

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0004 | LOG_0049

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

nicht für wahrscheinlich gehalten, daß Kontinentalschollen und Ozeanböden Repräsentanten zweier verschiedener Schalen der Erdkruste, nämlich einer Sial- bzw. Simasphäre, sind. Zum Schluß wird unter besonderer Berücksichtigung auch der Schwerkraftsverhältnisse zur Frage der Tiefseerinnen Stellung genommen. (Die ausführliche Arbeit wird in einem der folgenden Hefte dieser Zeitschrift erscheinen.)

Bodenunruhe durch Brandung und durch Frost.

Von **B. Gutenberg**, Frankfurt a. M.

Die Aufzeichnungen des Galitzinpendels auf dem kleinen Feldberg (Taunus) lassen seit der Aufstellung im September 1927 bis Ende August 1928 nur zwei Arten der Bodenunruhe erkennen: 1. Regelmäßige Wellen mit Perioden von 4 bis 10 Sekunden; 2. Unregelmäßige Bewegungen mit Perioden von 20 bis 50 Sekunden (längere sind angedeutet, infolge der großen Registriergeschwindigkeit von 30 mm pro Minute aber schwer feststellbar). Die Vergrößerung V des Pendels war etwa für andauernde Sinuswellen mit der Periode T :

T	4	8	12	17	26	42	55 sec,
V	500	1000	1100	1000	500	200	100 fach.

Da keine Spuren von Wellen mit Perioden von über 10 Sekunden bei Sturm außerhalb der Frostperioden vorhanden waren, scheinen keine „langperiodische Bewegungen durch Wind“ vorhanden zu sein. Auch kurzperiodische (2 bis 6 sec) Wellen bei lokalem Sturm fehlen. Es ist hiernach sehr wahrscheinlich, daß die Bewegungen bei Sturm nicht nur zum Teil, wie schon Galitzin auf Grund seiner Versuche mit Pendeln im luftverdünnten Raum vermutete, sondern vollständig durch direkten Einfluß von Luftströmungen auf die Instrumente verursacht werden, welcher auf dem Taunusobservatorium durch die Bauart, insbesondere die Anlage von zwei getrennten Ummauerungen des Erdbebenhauses und überdies Aufstellung des Pendels unter einer Blechglocke verhindert wird. Die Untersuchungen von Wilip sprechen ebenfalls hierfür.

1. Regelmäßige Wellen mit Perioden von 4 bis 10 Sekunden. Die Bewegung trat im allgemeinen stärker hervor, sobald der Seegang*) irgendwo an den westeuropäischen Ozeanküsten den Wert V (0 bis IX) erreichte. Besonders wird die Unruhe auf dem Taunusobservatorium, wie nach den früheren Untersuchungen zu erwarten war, durch die westenglische Brandung (Irland, Schottland) beeinflusst. Bei Seegang VII beträgt die Unruhe über 1μ , bei VIII wurden Werte von 5μ erreicht, und zwar gleichmäßig im Winter wie im Sommer.

*) Seegang und Brandung sind nicht immer proportional! Die Brandung wird nicht beobachtet.

Ein Einfluß der Tiefdruckgebiete ist nicht feststellbar. Am 24. November 1927 bewirkte z. B. ein Tief von unter 720 mm südlich von Island keine wesentliche Änderung der Unruhe. Besonders charakteristisch ist folgendes Beispiel aus dem Juni 1928, wobei die Brandung nur in Westengland IV überschritt, während das Tiefdruckgebiet über Irland (9.) nach Skandinavien zog:

	Luftdruck- minimum mm	Seegang in Westengland	Boden- unruhe in μ
8. Juni vormittags	740	0, I, II, II, III, IV	$\frac{1}{2}$
8. " abends	735	0, I, I, III, III, V	1
9. " vormittags	735	I, IV, V, VI, VI, VII	2
9. " abends	735	V, VI, VII, VIII, VIII, VIII	5
10. " vormittags	740	III, III, IV, V, VI, VI, VII	2
11. " vormittags	743	0, I, II, IV, V, VI	$\frac{1}{2}$

Wir finden jedenfalls erneut die Ansicht, daß die Brandung die Ursache dieser Unruhe ist, bestätigt.

