

## 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](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002)

**LOG Id:** LOG\_0035

**LOG Titel:** Über Erdbeben und tektonische Umgestaltungen der Erdoberfläche durch die Polhöenschwankungen

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Über Erdbeben und tektonische Umgestaltungen der Erdoberfläche durch die Polhöenschwankungen.

Von R. Spitaler.

Es werden die im Jahre 1913 erschienene Arbeit über die Achsenschwankungen der Erde als Ursache der Auslösung von Erdbeben mit den in Gerlands Beiträgen zur Geophysik gemachten Verbesserungen in Erinnerung gebracht und für mehrere größere Erdbeben die Druckrichtungen und elastischen Spannungen angeführt, nachdem Sieberg auch statistisch den Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen nachgewiesen hat. Da in früheren Erdperioden bedeutend größere Polschwankungen als gegenwärtig möglich waren, können dadurch in jenen Zeiten bedeutende tektonische Umgestaltungen hervorgerufen worden sein.

Im Jahre 1913 habe ich eine Arbeit veröffentlicht: „Die Achsenschwankungen der Erde als Ursache der Auslösung von Erdbeben“\*), gegen welche W. Schweydar\*\*) den richtigen Einwand erhob, daß ich infolge Übersehens der zweiten Komponente der Flugkräfte, welche durch die Achsenschwankung der Erde wachgerufen werden, für die Erde als Kugel betrachtet zu einem unrichtigen Ergebnisse gelangt sei. Meine Erwiderung darauf\*\*\*) scheint aber nicht mehr weiter beachtet worden zu sein, in der ich nachwies, daß die von mir errechneten Drehkräfte bei der abgeplatteten Erde aber doch vorhanden seien, allerdings in einem viel kleineren Ausmaße, nämlich im Verhältnis der Abplattung der Erde, und ich sprach schon damals die Ansicht aus, daß das infolgedessen zwar bedeutend verkleinerte Drehmoment der Erde trotzdem zur Erklärung von tektonischen Erdbeben ausreichend sein dürfte.

Erst A. Sieberg ist in seiner „Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde“ auf diese Untersuchung wieder zurückgekommen, nachdem ein allgemeiner Zusammenhang zwischen den Polhöenschwankungen und Erdbeben nicht vorhanden zu sein schien. I. Milne fand nämlich aus Erdbebenaufzeichnungen und der Größe der Polwanderung für 1895 bis 1899, die dann A. Cancani bis 1902 vervollständigte, daß heftige Erdbeben immer dann zahlreich auftreten, wenn die Polwanderungen verhältnismäßig groß waren. Nach den dann sich anschließenden Untersuchungen von A. Sieberg für den Zeitabschnitt 1903 bis 1908 gestaltete sich die Beziehung ganz anders. „Der bisherige parallele Verlauf von totaler Polverschiebung auf der einen, von Groß- und Weltbeben auf der anderen Seite kehrt sich nun in das Gegenteil um.“ Es ergab sich also, daß „die seismische Tätigkeit nicht von der Größe der Polwanderung ab-

\*) Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Klasse; 122, Abt. IIa, März 1913.

\*\*) Gerlands Beitr. zur Geophysik 13, Kl. Mitteil. IV, S. 53—55.

\*\*\*) Ebenda, Kl. Mitteil. XII, S. 137—138.

hängt. Sobald man aber das seismische Verhalten der einzelnen Polbahnabschnitte prüft, kommt man zu einem Ergebnis, das die mathematisch begründete Ansicht von R. Spitaler bestätigt; die Polschwankungen sind nicht nur instande Bodenverschiebungen auszulösen, die Erdbeben zur Folge haben, sondern sogar die gesamte seismische Tätigkeit der Erde merklich zu beeinflussen.“

Auf Grund des untersuchten Beobachtungsmaterials kam A. Sieberg zu folgendem Ergebnis:

1. Bei gestreckter Polbahn bleibt die seismische Tätigkeit unter der normalen.
2. Bei starker Richtungsänderung, die langsam erfolgt, wird der Normalwert der seismischen Tätigkeit erreicht und überschritten.
3. Die größte, übernormale seismische Regsamkeit tritt dann auf, wenn die Polbahn während eines längeren Jahresabschnittes beträchtliche und gleichmäßige Krümmungen aufweist.

Es dürfte daher nicht ohne Interesse sein, die in der oben genannten Arbeit abgeleitete, aber für die abgeplattete Erde verbesserte Formel für das Auftreten von horizontalen Druckkräften oder elastischen Spannungen in Erinnerung zu bringen und daran einige weitere Bemerkungen zu knüpfen, die vielleicht für weitere Forschungen als Arbeitshypothese dienen können.

Die durch die Beobachtungen des internationalen Breitendienstes sich ergebende Bahn des Pols setzt sich zusammen aus der beiläufig 430tägigen Chandlerschen Periode, welche aber selbst zwischen 422 bis 456 Tagen schwankt, und einem jährlichen Gliede, welches hauptsächlich durch die jährlichen Luftmassenverschiebungen hervorgebracht wird. Die vielen Unregelmäßigkeiten in der Polbahn rühren hauptsächlich vom letzteren Gliede her, weil die Verschiebung der Luftmassen, so wie es bei den meisten anderen meteorologischen Elementen der Fall ist, nicht streng gesetzmäßig erfolgt; dadurch werden aber wieder auch Unregelmäßigkeiten in der Chandlerschen Periode verursacht.

Durch diese Massenumlagerungen auf der Erdoberfläche, die von einer äußeren Kraft, der Sonnenstrahlung, herrühren, wird die Haupt- oder Symmetrieachse gegen die Rotationsachse verschoben und in dieser neuen Lage festgehalten, so lange die Massenverteilung sich nicht neuerdings ändert, was aber im Laufe des Jahres der Fall ist. Durch die Verlegung der Symmetrieachse gegen die Rotationsachse werden aber Flugkräfte wachgerufen, welche das Bestreben haben, die Erde wieder zur Rotationsachse zurückzudrehen, was aber nicht möglich ist, weil sie durch die Umlagerung von Massen infolge einer äußeren Kraft in der neuen Lage festgehalten wird. Nur die beweglichen Teile der Erdoberfläche, Luft und Wasser, können sich der neuen Abplattung anpassen, nicht aber die ganze feste Erde. Dieselbe verhält sich nämlich gegenüber allen kurzperiodischen Einflüssen, zu welchen auch die Polbewegung gerechnet werden muß, wie ein vollkommen elastischer Körper; nur gegenüber säkularen Kräften erscheint sie plastisch. Durch das Drehbestreben der Erde werden daher in den festen Teilen der Erdkruste horizontal gerichtete, elastische Spannungen eintreten, die als potentielle Energien sich auch in kinetische Energien umsetzen können, die sich in Erdbeben und Krustenverschiebungen kundtun.

