DIE

URSACHE DER BREITENSCHWANKUNGEN

VON

Dr. R. SPITALER,

PRIVATDOCENT UND ADJUNCT DER STERNWARTE AN DER K. K. DEUTSCHEN UNIVERSITÄT IN PRAG.

(Mit 1 Karte und 1 Textfigur.)

(VORGELEGT IN DER SITZUNG VOM 8. APRIL 1897.)

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der Umstand, dass die aus zahlreichen Beobachtungen sichergestellten Schwankungen der Breiten eine ziemlich deutlich ausgesprochene jährliche Periode zeigen, sowie die Bemerkungen hervorragender Gelehrter, wie Thomson, Tisserand, Helmert, Förster u. A., dass dieselben möglicherweise durch meteorologische Einflüsse, unter welchen zunächst an die Niederschläge gedacht wurde, hervorgebracht werden könnten, ohne dass jedoch bisher mittelst der meteorologischen Beobachtungsergebnisse hierüber genauere Untersuchungen angestellt worden wären, veranlassten mich, die meteorologischen Verhältnisse näher zu untersuchen, ob solche und welche die Ursache von der genannten Erscheinung sein können. Da mir die Ursache der Breitenschwankungen thatsächlich in meteorologischen Einflüssen gefunden zu sein scheint, erlaube ich mir, die erlangten Resultate der Hauptsache nach in Folgendem mitzutheilen.

Ein Blick auf die Isobarenkarten der Erde zeigt, dass sich während des Winters der nördlichen Hemisphäre, die mit 40% Festland bedeckt ist, über den Continenten eine bedeutende Anhäufung von Luft bildet, die im Sommer, wenn das Festland sich stärker als das Meer erwärmt, in der Höhe abfliesst und einer Luftdruckdepression Platz macht, während jetzt die Luftmassen über den beiden grossen Meeresbecken der nördlichen Halbkugel, dem nordatlantischen und nordpacifischen Ocean, sowie über den Continenten und den umliegenden Meeren der südlichen Erdhälfte sich ablagern und hier barometrische Maxima bilden, wo im Jänner relativ niedriger Luftdruck geherrscht hat.

Diese Thatsachen warfen mir die Frage auf, ob diese Massenverschiebungen auf der Erde im Laufe des Jahres nicht eine Änderung der Hauptträgheitsaxe derselben, wodurch Schwankungen der Breiten bedingt werden, zur Folge haben könnten.

Herr Radau[1] hat im Bulletin astronomique, sowie in den Comptes rendus nachgewiesen, dass im Erdkörper eine Verschiebung der der Momentandrehaxe M naheliegenden Hauptträgheitsaxe C von jährlicher Periode eine Verschiebung der Drehaxe M von ebenfalls jährlicher Periode, aber von annähernd dreifacher Amplitude erzeugt. Durch diesen Hinweis ist, wie Prof. Helmert[2] hervorhebt, eine causale Beziehung zwischen den durch meteorologische Processe erzeugten Massenverschiebungen und den

[1] Bull. astron. Tome VII, 1890.

[2] Astron. Nachr. Nr. 3014, Dec. 1890.

beobachteten Breitenschwankungen ausserordentlich viel wahrscheinlicher geworden als vorher. Denn für alle Gelehrte, welche der Ansicht sind, dass die hier in Betracht kommenden, länger anhaltenden Verschiebungen der Hauptträgheitsaxe ungezwungen nur in einem Betrage bis zu einigen Hundertelsecunden durch meteorologische Vorgänge erklärt werden können, bestand eine weite Kluft zwischen diesen Hundertel- und den Zehntelsecunden der Schwankung der Breiten.

Diese Kluft, fährt Prof. Helmert fort, ist nunmehr durch die Erkenntniss überbrückt, dass die Drehaxe M die Bewegungen der Hauptträgheitsaxe C in vergrösserter Weise widergibt. Zur weiteren Erhöhung des Grades der Wahrscheinlichkeit der Erklärung der Breitenvariationen durch meteorologische Processe trägt sehr der Umstand bei, dass die Andeutungen von einer jährlichen Periode in den Breitenschwankungen in Übereinstimmung stehen mit der Theorie, nach welcher, wie bemerkt, eine meteorologische Massenverschiebung von jährlicher Periode eine Bewegung der Drehaxe von ebenfalls jährlicher Periode hervorbringt. Und es dient nur zur Herbeiführung eines noch besseren Einklanges von Theorie und Erfahrung, dass die Theorie aus der Combination der erwähnten Bewegung von jährlicher Periode mit der bekannten Bewegung von 10monatlicher Periode (dem Euler'schen Cyklus) auf Unregelmässigkeiten der jährlichen Periodicität der Breitenschwankungen schliessen lässt, die den Beobachtungen entsprechen.

Wie durch diese Untersuchungen dargethan werden wird, erzeugen aber die vorhin genannten Veränderungen in der Vertheilung der Luftmassen auf der Erde nicht nur Hundertelsecunden, wie bisher geglaubt wurde, sondern sogar Zehntelsecunden grosse Verschiebungen der Hauptträgheitsaxe. Es war wohl trotz des Radau'schen Beweises, dass die Drehaxe die Bewegungen der Hauptträgheitsaxe in vergrösserter Weise wiedergibt, noch ein grosser Sprung von den Hundertelsecunden zu der halben Secunde, der mittleren Jahresamplitude der beobachteten Breitenschwankungen.

