

Werk

Jahr: 1926

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:2

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0002

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002

LOG Id: LOG_0052

LOG Titel: Pölschwankungen und Geotektonik

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

erstreckten Einzelmessung betrug 0.1 *J*. Ob es sich hierbei um Ablesefehler oder um statistische Schwankungen der Eigenstrahlung (s. II.) handelt, kann nicht entschieden werden, da beide Effekte rechnungsgemäß etwa gleich groß sind. — Die Weiterführung der Versuche im Flugzeug und im Hochgebirge ist geplant.

V. Die tägliche Periode. Wenn nach Kolhörster der Betrag der Höhenstrahlung mit dem Stande der Milchstraße um 15 Proz. schwankt, so muß diese Änderung — etwa 0.2 bis 0.3 *J* — auch in Meereshöhe nachweisbar sein. Beobachtungen in Göttingen und in Dorfmark in Hann. ergeben eine tägliche Periode der erwarteten Form und Größe (Fig. 6), bei der sich eine zweistündige Verschiebung von Monat zu Monat zeigt. Schwankungen der Erdstrahlung waren durch Panzer eliminiert.

Über Messungen der Höhenstrahlung im Flugzeug bis zu 6770 m Höhe, die eine gute Bestätigung der Kolhörsterschen Beobachtungen von 1914 brachten, wird später berichtet.

Für die Unterstützung der Arbeit habe ich sehr zu danken den Herren Bergassessor a. D. Albrecht (Kaliwerk Wittekind-Volpriehausen), Direktor Gerlach (Funkenturm Königswusterhausen) und Regierungsrat Schumacher (Preuß. Wasserbauamt Potsdam).

Die vorliegende Arbeit entstand auf Anregung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Angenheister. Meinem verehrten Lehrer spreche ich auch hier meinen Dank aus.

Literatur.

1) W. Kolhörster: Zeitschr. f. Instrumentenkde. **44**, 333 (1924) und „Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre“. Hamburg 1924.

2) V. Hess: Phys. Zeitschr. **14**, 610 (1913).

3) C. S. Wright: Nature **117**, 54 (1926).

4) St. Meyer und E. v. Schweidler: „Radioaktivität“. Leipzig-Berlin 1916.

Literaturangaben über Höhenstrahlung: K. Büttner: Zeitschr. f. Geophys. **2**, 153 (1926).

Göttingen, Geophys. Institut d. Universität, 6. Juli 1926.

Polschwankungen und Geotektonik.

Von **R. Spitaler**. — (Mit drei Abbildungen.)

Da durch längere Zeit im selben Sinne anhaltende Massenverschiebungen, wie beispielsweise durch die Eisablagerung während der letzten Eiszeit, die Entfernung des Rotationspols vom Symmetriepol größere Beträge annehmen kann, ist die Möglichkeit vorhanden, daß dadurch ganz bedeutende tektonische Kräfte ausgelöst werden. — Die durch die Polbewegung ausgelösten Kräfte können auch die Fließzone beeinflussen und dadurch zu epirogenetischen Bewegungen Anlaß geben. — In den Polbewegungen dürfte auch die Ursache des großen Zyklus der geologischen Umgestaltungen der Erde liegen.

Auf die am Schlusse meiner Arbeit über Erdbeben und tektonische Umgestaltungen der Erdoberfläche durch die Polhöenschwankungen *) gemachten

*) Zeitschr. f. Geophys. **2**, 113.

kurzen Bemerkungen möchte ich in großen Zügen doch noch etwas ausführlicher eingehen, weil sie vielleicht Anregungen zu weiteren Untersuchungen geben. Ich beschränke mich aber nur auf geophysikalische Betrachtungen, ihre Anwendungen auf die tatsächlichen Verhältnisse müssen den Geologen überlassen werden.

Während in der ersten Abhandlung zwischen der Hauptträgheitsachse und der mathematischen Symmetrieachse des Rotationsellipsoids kein Unterschied gemacht wurde, ist ein solcher trotz des regelmäßigen Baues der Erde doch möglich. Fiele beispielsweise ein großer Eisenmeteorit auf die Erde nieder, so würde durch diesen Massenzuwachs an einer bestimmten Stelle die Lage der Trägheitsachse sich verschieben und Trägheitspol und Symmetriepol fielen nicht mehr zusammen. Aber auch Umlagerungen von Massen auf der Erde durch geologische, hydrologische und meteorologische Vorgänge verschieben, wie bereits bekannt, die Trägheitsachse gegen die Symmetrieachse. Wir haben aber bisher nur die jährliche Verschiebung derselben infolge von Luftmassenumlagerungen betrachtet. Der Trägheitspol kann sich aber auch durch andauernde gleichsinnige Massenverlagerungen auf der Erde in einer bestimmten Richtung vom Symmetriepol weiter verschieben. In einer Abhandlung über „Die Eiszeiten und Polschwankungen der Erde“ *) habe ich gezeigt, daß durch die Eisanhäufung in der Quartärzeit sich der Trägheitspol um $4.3'$ (7964 m) nach 115° östl. v. Gr verschieben mußte.

B. Wanach **) hat nun bewiesen und dafür die Formeln abgeleitet, daß sich mit dem Trägheitspol auch der Rotationspol in zyklodischer Bahn mitbewegt. Da aber während dieser Zeit die jährliche periodische Bewegung des Trägheitspoles nicht unterbrochen ist, wird der Rotationspol gleichzeitig beide Bewegungen ausführen. Die Bahn läßt sich nach den Formeln von Wanach bestimmen.

Wenn also auch Trägheitspol und Rotationspol trotz der progressiven Bewegung des ersteren sich nicht weit voneinander entfernen, so kann aber wohl der Rotationspol vom Symmetriepol größere Entfernungen annehmen. Infolge ihrer Starrheit wird die Erde als Ganzes sich nicht sogleich der neuen jeweiligen Rotationsachse anpassen, so daß der Rotationspol auch zum Symmetriepol würde, wohl aber wird dies bei den leichtbeweglichen Wassermassen und der Luft der Fall sein.

Infolge einer Massenansammlung (Eisablagerung während der Eiszeit) in m (Fig. 1) verschiebt sich der Trägheitspol von seiner ursprünglichen Lage in S , wo er gleichzeitig Symmetriepol war, nach T und der Rotationspol wird sich in seiner Nähe befinden. Die Wassermassen der Erde werden sich jetzt zur neuen Rotationsachse zurechtlegen und die in der Figur punktierte Lage einnehmen. Wo daher die punktierte Linie über der alten zu liegen kommt, werden Transgressionen, wo sie unter die alte Lage kommt, Regressionen des Meeres eintreten. Bei der unregelmäßigen Verteilung von Land und Wasser und der verschiedenen

*) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Klasse, **121**, Abt. II a, Nov. 1912. (Man beachte dort die Anmerkung am Schlusse.)

**) Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der Polbewegung. Zentralbureau der internationalen Erdmessung. N. F. d. Veröff. Nr. 34, Berlin 1919.

Höhe des ufernahen Landes werden sich diese Trans- und Regressionen in verschiedener Ausdehnung und Höhe auswirken, wobei auch die geographische Breite eine große Rolle spielt, indem die Höhe von derselben abhängig ist. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, muß im Quadranten, wo die Eisablagerung erfolgte, auch ein Zufluß von Wasser, eine Transgression, stattgefunden haben. Ist nun das Wasser in demselben Meridian aus der Südhemisphäre oder aus den um 180° abliegenden Meridianen von der Nordhemisphäre herbeigeflossen, so mußte sich infolge dieser sekundären Massenverschiebung der Trägheitspol noch weiter vom Symmetriepol entfernen, als wir eingangs angegeben haben. Es sammeln sich aber auch in dem um 180° abliegenden Meridian der Südhemisphäre Wassermassen an, die die weitere Verschiebung der Trägheitsachse kompensieren. Es hängt also ganz von der Verteilung von Land und Wasser auf der Erde ab, ob in einem bestimmten Falle die Wasserverschiebungen auch eine weitere Verschiebung des Trägheitspoles und somit auch des Rotationspoles herbeiführen oder nicht, oder sogar die Massenauflagerung mehr oder weniger kompensieren. Darüber kann nur die in der betreffenden geologischen Zeit vorhanden gewesene Land- und Wasserverteilung Aufschluß geben. Ich habe in der zitierten Abhandlung die Berechnung

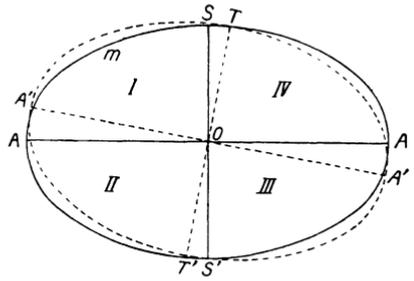


Fig. 1.

für die gegenwärtige Land- und Wasserverteilung durchgeführt und als Gesamtverschiebung $4.3'$ erhalten, da ja die Land- und Wasserverteilung zur Eiszeit nicht wesentlich von der heutigen verschieden war.

Für die Höhe der Niveaushiftung des Wassers (Δq) bei einer bestimmten Verschiebung des Rotationspoles vom Symmetriepol ($\Delta \varphi$) ergibt sich die Formel

$$\Delta q = 10.35 \cdot \sin 2 \varphi \cdot \Delta \varphi'' \text{ cm}^*,$$

daher für $\Delta \varphi = 4.3' = 258''$ eine Niveaushiftung von $2670 \text{ cm} = 26.7 \text{ m}$ in $\varphi = 45^\circ$ (Max.).

Zur Bildung der Eisablagerung in der Quartärzeit in Europa und Nordamerika wurde das Wasser den Meeren der ganzen Erde entnommen, und ich fand**), daß dadurch das Niveau der Meere um 72 m gesunken sein muß. Berücksichtigt man aber auch noch die gleichzeitigen Eisablagerungen in den anderen Gebieten der Erde, so kommt man wohl auf einen Betrag von 100 m . Zu demselben Ergebnis sind auch andere, wie Penck (1881) 71 m , Drygalski 150 m , Nansen (1904) 200 m , Daly zwischen 23 und 129 m , Penck (1922) 40 m , Nansen (1922) 130 m , durch Schätzungen gelangt***).

*) l. c. S. 1859 (Sonderabdruck S. 35).

**) l. c. S. 1830 (Sonderabdruck S. 6).

***) Nach W. Ramsay, On relations between crustal movements and variations of sea-level during the late Quaternary Time especially in Fennoscandia. Bull. de la Commission Géol. de Finlande, Nr. 66, 1924.

Es hat daher in der Quartärzeit in den Quadranten II und IV das Niveau der Meere im Maximum um $100 + 27 = 127$ m tiefer gestanden als gegenwärtig, während es in den Quadranten I und III nur um $100 - 27 = 73$ m tiefer stand. Im allgemeinen war also während der quartären Eiszeit eine allgemeine Regression des Meeres vorhanden. Daß durch die Eisbelastung Europas und Nordamerikas das isostatische Gleichgewicht gestört wurde und infolgedessen isostatische Ausgleichsbewegungen in der Erdkruste eintreten mußten, ist ja vielfach schon von anderer Seite beleuchtet worden.

Während die Wassermassen sich sehr rasch der neuen Lage des Rotationspoles anpassen, ist dies für die feste Erdoberfläche nicht der Fall und es treten auf derselben die von uns angeführten horizontalen Druckkräfte auf, welche den Symmetriepol der Erde zum Rotationspol drängen. Dieselben wirken im Meridian der Verschiebung des Trägheits- und Rotationspoles, das ist im Falle der quartären Vergletscherung 115° östl. v. Gr., von Nord nach Süd und in dem um 180° abliegenden Meridian, wo die Vergletscherung stattfand, das ist 65° westl. v. Gr., von Süd nach Nord; in den dazwischen liegenden Meridianen konnten aber nach unserer Formel auch westöstliche und ostwestliche Drucke auftreten, und zwar erstere auf der atlantischen, letztere auf der pazifischen Seite. Es konnte daher in diesen Richtungen bei der allmählichen Vergrößerung der Entfernung des Rotationspoles vom Symmetriepol zu Gebirgsfaltungen, Überschiebungen und sogar zu Verschiebungen ganzer Erdschollen kommen, so daß letztere damit auch ihre Lage zum Pole (geographische Breite) veränderten. Da diese Kräfte mit zunehmender Vereisung sich immer mehr und mehr steigerten und während der ganzen Eiszeit anhielten, können vielleicht ganz bedeutende Schollenverschiebungen zustande gekommen sein. Also nicht der Rotationspol hat im Erdkörper seine Lage um bedeutende Beträge verändert, sondern nur einzelne Erdschollen haben ihre geographische Breite und Länge verändert. Wir kommen darauf noch zu sprechen.

Nachdem die Quartäreiszeit ihren Höhepunkt erreicht hatte, das Eis wieder abzuschmelzen begann und das Wasser den Meeren zurückgegeben wurde, stieg wieder allmählich das Meeresniveau, und die Wirkung der Massenverlagerung nahm den entgegengesetzten Verlauf in bezug auf die Verschiebung der Hauptträgheitsachse, soweit nicht durch inzwischen eingetretene Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land und vorsichgegangene Adaptionen derselbe modifiziert wurde.