Vor kurzem hat der verdienstvolle Seismologe in Zi-ka-wei E. Gherzi*) in dieser Zeitschrift eine Reihe von Fragen an mich gestellt, die ich bei dieser Gelegenheit durch Darstellung des ganzen Vorganges kurz beantworten will:

Die Küste wird von der Brandung erschüttert. Dabei sind Drucke von über 1 kg/cm^2 , also von ganz anderer Größenordnung, wie sie in Gherzis Theorie vorkommen, vielfach gemessen worden. Diese Erschütterungen, welche im allgemeinen mit Perioden von 3 bis 10 sec erfolgen, überlagern sich und werden von nahe gelegenen Seismometern [Beispiele: Helgoland, Tsingtau, Apia, Zi-ka-wei („a dent de scie“) u. a.] als kurze, unregelmäßige Bewegung aufgezeichnet. Nun hat K. Seza wa **) in einer für die Theorie geophysikalischer Wellen außerordentlich wichtigen Arbeit für eine Reihe von Sonderfällen gezeigt, daß in elastisch-viskosen Medien jede noch so unregelmäßige Bewegung bei der Fortpflanzung nach und nach in regelmäßige Wellen übergeht, und daß diese mit wachsender Entfernung immer länger und flacher werden***). Daß dies bei der Bodenunruhe (übrigens auch bei vielen anderen geophysikalischen Wellenerscheinungen) der Fall ist, zeigen vor allem die für das Bodenunruheproblem klassischen Untersuchungen von F. Linke †) für Apia, wo die Unruhewellen um so kürzer und unregelmäßiger wurden, je näher das Sturmzentrum (und damit die Brandungsstelle) heranrückte. Sobald eine neue Inselgruppe von der Brandung getroffen wurde, änderte die Unruhe in Apia ihr Aussehen, so daß F. Linke direkt aus dem Aussehen der Unruhe die Sturm-

*) Diese Zeitschr. 4, 147, 1928.

**) On the decay of waves in visco-elastic solid bodies. Bull. Earthquake Res. Instit. Tokyo 3, 43, 1927 sowie ebenda 4, 107, 1928.

***) Folgende Beziehung scheint für Planwellen zu gelten, wenn T = Periode, V = Wellengeschwindigkeit, L = Distanz, a = Konstante, die von verschiedenen Faktoren abhängt.

†) Die Brandungsbewegungen des Erdbodens . . . , Abh. Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen, N. F. VII, Berlin 1909.

bahn verfolgen konnte. Damit ist gleichzeitig der Nachweis erbracht, daß die kurze unregelmäßige Unruhe und die in Frage kommende regelmäßige stetig ineinander übergehen. Auch in Europa wächst die Periode der Wellen mit der Entfernung von der Störungsquelle, wie früher*) aus den Beobachtungen gefunden wurde. Wir haben also bei sehr naher Brandung (z. B. Monsun bei Zi-ka-wei) ganz kurze, unregelmäßige Wellen (dents de scie), bei naher Brandung durch Zyklonen etwas regelmäßigere Wellen mit Perioden von 1 bis 5 sec (beobachtet z. B. in Apia), bei ferner Brandung Wellen mit Perioden von 4 bis 8 und bei sehr weiter Brandung (z. B. in Zentralrußland) bis über 10 sec, also nicht überall von 4 bis 8 sec, wie Gherzi glaubt. Daß die Periode der Brandungswellen, die Schichtung des Untergrundes und dessen elastische Konstanten (besonders die Moduln für elastische Vorgänge in viskosen Medien) außerdem Einflüsse besitzen, ist sicher. Damit sind die Fragen von Gherzi beantwortet. Aber wie erklärt nun Gherzi die Erscheinungen bei seiner Theorie? Wie die Wirkung der viel kleineren Druckdifferenzen, die bald als Druck, bald als Zug wirken (bei der Brandung nur als Druck!), die bei der leicht beweglichen Meeresfläche wohl Oberflächenwellen, aber wohl kaum stärkere Druckwellen hervorrufen können? Warum treten bei Zyklonen in großer Nähe der Station nicht die regelmäßigen, sondern die kurzen, unregelmäßigen Wellen auf (Helgoland, Apia)? Warum ist die Unruhe selbst bei sehr kräftigen Zyklonen oft ganz unbedeutend, wofür zahlreiche Beispiele vorliegen? Warum schwillt die Bewegung manchmal plötzlich an, während die Zyklone sich kaum ändert, dabei allerdings wesentliche Änderungen der Brandung zur Folge hat, wie unter anderem obenstehendes Beispiel zeigt? Warum liegt die Stelle mit stärkster (relativer) Unruhe, wie ich zeigen konnte*), in der Nähe der Stelle mit stärkster Brandung, gleichgültig, wo der Kern der Zyklone liegt? Warum tritt insbesondere die Unruhe in Apia nur dann stark auf, wenn eine Inselgruppe in den Bereich der Sturmbahn kommt (und dadurch starke Brandung besitzt), nicht aber, wenn die Zyklone über freies Meer wandert? (Vgl. F. Linke, a. a. O.) Daß die Unruhe nicht völlig unabhängig von den Tiefdruckgebieten ist, liegt eben daran, daß diese wieder die Brandung ganz wesentlich beeinflussen.

