.6	21.1	23.6	26.1	
Pliozän	-15	6.8	10.4	13.3	14.7	16.9	14.1	16.2	18.3	19.8	21.7
	-10	5.0	9.1	12.1	13.9	16.7	14.4	16.4	19.0	21.3	22.5
	-5	3.9	7.2	10.6	12.0	16.1	14.5	16.6	19.6	22.8	24.9
	0	3.9	5.8	8.5	11.7	15.9	14.5	16.8	20.4	23.0	25.2
	5	3.6	5.0	8.7	12.6	15.8	14.5	16.9	20.1	21.8	25.2
	10	1.2	3.9	8.4	12.5	15.9	14.7	17.1	20.1	21.7	24.9
	15	-0.9	1.9	7.4	12.6	16.1	14.9	17.3	20.3	21.4	23.4
	20	-2.2	0.4	5.2	11.3	16.2	15.0	17.5	20.9	22.3	22.7
	25	-3.3	-1.0	3.9	10.3	15.9	15.1	17.7	21.2	23.4	23.7
	30	-4.3	-2.2	2.8	9.7	15.6	15.2	17.9	21.3	23.6	24.4
	35	-5.3	-3.3	1.9	9.1	15.2	15.2	18.0	21.4	23.8	25.1
	40	-6.3	-4.3	1.3	8.7	14.8	15.3	18.2	21.4	23.9	26.2
	45	-7.3	-5.4	0.6	8.2	14.6	15.4	18.3	21.4	24.0	26.3
50	-8.3	-6.3	0.0	7.9	14.4	15.4	18.5	21.4	24.0	26.3	
55	-8.5	-7.4	-0.7	7.6	14.3	15.5	18.6	21.4	24.0	26.3	
60	-10.3	-8.4	-1.3	7.3	14.2	15.6	18.7	21.4	24.0	26.3	
Pleistozän	-15	6.8	10.3	13.3	14.7	16.9	14.2	16.2	18.3	19.8	21.7
	-10	5.3	9.2	12.4	13.7	16.7	14.4	16.4	18.8	21.0	22.5
	-5	3.7	7.3	10.7	12.0	16.1	14.6	16.6	19.6	22.7	24.8
	0	2.4	5.0	9.6	12.1	16.0	14.7	16.9	20.0	22.5	25.0
	5	1.0	3.3	6.9	12.7	15.8	14.8	17.1	20.9	21.6	25.4
	10	-0.3	2.1	6.1	11.9	15.7	14.9	17.3	21.0	22.3	25.7
	15	-1.3	1.1	5.2	11.2	15.8	15.0	17.4	21.1	22.7	24.5
	20	-2.3	0.0	4.5	10.7	16.0	15.0	17.6	21.2	23.1	23.2
	25	-3.2	-0.5	4.2	10.3	15.8	15.1	17.7	21.1	23.3	24.1
	30	-3.9	-0.8	5.7	10.6	15.7	15.1	17.7	20.4	22.8	23.9
	35	-4.7	-1.2	6.0	10.4	15.3	15.2	17.8	20.0	22.7	25.2
	40	-5.2	-1.1	4.7	10.0	14.9	15.2	17.8	20.4	22.9	26.1
	45	-4.6	0.2	4.7	9.5	14.8	15.2	17.6	20.4	23.4	26.1
50	-4.4	1.1	7.3	10.6	14.8	15.1	17.5	19.3	22.1	25.8	
55	-4.7	0.2	5.8	10.7	14.7	15.1	17.6	19.8	21.6	25.8	
60	-7.3	-3.0	4.4	9.3	14.5	15.3	17.9	20.0	22.7	25.7	

Tabelle V  
Morphogene und taxigene Diakrinen.