Inwieweit die vorhin genannten Adaptionsvorgänge den Trägheitspol dem Symmetriepol wieder näher gebracht haben, läßt sich nicht sagen, auch ist wohl kein Zweifel, daß die Flugkräfte die ganze Erde, die ja gegen säkulare Kräfte nachgiebig ist, der neuen Rotationsachse angepaßt haben, so daß der neue Symmetriepol dem Trägheitspol nahe kam, aber jedenfalls dürfte mit dem Ausklingen der Eiszeit wieder eine ruhigere Zeit für Adaptionsvorgänge und Schollenverschiebungen gekommen sein, die auch jetzt noch anhält, und erst mit dem Herannahen einer neuen Eiszeit können wiederum die Kräfte der Umgestaltung der Erdoberfläche aufs neue erwachen.

Ich möchte daher glauben, daß klimatische Veränderungen auf der Erde das Primäre einer Eiszeit sind, und nicht, wie von ein paar Seiten angenommen

wird, Gebirgsbildung und Erhebung der Kontinente. Die Gründe für ein periodisches Auftreten von Vereisungen habe ich ja in meiner Abhandlung „Das Klima des Eiszeitalters“ dargelegt. Aus allem geht aber wohl unzweifelhaft hervor, daß der Rotationspol sich im Erdkörper im Laufe der geologischen Perioden nicht weit aus seiner mittleren Lage entfernt hat. Ich möchte als obere Grenze der Verschiebung nicht über einen Grad hinausgehen und werde dies noch später begründen. Wenn aber pflanzliche und tierische Relikte unzweifelhaft auf eine einst größere Polnähe als heute hinweisen und andere Erklärungen weniger wahrscheinlich sind, so können dieselben nur besagen, daß auf die betreffende Erdscholle einmal auf ihrer Wanderung der Pol zu liegen gekommen ist, oder analog bei tropischen Relikten in jetzt polnaher Lage, daß die betreffende Scholle einst dem Äquator näher gelegen war.

Über Schollenverschiebungen. Da durch die von uns aufgezeigten horizontalen Druckkräfte, wie schon früher bemerkt, auch Schollenverschiebungen möglich sind, diese Massenverschiebungen aber wieder Polverschiebungen verursachen, welche die ursprüngliche Polverschiebung kompensieren, aber auch vergrößern können, muß darauf etwas näher eingegangen werden.

Für die Größe (θ) und Richtung (ω) der Polverschiebung durch solche Massenverschiebungen hat F. Tisserand die Formeln abgeleitet*). Wird die Masse m aus ihrer geographischen Lage λ , φ entfernt (Fig. 2), so schlägt der Pol P nach P_1 aus; wird sie wieder in λ' , φ' aufgelegt, so schlägt der Pol nach P_2 aus. Die Verschiebung der Masse von der einen Lage in die andere verschiebt daher den Pol in die Resultierende beider Ausschläge, das

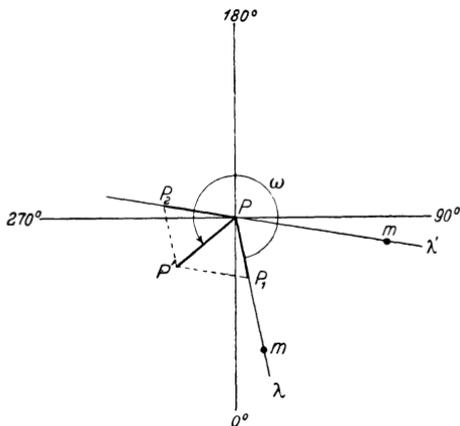


Fig. 2.

ist nach P' . Die Größe des Ausschlages θ und die Richtung ω (so wie λ bis 360 über Ost v. Gr. gezählt) sind gegeben durch die Gleichungen:

$$\theta \sin \omega = 460 \frac{m}{M} (\sin 2 \varphi \sin \lambda - \sin 2 \varphi' \sin \lambda'),$$

$$\theta \cos \omega = 460 \frac{m}{M} (\sin 2 \varphi \cos \lambda - \sin 2 \varphi' \cos \lambda'),$$

daher

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\sin 2 \varphi \sin \lambda - \sin 2 \varphi' \sin \lambda'}{\sin 2 \varphi \cos \lambda - \sin 2 \varphi' \cos \lambda'}$$

und

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

*) *Traité de mécanique céleste* II, S. 487.

θ ist in Teilen des Erdradius oder durch $\theta : \sin 1''$ in Bogensekunden ausgedrückt. Es ist daher $\theta \cdot R$ die lineare Verschiebung des Poles, wenn R den Halbmesser der Erde bedeutet. Die Masse der Erde ist $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg. Die Koordinaten λ und φ beziehen sich immer auf den Schwerpunkt der Masse.

Für die Verschiebung einer Masse auf demselben Meridian ist $\lambda = \lambda'$ und daher

$$\theta \sin \omega = 460 \frac{m}{M} \sin \lambda (\sin 2 \varphi - \sin 2 \varphi'),$$

$$\theta \cos \omega = 460 \frac{m}{M} \cos \lambda (\sin 2 \varphi - \sin 2 \varphi'),$$

$$\theta = 460 \frac{m}{M} (\sin 2 \varphi - \sin 2 \varphi').$$

Daraus ergibt sich $\operatorname{tg} \omega = \operatorname{tg} \lambda$ und daher $\omega = \lambda$. Es ist aber hier wohl zu beachten, daß je nachdem $\sin 2 \varphi - \sin 2 \varphi'$ positiv oder negativ, also $\sin 2 \varphi \geq \sin 2 \varphi'$ ist, $\theta \cdot \sin \omega$ und $\theta \cdot \cos \omega$ beide das positive bzw. das negative Vorzeichen haben. Nur im ersteren Falle ist $\omega = \lambda$, im zweiten Falle ist aber $\omega = \lambda + 180^\circ$, d. h. der Pol verschiebt sich, wenn $\sin 2 \varphi > \sin 2 \varphi'$ ist, gegen die bewegte Masse, im Falle von $\sin 2 \varphi < \sin 2 \varphi'$ aber von der bewegten Masse weg.

Man ersieht aber auch, ob $\omega = \lambda$ oder $\omega = \lambda + 180^\circ$ ist, aus der Gleichung für

$$\theta = 460 \frac{m}{M} (\sin 2 \varphi - \sin 2 \varphi') = 2 \cdot 460 \frac{m}{M} \cos(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \varphi').$$

Ergibt sich θ negativ, so heißt das, daß der Pol in die entgegengesetzte Richtung, also nach $\lambda + 180^\circ$ ausschlägt.

