# Beitrag zur Frage der Eigenschwingungen einzelner Teile des Erdkörpers

Von **Richard Schumann,** Wien — (Mit 4 Abbildungen)

Wegen der Beweglichkeit der Teile des Erdkörpers kann die Annahme einer „Drehachse der starren Erde" nicht aufrecht erhalten werden. Es wird die Frage nach „Eigenschwingungen" einzelner Teile der Erde aufgeworfen; aus einer Näherungsrechnung P. Fillungers ergäbe sich als Eigenschwingung eines Blockes von den Ausmaßen des Tibetanischen Hochlandes etwa $1^h$. — Es wird empfohlen, auf geeigneten Stationen schärfste Bestimmungen sowohl der Polhöhen als auch der geographischen Längendifferenzen gleichzeitig auszuführen.

1. In der neueren Literatur findet man zahlreiche Aufsätze, die von Beweglichkeit nicht nur innerhalb der *Erdkruste*, sondern überhaupt von relativer Bewegung teils größerer, teils kleinerer Teile des *Erdkörpers* handeln. Ebbe und Flut, mit ihrer täglichen Periodizität besteht bekanntlich auch auf dem Festlande. Lokale oder regionale Bewegungen sind teils erkannt, teils werden sie angenommen. Erschütterungen pflanzen sich gesetzmäßig, wellenförmig fort, Eintreffen und Wiederkehren werden gemessen; die Erschütterungen lassen sich harmonisch zerlegen, sie werden sogar zu Mutungen benutzt. Es ist wohl einigermaßen erstaunlich, daß der so verwickelt gebaute Erdkörper sich nach Art eines abgestimmten Instrumentes verhält, trotz des überreichen Wechsels in der Zusammensetzung aus Massen, die nach Größe und Gestalt, chemisch und physikalisch so verschieden sind.

2. Die Theorie hat begonnen, sich mit dem Übergang vom starren zu dem in sich beweglichen Erdkörper zu beschäftigen. Aus einem Aufsatz*) von A. Bilimović (Belgrad) seien die folgenden wichtigen Stellen wiedergegeben:

„Der scheinbar so einfache Begriff der Erdachse erweist sich nach eingehender Untersuchung als sehr verwickelt, insbesondere wenn man ihn logisch folgerichtig festzulegen wünscht. In den folgenden Zeilen soll eine Analyse dieses Begriffes versucht werden. Der strenge Begriff einer Drehachse für einen gegebenen Zeitpunkt gilt nur für ein absolut unveränderliches System oder für einen starren Körper. Sobald wir daher die Annahme, daß die Erde in ihrer Gänze ein starrer

*) Über den Begriff der Erdachse. Gerlands Beitr. **33**, 181—185. Leipzig 1931.

Körper sei, oder, wenn sie nicht starr ist, daß sie sich ohne Änderung der wechselseitigen Lage ihrer einzelnen Teile bewege, fallen lassen, verliert der strenge Begriff der Drehachse für sie seine Gültigkeit. Nehmen wir nun einen Gegenstand an, der sich gegen die im übrigen starre Erde bewegt, so kann von einer Drehachse dieses Systems im engeren, gewöhnlichen Sinne dieses Wortes nicht mehr die Rede sein, denn die theoretische Mechanik kennt nicht den Begriff der Drehung für ein materielles System, bestehend aus mindestens zwei starren Körpern, welche beide ihre eigene Bewegung und ihre eigene Drehachse besitzen.

Es ist einleuchtend, daß jenes gewöhnlich angewandte Verfahren, nach welchem die unbedeutenden Änderungen der wechselseitigen Lagen der Erdmassen vernachlässigt werden, als ein Näherungsverfahren betrachtet werden muß. Aber unbeachtet der logischen Mängel dieses Verfahrens ist für eine genauere Untersuchung der Erdbewegung diese Annahme ungenügend. Wir müssen die Erde als ein veränderliches System betrachten, und für ein solches gilt — wie schon erwähnt — der gewöhnliche Begriff einer Drehachse nicht.