Betreffs der Durchführung der Berechnung dieser Kräfte und ihrer Richtungen kann auf meine oben zitierten Abhandlungen verwiesen werden. Es ergibt sich für die abgeplattete Erde das durch die Flugkräfte infolge der Polverschiebung  $\Delta \varphi$  wachgerufene Drehmoment ( $D$ ), welches die Erde wieder in die alte Lage der Rotationsachse zu bringen versucht, zu

$$D = \frac{2 a_0^3 \pi^4}{3 t^2} M \alpha \Delta \varphi,$$

worin  $a_0$  die große Halbachse,  $t$  die Umdrehungszeit,  $M$  die Masse und  $\alpha$  die Abplattung der Erde bezeichnen.

Nun ist aber die Winkelbeschleunigung ( $\vartheta$ ) einer drehenden Bewegung gleich dem Drehmomente dividiert durch das Trägheitsmoment ( $T$ ) des Körpers, also  $\vartheta = \frac{D}{T}$ . Das Trägheitsmoment des Erdsphäroids, dasselbe homogen angenommen, ist

$$T = \frac{1}{5} (a_0^2 + b^2) M,$$

während es für eine Kugel von demselben Kubikinhalte wie dem des Sphäroids, also  $a = \sqrt[3]{a_0^2 b}$ ,

$$T = \frac{2}{5} a^2 M$$

ist.

Für die weiteren Zwecke kann aber, ohne der Genauigkeit der Untersuchungen wesentlich Abbruch zu tun, die Erde als Kugel angenommen werden, denn es ist das Trägheitsmoment des Sphäroids in bezug auf seine Drehungsachse nur etwas kleiner als das der Kugel, so daß  $\vartheta = \frac{D}{T}$  nur noch etwas größer wird.

Da aber die Erde nicht eine homogene Kugel ist, indem sie im Innern dichter als an der Oberfläche ist, muß der Faktor  $\frac{2}{5} = 0.4$  kleiner angenommen werden.

Helmert gibt ihn zu 0.3321 an, und es ergibt sich damit statt  $\vartheta = \frac{5 a \pi^4}{3 t^2} \alpha \Delta \varphi$ , der Wirklichkeit näherkommend:

$$\vartheta = \frac{2 a \pi^4}{t^2} \alpha \Delta \varphi.$$

Es erlangt also die Erde das Bestreben, sich um eine in der Äquatorebene gelegene Achse zu drehen, deren Pole vom Meridian der Polverschiebung, der mit  $\lambda_0$  bezeichnet sein möge,  $90^\circ$  nach beiden Seiten hin abliegen.

Da die lineare Oberflächenbeschleunigung ( $\gamma$ )  $\gamma = r \vartheta$  ist, wenn  $r$  den Abstand eines Oberflächenpunktes der Kugel von der Drehungsachse bezeichnet, so ist dieselbe im Meridian der Polverschiebung ( $\gamma_0$ ), wo  $r = a$  ist:

$$\gamma_0 = \frac{2 a^2 \pi^4}{t^2} \alpha \Delta \varphi.$$

Für einen Ort außerhalb des Meridians der Polverschiebung ( $\lambda_0$ ) in der geographischen Breite  $\varphi$  und Länge  $L$  (östl. v. Gr.), also im Längenabstand  $\lambda = L - \lambda_0$ , ist der Abstand  $r$  von der Drehungsachse, wie in der zitierten Abhandlung gezeigt wurde,

$$r = a \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \lambda},$$

und es ist daher für diesen Ort die lineare Oberflächenbeschleunigung:

$$\gamma = r \vartheta = \frac{2 a \pi^4}{t^2} \alpha \Delta \varphi \cdot a \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \lambda} = \frac{2 a^2 \pi^4}{t^2} \alpha \Delta \varphi \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \lambda}$$

oder  $\Delta \varphi$ , wie üblich in Bogensekunden ausgedrückt:

$$\gamma = \frac{2 a^2 \pi^4}{t^2} \alpha \sin 1'' \Delta \varphi'' \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \lambda}.$$

Setzt man für  $a = 6\,370\,283$  m,  $t = 86\,164$  Sek. und  $\alpha = \frac{1}{298}$  ein, so erhält man:

$$\gamma = 172 \Delta \varphi'' \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \lambda} \text{ cm/sec}^{-2}.$$

Es ist also im Meridian der Polverschiebung und bei einem Betrage von  $\Delta \varphi = 0.1''$  die Oberflächenbeschleunigung:

$$\gamma = 17.2 \text{ cm/sec}^{-2},$$

das ist also, da die Schwerebeschleunigung  $g = 980 \text{ cm/sec}^{-2}$  ist, 0.018 (0.01755) der Schwerebeschleunigung, oder die Schwerkraft ist 57 mal größer als diese horizontale Beschleunigung bei  $\Delta \varphi = 0.1''$ . Oder man kann auch sagen, ein horizontaler Steinzylinder von 57 m Länge erlangt bei  $\Delta \varphi = 0.1''$  auf seiner Stirnseite denselben Druck, wie ihn ein vertikaler Steinzylinder von 1 m Länge an seiner Unterseite besitzt. Bei einer Polverschiebung von  $0.3''$  würde schon ein Steinzylinder von 19 m Länge denselben Druck ausüben, bzw. diese elastische Spannung erlangen.

Diese potentiellen Energien oder elastischen Spannungen können sehr beträchtlich werden, wenn sie durch eine größere Erdscholle aufgespeichert werden. Eine oberflächliche Erdscholle von 1 km Länge und 1 qcm Querschnitt vom spez. Gew. 3 hat eine Masse  $m = 300\,000$  g, und es beträgt daher der Druck an ihrer Stirnseite bei  $\Delta \varphi = 1''$  unter den günstigsten Verhältnissen

$$p = m \gamma = 300\,000 \times 172 = 51.6 \cdot 10^6 \text{ Dyn} \div 51.6 \text{ Kraftkg}$$

(1 Megadyn =  $10^6$  Dyn ist ungefähr gleich 1 Kraftkg). Da die horizontale Beschleunigung infolge einer Polverschiebung von  $1''$  0.1755 der Schwerebeschleunigung ist, so ist dies derselbe Gesteinsdruck wie der, welcher auch in einer Tiefe von 175.5 m herrscht. Eine 100 km lange Erdscholle übt bereits einen Druck von 5160 kg aus, und da der Gesteinsdruck bei Faltung zu 7000 bis 8000 kg angenommen werden kann, wäre dieser Druck schon nicht mehr weit vom Faltungsdruck entfernt.