$\varphi = 45$	$\lambda$	$t$	$t_e$	$t_e - t$	$t_e \max$	$t_e \max - t$	$t_e \max - t_e$	$t_e \min$	$t_e \min - t$	$t_e \min - t_e$
Eozän Winter	— 15	12·0	12·3	+ 0·3	13·3	+ 1·3	+ 1·0	10·4	— 1·6	— 1·9
	0	4·8	4·9	+ 0·1	8·7	+ 3·9	+ 3·8	— 0·5	— 5·3	— 5·4
	15	3·5	9·3	+ 5·8	11·4	+ 7·9	+ 2·1	6·0	+ 2·5	3·3
	30	— 1·0	8·9	+ 9·9	11·2	+ 12·2	+ 2·3	5·4	+ 6·4	— 3·5
	45	— 5·0	10·2	+ 15·2	12·0	+ 17·0	+ 1·8	7·3	+ 12·3	— 2·9
	60	— 9·0	7·4	+ 16·4	10·2	+ 19·2	+ 2·8	3·2	+ 12·2	— 4·2
Eozän Sommer	— 15	18·1	19·1	+ 1·0	19·7	+ 1·6	+ 0·6	18·2	+ 0·1	— 0·9
	0	20·6	24·5	+ 3·9	31·5	+ 10·9	+ 7·0	20·2	— 0·4	— 4·3
	15	24·0	20·5	— 3·5	22·8	— 1·2	+ 2·3	18·8	— 5·2	— 1·7
	30	22·3	20·2	— 2·1	22·1	— 0·2	+ 1·9	18·6	— 3·7	— 1·6
	45	25·2	19·3	— 5·9	20·2	— 5·0	+ 0·9	18·3	— 6·9	— 1·0
	60	25·7	20·4	— 5·3	22·6	— 3·1	+ 2·2	18·7	— 7·0	— 1·7
Pliozän Winter	— 15	12·0	12·3	+ 0·3	13·3	+ 1·3	+ 1·0	9·8	— 2·2	— 2·5
	0	4·8	4·6	— 0·2	8·5	+ 3·7	+ 3·9	— 0·9	— 5·7	— 5·5
	15	3·5	2·8	— 0·7	7·4	+ 3·9	+ 4·6	3·6	— 7·1	— 6·4
	30	— 1·0	— 4·6	— 3·6	2·8	+ 3·8	+ 7·4	— 14·5	— 13·5	— 9·9
	45	— 5·0	— 8·1	— 3·1	0·6	+ 5·6	+ 8·7	— 19·6	— 14·6	— 11·5
	60	— 9·0	— 11·2	— 2·2	1·3	+ 7·7	+ 9·9	— 24·2	— 15·2	— 13·0
Pliozän Sommer	— 15	18·1	19·3	+ 1·2	20·3	+ 2·2	+ 1·0	18·3	+ 0·2	— 1·0
	0	20·6	24·9	+ 4·3	32·6	+ 12·0	+ 7·7	20·4	— 0·2	— 4·5
	15	24·0	24·7	+ 0·7	32·2	+ 8·2	+ 7·5	20·3	— 3·7	— 4·4
	30	22·3	27·6	+ 5·3	38·5	+ 16·2	+ 10·9	21·3	— 1·0	— 6·3
	45	25·2	27·7	+ 2·5	38·7	+ 13·5	+ 11·0	21·4	— 3·8	— 6·3
	60	25·7	27·7	+ 2·0	38·7	+ 13·0	+ 11·0	21·4	— 4·3	— 6·3

