

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0004

LOG Id: LOG_0021

LOG Titel: Untersuchungen über die seismische Bodenunruhe kurzer Periode

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

Untersuchungen über die seismische Bodenunruhe kurzer Periode.

Von **W. Schneider**, Potsdam. — [Mit sieben Abbildungen *].

Es wurde die seismische Bodenunruhe kurzer Periode an der Erdoberfläche gemessen, die Bewegung eines einzelnen Teilchens graphisch dargestellt und untersucht, ob eine Abhängigkeit vom Azimut besteht. Ferner wurden der Einfluß der Gebäude und die Abnahme der Amplitude mit der Tiefe bestimmt.

Seit der Entdeckung der seismischen Bodenunruhe durch die feineren Seismometer, ist diese Erscheinung Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen, die Gutenberg in seinem Buche „Die seismische Bodenunruhe“ zusammengefaßt hat. Man hat bei diesen Untersuchungen einmal Gewicht darauf gelegt, die seismische Bodenunruhe nach Periode und Amplitude in Klassen einzuteilen und die Abhängigkeit jeder dieser Größen von der Zeit festzustellen. Der so gewonnene zeitliche Verlauf der seismischen Bodenunruhe wurde zur Entscheidung der Frage, ob sie mit anderen Phänomenen im Zusammenhang steht, benutzt. Andererseits wurde zum Studium der physikalischen Natur der seismischen Bodenunruhe die wahre Bewegung eines einzelnen Teilchens in der Horizontalebene bestimmt**).

Messungen in der Tiefe hat Rossi angestellt. Er beobachtete in 18 m Tiefe nur noch eine halb so große Amplitude der seismischen Bodenunruhe als an der Erdoberfläche. Ähnliches hat Hecker gefunden. Beobachtungen in Pribam in Böhmen haben in einer Tiefe von 1100 m keine Abnahme der Amplitude ergeben. Die Beobachtungen in Clausthal, in 700 m Tiefe, haben gegenüber Göttingen kleinere Amplituden ergeben. Hieraus Schlüsse zu ziehen, dürfte kaum möglich sein, da die örtliche Verschiedenheit nicht ohne Einfluß ist.

Die bisher bekannten Beobachtungen haben nur im allgemeinen den Nachweis der seismischen Bodenunruhe in der Tiefe erbracht. Genaue Angaben über die Abnahme der Amplitude mit der Tiefe für eine bestimmte Periode sind noch nicht erbracht worden. Im folgenden wird über Messungen der seismischen Bodenunruhe von 0.4 sec Periode berichtet.

Die Versuche wurden im Brunnen und im Gelände des Geodätischen Instituts ausgeführt. Der Brunnen hat eine Tiefe von 40 m. In 25 m Tiefe ist

*) Diese Arbeit ist ein Teil der experimentellen seismischen Untersuchungen, die im Geodätischen Institut in Potsdam unter Leitung von Prof. Dr. Angenheister mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaften ausgeführt worden sind. Die Arbeit mußte vom Verfasser vorzeitig abgebrochen werden. Sie kann daher nur als eine vorläufige Orientierung gelten.

***) R. Schneider: Mitteilung der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien. N. F. Nr. XXXV, 1909. Weitere Literatur siehe in dem oben angeführten Buche von Gutenberg.

seitlich eine Beobachtungskammer eingebaut. Es konnten Registrierungen an der Erdoberfläche in 25 m und in 40 m Tiefe vorgenommen werden. Bei allen Untersuchungen wurde Gewicht darauf gelegt, daß die Messungen an der Erdoberfläche und in der Tiefe, oder die Messungen in den verschiedenen Komponenten an der Erdoberfläche gleichzeitig erfolgten. Will man nun aus solchen Messungen sichere Schlüsse ziehen, so ist es ferner unbedingt erforderlich, daß man Seismometer verwendet, die von derselben Bodenbewegung vollkommen gleiche Aufzeichnungen geben. Wieweit das bei den hier verwendeten Seismometern der Fall ist, zeigt die Fig. 1, die eine gleichzeitige Registrierung der seismischen

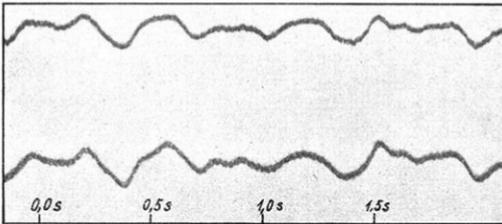


Fig. 1. Eine Komponente der seismischen Bodenunruhe mit zwei Horizontalseismometern verschiedener Konstruktion registriert.

mischen Bodenunruhe zweier Horizontalseismometer wiedergibt, die dicht nebeneinander standen, und deren Schwingungsebenen einander parallel waren. Die beiden Pendel sind von verschiedener Konstruktion. Das eine ist ein Horizontalpendel. Die Aufhängung der Masse ist im Prinzip die gleiche wie die von Zöllner und Hengler angegebene. Das andere

ist ein Vertikalpendel. Die Masse ist an einer Blattfeder vertikal aufgehängt. Ihre Eigenperioden betragen 0.5 bzw. 0.7 sec. Die aus den geometrischen Abmessungen berechnete Vergrößerung stimmt bei beiden Instrumenten überein. Sie ist eine 25 000 fache. Dasselbe gilt nach der Fig. 1 für die hier im wesentlichen auftretenden Perioden auch für die dynamische Vergrößerung.