2. Unregelmäßige Bewegung mit Perioden über 15 Sekunden. Sobald die Temperatur in Göttingen oder in dessen weiterer Umgebung unter 0° fiel, traten dort, wie der Verfasser**) feststellte, unregelmäßige Wellen auf, deren Amplituden von einzelnen μ bei Perioden von $1/2$ min bis zu mehreren 100μ bei Perioden von mehreren Minuten anwuchsen. Die Bewegung und ihr Zusammenhang mit dem Frost wurde später mehrfach (in Rußland, in Zi-ka-wei von E. Gherzi) festgestellt, eine eingehende Untersuchung scheint aber nicht

*) Untersuchungen über die Bodenunruhe..., Veröffentl. Zentralbureau d. int. Seism. Assoc., Straßburg 1921.

**) Vgl. z. B. „Die seismische Bodenunruhe“, Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin 1924.

erfolgt zu sein. Die weitere Verfolgung dieses Problems war ein wesentlicher Grund dafür, daß das Galvanometer des Galitzinpendels (und dieses selbst) bei der Neuaufstellung auf dem Taunusobservatorium eine relativ hohe Eigenperiode (etwa 20 sec) erhielt, so daß längere Wellen noch stark vergrößert werden (siehe oben). Die Ergebnisse waren 1927/28 kurz folgende, wobei U = Unruhe in μ , M = Temperaturminimum Feldberg, T = tiefste Temperatur in Mitteleuropa um 8 Uhr nach der Isothermenkarte der Seewarte:

Datum 1927:	1. bis 3. Okt.	4. bis 10. Okt.	11. Okt.	12. bis 26. Okt.	28. Okt. bis 5. November
U	0	5, abnehm.	0	1 \pm	0
M	> 2	0 bis 5	> 2	0 bis 5	etwa + 5
T	> 2	0 \pm 2	> 2	0	etwa + 5
Datum 1927:	7. bis 10. November	10. November bis 6. Dezember	6. bis 10. Dez.	10. bis 17. Dezember	
U	zunehm. bis 10	2 bis 10	$\leq 1/2$	zunehm. bis >	10
M	abnehm. " — 5	— 0 " — 10	um 0	abnehm. " <	— 15
T	" " — 5	— 2 " — 15	— 5	" "	< — 15
Datum 1927:	18. bis 21. Dez.	22. bis 23. Dez.	23. bis 27. Dez.	28. Dezember bis 4. Januar 1928	5. Januar
U	1	1, abnehm.	0	2 bis 4	0
M	um — 15	zunehm. auf 5	> 0	etwa — 10	— 3
T	< — 15	" " 10	0	" — 10	— 5
Datum 1928:	6. Januar bis 9. März		10. bis 12. März	13. bis 15. März	16. bis 27. März
U	0, vereinzelt Spuren		1 bis 2	0	fehlt
M	zwischen 0 u. — 5, vereinzelt > 0		bis — 10	— 5	—
T	zwischen 0 u. — 8		etwa — 5	— 5	—
Datum 1928:	28. März bis 6. April	7. April	8. bis 16. April	17. April	18. bis 20. April
U	0	1	0	$1/2$	6 bis 8
M	0 bis + 5	— 2	+ 3 u. mehr	— 2	etwa — 5
T	0 " + 5	— 2	> 0	— 2	0 bis — 5
Datum 1928:	21. April	22. bis 27. April	28. April bis 8. Mai	9. bis 12. Mai	13. bis 16. Mai
U	2	fehlt	0	1 bis 2	0
M	— 2	—	über 5	— 2 bis — 4	0 bis + 3
T	0	—	über 5	+ 2	+ 5
Datum 1928:	17. bis 18. Mai		19. Mai bis Ende August		
U	$1/2$		0		
M	0		> 0		
T	+ 5		> 0		