Verschiebt sich also eine Masse zwischen den Breiten von 45° S und 45° N, also auch über den Äquator hinweg, so ergibt sich θ negativ, d. h. der Pol verschiebt sich nach $\lambda + 180^\circ$, er weicht ihr also aus oder wandert in ihrer Richtung weiter. Das gleiche gilt, wenn sich die Masse in dem um 180° abliegenden Meridian von 45° N gegen 45° S, auch gegebenenfalls über den Äquator hinweg, verschiebt. Es bewegt sich dann der Pol in derselben Richtung wie die bewegte Masse. Die größte Verschiebung des Poles, $\theta = 2 \cdot 460 \frac{m}{M}$, tritt ein, wenn sich eine Masse von 45° S nach 45° N oder umgekehrt verschiebt. Für die südliche Hemisphäre ist φ negativ zu nehmen, und das Resultat der Richtung bezieht sich dann auf den Nordpol. Verschiebt sich eine Masse gleichweit von der einen Seite auf die andere Seite von 45° , so tritt überhaupt keine Verschiebung des Poles ein, z. B. eine Verschiebung einer Masse von 30° N nach 60° N oder vom Äquator zum Pol oder umgekehrt ergibt keine Verschiebung des Poles, oder vielmehr richtiger gesagt, die eine Verschiebung bis zu 45° wird wieder durch die andere von 45° weg aufgehoben. Eine Verschiebung von der einen Seite des Äquators auf die andere innerhalb $\pm 45^\circ$ führt immer zu einer Verschiebung des Poles, und sie ist am größten von 45° N bis 45° S oder umgekehrt.

Verschiebt sich eine Masse über den Pol hinweg, also aus der Länge λ in die Länge $\lambda + 180^\circ$, so ergibt sich aus der allgemeinen Formel

$$\theta \sin \omega = 460 \frac{m}{M} \sin \lambda (\sin 2 \varphi + \sin 2 \varphi')$$

$$\theta \cos \omega = 460 \frac{m}{M} \cos \lambda (\sin 2 \varphi + \sin 2 \varphi')$$

$$\theta = 460 \frac{m}{M} (\sin 2 \varphi + \sin 2 \varphi')$$

und $\omega = \lambda$, d. h. solange sich die Masse dem Pole nähert, rückt ihr der Pol entgegen, sobald sich aber dieselbe wieder vom Pol entfernt, bewegt sich der Pol von ihr weg. Die größte Verschiebung $\theta = 2.460 \frac{m}{M}$ tritt wieder ein, wenn sich eine Masse von 45° nach 45° in den 180° abliegenden Meridian verschiebt.

Eine volle Ringscholle, um einen ganzen Meridian um die Erde gelegt und bewegt, würde die Lage des Poles nicht verändern. Eine 90° umfassende bewegte Scholle aber würde den Pol je nach der Lage ihres Schwerpunktes gegen sie oder von ihr weg bewegen. Diese Verhältnisse werden am besten durch die Fig. 3 übersichtlich dargestellt. Die Pfeile geben die Richtung der bewegten Masse bzw. des Nordpoles an. In den mit + bezeichneten Abschnitten bewegt sich der Pol in der Richtung des +-Pfeiles, in den mit - bezeichneten aber in der Richtung des --Pfeiles.

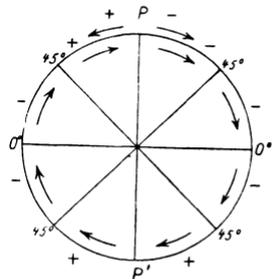


Fig. 3.

Für Massenverschiebungen auf demselben Breitenkreise, also $\varphi = \varphi'$ ist die Richtung gegeben durch

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\sin \lambda - \sin \lambda'}{\cos \lambda - \cos \lambda'} = -\operatorname{ctg} \frac{\lambda + \lambda'}{2}$$

und

$$\theta = 460 \frac{m}{M} \sqrt{2 \sin^2 2 \varphi [1 - \cos (\lambda - \lambda')] } = 2.460 \frac{m}{M} \sin 2 \varphi \cdot \sin \frac{\lambda - \lambda'}{2}.$$

Nach unserer Formel für die Richtung der Druckkräfte (ν) kommen aber Verschiebungen im Breitenkreise, das sind rein ostwestliche bzw. westöstliche, nur in den genau um 90° vom Meridian der Polverschiebung abliegenden Meridianen vor, wo also für nur kleine Beträge von $\lambda - \lambda'$ auch θ sehr klein bleibt, so daß sich darüber weitere Betrachtungen erübrigen. Die Verschiebungen in allen anderen Richtungen müssen mit der allgemeinen Formel berechnet werden. Diese Umstände sind also wichtig bei der Beurteilung, ob infolge einer Polverschiebung (z. B. quartären Eiszeit) bewegte Schollen die Polverschiebung wieder kompensieren oder im Gegenteil sogar noch vergrößern. Im letzteren Falle würden die Drehkräfte sich noch weiter vergrößern und damit die Bewegung der Scholle beschleunigen. Aber das ginge doch nicht ins Endlose weiter um die Erde herum. Denn sobald für den Schwerpunkt der Scholle durch die Verschiebung

$2\varphi < 2\varphi'$ wird, tritt die entgegengesetzte Bewegung des Poles ein und der früher erlangte Vorsprung wird rückgängig gemacht, so daß der Pol wieder an seine Ausgangsstelle gelangt. Wir wollen dies an einem Beispiel näher ausführen.

Wie groß wäre die Verschiebung des Trägheitspoles, wenn sich die Scholle Grönland, die gegenwärtig zwischen den Breiten 60 bis 80° N liegt und vor der Quartärzeit in der Breite von 50 bis 70° N gewesen wäre, von der früheren in die gegenwärtige Lage verschoben hätte? Grönland ist ein großer Gebirgshorst, der in Verbindung mit dem kanadischen und skandinavischen Grundgebirge gebildet, später von diesen getrennt wurde. Die Fläche beträgt 2.14 Mill. km², wovon 1.85 Mill. km² mit Inlandeis bedeckt sind. Nehmen wir den Schwerpunkt der Scholle vor der Verschiebung in 64° N und nach der Verschiebung in 74° N an, und betrachten wir die Scholle bis zur Fließzone in 50 km Tiefe mit einer durchschnittlichen Dichte von 2.8, so ist ihre Masse $m \doteq 3 \cdot 10^{20}$ kg, daher

$$\frac{m}{M} = \frac{1}{2 \cdot 10^4} \text{ (Masse der Erde } M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg)}. \text{ Nehmen wir an, daß die Verschiebung Grönlands genau in meridionaler Richtung erfolgte, so ergibt sich als Verschiebung des Poles } 20' 24.5'', \text{ und zwar der Scholle entgegen.}$$

Während also vor der Verschiebung der Polabstand des Schwerpunktes der Scholle 90° — 64° = 26° betrug, ist er nach der Verschiebung 90° — 74° — 20.4' = 15° 39.6'. Oder es hätte sich, wenn man die Verschiebung der Scholle nicht bemerkt hätte, der Pol um 10° — 20.4' = 9° 39.6' nach Süden verschoben, während tatsächlich die Scholle sich um 10° nach Norden und der Pol um 20.4' nach Süden bewegt haben.