Wege, die einzelnen Komponenten der Paläoklimate ziffermäßig voneinander zu trennen. Die jetzt noch oft vertretene Meinung, daß es sich bei der Lösung des Klimaproblems darum handle, eine Ursache zu finden, welche den ganzen Erscheinungskomplex am besten erkläre, sollte der besseren Einsicht weichen, daß die Vorzeitklimate das Ergebnis des Zusammenspieles vieler Ursachen waren und daß das Forschungsziel darin bestehen müsse, die Anteile der einzelnen Komponenten am Gesamtergebnis aufzuzeigen. Meine bisherigen paläoklimatischen Arbeiten bezweckten die morphogene Komponente für verschiedene Teilprobleme der Altklimakunde im Rahmen des Möglichen zahlenmäßig zu erfassen. In dieser Arbeit wurde für eines jener Probleme eine zahlenmäßige Bestimmung des Einflusses der Erdstellung vorgenommen, wobei jedoch nochmals betont sei, daß dieser Einfluß hier zu groß in Erscheinung tritt. Man möchte wohl gegenüber den auffallend hohen Sommertemperaturen Zweifel hegen, welche sich bei den Höchstwerten von  $\epsilon$  und  $e$  für  $\pi = 90$  ergeben. Allerdings macht sich schon bei der jetzigen geringen Exzentrizität der Perihelssommer auf den australischen Inlandstationen bemerkbar und gehen die höchsten in der Jetztzeit beobachteten Lufttemperaturen<sup>1</sup> noch über die von Spitaler für das extremste Landklima berechneten Maximaltemperaturen hinaus.

### Die Wirkungen der taxigenen Wärmewechsel auf die Pflanzenwelt des Tertiärs.

Will man die theoretisch abgeleiteten Wärmewechsel mit dem geologischen Befund in Einklang bringen, ist zunächst zu beachten, daß sich die Tertiärfloren Europas kraft ihres Formenreichtums an vorwiegend immergrünen Gehölzen als Zeugen eines ozeanischen Klimas erweisen. Es dürften demnach die Orte, von welchen fossile Floren vorliegen, zur Zeit, als diese wuchsen, sich in Meeresnähe befunden haben (auf Küstenebenen oder in den Tälern von Küstengebirgen). Aus den Zeiten, in welchen diese Orte fernab vom Meere lagen, haben sich keine Floren erhalten. Da nun im ozeanischen Klima (nach Spitalers Rechnung) die thermischen Wirkungen der Stellungswechsel der Erde nur klein sind, kann man nicht erwarten, in der phytopaläontologischen Urkunde Nachrichten über große taxigene Wärmewechsel zu finden.

Die Temperaturkurven im Land- und Seeklima verhalten sich angesichts der Abschleifung aller Gegensätze im letzteren, ähnlich wie die Wärmegänge im Freien und in einem geschlossenen Raume. Waren nach den Ergebnissen der Rechnung in den meeerfernten Teilen Europas die mildesten Perihelwinter im Pliozän noch etwas weniger kalt als die strengsten Aphelwinter im Oligozän, so könnte dies in der floristischen Klimakurve doch nicht zum Ausdruck

<sup>1</sup> Wilhelm Schmidt, Die höchste bisher beobachtete Lufttemperatur. Meteorolog. Zeitschr. 1925, Heft 1.

kommen, so wenig der Wiederanstieg der Wärme in einem kurzen Altweibersommer nach schon lange vorausgegangenen kühlen regnerischen Augusttagen in Temperaturablesungen sichtbar würde, die von Juni bis Dezember in einem geschlossenen ungeheizten Zimmer stattfänden.

Die aus den Floren abgeleitete Klimakurve des Tertiärs ist einem nach Monatsmitteln gezeichneten ausgeglichenen Temperaturverlaufe vergleichbar. Das Alter und der zu schätzende Wärmebedarf stehen zueinander nicht in einem konstanten Verhältnis. Die Flora von Häring zeigt — obwohl älter — einen viel weniger »tropischen« Habitus als jene von Sagor und Trifail. Es wäre aber Willkür, dies darauf zurückzuführen, daß erstere in einer Periode kühler Aphelwinter, letztere in einer solchen milder Perihelwinter gewachsen sei. Bei der Schätzung des Wärmebedarfes der Tertiärfloren hat man — wie besonders Brockmann-Jerosch<sup>1</sup> gezeigt hat — mit vielen ein klares Erkennen störenden, verwirrenden und verschleienden Umständen zu kämpfen. In neuester Zeit wird allerdings an der Annahme eines stetigen Wärmeabfalles im Tertiär nicht mehr festgehalten. Kräusel<sup>2</sup> erwähnt Befunde, die den Schluß auf periodische Klimaschwankungen im Tertiär ziehen lassen. Diese würden sich allerdings mehr auf das Hydroklima beziehen. Können so die taxigenen Wärmewechsel in der floristischen Klimakurve des Tertiärs nicht klar aufscheinen, so müssen sie doch als Anreger von Pflanzenwanderungen die Vegetationsverhältnisse mehrfach beeinflußt haben. Es kommen da Wirkungen von dreierlei Art in Betracht.