Wird eine Masse μ von einem Punkte der Erde, dessen geographische Coordinaten L und φ sind, nach einem Punkte übertragen, dessen Coordinaten L' und φ' sind, so ist nach Tisserand[1] die Verschiebung θ der Hauptträgheitsaxe der Erde und die Richtung dieser Verschiebung w bestimmt durch die Gleichungen:

$$\theta \sin w = 460 \frac{\mu}{M} (\sin 2\varphi \sin L - \sin 2\varphi' \sin L')$$

$$\theta \cos w = 460 \frac{\mu}{M} (\sin 2\varphi \cos L - \sin 2\varphi' \cos L')$$

$$\theta = 460 \frac{\mu}{M} \sqrt{\sin^2 2\varphi + \sin^2 2\varphi' - 2 \sin 2\varphi \sin 2\varphi' \cos (L - L')}.$$

Darin bedeutet M die Masse der Erde $= 6 . 10^{24}\, kg$; θ ist ausgedrückt in Theilen des Radius und ist durch $\sin 1''$ zu dividiren, wenn die Verschiebung in Bogensecunden ausgedrückt werden soll.

Das Product θR, R den Erdhalbmesser bezeichnend, gibt die lineare Verschiebung des Trägheitspols. Der Trägheitspol entfernt sich bei einer Massenverschiebung vom Rotationspol, was sich uns als eine Veränderung der geographischen Breite kundgibt. Das Maximum der Verschiebung tritt ein, wenn die Masse entweder längs eines Meridians ($L = L'$) von $\varphi = +45°$ nach $\varphi' = -45°$ Breite sich verschiebt, oder in derselben Breite auf den gegenüberliegenden Meridian verlagert wird und ist $\theta = 920 \frac{\mu}{M}$. Es findet keine Veränderung der Hauptträgheitsaxe statt, wenn sich die Masse nach dem diametral gegenüberliegenden Punkt der Erde verlegt.

Um das Gewicht dieser sich umlagernden Massen zu bestimmen, wurde folgender Weg eingeschlagen. Aus den Isobarenkarten der beiden extremen Monate, Jänner und Juli, welche Prof. Hann in Berghaus' physikalischem Atlas veröffentlicht hat, wurden von 10 zu 10 Längen- und Breitengraden, mitunter auch noch auf dazwischenliegenden Punkten, die Barometerstände graphisch entnommen, die Differenzen Jänner—Juli derselben auf eine Karte eingetragen und die Orte gleicher Schwankung des Barometerstandes vom Jänner zum Juli von 2 zu 2 *mm* Barometerdifferenz durch Linien verbunden. Die Nulllinie verbindet

[1] Traité de Mécanique céleste. Tome II, p. 487.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

alle Orte, welche zwischen Jänner und Juli keinen Unterschied im Luftdruck haben und trennt die Gebiete der Erde mit Drucküberschuss im Jänner von den Orten mit Drucküberschuss im Juli.

Eigentlich sollten hiezu nicht die auf das Meeresniveau reducirten, sondern die wirklich herrschenden Barometerstände verwendet werden, da die thatsächliche Luftdruckdifferenz zwischen Jänner und Juli in Betracht kommt und nicht jene, wie sie sein würde, wenn die Continente bis zum Meeresniveau abgetragen wären. Doch ergibt sich ein zu beachtender Unterschied nur für die extremen Klimate und hochgelegenen Gebiete, während für die mittlere Höhe der Continente und für mässige Jahresschwankungen der Temperatur derselbe, wenigstens für diese erste Untersuchung, unbeachtet bleiben durfte. Aus diesem Grunde dürfte auch der weiter unten berechnete Luftdrucküberschuss im Jänner für Asien-Europa und Nordamerika etwas zu verkleinern sein.

Diese überschüssigen Luftmassen, welche im Jänner über Asien—Europa und Nordamerika, theilweise auch über Nordafrika und inselförmig über einem Gürtel um den 45. Grad südl. Br. lagern, fliessen allmählig, wenn sich mit nach Norden wandernder Sonne die Continente der Nordhalbkugel erwärmen, in der Höhe ab und wir finden sie im Juli über dem atlantischen und pacifischen Ocean, über Australien, Südafrika, Südamerika und den angrenzenden Meerestheilen und wahrscheinlich auch zum Theil in den südlichen Polargegenden.

Diese im Laufe des Jahres auf der Erde wandernden Luftmassen kann man sich auch als Quecksilberschichte von der auf der beiliegenden Karte in Millimetern angegebenen Höhe denken, und es wird daher auch im Folgenden, um kleinere Zahlen zu haben, öfters statt von Luftmassen von Quecksilbermassen gesprochen werden.

Wie gross ist nun das Gewicht dieser vom Jänner zum Juli und umgekehrt sich umlagernden Luft- oder Quecksilbermassen?

Zu dessen Berechnung wurden die Flächenräume von 2 zu 2 *mm* Druckunterschied möglichst genau ermittelt, wobei auf die kartographische Darstellung der Erde Rücksicht zu nehmen war, was die Ausmessung der unregelmässig geformten Flächen recht mühsam machte, und folgende Resultate erlangt:

Gebiete mit Drucküberschuss im Jänner.