Vergleicht man die verschiedenen Kurven, so ergibt sich folgendes: Sobald die Temperatur nur wenig den Nullpunkt unterschreitet, setzt die Bewegung ein, und zwar meist relativ stark. Sinkt die Temperatur weiter, so nimmt die Bewegung zu. Längere Wellen als solche mit Perioden von etwa 1 Minute konnten, wie erwähnt, nicht untersucht werden; sie enthalten die größten Amplituden, allerdings keine wesentlich größere Energie. Für

$T = 30 \text{ sec}$, $a = 10 \mu$ oder $T = 60 \text{ sec}$, $a = 20 \mu$ ist $E = \text{etwa } 0.4 \cdot 10^{-7} \text{ Erg}$, für $T = 200 \text{ sec}$, $a = 100 \mu$ ist $E = \text{etwa } 10^{-7} \text{ Erg}$. Dagegen ist für $T = 7 \text{ sec}$, $a = 5 \mu$ $E = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Erg}$. Bleibt die Temperatur unverändert oder steigt sie gar, so nimmt die Bewegung selbst dann ab, wenn noch erheblicher Frost vorhanden ist. Die Bewegung ist also nur kräftig bei Frost und fallender Temperatur. Irgendwelche andere meteorologischen Elemente, die bisher untersucht wurden (Luftdruck, Brandung, Wind), beeinflussen die Bewegung nicht. Auch ein Einfluß der Schneedecke war nicht feststellbar. Während ein Vergleich mit der Temperatur der Erde an der Oberfläche und in 10 cm Tiefe ähnlichen Parallelismus wie oben ergab, zeigte sich keinerlei Zusammenhang zwischen der Unruhe und der Temperatur in 50 cm oder größerer Tiefe. Es scheint hiernach, daß nur das Gefrieren der allerobersten Bodenschichten an der Station oder in ihrer Umgebung (100 bis 200 km) diese Bewegungen verursacht. Eine direkte Beeinflussung der Instrumente scheint unter den angegebenen Verhältnissen ausgeschlossen zu sein.

Beitrag zur Schallausbreitung in der Atmosphäre.

(Forschungsarbeit mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.)

Von **Joseph Kölzer**, Berlin. — (Mit vier Abbildungen.)

Die Notwendigkeit der besseren Berücksichtigung der Witterungseinflüsse bei allen Untersuchungen über Schallausbreitung in der Atmosphäre wird betont. Die Grundlage jeder Forschung bildet die einwandfreie Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in freier Luft, die gegenwärtig noch ein Problem bildet. Die Schwierigkeit liegt bei den Witterungseinflüssen. Es wird ein neues Verfahren gezeigt, welches unter Voraussetzung vollständiger meteorologischer Daten eine bessere Erfassung und Berücksichtigung der Witterungseinflüsse gestattet. Aus dem Verlauf der Schallgeschwindigkeitskurve können bestimmte Gesetze der Schallausbreitung abgelesen werden. Zum Schluß wird eine Methode vorgeschlagen, um die Schallgeschwindigkeit in freier Luft experimentell neu zu bestimmen, da ihr wahrscheinlicher Wert nach Untersuchungen des Verfassers näher bei 332 m/sec (statt 330.7) liegt.

Seit 1923 wird von mir die Forderung vertreten, bei Untersuchungen über Schallausbreitung auf weite Entfernungen den Witterungseinflüssen mehr Beachtung zu schenken. Die Witterungseinflüsse begünstigen oder beeinträchtigen, je nach der Ausbreitungsrichtung des Schallstrahles, dessen Verlauf wesentlich. Eng damit zusammen hängt die Frage der Intensitätsverteilung der Schallenergie in verschiedenen Richtungen, über die wir bisher im wesentlichen nur qualitative Vorstellungen besitzen. Das Studium der Schallausbreitung auf nahe Entfernungen (bis etwa 25 km), muß dieser Frage ganz besondere Beachtung schenken. Die Witterungseinflüsse spielen ferner eine wichtige Rolle bei der exakten Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in freier Luft, eine