Für die beim kalifornischen Erdbeben am 18. April 1906 aufgespeichert gewesene potentielle Energie nahm H. F. Reid als wirksame elastische Kraft

$10^8$  Dyn = 100 Kraftkg für ein Quadratcentimeter Querschnitt an. Wie weiter unten gezeigt werden wird, war damals  $\angle \varphi = 0.12''$  und  $\gamma = 12.3 \text{ cm/sec}^{-2}$ , daher der Druck für eine Schollenlänge von 1 km 3.69 kg, so daß eine Schollenlänge von 27 km bereits den Druck von 100 kg lieferte.

Besitzt eine Erdscholle auf der einen Seite eine starre, mit der ganzen Erde fest verbundene Vorlage, so wird ihre durch eine Polverschiebung erlangte elastische Spannung nur in der entgegengesetzten Richtung zur Auswirkung gelangen. Vergrößert oder vermindert sich der Druck oder die elastische Spannung der Erdscholle, so kann es auf ihrer nicht festgeklemmten Seite zu Verschiebungen, Brüchen und sogar zu Faltungen der vorgelagerten Erdschichten kommen.

Die Größe des Druckes hängt ganz von der Ausdehnung der Scholle ab, geradeso wie der Druck in einer gewissen Tiefe von der Größe der darüberlagernden Schicht abhängig ist.

Von der Wirkung dieser horizontalen Druckspannungen kann man sich auch ein Bild auf folgende Weise machen: Eine mehr oder weniger tiefe Erdscholle unterliegt infolge der Schwere in ihren Schichten bestimmten Drucken, so daß in denselben elastische Spannungen vorhanden sind, die sich auch häufig bei Bloßlegung derselben in Bergwerken und Tunnels oder Steinbrüchen als sogenannte Bergschläge äußern. Würde sich nun die Schwerebeschleunigung rasch verkleinern, so würden diese Druckspannungen sich hauptsächlich nach oben auswirken, weil sie unten eine festere Unterlage haben, und es würden daher vor allem die oberflächlichen Teile emporgeschleudert und verschoben werden. Aber auch in der Scholle selbst müßten, wo sie plastisch oder leichter nachgiebig ist, Faltungen und Verbiegungen eintreten. Bei rascherer Zunahme der Schwere wären die elastischen Auswirkungen an der Oberfläche kaum vorhanden, und auch am Grunde der Scholle wären sie nicht von besonderer Bedeutung, anders aber bei der horizontalen Kraft, weil hier nicht feste Erdschichten vorgelagert sind, sondern Bruchgestein, so daß es zu tektonischen Vorgängen kommen muß. So rütteln die durch die Polverschiebungen wachgerufenen Kräfte bald in dieser, bald in jener Richtung an dem Schollengefüge der Erdkruste, bis es bald da, bald dort zu Erschütterungen und Brüchen kommt.

Bezüglich der Bestimmung der Richtung der Kräfte kann ebenfalls auf meine erste Abhandlung verwiesen werden. Der Winkel  $v$ , welchen die Kraft-richtung gegen den Ortsmeridian hat, und zwar auf der Nordhemisphäre von Süd über West, auf der Südhemisphäre von Süd über Ost gezählt, ist gegeben durch:

$$\cos v = \frac{\cos(L - \lambda_0)}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2(L - \lambda_0)}}$$

wozu nur zu bemerken ist, daß  $v$  immer in demselben Quadranten wie  $L - \lambda_0$  liegt.

Im Meridian der Polverschiebung ist die Kraft-richtung meridional von Nord nach Süd bzw. von Süd nach Nord gerichtet, ebenso überall am Äquator. Je weiter man aber außerhalb des Meridians der Polverschiebung und polwärts geht, unter desto größerem Winkel durchschneiden die Kraftlinien die Meridiane,

und im größten Kreise, welcher durch die Pole der Drehungsachse und die Erdpole geht, verlaufen sie direkt im Breitenkreise von Ost nach West bzw. von West nach Ost.

Tabelle 1. Verlauf des  $v$  bei verschiedenen  $L - \lambda_0$ .  
(Auf der nördlichen Hemisphäre von Süd über West, auf der südlichen Hemisphäre von Süd über Ost gezählt.)

$\varphi/L - \lambda_0$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
90	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
80	0.0	9.8	19.7	29.6	39.6	49.6	59.6	69.7	79.8	90.0
70	0.0	9.4	18.9	28.5	38.3	48.2	58.4	68.8	79.4	90.0
60	0.0	8.7	17.5	26.6	36.0	45.9	56.3	67.2	78.5	90.0
50	0.0	7.7	15.6	23.9	32.7	42.4	53.0	64.6	77.0	90.0
40	0.0	6.4	13.2	20.4	28.3	37.5	48.1	60.5	74.6	90.0
30	0.0	5.1	10.3	16.1	22.8	30.8	40.9	53.9	70.6	90.0
20	0.0	3.5	7.1	11.2	16.0	22.2	30.7	43.2	62.7	90.0
10	0.0	1.7	3.5	5.8	8.2	11.6	16.7	25.4	44.4	90.0
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
$\varphi/L - \lambda_0$	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	
90	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	150.0	160.0	170.0	180.0	
80	100.2	110.3	120.4	130.4	140.4	150.4	160.3	170.2	180.0	
70	100.6	111.2	121.6	131.8	141.7	151.5	161.1	170.6	180.0	
60	101.5	112.8	123.7	134.1	144.0	153.4	162.5	171.3	180.0	
50	103.0	115.4	127.0	137.6	147.3	156.1	164.4	172.3	180.0	
40	105.4	119.5	131.9	142.5	151.7	159.6	166.8	173.6	180.0	
30	109.4	126.1	139.1	149.2	157.2	163.9	169.7	174.9	180.0	
20	117.3	136.8	149.3	157.8	164.0	168.8	172.9	176.5	180.0	
10	135.6	154.6	163.3	168.4	171.8	174.2	176.5	178.3	180.0	
0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	

Die Tabelle 1 gibt die Kraftrichtungen für jeden 10. Breitenkreis für verschiedene Abstände ( $L - \lambda_0$ ) des Ortsmeridians vom Meridian der Polverschiebung, und zwar für die nördliche Hemisphäre von Süd über West, für die südliche Hemisphäre von Süd über Ost gezählt. Sie läßt sich leicht für  $L - \lambda_0$  über 180° fortsetzen bzw. benutzen, indem man zu dem Winkel am Kopfe und in der Tabelle 180° addiert.