### Vertikale Florenverschiebungen.

Unger<sup>3</sup> und Ettingshausen<sup>4</sup> haben das Zusammenvorkommen von Blättern borealer Waldbäume mit solchen von subtropischen Holzgewächsen in den Tertiärfloren der Ostalpen durch die Annahme erklärt, daß erstere als von benachbarten Höhen herabgeschwenmt zu betrachten seien. Neuerdings schloß sich Kräusel<sup>5</sup> dieser Auffassung an. Mit Entschiedenheit sprach sich mein Vater<sup>6</sup> für eine schon in der Tertiärzeit vorhanden gewesene Florenschichtung aus. Dagegen hielt Heer<sup>7</sup> ein Zusammenvorkommen der nordischen und südländischen Typen für möglich.

<sup>1</sup> Brockmann-Jerosch, Zwei Grundfragen der Paläophytogeographie. Englers Botanische Jahrbücher. 50. Bd. (Festband), 1914.

<sup>2</sup> Kräusel, Paläobotanische Notizen. IV. Senckenbergiana, 1921, p. 94.

<sup>3</sup> Unger, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. § 75, p. 268 bis 271. Wien, 1852.

<sup>4</sup> Ettingshausen, Die Blattskelette der Dicotyledonen.

Kräusel, Welche Ergebnisse liefert die Untersuchung tertiärer Pflanzenreste? Naturw. Wochenschr. 1918, p. 212. Paläobot. Notizen. IV. Senckenbergiana 1921, p. 93.

<sup>6</sup> A. Kerner, Studien über die Flora der Diluvialzeit in den östlichen Alpen. Diese Sitzungsber., 1888, p. 22.

Heer, Flora tertiaria Helvetiae, p. 328. Urwelt der Schweiz, p. 474.

Er meinte, daß nicht zu große Sommerhitze, sondern zu große Trockenheit während der Vegetationszeit dem südlichen Vordringen der mitteleuropäischen Waldbäume ein Ziel setze. Im Tertiär habe das letztere Hindernis nicht bestanden und so sei die Vereinigung von Pflanzentypen der tropischen und gemäßigten Zone in den Schweizer Tertiärfloren nicht auffällig. Die ost- und westalpinen Fundstätten von Tertiärpflanzen sind topographisch verschieden zu werten. Erstere, zumal Häring, Leoben, Parschlug lagen in Tälern des tertiären Gebirges. Dort ist es wahrscheinlich, daß die von Unger und Eittingshausen gegebene Erklärung der Florenmischung zutrifft. Die Schweizer Fundorte liegen im Alpenvorlande. Heer sagte selbst, daß wir die Flora der tertiären Schweizer Alpen gar nicht kennen. Bei gut erhaltenen Blattabdrücken von *Carpinus*, *Alnus* und *Betula*, die man in Oeningen findet, fiel es wegen der großen Entfernung schwer, sie als aus Gebirgshöhen herbeigeschwemmte zu betrachten.

Man müßte sie dann als Reste von Einsprenglingen innerhalb der immergrünen Waldflora deuten, auf Grund der Vorstellung, daß in hügeligem Gelände — wegen des Vorkommens klimatisch besonders begünstigter und klimatisch benachteiligter Orte — die Möglichkeit vorliegt, daß in einem Florengürtel stellenweise auch noch Pflanzen des nächst tieferen und nächst höheren Gürtels ihre Daseinsbedingungen finden. Als Ursache für das Überwandern in einen benachbarten Gürtel kämen die allgemein bekannten Verbreitungsmittel der Pflanzen in Frage.