Um 20.4' hätte sich aber der Pol gegen Grönland hin überhaupt nicht verschieben können, weil er ja nur 4.3' von seiner Ruhelage entfernt war, und nachdem dieselbe erreicht war, erloschen auch die Kräfte, welche Grönland verschoben. Der Schwerpunkt der Scholle hätte also um 10° überhaupt nicht verschoben werden können, sondern schon eine Verschiebung Grönlands um 2.4° nach Norden hätte den Pol wieder in seine Ruhelage zurückgebracht und die Drehkräfte wären erloschen, so daß keine Kräfte mehr für die Weiterbewegung vorhanden gewesen wären. Wie diese Verschiebung ganz kompensiert oder verstärkt hätte werden können, ergibt sich aus der Betrachtung der Fig. 3.

Die von uns angeführten Drehkräfte versuchen die ganze Erde in die Pol-lage hineinzudrehen, sie können sich aber nur in oberflächlichen Spannungen und Verschiebungen einzelner Teile auswirken. Ein Teil der oberflächlichen Massenverschiebungen bringt durch Verschiebung des Trägheitspoles denselben der alten Lage wieder näher, ein anderer Teil aber vergrößert durch die Massenverlagerung sogar die Entfernung des Trägheitspoles vom Symmetriepol und verstärkt dadurch weiter die Drehkräfte. Es sind aber die Schollen, welche bewegt werden können, sehr ungleich auf der Erde verteilt und auch ihre Beweglichkeit ist jedenfalls sehr ungleich groß, so daß nicht angegeben werden kann, wie und in welchem Ausmaße die Adaption erreicht wird.

Wie wir bei der Verschiebung von Grönland gesehen haben, kann infolge von Schollenbewegungen der Trägheitspol innerhalb gewisser Grenzen sich verschieben. Die Größe dieser Pendelung des Poles ist von der Masse der bewegten

Scholle und ihrem Wege auf der Erde abhängig. Der größte Betrag würde erreicht werden, wenn eine Scholle sich beispielsweise von 45° S nach 45° N, also um 90° verschieben würde. Es wäre dann $\theta = 2.460 \frac{m}{M}$.

Eine Scholle von der Größe Australiens (8 Mill. km², 50 km Tiefe, $s = 2.8$) hätte eine Masse $m = 11.2 \cdot 10^{20}$ kg, daher $\frac{m}{M} \doteq \frac{1}{5 \cdot 10^3}$, und würde von 45° S nach 45° N verschoben, den Pol um 10.5° in den entgegengesetzten Meridian, also nach $\omega = \lambda + 180^{\circ}$ verschieben.

Wenn sie sich aber über 45° hinaus weiter nach Norden bewegt, tritt wieder Rückwärtsbewegung des Poles ein, bis er wieder in seine Ausgangslage gelangt ist. So große Schollenverschiebungen aber, wie hier angenommen, um 90° (!), sind wohl nicht denkbar und die durch solche Polverschiebungen wachgerufenen Kräfte würden geradezu katastrophal wirken. Auch ist wohl zu beachten, daß vorerst durch eine primäre Polverschiebung erst die Kräfte zur Schollenbewegung gegeben sein müßten, und es ist wohl kein Zweifel darüber, daß, bevor es zu Schollenverschiebungen auf so weiten Strecken kommt, zuvor andere Adaptionsvorgänge eine zu weite Verschiebung des Poles von seiner Normallage verhindern würden. Ich habe daher oben als äußerste Grenze der Polverschiebung 1° angenommen. Auch würden gleichzeitig ebenfalls mögliche Schollenverschiebungen von 45° über die beiden Pole hinweg nach 45° in den um 180° abliegenden Meridian kompensierend wirken, nur eine Schollenverschiebung in den um 180° abliegenden Meridian von 45° N nach 45° S würde verstärkend wirken. Von Wirkungen eventueller Schollen außerhalb des Hauptmeridians wollen wir nicht sprechen.

Vertikale Verschiebungen von Massen sind gegenüber den horizontalen Verschiebungen in bezug auf die Größe der Polverschiebung von geringer Bedeutung. Eine vertikale Verschiebung einer Masse aus dem Abstände r vom Erdmittelpunkt nach r' (r und r' in Einheiten des Erdhalbmessers) ergibt eine Verschiebung der Poles

$$\theta = 460 \frac{m}{M} (r - r') \sin 2\varphi,$$

und zwar eine Erhebung nach $\omega = \lambda + 180^{\circ}$ und eine Senkung nach $\omega = \lambda$. Würde beispielsweise der mittlere Teil von Europa ohne Inseln und Halbinseln (etwa 6 Mill. km², Dicke 50 km, $s = 2.8$) sich um 1 km heben oder senken, so wäre

$$m = 8.4 \cdot 10^{20} \text{ kg}, \quad \frac{m}{M} \doteq \frac{1}{7 \cdot 10^3}, \quad r - r' = \frac{1}{6370}, \quad \varphi = 45^{\circ}$$

und gäbe einen Ausschlag des Poles von nur $2.1''$.

Einfluß der Druckkräfte auf die Fließzone. Die wiederholt genannten horizontalen Druckkräfte rufen sicherlich nicht allein in den obersten Erdschichten Spannungen und tektonische Verschiebungen hervor, sondern es wird auch die Fließzone von ihnen beeinflußt, indem Hebungen und Senkungen der Erdkruste verursacht werden können.