Fläche, eingeschlossen von	Asien—Europa	Nordamerika
2 *mm*	98,257.000 *km²*	20,489.000 *km²*
4	68,821.000	10,337.000
6	54,517.000	3,494.000
8	44,727.000	471.000
10	34,241.000	—
12	28,912.000	—
14	24,589.000	—
16	19,051.000	—
18	13,543.000	—
20	9,372.000	—
22	4,914.000	—
24	1,159.000	—

Gebiete mit Drucküberschuss im Juli.

Fläche, eingeschlossen von	Pacifischer Ocean	Atlantischer Ocean	Australien	Südafrika	Südamerika
2 *mm*	18,050.000 *km²*	18, 171.000 *km²*	40,879.000 *km²*	40,602.000 *km²*	28,806.000 *km²*
4	13,579.000	13,201.000	18,773.000	25,345.000	13,100.000
6	9,371.000	8,103.000	8,558.000	10,703.000	3,595.000
8	5,413.000	3,723.000	3,631.000	3,823.000	—
10	3,039.000	995.000	764.000	1,293.000	—
12	1,470.000	—	—	—	—

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Das Volumen Quecksilber, welches über diesen Flächen lagert und das Gewicht der im Laufe des Jahres sich umlagernden Luft darstellt, wurde nach den von 2 zu 2 *mm* begrenzten ringförmigen Zonen berechnet, indem das Volumen des Ringes von 2—4 *mm* gleichgesetzt wurde der von 2 *mm* begrenzten Fläche f_2 weniger der von 4 *mm* begrenzten Fläche f_4 und multiplicirt mit der mittleren Höhe des Quecksilbers 3 *mm* u. s. w.; also

Volumen des Ringes zwischen 2 und 4 *mm* $= (f_2 - f_4) \times 3$,
» » » » 4 » 6 *mm* $= (f_4 - f_6) \times 5$,
u. s. w.
Volumen der inneren Säule, begrenzt von m Millim. $= f_m \times (m+1)$.

Die Grenzgebiete von 0—2 *mm* Quecksilberhöhe wurden unberücksichtigt gelassen, weil sie zu unregelmässig gestaltet sind und die Wirkungen der Massenverschiebungen innerhalb derselben sich gegenseitig nahezu aufheben dürften.

Es ergaben sich folgende Volumina Quecksilber in Cubikkilometern ausgedrückt:

Drucküberschuss im Jänner.

	Asien—Europa	Nordamerika
Innere Säule	28·975 *km*³	4·239 *km*³
Ring zwischen 24 und 22 *mm*	86·365	—
» » 22 » 20	93·618	—
» » 20 » 18	79·249	—
» » 18 » 16	93·636	—
» » 16 » 14	83·070	—
» » 14 » 12	56·199	—
» » 12 » 10	58·619	—
» » 10 » 8	94·374	—
» » 8 » 6	68·530	21·161
» » 6 » 4	71·520	34·215
» » 4 » 2	88·308	48·456
Summe..	902·463 *km*³	108·071 *km*³

Drucküberschuss im Juli.

	Pacifischer Ocean	Atlantischer Ocean	Australien	Südafrika	Südamerika
Innere Säule	19·110 *km*³	10·945 *km*³	8·404 *km*³	14·223 *km*³	25·165 *km*³
Ring zwischen 12 und 10 *mm*	17·259	—	—	—	—
» » 10 » 8	21·366	24·552	25·803	22·770	—
» » 8 » 6	27·706	30·660	34·489	48·160	—
» » 6 » 4	21·040	25·490	51·075	73·210	47·525
» » 4 » 2	13·413	14·910	66·318	45·771	47·118
Summe..	119·894 *km*³	106·557 *km*³	186·089 *km*³	204·134 *km*³	119·808 *km*³

Die Summirung der einzelnen Ringe und der inneren Säule ergibt:

Im Jänner.

Asien—Europa ..... 902·463 *km*³ Quecksilber
Nordamerika ..... 108·071 »

Zusammen.. 1010·534 *km*³ Quecksilber.