Die taxigenen Wärmewechsel zeigen da nun noch eine Ursache für vertikale Florenmischung auf. In Zeiten mildesten Winter und kühleren Sommer konnte es sein, daß die immergrüne Flora der Niederungen bis in die Gebirgstäler hinein vordrang, die sommergrüne Flora der Höhen aber — wegen zu sehr sinkender Sommerwärme — in die Täler hinabstieg. Solches konnte auch in den tertiären Ostalpentälern der Fall sein. Gewiß bleibt aber für die ostalpinen Fundstätten von Tertiärpflanzen die schon von Unger gegebene Erklärung der Florenmischung durchaus möglich. Es dürften aber erst seit dem Miozän, als die eurymorphogene Erwärmung sehr absank, bei  $e > 0.06$  und  $\pi = 270$  die Sommer in Höhen über 1000 *m* so kühl geworden sein, daß sie das Gedeihen der empfindlichsten Bestandteile der mitteleuropäischen Waldflora hemmten. Bei  $\pi = 90$  und hohen Werten von  $e$  mochten sich dagegen die sommergrünen Gewächse ganz auf die Gebirgshöhen zurückziehen, die gegen Kälte empfindlichsten Bestandteile des immergrünen Waldes sich aber in Meeresnähe flüchten. Dann kam es vielleicht zur Herausbildung einer dem Fuße der Berge gefolgt Zwischenzone, in welcher die gegen Kälte und Hitze widerstandsfähigsten Florenelemente allein herrschten.

#### Horizontale, regionale Florenverschiebungen.

Die pflanzengeographischen Verhältnisse Iberiens zeigen, daß es neben den durch vertikale Bodengliederung veranlaßten Inselbildungen

innerhalb eines Florengürtels auch eine durch die horizontale Gliederung bedingte Enklavebildung gibt. Allerdings tritt diese letztere dort nicht rein für sich, sondern in Vermengung mit der ersteren auf. In einem flachländischen Spanien wären die Winter lange nicht so kalt wie jetzt auf der Meseta, die Sommer aber noch heißer und es würde auch dann unter Mitwirkung der hydrometeorischen Bedingungen (die hier aber außer Betracht bleiben) zu einer Enklave von Xerophyten und Halophyten innerhalb<sup>1</sup> der Mediterranflora kommen. Da nun die thermische Folge eines Perihelumlaufes bei großen Werten von  $e$  in einem erheblichen Größenwechsel des winterlichen und sommerlichen Gegensatzes zwischen Küste und Inland bestünde, würde ein solcher Umlauf horizontale regionale Florenverschiebungen zeitigen. Bei  $\pi = 90$  zöge sich die Mittelmeerflora bis auf die Küstensäume zurück und das Landinnere gewänne schärfer ausgeprägten Steppencharakter. Bei  $\pi = 270$  dränge jene Flora in das Landinnere vor, um von demselben allmählich ganz Besitz zu ergreifen. Es ist dann aber auch anzunehmen, daß Gegensätze der Vegetation zwischen Küste und Inland, wie sie jetzt bei der räumlichen Ausdehnung Iberiens auf dieser Landmasse eintreten, bei  $e > 0.06$  und  $\pi = 90$  schon auf Halbinseln und Inseln geringeren Umfanges im paläogenen Europa Platz griffen.