Auch die Ergebnisse der Beobachtungen können prinzipiell das Problem nicht lösen. Jede Beobachtung wird lokal vorgenommen, und sie führt für ein veränderliches System zum Begriff der lokalen Drehachse. Die beim Vergleich der verschiedenen Lagen dieser Achsen für einen kurzen Zeitraum sich ergebende Abweichung wird gewöhnlich durch die Änderung der Lage der „wahren" Drehachse der Erde erklärt und offenbart sich in der Veränderung der geographischen Breiten (z. B. Potsdam—Honolulu); aber diese Erklärung erfaßt weder theoretisch noch praktisch die Erscheinungen in ihrer Gänze. Noch verwickelter wird die Sache im Falle großer Zeiträume, wo nicht nur die Verschiebung der Kontinente, sondern auch ihre Bildung und im allgemeinen tiefgreifende Änderungen der Erde, die Zulässigkeit, diese als ein System zu betrachten, das in jedem Augenblick eine einzige Drehachse besitzt, in Frage stellen."

S. 185: „Die angeführten Achsen — die lokale Achse, die geometrische oder Figurenachse der Erde, die Trägheitsachse, die kinematische und die dynamische Achse — umfassen großenteils jene Geraden, welche in der Geophysik eine Rolle spielen. Alle angeführten Achsen liegen sehr nahe beieinander, deshalb decken sie sich in der ersten Annäherung, sind aber tatsächlich alle verschieden, und ihre gegenseitige Lage ändert sich in verhältnismäßig kleinen Zeiträumen, wie es die Ergebnisse der heutigen Beobachtungen bezeugen."

3. Als Größenordnung für die Verschiedenheit der Achsenlagen wird man, den heutigen Beobachtungen entsprechend, wohl ansetzen dürfen: $0.1''$. Für die Zeiträume, in denen sich die Lagen ändern, besteht allerdings ein weiter Spielraum; es dürften zunächst in Frage kommen als Periodendauern: $\frac{1}{2}$, 1, 14, 29 Tage; 12, 14 Monate; 6, 9, 19 und mehr Jahre.

Durch die Ausführungen des Herrn Bilimović wird der seitherigen Erklärung der Polhöhenschwankungen, als herrührend aus einer Bewegung der Erdachse innerhalb des Erdkörpers, zunächst die Grundlage entzogen. Skeptisch äußerte sich in dieser Hinsicht bereits früher Herr H. Jeffreys auf S. 249*) seines bekannten Werkes „The Earth“:

„From what has bean said, it will be evident that the problem of the variation of latitude remains only half resolved, the explanations of the annual portion account only roughly for its character and amplitude, and there is so far no explanation of the source of energy that maintains the 14-monthly period in spite of the damping that must exist.“

4. Die aus schwereren und leichteren, größeren und kleineren Teilen zusammengesetzte Erde wird durch den Weltraum geführt, sie rotiert und unterliegt dabei den veränderlichen Anziehungen durch Sonne und Mond. Anziehungs- und Zentrifugalkräfte wirken verschieden auf die einzelnen Teile, es entsteht mit Notwendigkeit die Frage nach deren „Eigenschwingungen“. Im Jahre 1925 regte ich Herrn Prof. Ing. P. Fillunger (Wien, Technische Hochschule) an, folgende Aufgabe**) in Angriff zu nehmen: Welche Eigenschwingungen kann ein Block von den Ausmaßen des Tibetanischen Hochlandes ausführen innerhalb eines Blockes von den Ausmaßen Eurasiens?

Über diese Frage führte P. Fillunger, unter Benutzung einer bereits bekannten Lösung für ein statisches Problem eine Näherungsberechnung aus, die er mir freundlichst zur Verfügung stellte; ich gebe sie im folgenden Abschnitt 5 wieder.

5. An Stelle der Erdrinde betrachten wir zunächst eine nach allen Richtungen ins Unendliche reichende, ebene Platte. Ein Punkt ihrer Mittelebene habe die Polarkoordinaten $r$, $\varphi$. Bedeuten:

$E$ den sogenannten Elastizitätsmodul des Plattenstoffs,
$m$ die Poissonsche Elastizitätskonstante,
$A$ eine noch näher zu bestimmende Konstante,
$\left.\begin{matrix} u \\ v \end{matrix}\right\}$ Verschiebung eines Plattenpunktes in $\left\{\begin{matrix}\text{radialer} \\ \text{tangentialer}\end{matrix}\right\}$ Richtung,

so gelten die Gleichungen***)

$$\left.\begin{aligned} u &= +\frac{A}{2E}\cdot\frac{3m-1}{m+1}\cdot\log\operatorname{nat} r\cdot\cos\varphi, \\ v &= -\frac{A}{2E}\cdot\left(1+\frac{3m-1}{m+1}\cdot\log\operatorname{nat} r\right)\cdot\sin\varphi \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

*) Erschienen 1924. Diese Skepsis wird beleuchtet durch das Motto zum Abschnitt XV, „The Variation of Latitude“

„What is the use of the axis of the earth?“ —
„Parturiunt montes, nascetur ridiculus mus.“

**) Ähnliche Aufgaben für kleinere Ausmaße werden von der Technik studiert: Schwingungen an Gebäuden durch die Massen bewegter Maschinenteile, durch Motorzüge u. ä.