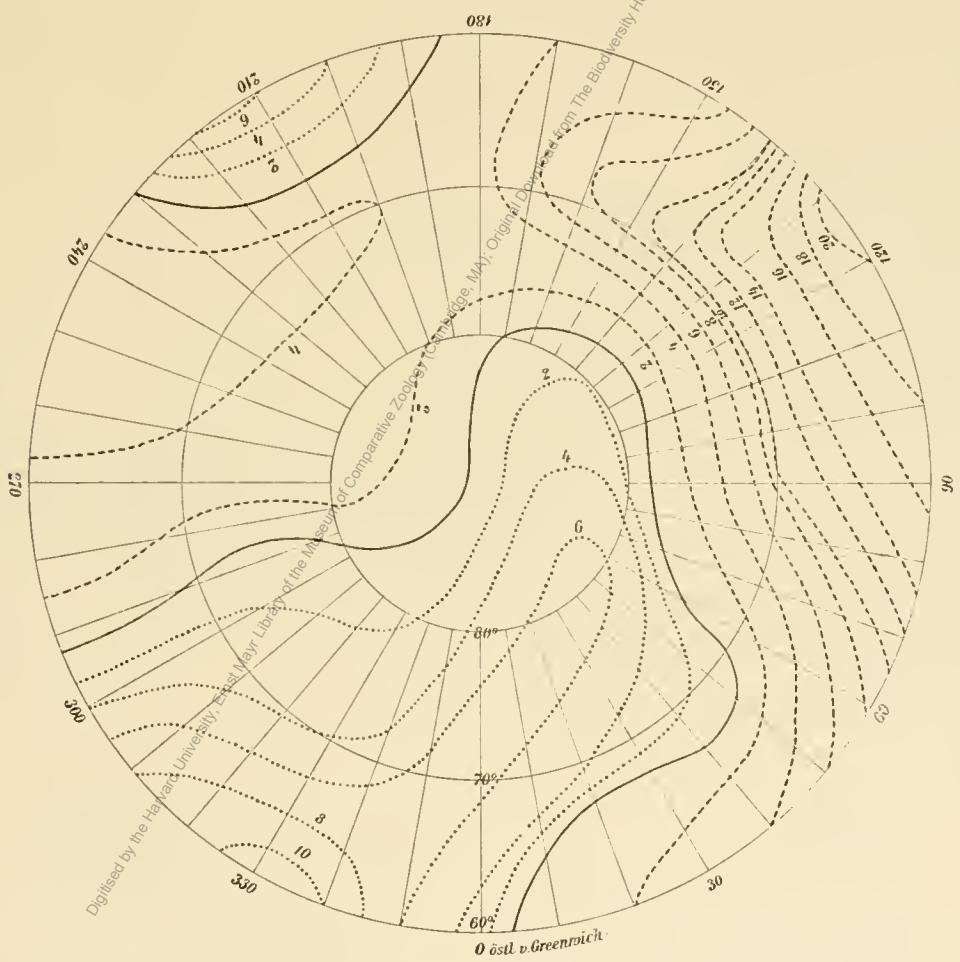
Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Im Juli.

Pacifischer Ocean	119·894 km^3	Quecksilber
Atlantischer Ocean	106·557	»
Australien	186·089	»
Südafrika	204·134	»
Südamerika	119·808	»
Zusammen	736·482 km^3	Quecksilber.

Es fliesst also die im Jänner über Asien—Europa—Nordafrika und Nordamerika angesammelte Luftmasse im Gewichte von über 1000 km^3 Quecksilber im Laufe der ersten Hälfte des Jahres von hier ab und es sammelt sich davon im Juli eine Menge im Gewicht von über 736 km^3 Quecksilber über dem pacifischen und atlantischen Ocean, über Australien, Südafrika und Südamerika, sowie über den angrenzenden Meerestheilen, um sich in der zweiten Hälfte des Jahres wieder über den erstgenannten Gegenden zu concentriren.

Von den restlichen 274 km^3 wird ein kleiner Theil jedenfalls zur Ausfüllung des im Juli gegenüber Jänner augenscheinlich grösseren, vernachlässigten Gebietes zwischen 0 und 2 Millimeter Druckdifferenz, sowie zum Ausgleich auf der nördlich vom 80. Grad gelegenen Polarkappe verwendet, wie letzteres die Polarkarte der nördlichen Halbkugel zeigt, auf welcher die nach Norden ausmündenden Curven nach Wahr-



---------- Drucküberschuss im Jänner. ..... Drucküberschuss im Juli.

scheinlichkeit ausgezogen sind. Ungefähr 50 bis 60 km^3 lagern über dem polynesischen Inselreiche, während der grösste Theil, etwa 200 km^3, jenseits des 50. und 60. Grades der südlichen Hemisphäre zu suchen ist, wo die niedrigen Barometerstände des Sommers (Jänner) im Winter (Juli) nicht unbedeutend

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

erhöht zu werden scheinen, wie die Linien jenseits des 50. Breitengrades zwischen 60° westlicher und 80° östlicher Länge von Greenwich anzeigen. Das südliche Polargebiet hat während seines Winters (Juli) auch die geringen Luftüberschüsse aufzunehmen, welche im Sommer (Jänner) in einem inselförmig eingeschnürten Gürtel um den 45. Grad südlicher Breite herum lagern, da diese Luftmengen gegen die mächtigen Luftmassen, welche vom asiatisch-europäischen und nordamerikanischen Continente abfliessen und die nördlichen Meere, sowie die Continente und angrenzenden Meerestheile der südlichen Halbkugel überlagern, nordwärts abzufliessen wohl nicht im Stande sein dürften.

Soll die gewaltige Luftanhäufung über Asien—Europa im Jänner die Lage der Hauptträgheitsaxe der Erde nicht ändern, so müsste diese Luftmasse im Juli auf der diametral gegenüberliegenden Seite der Erde sich ansammeln, was aber nicht der Fall ist, oder es müsste die Wirkung der von Nordamerika abfliessenden Luftmassen erstere Wirkung compensiren. Ein Blick auf die Zahlen der Gewichte der auf beiden Seiten lagernden Luftmassen lässt dies aber für unmöglich erscheinen. Wenn man nun auch annimmt, dass die über 900 km^3 Quecksilber schwere Luftmasse von Asien—Europa nach allen Richtungen hin abfliesst und sich gleichmässig ausserhalb von Asien—Europa im Juli über die Erde lagert, so muss dies schon eine Verschiebung der Hauptträgheitsaxe zur Folge haben. Da eine Verschiebung der unbedeutenden Luftmassen, welche inselförmig über den 45. Grad südlicher Breite lagern, nach Süden hin, wie früher bemerkt wurde, auch keine Compensation zu schaffen vermag und die vorhin genannten beiläufigen 200 km^3, die jenseits des 50. südlichen Breitengrades in der mittleren Länge von 0° von Greenwich angesammelt zu werden scheinen, die asiatisch-europäische Wirkung eher verstärken als vermindern, ist als Gesammteffect der Luftverschiebung vom Jänner zum Juli eine Verschiebung der Hauptträgheitsaxe unausbleiblich.