Tabelle 2. Horizontale Beschleunigung bei verschiedenen  $v$  für  $\Delta\varphi = 1''$ .

$$(\gamma = 172 \Delta\varphi'' \sqrt{1 - \sin^2(L - \lambda_0) \cos^2\varphi} \text{ cm/sec}^{-2}).$$

$\varphi/L - \lambda_0$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
90	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0	172.0
80	172.0	171.9	171.7	171.4	170.9	170.5	170.1	169.7	169.5	169.4
70	172.0	171.7	170.8	169.5	167.8	166.0	164.3	162.9	161.9	161.6
60	172.0	171.4	169.5	168.5	162.9	158.9	155.0	151.8	149.7	148.9
50	172.0	170.9	167.8	162.9	156.6	149.7	142.9	137.1	133.1	131.8
40	172.0	170.5	166.0	158.9	149.7	139.3	128.7	119.4	112.9	110.5
30	172.0	170.1	164.3	155.0	142.9	128.7	113.8	100.0	89.8	86.0
20	172.0	169.7	162.9	151.8	137.1	119.4	100.0	80.7	65.1	58.8
10	172.0	169.5	161.9	149.7	133.1	112.9	89.8	65.1	41.8	29.8
0	172.0	169.4	161.6	148.9	131.8	110.5	86.0	58.8	29.8	0.0

Die Tabelle 2 gibt die Größe der Beschleunigungen  $\gamma$  für  $\Delta\varphi = 1''$  bei den verschiedenen  $\lambda = (L - \lambda_0)$  und für jeden 10. Breitenkreis. Man sieht, daß sie selbst in den um 90° abstehenden Meridianen der Polverschiebung, wo sie parallel

zu den Breitenkreisen, also westöstlich oder ostwestlich auftreten, noch recht bedeutend sein können. Es werden daher mit Ausnahme des Äquators, wo nur nordsüdliche bzw. südnördliche Richtungen auftreten, horizontale Kräfte in allen Richtungen wachgerufen. Zu beachten ist, daß am Äquator in der Nähe von  $L - \lambda_0 = 90^\circ$  die Kraftrichtung in die entgegengesetzte Richtung umspringt, allerdings ist für  $L - \lambda_0 = 90^\circ$  die Kraft Null, aber schon in nicht gar großem Abstände besitzt sie wieder größere Beträge.

Im folgenden möchte ich an einigen Beispielen von Erdbeben die Anwendung unserer Formeln zeigen. Die Lage des Momentanpols zur Zeit des Erdbebens wurde aus den  $x$  und  $y$ , wie sie im 5. Bande der Resultate des internationalen Breitendienstes S. 195—196 und in den Astronom. Nachrichten Nr. 5314 ff. \*) ohne das Glied  $z$  veröffentlicht sind, bestimmt. Dasselbst sind  $x$  und  $y$  die rechtwinkligen Koordinaten des Momentanpols bezogen auf ein Koordinatensystem, dessen Koordinatenanfang einer mittleren Lage des Pols entspricht und dessen positive  $X$ -Achse nach Greenwich hin gerichtet ist, während die positive  $Y$ -Achse einer westlichen Länge von  $90^\circ$  entspricht. Es ist daher die Größe ( $\Delta\varphi$ ) und Richtung ( $\alpha$ ) des Polausschlages gegeben durch

$$x = \Delta\varphi \sin \alpha \quad \text{und} \quad y = \Delta\varphi \cos \alpha$$

und daher  $\tan \alpha = \frac{x}{y}$ , und zwar  $\alpha$  von  $270^\circ$  über Süd östlich von Greenwich gezählt. Es ist daher  $\lambda_0 = \alpha + 270^\circ$  östlich von Greenwich. Gleichzeitig ergibt sich daraus auch das  $\Delta\varphi$ . Wenn bei einigen Erdbeben, welche bereits in meiner ersten Abhandlung angeführt sind, kleine Unterschiede in den  $\lambda_0$  und  $\Delta\varphi$  vorkommen, so rührt das daher, daß ich damals diese Daten nur den provisorischen Ergebnissen der Polhöhenbeobachtungen entnehmen konnte.

Es sind bei allen untersuchten Erdbeben die Pollagen ( $\lambda_0$  und  $\Delta\varphi$ ) auch für einige Zehnteljahre vor dem Eintritt des Bebens angeführt, damit ersehen werden kann, wie sich die Kraftrichtung und die Größe der Kraft allmählich geändert haben. Es dürfte dies für die weitere Untersuchung zwischen unseren Druckkräften und der Auslösung des Erdbebens von Interesse sein. Denn es braucht eine bereits vorhandene und durch die Polverschiebung allmählich vergrößerte Spannung nicht erst ausgelöst zu werden, wenn die gesamte Kraft eine bestimmte Richtung erreicht hat, sondern es wird vielmehr oft schon genügen, wenn nur die entsprechende Komponente groß genug geworden ist. Auch nicht gerade immer Zunahme des Druckes muß ein Beben auslösen, sondern im Gegenteil kann ebenso eine rasche Verminderung der Spannung die Ursache von Bodenerschütterungen sein. Besonders im Äquatorialgebiete kann die Kraftrichtung in kürzester Zeit gerade in die entgegengesetzte Richtung umschlagen, wie beispielsweise bei den weiter unten angeführten Erdbeben von Ceram, Esmeraldas und Costa Rica. Erst genauere Untersuchungen über den geologischen Bau des Epizentralgebietes können hierüber nähere Aufschlüsse geben, welche ich aber den bezüglichen Fachleuten überlassen muß.

\*) Resultate des internationalen Breitendienstes, Bd. 5, von B. Wanach. (Zentralbureau der internationalen Erdmessung. N. F. Nr. 30, Berlin 1916.)