***) Love-Timpe: Lehrbuch der Elastizität. Leipzig 1907. S. 248. Die Cartesischen Koordinaten und Laméschen Elastizitätskonstanten sind hier in Polarkoordinaten und die Konstanten $E$ und $m$ umgewandelt, wodurch einfachere Ausdrücke entstehen.

Die Verschiebung ist im Endlichen überall stetig mit Ausnahme des Punktes $r = 0$. Dann sind die radiale und die tangentiale Dehnung, sowie die Schubverzerrung gegeben durch*)

$$\left.\begin{aligned}
\varepsilon_{rr} &= \frac{\partial u}{\partial r} &&= +\frac{A}{2E}\cdot\frac{3m-1}{m+1}\cdot\frac{\cos\varphi}{r},\\
\varepsilon_{\varphi\varphi} &= \frac{1}{r}\,\frac{\partial v}{\partial\varphi}+\frac{u}{r} &&= -\frac{A}{2E}\cdot\frac{\cos\varphi}{r},\\
\varepsilon_{r\varphi} &= \frac{\partial v}{\partial r}-\frac{v}{r}+\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial u}{\partial\varphi} &&= -\frac{A}{E}\cdot\frac{m-1}{m+1}\cdot\frac{\sin\varphi}{r}
\end{aligned}\right\}\quad\ldots\ldots\quad(2)$$

Bildet man hieraus die Ausdrücke für die radiale und die tangentiale Normalspannung und die Schubspannung, so ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned}
\sigma_r &= \frac{E\,.m^2}{m^2-1}\cdot\left(\varepsilon_{rr}+\frac{1}{m}\cdot\varepsilon_{\varphi\varphi}\right) &&= +\frac{A}{2}\cdot\frac{m(3m+1)}{(m+1)^2}\cdot\frac{\cos\varphi}{r},\\
\sigma_t &= \frac{E\,.m^2}{m^2-1}\cdot\left(\varepsilon_{\varphi\varphi}+\frac{1}{m}\cdot\varepsilon_{rr}\right) &&= -\frac{A}{2}\cdot\frac{m(m-1)}{(m+1)^2}\cdot\frac{\cos\varphi}{r},\\
\tau &= \frac{E\,.m}{2(m+1)}\cdot\varepsilon_{r\varphi} &&= -\frac{A}{2}\cdot\frac{m(m-1)}{(m+1)^2}\cdot\frac{\sin\varphi}{r}
\end{aligned}\right\}\quad\ldots\quad(3)$$

Es läßt sich zeigen, daß die Spannungen $\sigma_r$ und $\tau$ auf einer kreisförmigen Scheibe (Fig. 1) mit dem Mittelpunkt $O$ kein Moment um $O$ und keine Resultierende in der Richtung $y$ besitzen. Die Resultierende in der Richtung $x$ hingegen ergibt sich zu:

$$R_x = 2\,.\int_0^\pi (\sigma_r\,.\cos\varphi - \tau\,.\sin\varphi)\,d\varphi = A\,.\,\frac{2\pi m^2}{(m+1)^2}\,.$$

Setzt man diesen Ausdruck gleich $P$, so wird**)

$$A = \frac{P}{2\pi}\cdot\left(\frac{m+1}{m}\right)^2 \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\quad (4)$$

Mit Rücksicht auf den Faktor $\log\mathrm{nat}\, r$ in Gleichung (1) schneiden wir nunmehr einen Kreisring $r_1$, $r_2$ aus der unendlichen Platte derart, daß für alle Werte $r_1 < r < r_2$ der $\log\mathrm{nat}\, r$ *endlich* bleibt und daß sonach $u$ und $v$ als sehr kleine Werte angesehen werden können.