Es soll nun dieselbe mittelst der Formeln von Tisserand und der von mir ermittelten Gewichte der Luftmassen berechnet werden.

Sieht man vorläufig von den restlichen, 274 km^3 Quecksilber schweren Luftmassen ab, so lagern im Jänner in den beiläufigen Concentrationspunkten von 90° östlicher Länge von Greenwich — die Längenangaben beziehen sich im Folgenden immer auf östlich von Greenwich, also bis 360° gezählt — und 45° N. Br. 902.463 km^3 Quecksilber und in 250° Länge und 45° N. B. (oder vielleicht mehr nach Nordosten verschoben) 108.071 km^3 Quecksilber, wovon im Juli 186.089 km^3 in dem Concentrationspunkte von 130° Länge und 20° S. Br. (Australien), 204.134 km^3 in dem Concentrationspunkte von 25° Länge und 25° S. Br. (Südafrika) und 119.808 km^3 in dem Concentrationspunkte von 310° Länge und 25° S. Br. (Südamerika) angehäuft werden. Amerika dürfte seine Luftmenge von 108.071 km^3 Quecksilber ungefähr zu gleichen Theilen in den atlantischen, den nord- und südpacifischen Ocean ablagern, so dass also von der asiatisch-europäischen Luftmasse noch 83.894 km^3 Quecksilber nach den Concentrationspunkt von 200° Länge und 45° N. Br. (nordpacifischer Ocean) und 70.557 km^3 nach den Concentrationspunkt von 330° Länge und 55° N. Br. (nordatlantischer Ocean) verlagert werden.

Diese Umlagerungen von Luftmassen geben, jede für sich berechnet, folgende Richtungen und Grössen der Verschiebung der Hauptträgheitsaxe vom Jänner zum Juli:

I. Luftansammlung über Asien-Europa, verlagert nach:

1. Australien ..... $w = 105°5$ $\theta = 0·06196$
2. Südafrika ..... $w = 62·3$ $\theta = 0·06562$
3. Südamerika ..... $w = 40·0$ $\theta = 0·01656$
4. Nordpacifischer Ocean ..... $w = 55·0$ $\theta = 0·02956$
5. Nordatlantischer Ocean ..... $w = 119·0$ $\theta = 0·02549.$

II. Luftansammlung über Nordamerika, verlagert nach:

1. Nordpacifischer Ocean ..... $w = 315°0$ $\theta = 0·00655$
2. Nordatlantischer Ocean ..... $w = 202·1$ $\theta = 0·00966$
3. Polynesien ($L = 250°$, $\varphi = -15°$) ..... $w = 250·0$ $\theta = 0·01161.$

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die resultirende Richtung und Grösse der Verschiebung der Hauptträgheitsaxe durch den I. Lufttransport ist

$$w_{\mathrm{I}} = 80^{\circ}7 \qquad \theta_{\mathrm{I}} = 0''17760,$$

die durch den II. Lufttransport

$$w_{\mathrm{II}} = 246^{\circ}5 \qquad \theta_{\mathrm{II}} = 0''02089,$$

woraus schliesslich für die durch die Verlagerung der hier in Rechnung gezogenen Luftmassen entstandene resultirende Jahresamplitude und Richtung der Verschiebung der Hauptträgheitsaxe

$$w = 82^{\circ}6 \qquad \theta = 0''15744$$

folgt.

Nimmt man an, wie es wahrscheinlich ist, dass die früher erwähnten 200 km^3 vom asiatisch-europäischen Concentrationspunkte nach den Concentrationspunkt von 0° Länge und 65° S. Br. im Juli verlegt werden, so erhält man hiefür als Änderung der Hauptträgheitsaxe

$$w = 52^{\circ}5 \qquad \theta = 0''05417,$$

und dies mit dem zuletzt angeführten Resultate verbunden

$$w = 75^{\circ}0 \qquad \theta = 0''20612.$$

Es mussten bei diesem Rechnungsgange über die Verlagerung der Luftmassen, insbesondere in Betreff Nordamerikas, vielleicht vom meteorologischen Standpunkte aus nicht vollständig begründete Annahmen gemacht werden, da man aus den Jahres-, Jänner- und Juli-Isobaren nicht mit Sicherheit erkennen kann, wohin sich die einzelnen Luftmassen verlagern. Dies wäre nur an der Hand von Monatsisobaren möglich, doch waren mir solche nicht zur Hand, um darin Einblick nehmen zu können.