Es seien nun die von mir untersuchten Erdbeben im folgenden zusammengestellt. Dieselben sind zumeist Siebergs Erdbebenkunde entnommen. Die geographischen Koordinaten der Epizentren habe ich so genähert, wie es mir beim Mangel der notwendigen Literatur möglich war, angegeben. Kleine Änderungen aber derselben beeinflussen nicht wesentlich die berechneten Kraftrichtungen ( $v$ ) und Beschleunigungen ( $\gamma$ ). Bei allen Erdbeben ist auch der Druck in Kilogrammen an der Stirnseite einer 1 km langen Erdscholle vom spez. Gew. 3 pro Quadratcentimeter angegeben ( $D$ ); er beträgt  $0.3 \gamma$ . Auch sei nochmals erinnert, daß die Kraftrichtungen auf der nördlichen Hemisphäre von Süd über West und auf der südlichen von Süd über Ost zu zählen sind. Ebenso sei bei den einzelnen Erdbeben auf die Änderung von  $v$  und  $\gamma$  vor der Auslösung des Bebens aufmerksam gemacht.

Zur Bequemlichkeit bei der Vergleichung von  $v$  und  $\gamma$  vor dem Erdbeben möge die kleine Tabelle dienen, welche das Datum der Jahreszehntel gibt.

Jahreszehntel	Jahrestag	Datum
0.0	0.0	1. Januar
0.1	36.5	5. Februar
0.2	73.0	14. März
0.3	109.5	19. April
0.4	146.0	26. Mai
0.5	182.5	1. Juli
0.6	219.0	7. August
0.7	255.5	12. September
0.8	292.0	19. Oktober
0.9	328.5	24. November

Verzeichnis der untersuchten Erdbeben.

Nr.	Ort und Land	Zeit	Epizentrum	
			Länge östl. Gr.	Breite
1	Mino-Owari, Japan . . . . .	28. Oktober 1891	136.0	35.5 N
2	Nördl. Honshu, Japan . . . . .	31. August 1896	141	40 N
3	Kagoshima, Japan . . . . .	12. Januar 1914	130.5	31.5 N
4	Yokohama, Japan . . . . .	1. September 1923	140	35 N
5	San Franzisko, Kalifornien . . . . .	30. März 1898	237.6	37.8 N
6	San Franzisko, Kalifornien . . . . .	18. April 1906	237.6	37.8 N
7	Ceram, Hinterind. Arch. . . . .	30. September 1899	129	3 S
8	Esmeraldas, Ecuador . . . . .	31. Januar 1906	280	1 N
9	Ocós, Guatemala . . . . .	18. April 1902	267.8	14.6 N
10	Costa Rica . . . . .	4. Mai 1910	27.6	10 N
11	San Salvador . . . . .	7. September 1915	271	13 N
12	Mollendo, Peru . . . . .	28. Juni 1913	287.0	17.1 S
13	Vallemar, Atacama, Chile . . . . .	10. November 1922	289.7	28.5 S
14	Copiapó, Chile . . . . .	4. Dezember 1918	289.6	27.2 S
15	Messina, Italien . . . . .	28. Dezember 1908	15.6	38.2 N
16	Avezzano, Italien . . . . .	13. Januar 1915	13.5	42 N
17	Kristianiafjord, Skandinavien . . . . .	23. Oktober 1904	11	59 N
18	Schemacha, SE-Kaukasus . . . . .	20. Februar 1902	48.6	40.7 N
19	Andidshan, Turkestan . . . . .	16. Dezember 1902	72.5	41 N
20	Shillong-Plateau, Ostindien . . . . .	12. Juni 1897	92	25.5 N
21	W. v. Hekla, Südisland . . . . .	6. Mai 1912	340	64 N
22	Mitteuropäisches Beben . . . . .	16. November 1911	9.0	48.3 N
23	Mitteuropäisches Beben . . . . .	20. Juli 1913	9.0	48.3 N
24	Hoher Venn, Rhein-Preuß. . . . .	7. November 1910	6.1	50.5 N

Die Ergebnisse der untersuchten Erdbeben.

$(\gamma$  cm/sec<sup>-2</sup>,  $D$  kg pro Quadratcentimeter für eine Gesteinsäule von 1 km Länge.)

1. Mino-Owari. 1891.83.

Zeit . . . . .	1891.5	1891.6	1891.7	1891.8	1891.83
$\lambda_0$ . . . . .	297.7 <sup>0</sup>	348.9 <sup>0</sup>	19.4 <sup>0</sup>	31.1 <sup>0</sup>	33.8 <sup>0</sup>
$L - \lambda_0$ . . . . .	198.3	147.1	116.6	104.9	102.2
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.19	0.21	0.28	0.31	0.29
$v$ . . . . .	190.9	159.4	130.8	114.6	110.2
$\gamma$ . . . . .	32.1	31.9	33.0	32.5	30.5
$D$ . . . . .	9.63	9.57	9.90	9.75	9.15

2. Nördl. Honshu. 1896.67.

Zeit . . . . .	1896.3	1896.4	1896.5	1896.6	1896.67
$\lambda_0$ . . . . .	255.5	289.7	322.1	355.7	15.7
$L - \lambda_0$ . . . . .	245.5	211.3	178.9	145.3	125.3
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.16	0.15	0.18	0.19	0.18
$v$ . . . . .	234.7	201.4	180.0	156.0	132.2
$\gamma$ . . . . .	19.2	23.8	31.4	29.2	24.8
$D$ . . . . .	5.76	7.14	9.42	8.76	7.44

3. Kagoshima. 1914.04.

Zeit . . . . .	1913.7	1913.8	1913.9	1914.0	1914.04
$\lambda_0$ . . . . .	119.7	161.6	204.0	237.5	251.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	10.8	328.9	286.5	253.0	239.4
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.08	0.09	0.10	0.13	0.14
$v$ . . . . .	5.8	342.5	299.5	239.7	221.5
$\gamma$ . . . . .	13.7	14.7	9.8	13.0	16.6
$D$ . . . . .	4.11	4.41	2.94	3.90	4.98

4. Yokohama. 1923.67.

Zeit . . . . .	1923.2	1923.3	1923.4	1923.5	1923.6	1923.67
$\lambda_0$ . . . . .	201.8	243.4	265.0	286.3	310.8	322.0
$L - \lambda_0$ . . . . .	298.2	256.6	235.0	213.7	189.2	178.0
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.11	0.18	0.23	0.25	0.29	0.29
$v$ . . . . .	313.1	247.5	230.7	200.9	185.3	178.3
$\gamma$ . . . . .	12.8	18.6	29.4	38.3	49.6	50.2
$D$ . . . . .	3.84	5.58	8.82	11.49	14.88	15.06