Durch den Belastungsdruck der darüber gelagerten Schichten wird in einer gewissen Tiefe die Festigkeitsgrenze der Gesteine überschritten und sie gehen in plastischen Zustand über. Die Tiefe dieser „Fließzone“ liegt in 50 bis 60 km und sie ist der Überträger der isostatischen Ausgleichsbewegungen. Ihre Dichte kann zu 2.9 bis 3.0 angenommen werden. Es finden sich Übergänge der verschiedenen Gesteinsarten in vertikaler und horizontaler Richtung und auch Nester lebenden Magmas sind darin vorhanden, die untereinander und mit höher gelegenen in Verbindung stehen dürften. Erhöhung des Druckes in der Fließzone bewirkt, weil eine Kompression derselben nicht weiter möglich ist, Ausweichen der plastischen Massen, die letzten Endes in der Vertikalen erfolgen müssen, weil nur nach dieser Richtung hin infolge der Schollenzerstückelung genügend Nachgiebigkeit besteht*).

Infolge von Polverschiebungen werden wie beim Wasser die ausgleichenden Kräfte sofort auch in der ganzen Fließzone wirksam. Da der Rotationspol aber im Laufe des Jahres seinen Ort auf der Erdoberfläche ändert, ändern sich dadurch auch die Richtungen der in der Fließzone wachgerufenen Drucke, die sich in erster Linie, wie soeben erwähnt, nach oben zu in das Schollengefüge auswirken und tektonische Erdbeben auslösen können. Daß durch diese Drucke auch vulkanische Feuerherde gepreßt und dadurch die Vulkane zur Tätigkeit angeregt werden, ist wohl selbstverständlich.

Von diesem Gesichtspunkte aus und mit diesen horizontalen Drucken betrachtet, erlangt die von O. Ampferer aufgestellte und von K. Andréé weiter ausgebauta Unterströmungshypothese für die tektonischen Vorgänge eine bedeutende Stütze, indem durch Polverschiebungen Druckkräfte hervorgerufen werden können, die, wie in meiner ersten Abhandlung gezeigt wurde, Faltungen zu erzeugen im Stande sind**).

Von noch größerer Bedeutung scheinen mir aber die durch Polverschiebungen in der Fließzone hervorgerufenen Drucke für die Erklärung der epirogenetischen Bewegungen zu sein.

Bewegt sich der Rotationspol, wie wir es bei der quartären Vereisung gezeigt haben, dauernd in einer Richtung weiter, so kommt es in dem Meridian, wohin der Pol wandert, auf der Nordhemisphäre langsam zu einem Weiterpressen und Abfließen der plastischen Massen gegen die Südhemisphäre und in dem um 180° abliegenden Meridian zum Weiterpressen oder einem Abfließen der Massen von der Südhemisphäre gegen die Nordhemisphäre (vgl. Fig. 1). Dazwischen sind die Pressungen mehr oder weniger den Breitenkreisen parallel, genau aber nur in dem um 90° abliegenden Meridian.

Wo die Massen der Fließzone weggepreßt werden, ausweichen und abfließen, wird die darüber lagernde Erdstelle einsinken, es wird zur Bildung von Geosynklinalen und Transgressionen der Meere kommen, wo sie aber hingepreßt werden und hinfließen, dort werden die darüber liegenden Erdschollen gehoben und es

*) Nach A. Sieberg: Geolog., physikal. und angewandte Erdbebenkunde. S. 27 und 256.

**) Vgl. F. Nölke: Geotektonische Hypothesen. S. 43 ff.

kommt zu Aufwölbungen und Regressionen des Meeres. Es dürfte sich aber die Druckzunahme und -abnahme unter den Tiefseeböden etwas anders auswirken als über den in Schollen zertrümmerten Festländern, wo in einzelnen Gebirgsauffaltungen den Drucken Luft gemacht wird, was aber lokal sehr verschieden sein kann, je nach der Stärke und dem Bau der darüberliegenden Erdkruste, während die Tiefseeböden in ihrer ganzen Ausdehnung emporgewölbt werden.

Zyklen der Erdentwicklung und Gebirgsfaltung. In der Erdentwicklung scheint nach allgemeiner Ansicht der Geologen ein zyklischer Gang vorhanden zu sein, indem auf eine längere Ruheperiode mit Transgressionen eine lebhaftere Störungsperiode mit Gebirgsfaltungen und vulkanischen Eruptionen folgt, die dann mit einer Eiszeit abschließen, worauf der Zyklus wieder aufs neue beginnt. So hatte der jüngste Zyklus folgenden Verlauf: Mit Erlöschen der permischen Eiszeit trat eine wärmere Ruheperiode (Trias, Jura, Kreide) mit großen Transgressionen ein, hierauf folgte die alpine Faltung mit abnehmender Wärme, die dann allmählich in die quartäre Eiszeit übergang.

Wenn auch nach dem Vorhergesagten ebenso mit der letzten zunehmenden Vergletscherung wie mit ihrer Abnahme tektonische Kräfte ausgelöst wurden, die auch zu Gebirgsstörungen führen konnten, so hat die alpine Faltung doch schon bald nach der Ruhepause im Oligozän begonnen und ihre größte Intensität im Miozän erreicht, also bedeutend früher, als die Eiszeit begann.

Die Ursache für das Auftreten von gebirgsbildenden Kräften am Ende der Ruheperiode scheint mir ebenfalls in Verschiebungen der Rotationsachse zu liegen, die diese Kräfte dann wachriefen. Darüber kann ich aber nur ein allgemeines Bild geben, ohne eingehende Beweise vorzubringen, da das dazu erforderliche Beweismaterial wohl kaum aufzubringen ist.

Durch die exogenen Kräfte, chemische und mechanische Wirkung der Sonnenstrahlung, durch Luft, Wasser, Eis und Schnee wird Material der Gebirge aufgelockert und in tiefere Lagen transportiert, Denudation, Erosion, Deflation und Abrasion sind ja auch noch heute die Faktoren, welche Umgestaltungen und Massenverschiebungen auf der Erde hervorrufen. Freilich sind die Größen dieser Massentransporte sehr schwer abzuschätzen und anzugeben. Es ist aber kein Zweifel, daß sie durch entsprechende Verteilung des Landes auf der Erde in ihrer Gesamtheit derart wirken können, daß dadurch der Trägheitspol in eine bestimmte Richtung verschoben wird, wie ja auch durch die Vergletscherung von Nordamerika und Europa der Pol in eine bestimmte Richtung gewandert ist und durch die jährlichen Luftmassenverschiebungen nach verschiedenen Richtungen doch eine Verschiebung der Trägheitsachse resultiert.