Die durch Gleichung (1) dargestellte Verschiebung kommt daher zustande, wenn eine kreisringförmige Platte mit den Halbmessern $r_1$ und $r_2$ (Fig. 2) auf ihren Rändern entsprechend (3) durch Spannungen $\sigma_r$ und $\tau$ belastet wird, wobei die Resultierenden durch $+P$, bzw. $-P$ dargestellt werden. $P$ ist auf die Einheit der Plattendicke bezogen.

---

*) Love-Timpe: Lehrbuch der Elastizität. Leipzig 1907. S. 66.
**) Ebenda, S. 248.

Einen Einblick in die Art der Verzerrung erhalten wir, wenn wir der betrachteten Verschiebung (1) eine Parallelverschiebung in der Richtung der negativen $x$-Achse überlagern, etwa vom Betrage

$$u_0 = \frac{A}{2E} \cdot \frac{3m - 1}{m + 1} \cdot \log \operatorname{nat} r_2.$$

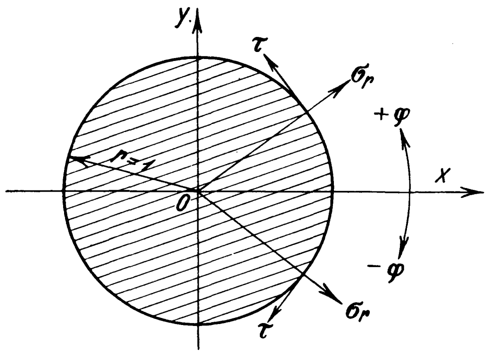


Fig. 1

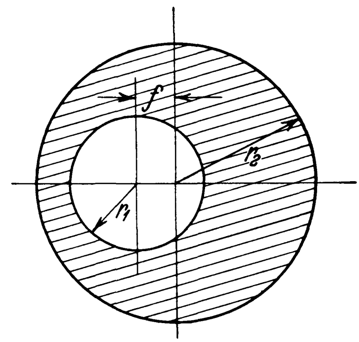


Fig. 4

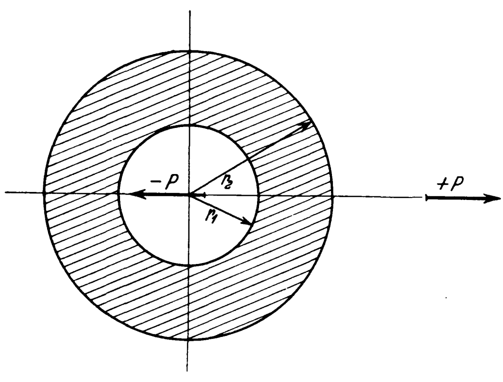


Fig. 2

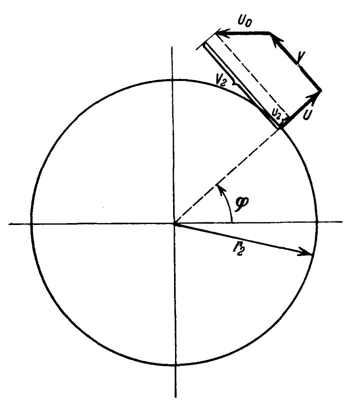


Fig. 3

Dann ist nämlich gemäß Fig. 3:

$$u_2 = u - u_0 \,.\, \cos \varphi = 0,$$

$$v_2 = v + u_0 \,.\, \sin \varphi = -\frac{A}{2E} \cdot \sin \varphi,$$

d. h. der Kreis mit dem Halbmesser $r_2$ behält seine kreisförmige Gestalt vollständig, nur wandern seine Massenteilchen auf seinem Umfange um den Winkel

$$\frac{v_2}{r_2} = -\frac{A}{2Er_2} \cdot \sin \varphi = \frac{-P}{4\pi E r_2} \cdot \left(\frac{m+1}{m}\right)^2 \cdot \sin \varphi.$$

Die Rechnungen gelten nur, solange als $P/4\pi E r$ eine *sehr kleine* Zahl ist, jedenfalls nicht mehr, wenn $r$ gegen Null abnimmt.

Durch diese Verzerrung geht die Platte nach Fig. 2 in die nach Fig. 4 über. Die Mittelpunktsentfernung ist:

$$f = \frac{P}{4\pi E} \cdot \frac{(3m-1)(m+1)}{m^2} \cdot \log \operatorname{nat} \frac{r_2}{r_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Denken wir uns jetzt die Platte am Umfang $r_2$ festgehalten, unbeschadet einer Beweglichkeit nach $v_2$, andererseits den Kreis mit dem Halbmesser $r_1$ durch eine schwere Masse $M$ ausgefüllt und um die Strecke $f$ aus der Mittellage gerückt, hierauf freigelassen, so werden freie Schwingungen dieser Masse eintreten. Die Platte selbst sei im Vergleich mit der Masse im Kreise $r_1$ als masselos vorausgesetzt.