5. San Franzisko. 1898.24.

Zeit . . . . .	1897.9	1898.0	1898.1	1898.2	1898.24
$\lambda_0$ . . . . .	41.3	70.2	121.3	162.3	171.0
$L - \lambda_0$ . . . . .	196.3	167.4	116.3	75.3	66.6
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.20	0.16	0.13	0.18	0.19
$v$ . . . . .	190.2	172.2	128.9	66.8	54.3
$\gamma$ . . . . .	33.5	27.1	15.8	20.0	22.5
$D$ . . . . .	10.05	8.13	4.74	6.00	6.75

6. San Franzisko. 1906.30.

Zeit . . . . .	1906.0	1906.1	1906.2	1906.3
$\lambda_0$ . . . . .	33.0	81.9	114.9	142.3
$L - \lambda_0$ . . . . .	204.6	155.7	122.7	95.3
$\Delta \varphi''$ . . . . .	0.11	0.10	0.11	0.12
$v$ . . . . .	195.7	164.5	136.3	98.6
$\gamma$ . . . . .	17.6	16.1	14.0	12.3
$D$ . . . . .	5.28	4.83	4.20	3.69

7. Ceram. 1899.75.

Zeit . . . . .	1899.4	1899.5	1899.6	1899.7	1899.75
$\lambda_0$ . . . . .	192.6	203.4	236.1	262.9	281.8
$L - \lambda_0$ . . . . .	296.4	285.6	252.9	226.1	207.7
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.08	0.11	0.14	0.14	0.13
$v$ . . . . .	354.1	349.5	189.3	183.0	181.7
$\gamma$ . . . . .	6.4	5.3	7.3	16.4	19.7
$D$ . . . . .	1.92	1.59	2.19	4.92	5.91

8. Esmeraldas. 1906.08.

Zeit . . . . .	1905.8	1905.9	1906.0	1906.08
$\lambda_0$ . . . . .	320.3	351.6	33.0	72.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	319.7	288.4	247.0	207.9
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.15	0.13	0.11	0.09
$v$ . . . . .	0.0	356.5	183.0	180.0
$\gamma$ . . . . .	19.9	7.1	7.3	14.4
$D$ . . . . .	5.97	2.13	2.19	4.32

9. Ocos. 1902.30.

Zeit . . . . .	1901.9	1902.0	1902.1	1902.2	1902.3
$\lambda_0$ . . . . .	127.7	154.7	197.2	245.1	278.9
$L - \lambda_0$ . . . . .	140.1	113.1	70.6	22.7	348.9
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.14	0.12	0.10	0.12	0.16
$v$ . . . . .	168.1	149.4	35.6	6.0	357.0
$\gamma$ . . . . .	18.8	9.5	7.4	19.3	27.2
$D$ . . . . .	5.64	2.85	2.22	5.79	8.16

10. Costa Rica. 1910.34.

Zeit . . . . .	1910.0	1910.1	1910.2	1910.3	1910.34
$\lambda_0$ . . . . .	123.8	153.7	172.3	221.4	234.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	152.2	122.3	103.7	54.6	41.9
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.33	0.29	0.30	0.32	0.30
$v$ . . . . .	174.6	164.7	144.7	13.7	8.8
$\gamma$ . . . . .	50.2	27.5	15.0	32.6	38.9
$D$ . . . . .	15.06	8.25	4.50	9.78	11.67

11. San Salvador. 1915.68.

Zeit . . . . .	1915.3	1915.4	1915.5	1915.6	1915.68
$\lambda_0$ . . . . .	267.1	286.2	315.0	335.2	354.4
$L - \lambda_0$ . . . . .	3.9	344.8	316.0	295.8	276.6
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.40	0.32	0.31	0.29	0.25
$r$ . . . . .	0.0	356.3	347.7	335.0	297.2
$\gamma$ . . . . .	68.7	53.7	39.4	23.7	10.6
$D$ . . . . .	20.61	16.11	11.82	7.11	3.18

12. Mollendo. 1913.49.

Zeit . . . . .	1913.2	1913.3	1913.4	1913.5
$\lambda_0$ . . . . .	351.9	17.1	33.7	45.0
$L - \lambda_0$ . . . . .	295.1	269.9	253.3	242.0
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.14	0.14	0.14	0.13
$v$ . . . . .	327.9	269.7	224.4	209.0
$\gamma$ . . . . .	12.2	6.9	10.0	11.7
$D$ . . . . .	3.66	2.07	3.00	3.51

13. Vallemar, Atacama. 1922.86.

Zeit . . . . .	1922.5	1922.6	1922.7	1922.8	1922.86
$\lambda_0$ . . . . .	325.6	349.5	4.2	23.2	36.3
$L - \lambda_0$ . . . . .	324.1	300.2	285.5	266.5	253.4
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.23	0.27	0.27	0.23	0.19
$v$ . . . . .	340.9	320.7	300.2	262.7	238.0
$\gamma$ . . . . .	33.9	30.7	24.8	18.9	17.2
$D$ . . . . .	10.17	9.21	7.44	5.67	5.16

14. Copiapó. 1918.93.

Zeit	1918.6	1918.7	1918.8	1918.9	1918.93
$\lambda_0$	273.6	296.6	318.8	322.1	319.8
$L - \lambda_0$	16.0	353.0	330.8	327.5	329.8
$\Delta\varphi''$	0.16	0.13	0.11	0.11	0.12
$v$	7.6	357.0	345.7	343.7	345.1
$\gamma$	26.7	22.9	16.5	17.2	15.4
$D$	8.01	6.87	4.95	5.16	4.62

15. Messina. 1908.99.

Zeit	1908.7	1908.8	1908.9	1909.0
$\lambda_0$	76.0	124.5	156.6	186.5
$L - \lambda_0$	299.6	251.1	219.0	189.1
$\Delta\varphi''$	0.16	0.19	0.23	0.26
$v$	312.6	241.0	206.6	185.8
$\gamma$	20.6	21.4	34.2	43.5
$D$	6.18	6.42	10.26	13.05

16. Avezzano. 1915.04.

Zeit	1914.7	1914.8	1914.9	1915.0	1915.04
$\lambda_0$	61.9	96.0	129.8	180.0	200.2
$L - \lambda_0$	311.6	277.5	243.7	193.5	173.3
$\Delta\varphi''$	0.17	0.19	0.16	0.17	0.19
$v$	323.0	281.1	233.5	189.2	175.4
$\gamma$	24.3	22.2	20.0	28.8	31.8
$D$	7.29	6.66	6.00	8.64	9.54