#### Horizontale, zonale Florenverschiebungen.

Schon im Alttertiär Europas ist nach den Untersuchungen Heers eine zonale Verschiedenheit des Florenbildes erkennbar. Dieses war in seiner Gesamtheit aber noch das des immergrünen Mischwaldes, so daß ein Perihelumlauf bei großen Werten von nur eine Nord- und Südwärtsverschiebung der Polargrenzen der gegen Winterkälte empfindlichsten Glieder eines solchen Waldes bedingte. Im Spättertiär bestand aber im Norden und Osten schon das Pflanzenkleid in den Niederungen aus sommergrünen Laubbäumen (nebst Koniferen); da mußten die taxigenen Wärmewechsel die Veranlassung zu ausgedehnten Florenverschiebungen sein.

In Zeiten geringer jährlicher Wärmeschwankung war Gelegenheit zu einer Florenmischung in breiter Ost—Westfront gegeben. In Zeiten sehr heißer Sommer wird sich der sommergrüne Laubwald weiter nach Norden ausgedehnt haben, weil auch die dann erfolgte zweifache Verschärfung der Winterkälte, jene infolge des Aphels und jene wegen der Breitenzunahme für Holzgewächse mit Winterruhe nicht schädigend war, wenigstens nicht mehr nach kurzer Akklimatisation. Die immergrüne Flora wird aber nach Süden zurückgewichen sein und in den so freigewordenen Zwischenraum konnten Pflanzen von Osten her einwandern.

<sup>1</sup> Jetzt ist allerdings keine vollständige Umschließung vorhanden, indem die Salsolaceenflora im Nordwesten von der atlantischen Flora umsäumt wird und im Osten bis an die Küste reicht.



Der thermische Einfluß eines Sommerperihels war ja dem einer Versetzung nach Osten gleichkommend und weil im kontinentalen Europa des Pliozäns wohl schon eine Umformung des Pflanzenkleides nach dieser Richtung hin stattfand, konnte eine Zunahme der jährlichen Wärmeschwankung eine Florenwanderung von Ost nach West in Gang bringen.

Betreffs der zeitlichen Beziehungen der hier aufgezeigten Florenwechsel zu ihren thermischen Ursachen ist anzunehmen, daß sie zu diesen ungefähr synchronisch oder mit nur geringer Verspätung gegen diese abliefen. Die einzelnen Florenbestandteile mochten je nach ihrer Empfindlichkeit gegen Kälte und Hitze auf gleiche Wärmeänderungen verschieden rasch und mit ungleichen Verschiebungen ihrer vertikalen und horizontalen Verbreitungsgrenzen reagieren. Die Raschheit der Reaktion und das Maß der Verschiebung mochte dabei aber von nicht thermischen Einflüssen mitbestimmt sein. Es fand so mit jeder Verschiebung auch eine Änderung in der Zusammensetzung der sich verschiebenden Flora statt. Beim Abschlusse ihrer Wanderung nach dem Eintritte eines extremen Perihelstandes wird sie relativ reicher an stenothermen Formen gewesen sein und die gegen Wärmewechsel träge reagierenden Formen werden in ihr zum Schlusse ganz gefehlt haben, da sie bei der Wanderung hinter den anderen immer mehr zurückblieben.

Die Dauer einer taxigenen Florenwanderung betrug stets zehn Jahrtausende, die Hälfte des durch die Bewegung der großen Achse verkürzten Perihelumlaufes. Die Bedeutung, welche die Änderungen der Exzentrizität für die Entwicklung der Pflanzenwelt hatten, entspricht so genau dem, was 10.000 Jahre für eine Florenverschiebung bedeuten. Bedeuten sie da wenig, so waren die Größenwechsel von  $e$  pflanzengeschichtlich von geringem Belang. Bedeuten sie da viel, so stellen die Änderungen der Exzentrizität einen für die Geschichte der Pflanzenwelt sehr wichtigen Faktor dar.