Ist $f$ die Beschleunigung der Masse $M$ und nimmt man die elastische Kraft gemäß (5) an zu:

$$P = f \cdot 4\pi E \cdot \frac{m^2}{(3m-1)(m+1)} \cdot \log \operatorname{nat} \frac{r_1}{r_2} = f \,.\, c \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

so gilt für die Bewegung:

$$M \,.\, \ddot{f} = -P = -f \,.\, c,$$

so daß, wenn zur Zeit $t = 0$ auch $f = 0$ sein soll, folgt:

$$f = c \,.\, \sin\left(t \cdot \sqrt{\frac{c}{M}}\right) \cdot$$

Die langsamste Schwingung dieses Systems von nur einem Freiheitsgrad besitzt demnach eine Schwingungsdauer:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M}{c}} = \sqrt{\frac{\pi \,.\, M}{E} \cdot \frac{(3m-1)(m+1)}{m^2} \cdot \log \operatorname{nat} \frac{r_2}{r_1}} \quad \ldots \quad (7)$$

Will man (7) dazu benutzen, eine freilich sehr rohe Abschätzung der Schwingungsdauer jener Tangentialschwingung in der Erdrinde vorzunehmen, die zu Polhöhenschwankungen führen könnte, so muß vor allem hervorgehoben werden, in welcher Weise unser einfaches mechanisches System von der Wirklichkeit abweicht.

Die Erdrinde bildet ein System von unendlich vielen Freiheitsgraden, während unser System nur einen aufweist; zudem ist unser System eben. Die mitschwingenden Plattenteile zwischen den Kreisen $r_1$ und $r_2$ sind in Wirklichkeit nicht masselos; daher müssen die elastischen Kräfte außer dem $M$ auch diese Masse beschleunigen. Rechnet man nur mit einer Masse $M$ innerhalb des Kreises $r_1$, so erhält man nach (7) offenbar eine zu kleine, und zwar vermutlich *beträchtlich* zu kleine Schwingungsdauer. Die Konstante $m$ hat geringen Einfluß auf $T$ und ist bei Gestein groß anzunehmen; man kann hier $m = \infty$ setzen.

Der Modul $E$ wird für Granit mit 129000 kg/cm$^2$ angegeben*); dieser Wert bezieht sich naturgemäß auf verhältnismäßig kleine, rissefreie Stücke. Für große, weite Länderstrecken überziehende Teile der Erdrinde wird man wegen der vielen Klüfte, Verwerfungen u. dgl. viel weniger, vielleicht $E = 50000$ annehmen dürfen.

Setzt man schließlich noch

$$M = r_1^2 \cdot \pi \cdot \frac{\gamma}{g}$$

mit $\gamma = 0.0033$ kg/cm$^3$, $g = 981$ cm sec$^{-2}$, so ergibt (7)

$$T \doteq 0.45 \,.\, 10^{-4} \,.\, r_1 \,.\, \sqrt{\log \text{nat} \frac{r_2}{r_1}} \,.$$

Wählt man, den Ausmaßen von Tibet und Eurasien annähernd entsprechend: $r_1 = 500$ km, $r_2 = 5000$ km, so wird

$$T = 0.34 \,.\, 10^4 \text{ Sekunden} = 57 \text{ Minuten.}$$

6. Wie schon P. Fillunger andeutet, ist der Elastizitätsmodul $E$ beträchtlicher Unsicherheit unterworfen. Mit Bezug auf die Erdkruste heben G. H. Darwin und S. S. Hough**) die „Widersprüche in dem Grade von Steifigkeit" hervor. Im vergangenen Jahre hatte B. Gutenberg die Güte, mir unter anderem zu schreiben, daß das Problem der „elastischen Kräfte" in der Erdkruste noch völlig im Anfangsstadium stehe***) und daß die neueren Arbeiten von R. Tomaschek vielleicht für eine etwas kleinere „Viskositätskonstante" sprechen, als seither angenommen worden sei. E. Karrer hat kürzlich†) eine exakte Methode angegeben zur Messung der „Plastizität" einzelner Stoffe. Zutreffender als Laboratoriumsversuche mit homogenen Stoffen sind im vorliegenden Falle vielleicht empirische Werte, die aus verwandten seismischen Vorgängen folgen. Im allgemeinen sind kleinere $E$, also dem Ansatze (7) nach, größere $T$ zu erwarten. Nach P. Fillunger ist noch aus einem anderen Grunde (siehe Abschnitt 5) eine Vergrößerung von $T$ zu erwarten.