In Amerika und Asien erfolgt der Geschiebetransport der Hauptsache nach nach Osten. Nach Brückner lagert die Reuß jährlich 150 000 m³ Geschiebe in ihrem Delta ab, die Kander im Thuner See 300 000 m³, die Aare im Bieler See 450 000 m³. Durch Sedimentablagerung wird der Genfer See in 30 000 Jahren, der Vierwaldstätter See in 20 000 Jahren verschüttet sein. Noch bedeutender ist der Geschiebetransport durch große Flüsse. Nach Uhlig lagert der Mississippi in seinem Delta jährlich 28 Mil. m³ Schlamm ab, ähnlich des Ganges-Brahma-

putra. Rechnet man die Massenverschiebungen auf die ganze Fläche des betreffenden Gebietes um, so erhält man die mittlere Dicke der abgetragenen Schicht. Nach Reade ist sie jährlich bei der Elbe 0.012, beim Nil 0.013, bei der Donau 0.056, beim Ganges 0.31 und bei der Rhone 0.44 mm. Für ganz England ergeben sich jährlich 0.018 mm und für die ganze Erde 0.012 mm Abtragungshöhe.

Eine beiläufige Überschlagsrechnung zeigte, daß durch solche Massentransporte während längerer Zeit der Pol so beträchtlich verschoben werden kann, daß dadurch bedeutende horizontale Druckkräfte wachgerufen werden, welche Anlaß zu Gebirgsfaltungen geben können.

Da wir aber die Land- und Wasserverteilung in der großen Ruhepause vor der alpinen Faltung nur beiläufig kennen und über den Verlauf der damaligen Flüsse überhaupt keine Kenntnis haben, ist es nicht möglich, auch nur beiläufig zu ermitteln, ob durch die Massentransporte der Flüsse eine Verlagerung der Trägheitsachse bewirkt wurde, die dann die Kräfte zur alpinen Faltung geliefert hätte.

Wir können aber einen solchen Versuch bei der heutigen Landverteilung und ihren Flüssen machen. Zu diesem Zwecke wurden 25 der größten Flüsse der Erde ausgewählt, nämlich jene, die ein Stromgebiet von über oder nahezu 1 Mill. km² besitzen. Die geographischen Koordinaten des beiläufig geschätzten Zentrums des Stromgebietes (λ, φ) und der Mündung des Flusses (λ', φ'), also der Stellen, woher die abgetragenen Massen kommen und wo sie abgelagert werden, wurden nur auf Grade genau einem Atlas entnommen. Als jährliche Abtragung im Stromgebiet nahm ich durchwegs 0.1 mm und als Dichte des abgetragenen Materials $s = 2$ an, womit sich dann die Massen m für die 25 Flüsse ergeben. Die Masse der Erde wurde wieder $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg gesetzt.

Die Grundlagen der Rechnung sind in der Tabelle 1 zusammengestellt, an die am Schlusse die Ergebnisse der Polverschiebung in einer Million von Jahren angefügt ist. Kleine Verbesserungen in den Größen der Stromgebiete und den Annahmen der Mittelpunkte derselben würden das Gesamtergebnis nicht wesentlich verändern.

Auf den ersten Blick wird also der Trägheitspol durch die Massentransporte der Flüsse nach allen Richtungen verschoben, so daß man meinen könnte, sie heben sich gegenseitig auf. Das ist aber nicht der Fall. Um die resultierende Richtung und Größe der Verschiebung zu erhalten, wurden die angeführten Beträge in rechtwinklige Koordinaten (positive x -Achse nach 0° Gr., positive y -Achse nach 90° östl. v. Gr. gerichtet) umgerechnet: $x = \theta \cos \omega$, $y = \theta \sin \omega$. Das Ergebnis enthält nach den vier Quadranten geordnet die Tabelle 2. Die Summierung der x und y ergibt:

$$y = \theta \sin \omega = 9.10''$$

$$x = \theta \cos \omega = -3.85$$

und daher

$$\omega = 112.9^\circ \text{ östl. v. Gr.}, \quad \theta = 9.88''$$

oder rund

$$\omega = 113^\circ, \quad \theta = 10''.$$

Tabelle 1. Grundlagen der Berechnung und Ergebnis.

Flüsse	Strom- gebiet Mill. km ²	Mittelpunkt d. Stromgeb.		Mündung		Abgetra- gene Masse im Jahre kg	$\frac{M}{m}$	Verschiebung des Poles	
		λ	φ	λ'	φ'			ω	θ
1. Amazonas	7.00	300 ⁰	10 ⁰ S	310 ⁰	0 ⁰	14.00 · 10 ¹¹	4.3 · 10 ¹²	120.0 ⁰	7.57''
2. Ob	3.52	75	58 N	71	66 N	7.04 · 10 ¹¹	8.5 · 10 ¹²	93.2	1.86
3. Mississippi	3.30	265	40 N	270	30 N	6.6 · 10 ¹¹	9.1 · 10 ¹²	233.3	1.50
4. Kongo	3.20	22	2 S	12	6 S	6.4 · 10 ¹¹	9.4 · 10 ¹²	7.0	1.41
5. La Plata	3.00	302	25 S	302	35 S	6.0 · 10 ¹¹	1.0 · 10 ¹³	302.0	1.65
6. Jenissei	2.81	95	60 N	82	71 N	5.62 · 10 ¹¹	1.07 · 10 ¹³	122.5	2.66
7. Nil	2.81	32	15 N	32	32 N	5.62 · 10 ¹¹	1.07 · 10 ¹³	212.0	3.54
8. Lena	2.50	125	61 N	127	72 N	5.0 · 10 ¹¹	1.2 · 10 ¹³	120.5	2.07
9. Niger	2.10	3	13 N	6	4 N	4.2 · 10 ¹¹	1.4 · 10 ¹³	1.6	2.03
10. Amur	2.09	125	50 N	140	53 N	4.18 · 10 ¹¹	1.44 · 10 ¹³	47.8	1.69
11. Jangtsekiang	1.87	105	30 N	120	31 N	3.74 · 10 ¹¹	1.61 · 10 ¹³	18.3	1.33
12. Ganges-Brahma- putra	1.73	87	27 N	90	23 N	3.46 · 10 ¹¹	1.7 · 10 ¹³	64.5	0.55
13. Wolga	1.65	48	57 N	48	46 N	3.3 · 10 ¹¹	1.8 · 10 ¹³	228.0	0.46
14. Mackenzie	1.50	240	62 N	225	68 N	3.0 · 10 ¹¹	2.0 · 10 ¹³	288.7	1.14
15. Sambesi	1.33	27	16 S	36	19 S	2.66 · 10 ¹¹	2.3 · 10 ¹³	77.9	0.51
16. St. Lorenz	1.32	278	45 N	289	47 N	2.64 · 10 ¹¹	2.3 · 10 ¹³	194.2	0.79
17. Saskatschewan- Nelson	1.15	257	54 N	267	57 N	2.3 · 10 ¹¹	2.6 · 10 ¹³	185.0	0.61
18. Hoangho	1.00	110	35 N	118	38 N	2.0 · 10 ¹¹	3.0 · 10 ¹³	11.1	0.43
19. Indus	0.96	72	32 N	68	24 N	1.92 · 10 ¹¹	3.1 · 10 ¹³	90.2	0.51
20. Oranje	0.96	23	29 S	16	28 S	1.92 · 10 ¹¹	3.1 · 10 ¹³	279.0	0.32
21. Orinoco	0.94	293	7 N	299	9 N	1.88 · 10 ¹¹	3.2 · 10 ¹³	139.3	0.22
22. Murray-Darling	0.91	145	33 S	139	35 S	1.82 · 10 ¹¹	3.3 · 10 ¹³	247.1	0.29
23. Yukon	0.85	215	65 N	196	63 N	1.70 · 10 ¹¹	3.5 · 10 ¹³	304.7	0.71
24. Donau	0.817	20	48 N	30	45 N	1.63 · 10 ¹¹	3.68 · 10 ¹³	293.2	0.45
25. Mekong	0.81	102	20 N	107	10 N	1.62 · 10 ¹¹	3.7 · 10 ¹³	96.4	0.78