Ein Bemühen, wie man Phänomene, für deren Entwicklung eine extreme Perihelstellung (bei großen Werten von  $e$ ) günstig sein soll, fünf, beziehungsweise (mit Hinzurechnung der günstigen Hälfte der Zwischenjahre) zehn Jahrtausende aber zu kurz sind, über die fünf, beziehungsweise zehn ihrer Entfaltung ungünstigen Jahrtausende »hinüberretten« könne, um eine Summation günstiger Einflüsse zu erzielen, kommt bei pflanzengeschichtlichen Erwägungen nicht in Betracht. Solche Rettungsaktionen spielen — wie bekannt — bei den astronomischen Eiszeittheorien, so neuerdings bei Spitaler und Köppen, eine große Rolle.

Man könnte geneigt sein, Pflanzenwanderungen zu den sich vergleichsweise rasch vollziehenden Vorgängen zu zählen. Manche glauben wir vor unseren Augen vor sich gehen zu sehen. Bei diesen fragt es sich aber, ob sie nicht mit dem Dasein des Menschen wenigstens indirekt zusammenhängen.

So konnte oder wollte man ein schon im Laufe von Jahrzehnten wahrgenommenes Vordringen der Weißtanne auf Kosten

der Rotbuche in Niederösterreich auf veränderte Jagdbesitzverhältnisse zurückführen.

Die von Rekstad erkannten Verschiebungen der Höhen- und Polargrenze der Kiefer, Birke und Haselnuß in Skandinavien fand im Laufe der letzten 8000 Jahre statt. Sie waren durch den Rückgang der Ekliptikschiefe von ihrem letzten Maximum,  $24^{\circ} 17'$  auf ihren heutigen Wert bedingt. Änderungen von  $e$  und  $\Pi$  spielten bei ihr eine geringe Rolle. Die Exzentrizität war damals  $0.019$ , also wenig größer als jetzt, das Perihel fiel ungefähr in die Herbstmitte. Daraus ist zu schließen, daß 8000 Jahre, wenn sie in die Zeitspanne zwischen Perihel und Aphel bei großer Exzentrizität fallen würden, lang genug wären, um manche Pflanzengrenzen weit zu verschieben. Mein Vater schien die vorgenannte Zeitspanne als eine für große Florenwanderungen genügend lange zu betrachten, denn auf der vorletzten Seite des »Pflanzenlebens« werden Veränderungen in der Exzentrizität der Erdbahn als mögliche Ursache von Gletscherschwankungen und durch sie bedingten Pflanzenwanderungen in einem Zusammenhange genannt, welcher erkennen läßt, daß mein Vater jene Änderungen ganz allgemein als Anstoß zu den Florenverschiebungen ansah, an welche sich die Phänomene der Kreuzung und Neubildung und des Aussterbens der Arten knüpfen.

Zehntausend Jahre sind in der Dauer des Tertiärs eine sehr kurze Spanne. Es kamen aber als Anlässe für Pflanzenwanderungen nur jene Zehntausende von Jahren in Betracht, welche in Zeiten großer Werte von  $e$  fielen, wobei die Wanderungen abwechselnd in entgegengesetzter Richtung verliefen. Die Phasen mittlerer und kleiner Exzentrizität waren für die Vegetation Zeiten der Ruhe, in welchen sich die durch mehrmaliges Hin- und Herwandern bedingten Umformungen des Pflanzenkleides stabilisierten.

Da auch die Höchstschätzungen der Dauer der Eiszeit weit unter einer Jahrillion bleiben, ist das Jahr 3,260.000 vor 1850, bis zu welchem Farland die Exzentrizität zurückberechnete, sehr weit in das Tertiär hinein, vielleicht bis ans Ende des Alttertiärs zu verlegen. Farlands Kurve zeigt Wellen von wenig wechselnder Länge und sehr wechselnder Höhe; paläoklimatologisch läßt sie sich wohl nicht verwerten, weil die absolute Chronologie des Jungtertiärs noch ein tief verschleiertes Geheimnis ist, das auch durch die Altersbestimmungen von Gesteinen auf Grund radioaktiver Phänomene noch nicht enthüllt wurde.

## Tafelerklärung.

Die oberen vier Kärtchen: landarme Phase des Mioleozän (nach Matthew).