Falls Werte nahe bei 12 oder 24$^h$ erreicht werden, so ergibt sich wegen der Annäherung an die relativen Umlaufzeiten von Mond und Sonne die Möglichkeit von Resonanzen und sonach von Schwingungen mit größeren Amplituden††).

7. Wünschenswert ist es, wie für $T$, so auch für die Verschiebungen $u$ und $v$ eine Schätzung der Größenordnung zu gewinnen. Stellen sich dafür Beträge von einigen Metern heraus, so liegt weiter die Möglichkeit vor, eine Deutung für bisher nicht erklärte Eigenheiten in den Messungen der Polhöhenschwankung bei der

---

*) Siehe z. B. Hütte, 25. Aufl., S. 555.

**) Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften VI, 1, 6, S. 65.

***) Im Handb. d. Geophys. II, S. 440—564 gibt B. Gutenberg eine ausführliche Erörterung über „elastische Konstanten" der Erde.

†) Zeitschr. f. Instrumentenkde. **52**, 420 (1932).

††) Entsprechend der Annäherung an die *„kritische Zahl"* bei den Mitschwingungsversuchen in der Technik.

Kettenmethode zu finden*), als: ansteigende $\Sigma\Delta\Phi$, Schlußfehler, Gruppenreduktionen mit Jahresperiode, Spiegelbildeigenschaft der Schwankungen auf zwei Periöken-Stationen usw. Den Polhöhenschwankungen mit den bekannten Perioden von 12 und 14 Monaten könnten kurzperiodische Schwankungen überlagert sein, für sie würden schon Amplituden $< 0.1''$ genügen, um die oben genannten Eigenheiten: Schlußfehler und Anstiege, hervorzubringen.

Den Fig. 1 und 3 im Abschnitt 5 gemäß wären Schollenbewegungen nicht allein in der Nord-Südrichtung zu erwarten; wie bei den Polhöhen, so ist dann auch bei den Längen (und Azimuten) Veränderlichkeit möglich. Die neuesten Fortschritte im Zeitdienst und im Zeitvergleich**) eröffnen die Möglichkeit, auch diese festzustellen. Liegen, wie es bisher überwiegend der Fall ist, getrennte Stationsnetze für Breiten- und für Längenbestimmungen vor, so entsteht große Schwierigkeit, zusammengehörige Wertepaare für jede Station zu finden. Es entsteht der Wunsch, auf derselben Station sowohl laufende Polhöhenmessungen als auch laufende Längenvergleiche von größter Genauigkeit zu haben.

Unsere geodätischen wie astronomischen Messungen finden auf einer empirischen Fläche statt; so wie man bei der Bestimmung der Erd-Gestalt sich der allbekannten Forderung nach „analytischer Fortsetzung" fügen muß, so muß man ganz Entsprechendes gelten lassen für die Bestimmung von Beweglichkeiten auf der Erd-Oberfläche. Bei den rein geodätischen Messungen (Grundlinien, Triangulation, Nivellement) wird Element an Element gelegt, während die Stationen für die astronomischen Messungen (Polhöhe, Länge, Azimut) im allgemeinen noch zu große Abstände haben, als daß man interpolieren könnte. Bei den Drehwaagemessungen wählt man das Netz über einem Flächenstück so eng, daß Gradienten und Krümmungsgrößen eindeutig und stetig von einem Waagepunkt zum anderen übergeführt werden können. Bei den relativen Schweremessungen trifft dies für die Schwerkraft selbst wie für ihre Änderung bei weitem nicht immer zu und gar manche der neueren Isogammen- oder Isanomalenpläne halten selbst einer nachsichtigen Kritik nicht stand. Eine Interpolationsformel, abgeleitet aus Messungen auf isolierten Stationen in einem beschränkten Gebiet (z. B. auch auf einem Parallel), sollte auch alle auf Zwischenpunkten angestellten Messungen gut darstellen; diese Notwendigkeit besteht auf der Erdoberfläche nicht für Punkte, die tausende von Kilometern außerhalb der Meßgebiete liegen. Beispiels-

*) Astronomische Abhandlungen als Ergänzungshefte zu den Astronomischen Nachrichten Nr. 11, Kiel 1906: Numerische Untersuchung über Polhöhenschwankung und Aberrationskonstante, § 8: Die Polhöhenschwankungen der sieben Aberrationssterne W. Struves, S. 18—26, insbesondere die Tabellen 36, 40, 41, 48, 44, sowie Abbildung S. 25.