I. Die seismische Bodenunruhe an der Erdoberfläche. Um nun festzustellen, ob eine Abhängigkeit der seismischen Bodenunruhe vom Azimut besteht, wurden die beiden Seismometer so aufgestellt, daß ihre Schwingungsebenen senkrecht aufeinander standen, und zwar die Schwingungsebene des einen Pendels in der Nord-Südrichtung und die des anderen in der Ost-Westrichtung. Die Fig. 2 zeigt eine solche Registrierung im Keller des Geodätischen Instituts und die Fig. 3 und 4 solche unter denselben Bedingungen, nur daß der Aufstellungsort 30 bzw. 80 m vom Institutsgebäude entfernt lag. Die Aufnahme im Keller und die im Institutsgebäude zeigen eine bestimmte Periode von ganz besonders großer Amplitude. Die Periode ist rund 0.4 sec, die folgende Untersuchung erstreckt sich nur auf Schwingungen dieser Periode.

Die Amplituden der Aufzeichnung der seismischen Unruhe im Keller des Instituts während 3 sec gibt die Tabelle 1 in Millimetern.

Tabelle 1.

EW	4	5	2	3	4	2	2.5	5	2.5	1.5	2	3.5
NS	20	16	16	18	16	20	18	17	19	14	15	15

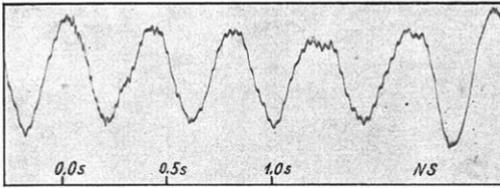


Fig. 2 a. Nord-Südkomponente.

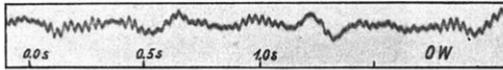


Fig. 2 b. Ost-Westkomponente.

Fig. 2. Die seismische Bodenunruhe im Keller des Geodätischen Instituts.

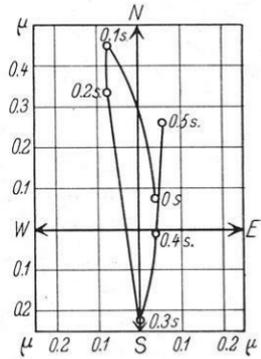


Fig. 2 c. Bewegung eines einzelnen Bodenteilchens in der Horizontalebene. Die an die Punkte geschriebenen Zahlen geben die Zeit an.

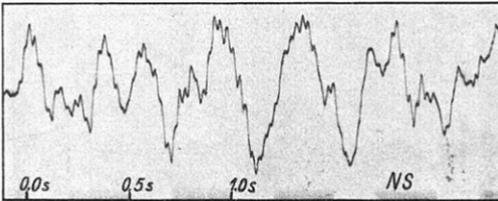


Fig. 3 a. Nord-Südkomponente.

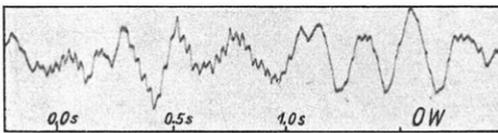


Fig. 3 b. Ost-Westkomponente.

Fig. 3. Die seismische Bodenunruhe in 30m Entfernung vom Institutsgebäude.

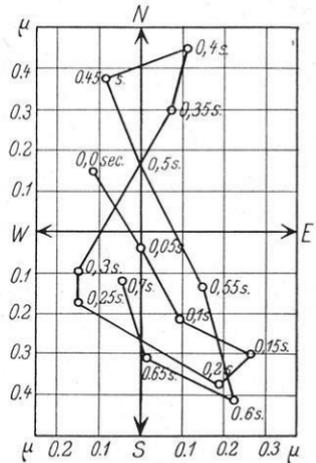


Fig. 3 c. Die Bewegung eines einzelnen Bodenteilchens in der Horizontalebene. Die an die Punkte geschriebenen Zahlen geben die Zeit an.