Die unteren vier Kärtchen: landreiche Phase des Pliozän (nach Matthew).

Die Kärtchen umfassen das Gebiet zwischen  $\varphi = 55^\circ$  und  $\varphi = 35^\circ$  und zwischen  $\lambda = 15^\circ$  W und  $\lambda = 45^\circ$  E.

Die linksseitigen vier Kärtchen entsprechen der Erdstellung:  $e = 0.07775$   $\epsilon = 27^\circ 48'$   $\pi = 90^\circ$  (größte Jahresamplitude).

Die rechtsseitigen vier Kärtchen entsprechen der Erdstellung:  $e = 0.07775$   $\epsilon = 20^\circ 34'$   $\pi = 270^\circ$  (kleinste Jahresamplitude).

In beiden Kärtchengruppen:

Oben: Isothermen um die Wintermitte.

Unten: Isothermen um die Sommermitte.

Die Isothermen sind von 5 zu 5° gezogen; die dick ausgezogene Linie entspricht der 0°-Isotherme.

---

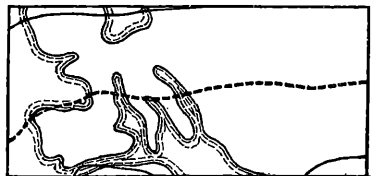
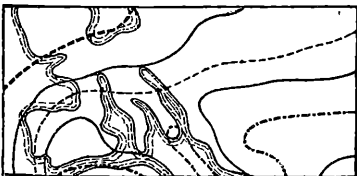
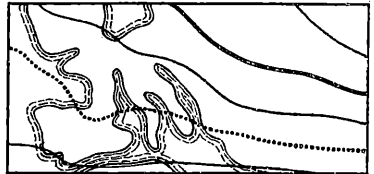
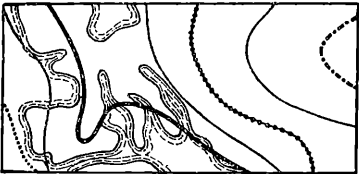
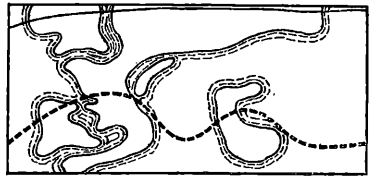
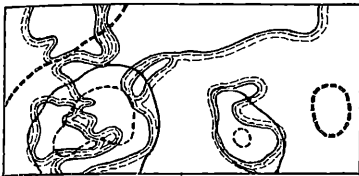
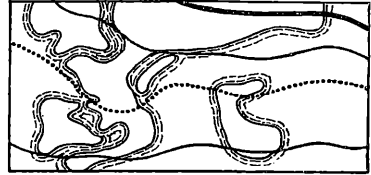


F. Kerner-Marilaun: Der Einfluß der variablen Erdbahnelemente auf das morphogene Wärmebild Europas im Tertiär.

Winter- und Sommerisothermen für das Eozän und Pliozän in Europa bei extremen Erdstellungen.

$\epsilon = 0.07775, \epsilon = 27^\circ 48', \pi = 90^\circ.$

$\epsilon = 0.07775, \epsilon = 20^\circ 34', \pi = 270^\circ$



Dicke abwechselnd gestrichelte und punktierte Linie	.Isotherme $- 20^\circ$
Dicke punktierte Linie	$- 10^\circ$
Dick ausgezogene Linie	$0^\circ$
Dünne punktierte Linie	$+ 10^\circ$
Dicke gestrichelte Linie . .	$+ 20^\circ$
Dünne gestrichelte Linie	$+ 30^\circ$
Dünne abwechselnd gestrichelte und punktierte Linie.	$+ 40^\circ$

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften  
mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [134\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Kerner von Marilaun Fritz (Friedrich)

Artikel/Article: [Der Einfluß der variablen Erdbahnelemente auf das  
morphogene Wärmebild Europas im Tertiär 109-143](#)