Tabelle 2. Ergebnis aus den 25 Hauptflüssen der Erde.
Ausschläge des Trägheitspols in den vier Quadranten.

I. Quadrant (0—90 ⁰ östl. v. Gr.).		II. Quadrant (90—180 ⁰ östl. v. Gr.).	
Kongo	$x = 1.40''$ $y = 0.17''$	Amazonas	$x = -3.79''$ $y = 6.56''$
Niger	2.03 0.06	Ob	-0.10 1.85
Amur	1.13 1.25	Jenissei	-1.43 2.24
Jangtsekiang	1.26 0.42	Lena	-1.05 1.78
Ganges-Brahmaputra	0.24 0.50	Indus	-0.00 0.51
Sambesi	0.11 0.50	Orinoco	-0.16 0.14
Hoangho	0.42 0.08	Mekong	-0.09 0.77
Summe $x = 6.59$ $y = 2.98$		Summe $x = -6.62$ $y = 13.85$	
III. Quadrant (180—270 ⁰ östl. v. Gr.).		IV. Quadrant (270—360 ⁰ östl. v. Gr.).	
Mississippi	$x = -0.90''$ $y = -1.21$	La Plata	$x = 0.88''$ $y = -1.40''$
Nil	-3.00 -1.87	Mackenzie	0.36 -1.08
Wolga	-0.31 -0.34	Oranje	0.05 -0.32
St. Lorenz	-0.77 -0.19	Yukon	0.41 -0.59
Saskatschewan- Nelson	-0.61 -0.05	Donau	0.18 -0.41
Murray-Darling	-0.11 -0.27	Summe $x = 1.88$ $y = -3.80$	
Summe $x = -5.70$ $y = -3.93$			

Es wird somit in einer Million Jahren durch den Geschiebetransport der heutigen Flüsse der Pol allmählich um $10''$ nach 113° östl. v. Gr. verschoben und es werden die im Laufe der Zeit im Meridian von 113° östl. v. Gr. immer stärker werdenden, von Norden nach Süden gerichteten, im Meridian von 67° westl. v. Gr. von Süden nach Norden gerichteten Druckkräfte, dazwischen sind sie auch mehr oder weniger gegen die Breitenkreise gerichtet, bald früher, bald später, bald hier, bald dort zu tektonischen Umgestaltungen der Erdoberfläche führen.

Bei noch länger als eine Million Jahre andauernder Tätigkeit derselben Flüsse, etwa nach 50 Millionen Jahren, würde die Polverschiebung schon $500'' = 8.3'$ erreichen, wenn nicht durch Adaptionsvorgänge, Schollenverschiebungen, Gebirgsfaltungen, Trans- und Regressionen der Meere die Bewegung des Poles gehemmt oder rückgängig gemacht wird.

So kann die Einebnung der Erdoberfläche wieder allmählich den Impuls zu großen Polverschiebungen und damit zum Erwachen tektonischer Kräfte führen, womit ein Kreislauf in der zyklischen Erdentwicklung abschließt.

Die vorgebrachten Darlegungen sollen nur in großen Umrissen Fingerzeige geben, wie vielleicht auf bisher noch nicht begangenen Wege dem Problem der Erdentwicklung auf geophysikalischer Grundlage nähergetreten werden könnte.

Berichte und Referate.

Die Westdrift der Erdoberfläche.

In der kürzlich erschienenen Nr. 65 der Circulars des Union-Observatoriums von Johannesburg veröffentlicht Innes eine Untersuchung aller Beobachtungen der Vorübergänge des Merkur vor der Sonne von 1677 bis 1924. Er greift damit die Arbeiten vor allem von Newcomb und ferner von Glauert (Month. Not. 75) wieder auf. Das Resultat dieser Untersuchungen läßt sich etwa folgendermaßen aussprechen: Für den Mond, Merkur, Venus, Erde und die Jupitermonde I und II stimmen die beobachteten Orte nicht überein mit den vorausberechneten. Die Abweichungen sind zwar für einige dieser Körper an der Grenze der Meßgenauigkeit, übersteigen aber bei anderen diese Grenze bedeutend. Es ist bisher nicht gelungen, mit Hilfe der Gravitationsgesetze allein für diese Himmelskörper Bahnelemente zu berechnen, die die beobachteten Differenzen für längere Zeiträume zum Verschwinden brächten. Legt man die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung nicht den berechneten Bahnen, sondern unseren Beobachtungszeiten zur Last, so finden wir die überraschende Tatsache, daß die aus den Beobachtungen der verschiedenen voneinander ganz unabhängigen Himmelskörper abgeleiteten Korrekturen an unsere Zeit nach Vorzeichen und Größenordnung auffallend übereinstimmen. Es ist daher wohl kaum mehr daran zu zweifeln, daß unser Zeitmaß, die Umdrehung der Erde, nicht konstant ist, sondern Schwankungen erleidet. Gegenüber einer mit gleichmäßiger Geschwindigkeit rotierenden Erde dreht sich die wirkliche Erde einmal nach Osten, dann wieder nach Westen. 1700 z. B. befand sich jeder Punkt der Erdoberfläche etwa 15 sec östlich, 1800 etwa ebensoviel westlich, 1900 etwa 10 sec östlich und 1924 über 20 sec westlich des ihm auf einer gleichmäßig rotierenden Erde zukommenden Ortes. Da es ausgeschlossen ist, daß die Erde als ganze derartige Schwan-