17. Kristianiafjord. 1904.81.

Zeit	1904.5	1904.6	1904.7	1904.8	1904.81
$\lambda_0$	269.1	301.7	329.8	354.7	357.1
$L - \lambda_0$	101.9	69.3	41.2	16.3	13.9
$\Delta\varphi''$	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16
$v$	103.8	66.2	36.9	14.1	12.0
$\gamma$	26.9	26.4	27.3	27.7	27.3
$D$	8.07	7.92	8.19	8.31	8.19

18. Schemacha. 1902.14.

Zeit	1901.8	1901.9	1902.0	1902.1	1902.14
$\lambda_0$	104.8	127.7	154.7	197.2	218.2
$L - \lambda_0$	303.8	280.9	253.9	211.4	190.4
$\Delta\varphi''$	0.15	0.14	0.12	0.10	0.10
$v$	315.7	286.5	246.1	201.7	186.8
$\gamma$	20.4	16.0	14.3	16.5	17.4
$D$	6.12	4.80	4.29	4.95	5.22

19. Andidshan. 1902.96.

Zeit	1902.7	1902.8	1902.9	1902.96
$\lambda_0$	37.8	76.3	113.7	135.0
$L - \lambda_0$	34.7	356.2	318.8	297.5
$\Delta\varphi''$	0.17	0.16	0.16	0.17
$v$	24.5	357.3	328.7	308.4
$\gamma$	26.3	28.3	24.5	21.3
$D$	7.89	8.49	7.35	6.39

20. Shillong-Plateau. 1897.45.

Zeit	1897.1	1897.2	1897.3	1897.4	1897.45
$\lambda_0$	173.3	201.0	218.9	247.0	265.8
$L - \lambda_0$	278.7	251.0	233.1	205.0	186.2
$\Delta\varphi''$	0.19	0.23	0.23	0.20	0.18
$v$	289.6	231.3	209.8	191.4	182.7
$\gamma$	14.5	20.7	27.1	31.3	30.2
$D$	4.35	6.21	8.13	9.39	9.06

21. W. v. Hekla. 1912.35.

Zeit . . . . .	1912.1	1912.2	1912.3	1912.35
$\lambda_0$ . . . . .	54.2	86.8	124.7	139.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	285.8	253.2	215.3	200.9
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.22	0.18	0.16	0.14
$v$ . . . . .	287.5	251.4	212.5	198.9
$\gamma$ . . . . .	34.6	28.2	26.8	23.6
$D$ . . . . .	10.38	8.46	7.89	7.08

22. Mitteleuropäisches Erdbeben I. 1911.88.

Zeit . . . . .	1911.6	1911.7	1911.8	1911.88
$\lambda_0$ . . . . .	279.8	301.5	327.8	354.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	89.2	67.5	41.2	14.9
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.85	0.34	0.30	0.29
$v$ . . . . .	88.9	61.1	33.2	11.3
$\gamma$ . . . . .	44.7	45.6	45.9	49.1
$D$ . . . . .	13.41	13.68	13.77	14.73

23. Mitteleuropäisches Erdbeben II. 1913.55.

Zeit . . . . .	1913.2	1913.3	1913.4	1913.5	1913.55
$\lambda_0$ . . . . .	351.9	17.1	33.7	45.0	56.3
$L - \lambda_0$ . . . . .	17.1	351.9	335.3	324.0	312.7
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.14	0.14	0.14	0.13	0.11
$v$ . . . . .	13.0	353.9	341.0	331.5	320.9
$\gamma$ . . . . .	23.9	23.3	23.8	20.2	16.2
$D$ . . . . .	7.17	6.99	7.14	6.06	4.86

24. Hoher Venn. 1910.85.

Zeit . . . . .	1910.5	1910.6	1910.7	1910.8	1910.85
$\lambda_0$ . . . . .	290.6	318.8	349.6	23.5	37.1
$L - \lambda_0$ . . . . .	75.5	47.3	16.5	342.6	329.0
$\Delta\varphi''$ . . . . .	0.33	0.38	0.34	0.33	0.32
$v$ . . . . .	71.5	39.9	12.9	346.4	335.1
$\gamma$ . . . . .	45.0	57.2	57.1	56.0	52.0
$D$ . . . . .	13.50	17.16	17.13	16.80	15.60

Die vorstehenden Untersuchungen haben meines Dafürhaltens auch eine größere Tragweite für die gesamte Tektonik der Erde, wozu nur das Folgende bemerkt werden möge.

Polhöschwankungen müssen schon von der Zeit an bestanden haben, als sich auf der Erde Land und Meer bildeten, indem auf der ursprünglich gleichmäßigen Erdkruste die Wassermassen die tiefsten Stellen einnahmen. Der ungleichen Verteilung von Land und Meer mußte auch gleichzeitig eine ungleiche Verteilung des Luftdruckes parallel gehen, die aber mit den Jahreszeiten (Sommer und Winter) sich ändert. Die jahreszeitliche Verschiebung der Luftmassen verursacht aber mehr oder weniger große Polschwankungen, indem die Hauptträgheitsachse der Erde infolge derselben ihre Lage im Erdkörper ändert. Für die Größe dieser Massenverschiebungen ist die Verteilung von Land und Meer von großem Einfluß. Der größte Ausschlag der Trägheitsachse tritt ein, wenn sich eine Masse in demselben Meridian von 45° nördlicher Breite nach 45° südlicher Breite oder umgekehrt an demselben Parallelkreise um 180° Länge verschiebt. Verlagert sich aber die Masse von 45° nördlicher Breite nach 45° südlicher Breite in den um 180° abliegenden Meridian, so tritt keine Verschiebung der Trägheits-

achse ein. Liegt also ungefähr unter demselben Meridian ein großer Kontinent auf der Nordhemisphäre und ein solcher ebenfalls auf der Südhemisphäre, so wandert eine große Masse Luft, die sich im Winter auf dem Nordkontinent angesammelt hatte, bei Heranrücken des Sommers auf den Südkontinent<sup>4</sup> hinüber, wo der Winter beginnt. Dieser Vorgang wird noch weiter verstärkt, wenn in dem um 180° abliegenden Meridian beider Hemisphären sich Meer befindet, indem ein Teil der Luftmassen vom Winter zum Sommer vom Land auf das Meer bzw. vom Sommer zum Winter vom Meer auf das Land abwandert.