Man gelangt übrigens auch ohne die Kenntniss, wohin sich die Luftmassen gerade verlagern, zur Jahresamplitude und Richtung der Schwankung der Hauptträgheitsaxe. Denkt man sich die vorhin ermittelten, im Laufe des Jahres wandernden 1000 km^3 Quecksilber von der Erde entfernt, so wird, weil die damit gemeinte Luft gegen das Gewicht der gesammten Erde sehr klein ist, die Lage der Hauptträgheitsaxe ohne diese Luft gegenüber der mittleren Jahresvertheilung derselben auf der Erde nicht bedeutend verschieden sein. Man könnte diesen Unterschied auch finden, wenn man die Jänner- und Juli-Isobaren gegen die Jahresisobaren vergleichen würde, was ich demnächst nachzutragen, auch noch aus einem weiter unten anzugebenden Grunde, mir vorbehalte.

Lagern sich nun die genannten 1000 km^3 Quecksilber im Jänner in den schon früher angegebenen Concentrationspunkten und Mengen auf die Erde, so wird die Hauptträgheitsaxe nach den diesbezüglichen Formeln von Tisserand[1] um die Grösse $\theta = 460 \frac{\mu}{M} \sin 2\varphi$ nach der Richtung $w = 180^{\circ} + L$ ausschlagen. Für die beiden Concentrationspunkte von Asien-Europa und Nordamerika erhält man:

Asien-Europa .... $w = 270^{\circ} \quad \theta = 0''19409$

und

Nordamerika ..... $w = 70^{\circ} \quad \theta = 0''02324,$

woraus sich als Resultirende

$$w = 272^{\circ}6 \qquad \theta = 0''17247$$

ergibt.

Lagern sich aber im Juli von diesen 1000 km^3 Quecksilber in den ebenfalls schon früher angegebenen Concentrationspunkten und Mengen, letztere aber jetzt für den pacifischen und atlantischen Ocean in ihrem

[1] a. a. O. p. 486.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vollen Betrage, nämlich 119·894, beziehungsweise 106·557 km^3 Quecksilber, genommen, auf die Erde, so erhält man als Verschiebung und Richtung der Hauptträgheitsaxe durch

Australien	$w = 130°$	$\theta = 0''02573$
Südafrika	$w = 25$	$\theta = 0·03363$
Südamerika	$w = 310$	$\theta = 0·01974$
Pacifischer Ocean	$w = 20$	$\theta = 0·02579$
Atlantischer Ocean	$w = 150$	$\theta = 0·02154$
Südpolargegend	$w = 0$	$\theta = 0·03295$

und daraus als Resultirende

$$w = 30°5 \qquad \theta = 0''07563.$$

Die Entfernung der Ausschläge im Jänner und Juli, d. i. die Jahresamplitude der Schwankung der Hauptträgheitsaxe ergibt sich daraus zu $\theta = 0''21830$, und die Richtung der Verschiebung vom Jänner zum Juli ist $w = 74°8$.

Vergleicht man das auf dem ersten Wege erlangte Resultat mit diesem, so zeigt sich in der Richtung der Verschiebung w eine fast vollständige, in der Grösse der Jahresamplitude dieser Verschiebung θ eine ebenfalls recht befriedigende Übereinstimmung. Nimmt man aus den beiden θ-Werthen das Mittel, so folgt aus der vorstehenden Untersuchung, dass die Umlagerung der Luftmassen vom Jänner zum Juli, wenn dieselben auf den früher angegebenen Punkten thatsächlich concentrirt wären, eine Verschiebung der Hauptträgheitsaxe in der Richtung $w = 75°$ und im Betrage von $\theta = 0''2122$ hervorbringt.

Nun sind aber die Luftmassen in Wirklichkeit nicht auf einzelnen Punkten der Erde, sondern über mehr oder weniger grossen Flächenräumen concentrirt, was zur Folge hat, dass sich ihre Wirkungen etwas ausgleichen und sich letztere Zahl daher etwas vermindern wird. Dieselbe gibt auch, wenn man von der Modification durch den Euler'schen Cyklus absieht, eine maximale Jahresamplitude der Breitenschwankung von 0''7, während nach den Beobachtungen dieselbe nur ungefähr 0''5 erreicht.

Es werden auch die Wassermassen der Oceane, wenn ein grösserer Druck im Sommer als im Winter auf ihnen lastet, darunter ausweichen und durch Abfluss in unter niedrigerem Druck stehende Räume einigermassen die Wirkung der Luftmassen compensiren; doch zeigt schon der Anblick der beiliegenden Karte, dass diese Compensation keine vollständige sein kann, sondern dass diese Gegenwirkung der Wirkung der Luftmassen zurücksteht, weil die meisten Concentrationspunkte des Luftdrucküberschusses über Festländern liegen.

Ob die Oscillation der Trägheitsaxe, die Erde als ruhend vorausgesetzt, in der Ebene des 75. — 255. Grades Länge erfolgt oder in einer Ellipse oder ihr ähnlichen Curve, deren grosse Axe letztere Lage hat, weil die Monate Jänner und Juli wohl die Extreme der Luftdruckvertheilung auf der Erde darstellen, darüber können erst die Monatsisobaren Aufschluss geben, wenn man sie mit den Jahresisobaren, wie es hier zwischen Jänner und Juli geschehen ist, vergleicht.

Wie stellt sich nun unter der hier ermittelten jährlichen Veränderung der Trägheitsaxe die Schwankung der Breiten auf der Erde dar?