**) Bulletin géodésique, Organe de la Section de Géodésie de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale; Nr. 27, S. 390—393 (1930). Annexe A: Influences saisonnières sur la détermination des longitudes, par N. Stoyko. Vorher schon wies E. Kohlschütter bei Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission darauf hin, daß bei drahtlosen Zeitvergleichen wellenförmige, über mehrere Monate reichende Unstimmigkeiten sich bemerkbar gemacht haben.

weise besteht sie nicht streng für die bekannte Interpolationsformel $x \,.\, \cos\lambda + y \,.\, \sin\lambda$ des 39. Parallels, auch nicht für das weitmaschige Netz der die Erde umspannenden, neueren Längenbestimmungen.

Neuerdings wurde bekanntlich von verschiedenen Seiten vorgeschlagen, die Stationen zur Bestimmung der Polhöhenschwankung auch mit seismischen Instrumenten auszurüsten. Im Sinne der obigen Ausführungen über Beweglichkeit in der Erdkruste erscheint es noch wichtiger, dieselben Stationen auch in Länge schärfstens untereinander zu verbinden; eine Unstetigkeit z. B. müßte sich im allgemeinen in beiden Komponenten zugleich zeigen.

Endlich erscheint es ratsam, beim Anlegen neuer Stationen mehr als bisher seismisch ruhige Gebiete einzubeziehen; von den sechs Stationen des Internationalen Parallels liegen vier, nämlich Mizusawa, Kitab (Tschardjui), Carloforte und Ukiah auf den beiden großen Bruchzonen der Erdkruste.

*Wien*, Oktober 1934.

---

## Seismische Bodenunruhe in Hamburg und örtlicher Sturm

Von **E. Tams**, Hamburg — (Mit 2 Abbildungen)

Es werden korrelationsanalytisch die Beziehungen zwischen einem „mikroseismischen Sturm“ vom 23. Juni 1933 und den gleichzeitig in Hamburg beobachteten, in Böen bis auf 20 bis 30 m/sec ansteigenden Windgeschwindigkeiten dargestellt. Die Untersuchung wird außer für Stundenmittel auch für Viertelstundenmittel durchgeführt und ergibt für eine bestimmte Beobachtungsreihe der Windgeschwindigkeit in rund $1^1/_2$ km Entfernung nordöstlich von der Erdbebenstation für Stundenmittel einen Korrelationskoeffizienten nahe an 1 und für Viertelstundenmittel einen Koeffizienten von immerhin noch rund $^2/_3$. Der sogenannte berichtigte Abhängigkeitskoeffizient stellt sich in diesen beiden Fällen auf 0.91 bzw. 0.41.

Über den Zusammenhang der seismischen Bodenunruhe mit den örtlichen Windverhältnissen liegt für Hamburg bereits eine von mir angeregte Untersuchung von H. Schünemann*) vor. Es konnte nach den Aufzeichnungen zweier die N—S- und die E—W-Komponente photographisch registrierender Heckerscher Horizontalpendel eine enge Beziehung zu der auf der Deutschen Seewarte in Hamburg beobachteten Windgeschwindigkeit bzw. zu dem Winddruck nachgewiesen werden. Bei der Bodenunruhe handelte es sich wesentlich um Wellen von rund 10 bis 40 sec Periode. Gemessen wurden Perioden von 11 bis 36 sec mit Amplituden bis zu 23 $\mu$ in einer Komponente. Kürzere Perioden dürften aber auch nicht gefehlt haben, sondern nur bei der kleinen Transportgeschwindigkeit der Registrierbogen (6 mm pro min) in den photographischen Linien schwerer erkennbar gewesen sein. Die sehr regelmäßig gestaltete und im allgemeinen

---

*) Die seismische Bodenunruhe zweiter Art in Hamburg und ihre Ursache. [Dissertation Hamburg 1931 und Zeitschr. f. Geophys. **8**, 216ff. (1932)].