Wie ich aber in meinem Buche „Das Klima des Eiszeitalters“ eingehender zahlenmäßig dargelegt habe, wechseln im Laufe der Zeit infolge der Periodizität der Erdbahnelemente die Gegensätze zwischen der Sommer- und Wintertemperatur beträchtlich, so daß auf heiße Sommer strenge Winter folgen können. Dadurch wird die Größe der Luftdruckunterschiede zwischen Sommer und Winter bzw. der Luftmassentransport vermehrt und infolgedessen die Verschiebung der Trägheitsachse vergrößert. Andererseits aber werden wieder in gewissen Zeiten die jahreszeitlichen Temperaturgegensätze gemildert und daher auch der Luftmassenaustausch verkleinert, so daß die Größe der Polschwankungen vermindert wird. Da aber größere Polhöhenchwankungen zu größeren tektonischen Bewegungen Anlaß geben, werden auch diese langperiodisch veränderlich sein und es können auf Ruhepausen in der Orogenese wieder neue Umgestaltungen folgen.

Als die ersten Polverschiebungen auf der Erde aufzutreten begannen, wurde die Gleichmäßigkeit der Erdkruste durch auftretende Spannungen und deren zeitweilige Auslösungen gestört, die Oberfläche begann allmählich zu zertrümmern und es traten Faltungen ein, die aber nach allen Richtungen erfolgen konnten. „Die ältesten Ablagerungen, welche wir kennen, sind überall Gneise und damit eng verschweißte Granite. Die Gneise zeigen allenthalben intensive Faltung, jedoch nicht so sehr die Anordnung zu weithin streichenden Faltenzonen, sondern eine vielfach wechselnde Streichrichtung, wie sie etwa einem mehrfachen Hin- und Herschieben entspricht“ \*).

Um in diesen Vorgängen klarer zu sehen, ist es empfehlenswert, sich ein verkleinertes Bild der Erde und ihrer Oberflächengestaltung vor Augen zu halten. Der äußere Gesteinsmantel der Erde hat eine Dicke von 1200 km und besteht aus der oberflächlichen dünnen Lithosphäre von 120 km Mächtigkeit und der darunter lagernden Barysphäre. Der oberste Teil der Lithosphäre ist die Bruchzone von 50 bis 60 km Mächtigkeit und besteht aus Felsgestein von zerbrechbarer Beschaffenheit, es herrscht ein bunter Wechsel von Material, Aggregatzustand, geologischem Alter, Lagerungsform, Dichte, Elastizität usw.; auch Nester von flüssiger Lava finden sich darin eingebettet. Die ganze Zone ist in größere und kleinere Schollen zertrümmert, die durch Bruchspalten begrenzt sind. Dislokationsbeben sind die physikalischen Folgeerscheinungen jeder geologischen Weiterbildung einer Störung (Dislokation) des Schichtbaues (Tektonik) in der spröden Erdhaut infolge von überreifen Spannungszuständen \*\*).

\*) O. Ampferer: Über Kontinentverschiebungen. Die Naturwiss. 1925, S. 672.

\*\*\*) A. Sieberg: Veröff. d. Reichsanst. f. Erdbebenforsch. in Jena. 3. Heft, S. 17.

Auf einem Erdglobus von 1 m Durchmesser würde also das Schollengebiet (50 bis 60 km) eine Dicke von 3.9 bis 4.7 mm haben, und die höchsten Gebirge würden nur  $\frac{3}{4}$  mm über dieses Niveau hervorragten. Es stellt somit die Bruchzone nur eine dickere oberflächliche Haut der Erde dar, auf der sich die durch Polverschiebungen wacherufenen Spannungen auswirken. Sie werden dieselbe falten, zerreißen und umformen, es werden wiederholt Adaptionen eintreten und es gestaltet sich die Oberfläche je nach der Größe der Polverschiebung fortwährend bald im kleinen, bald im großen Ruck für Ruck um.

## Zur Verwertung der Schwerstörungen für die tektonische Geologie.

Von R. Schwinner in Graz.

Die Anomalien  $g''-\gamma_0$ , die man nach der Bouguerschen Reduktion erhält, sind für geologische Diskussion ohne Wert, sie geben in unebenem Terrain fast nur ein Negativ der Oberfläche, zudem stark durch Randstörungen gefälscht. Nötig ist die isostatische Reduktion, die aber nicht mechanisch durchgeführt werden darf, sondern unter Ägide der Geologie, das ist der Annahme, daß die tektonisch wohl definierten Schollen jede für sich im Gleichgewicht schwimmen. Schollen, die unterbelastet und daher säkular im Steigen sind, zeigen negative isostatische Anomalie, überbelastet sinkende positive. Dies wird auch bei der Berechnung von Normalschwere und Ausgleichstiefe zu berücksichtigen sein.

Daß die Schwerstörungen mit dem Gebirgsbau zusammenhängen, weiß man seit 200 Jahren, aber erst jetzt beginnt man diesen Beziehungen im einzelnen nachzugehen. Auf diesem Gebiet ist alles noch im Fluß, daher wird es vielleicht von Nutzen sein, einiges auch hier zur Besprechung zu stellen.

Die Reduktion der Schwermessungen muß — für geologische Zwecke — in erster Linie auf die Isostasie Rücksicht nehmen. Abgesehen von aller Hypothese ist das die Beobachtungstatsache, daß die Unregelmäßigkeiten der sichtbaren Massenverteilung an der Oberfläche durch andere etwa entgegengesetzte im Untergrund zum allergrößten Teile kompensiert werden. Schafft man nun — wie durch die sogenannte Bouguersche Reduktion geschieht — die Anziehung aller über dem Meeresspiegel gelegenen Massen weg, so ist damit wenig gewonnen, die  $g''$ -Werte enthalten nunmehr, und zwar unkompensiert, die Störungen durch jene unterirdischen Massen, deren Betrag fürs erste allerdings nicht bestimmt werden kann. Aber wenn man Unwahrscheinlichkeiten meidet, muß man jedes Paar (+ und —) ziemlich nahe zusammenlegen, das ist unmittelbar unter eine Massenanhäufung der Oberfläche einen etwa gleich großen Massendefekt im Untergrund, und umgekehrt. Daß derart jede plausible Hypothese der Isostasie zu der Annahme führt, daß in gewisser Tiefe unter der Erdoberfläche hydrostatisches Gleichgewicht herrscht, ist ein geophysikalisch höchst erwünschtes Nebenprodukt.