Nach der schon früher citirten und von Prof. Helmert des weiteren discutirten Untersuchung von Radau betragen zur Zeit t die Verschiebungen des Poles G der unveränderlichen Ebene, der hier mit dem Pole M der Momentandrehaxe identificirt werden darf, in zwei zu einander senkrechten Richtungen

$$-3·3\, c_0 \sin mt, \text{ bezw. } +2·7\, c_0 \cos mt,$$

wenn in der ersteren Richtung der Pol C der Hauptträgheitsaxe gegen eine mittlere Lage C_0 sich um $-c_0 \sin mt$ verschoben hat. Prof. Helmert setzt, um positive Vorzeichen zu erhalten, für mt $mt-90°$ und erhält mit Hinzufügung der Glieder

$$A \cos (\mu t + B), \text{ bezw. } A \sin (\mu t + B),$$

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

welche der Euler'schen Bewegung entsprechen, und worin A, B und $\mu = \frac{360°}{T}$, wenn T die Dauer des Euler'schen Cyklus bedeutet, Constanten sind, als rechtwinkelige Coordinaten der Polverschiebung:

$$u = 3 \cdot 3\, c_0 \cos mt + A \cos(\mu t + B)$$
$$v = 2 \cdot 7\, c_0 \sin mt + A \sin(\mu t + B).$$

Die ersten Glieder stellen eine Ellipse, Radau'sche Ellipse, wie sie Prof. Helmert nennt, dar, welche vom Momentanpol M in 12 Monaten durchlaufen wird. Die zweiten Glieder geben einen Kreis, welchen M gleichzeitig in der Zeit T (10 Monaten) durchwandert. Beide Bewegungen zusammen stellen eine Art epicyklischer Bewegung dar. Die positive x-Axe des Coordinatensystems ist nach 75° Länge, die positive y-Axe nach 165° Länge gerichtet. Wird die Zeit nach Monaten gezählt, so ist $m = 30°$ und der Ausgang der Zeitzählung $t_0 = 7$, nämlich Juli.

Bezeichnet man, wie Brendel[1] näher ausführt, mit M_0 die Lage des Momentanpoles zur Zeit t_0, mit $p = 90 - \varphi$ den Abstand des Ortes A, dessen geographische Länge L und Breite φ ist, von M_0, ferner mit M den Pol zur Zeit t und mit π seinen Abstand vom Orte A, so ist, wenn $M_0 M = c$ die Polverschiebung und W die Richtung derselben gegen den Meridian von A bedeutet,

$$\cos \pi = \cos p \cos c + \sin p \sin c \cos W.$$

Da aber c und $\pi - p = \Delta p$ kleine Grössen sind, erhält man für die Breitenschwankung

$$\Delta\varphi = -\Delta p = c \cos W,$$

während, mit Ausnahme der höchsten Breiten, die Abweichung der Richtung des Ortsmeridians Δa von der mittleren Meridianrichtung

$$\Delta a = c \cdot \frac{\sin W}{\sin p} = c \cdot \frac{\sin W}{\cos \varphi}$$

ist.

Nun ist aber der Winkel

$$W = w_0 + w - L$$

und somit

$$\Delta\varphi = c \cos(w_0 + w - L),$$

und

$$\Delta a = c \cdot \frac{\sin(w_0 + w - L)}{\cos \varphi},$$

in welchen Gleichungen für

$$c = \sqrt{u^2 + v^2}$$

und

$$w = \operatorname{arc\,tang} \frac{v}{u}$$
$$u = 3 \cdot 3\, c_0 \cos 30°(t - t_0) + A \cos[\mu(t - t_0) + B]$$
$$v = 2 \cdot 7\, c_0 \sin 30°(t - t_0) + A \sin[\mu(t - t_0) + B]$$

zu substituiren ist.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist für $t_0 = 1$ (Jänner) $w_0 = 255°$ oder für $t_0 = 7$ (Juli) $w_0 = 75°$ und $c_0 = 0''.1061$, doch dürfte letzterer Werth aus dem bereits oben angeführten Grunde etwas zu gross sein.

Durch diese Formel ist die durch die Verschiebung der Hauptträgheitsaxe in Folge von Luftmassenverschiebungen und der Euler'schen Bewegung auf den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche hervorgebrachte Veränderung der Breite und der Meridianrichtung charakterisirt. Wenn der Euler'sche Cyklus

[1] Astron. Nachr. Nr. 3124, Aug. 1892.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

thatsächlich 10 Monate beträgt, so läuft ein Cyklus der durch die angeführten Gleichungen gegebenen Bewegung des Momentanpoles in 5 Jahren ab.

Es spiegelt sich die Polbewegung in Form einer aus der Schwankung der Breiten und der Meridianrichtung zusammengesetzten epicyklartigen Bewegung der geographischen Coordinaten der Erdorte wieder. Während die Grösse c vom Erdort unabhängig ist und für eine gegebene Zeit t für alle Orte der Erde denselben Werth hat, ist der Betrag der Breitenschwankung $\Delta\varphi$ und der Richtungsänderung des Meridians Δa auch vom Erdort abhängig.

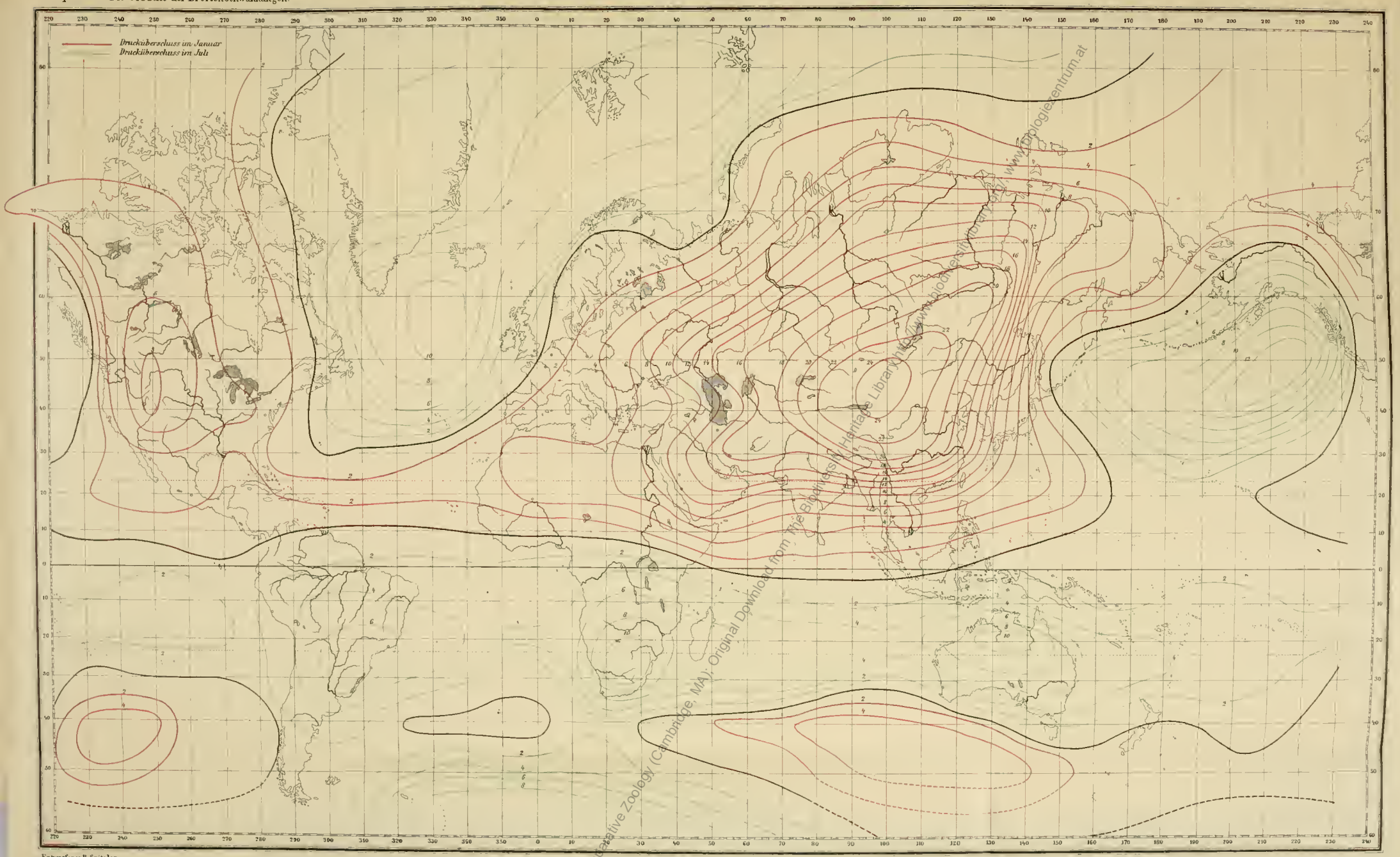
Dass c_0, als von einer meteorologischen Ursache abhängig, die nicht Jahr für Jahr mit genau derselben Wirkung wiederkehrt, nicht alljährlich genau gleich sein kann, braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden; es wird sich diese Ungleichheit bei der Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie zeigen.

Nachdem durch diese Untersuchung die Ursache der Breitenschwankungen erkannt zu sein scheint, könnte man mittelst der obigen Formel aus den beobachteten Breitenschwankungen die wahrscheinlichsten Werthe für die Constanten des meteorologischen und Euler'schen Cyklus nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnen. Es dürfte aber angezeigt sein, zuvor die früher genannten eingehenderen Untersuchungen über die Bewegung der Hauptträgheitsaxe vorausgehen zu lassen. Leider bin ich zu diesen mühsamen Arbeiten auf meine beschränkte ausserdienstliche Zeit angewiesen, hoffe aber trotzdem in Kürze die weiteren Untersuchungen folgen lassen zu können.

Nachdem durch die vorliegende Abhandlung einerseits die Ursache der Breitenschwankung mir gefunden zu sein scheint, andererseits aber daraus eine der Breitenschwankung analoge Schwankung der Meridianrichtung sich ergibt, glaubte ich diesen ersten Theil schon jetzt veröffentlichen zu sollen, da er möglicherweise für die weiteren Unternehmungen der internationalen Cooperation zur Erforschung der Breitenschwankung von Interesse sein kann.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Linien gleichen Luftdruckunterschiedes zwischen Januar u. Juli.



Entworfen v. R. Spitaler

Kartogr. Anst. von Th. Baumwarth Wien

Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 64

Autor(en)/Author(s): Spitaler Rudolf Ferdinand

Artikel/Article: Die Ursache der Breitenschwankungen. (Mit 1 Karte und1 Textfigur.) 633-642