Das ist im Mittel in der Ost-Westrichtung eine Amplitude von 3 mm und in der Nord-Südrichtung eine Amplitude von 17 mm. Das entspricht einer wahren Bodenbewegung

in der Ost-Westrichtung im Mittel 0,12 μ
 „ „ Nord-Südrichtung „ „ 0,68 μ

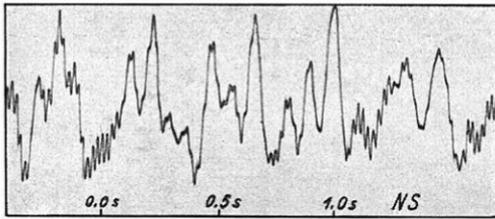


Fig. 4 a. Nord-Südkomponente.

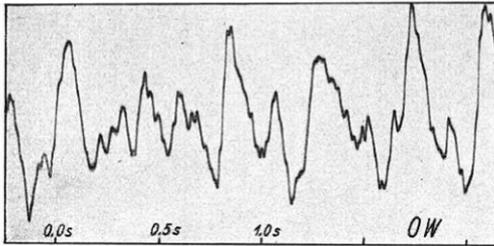


Fig. 4 b. Ost-Westkomponente.

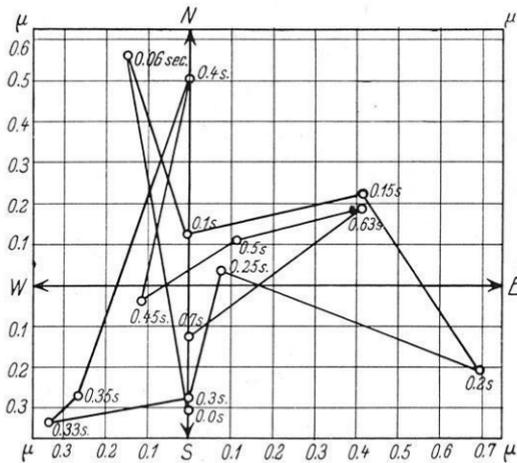


Fig. 4 c. Die Bewegung eines einzelnen Bodenteilchens in der Horizontalebene. Die an die Punkte geschriebenen Zahlen geben die Zeit in Sekunden an.

Fig. 4. Die seismische Bodenunruhe in 80 m Entfernung vom Institutsgebäude.

Die Tabelle 2 enthält die Amplituden im Institutsgelände 30 m vom Gebäude entfernt in Millimetern

EW	6	9	14	14	11	12	10
NS	16	20	14.5	22	20	17	24

Das ist im Mittel eine Amplitude in der Ost–Westrichtung von 11 mm und in der Nord–Südrichtung eine Amplitude von 19 mm. Die wahre Bodenbewegung ist

in der Ost–Westrichtung 0.44 μ
 „ „ Nord–Südrichtung 0.76 μ

Die Tabelle 3 enthält die Amplituden im Institutsgelände 80 m vom Institut entfernt in Millimetern.

Tabelle 3.

EW	19	22	25	36	32	16	25	30	27
NS	22	21	21	29	27	16	28	29	23

Das ist im Mittel eine Amplitude in der Ost–Westrichtung von 26 mm und in der Nord–Südrichtung von 24 mm. Das entspricht einer wahren Bodenbewegung

in der Ost–Westrichtung 1.04 μ
 „ „ Nord–Südrichtung 0.96 μ

Die Amplitude der seismischen Bodenunruhe ist im Gebäude in der Nord–Südkomponente das 6 fache der Ost–Westkomponente, in 30 m Entfernung vom Institut ist die Nord–Südkomponente nur noch doppelt so groß als die Ost–Westkomponente, und in 80 m Entfernung vom Institutsgebäude sind beide Komponenten praktisch einander gleich (Fig. 2, 3 und 4).

Die hier beobachtete Amplitude der seismischen Bodenunruhe zeigt also eine deutliche Abhängigkeit vom Azimut. In der Längsrichtung des Hauses (Ost–Westkomponente) ist die Amplitude vermindert, in der Querrichtung (Nord–Südkomponente) ist sie nicht sonderlich beeinflusst. Die Bewegung im Keller des Gebäudes ist außerdem viel regelmäßiger — es sind nahezu elliptische Schwingungen — gegenüber der sehr viel unregelmäßigeren im Institutsgelände. Schlüsse aus Beobachtungen der seismischen Bodenunruhe kleinerer Perioden in Gebäuden zu verallgemeinern, ist nicht statthaft.

II. Die seismische Bodenunruhe in der Tiefe. Die Fig. 5 zeigt die Registrierungen der seismischen Bodenunruhe im Brunnen des Geodätischen Instituts an der Erdoberfläche in 25 und 40 m Tiefe. Die Kurve *a* entspricht der Registrierung an der Erdoberfläche, die Kurven *b* und *c* der in 25 bzw. 40 m Tiefe. Die Periode von 0.4 sec ist auch in der Tiefe vorhanden, ihre Amplitude nimmt aber mit der Tiefe ab. Tabelle 3 gibt eine zahlenmäßige Darstellung der Abnahme der Amplitude mit der Tiefe.

Tabelle 4.

Tiefe m	Amplitude der wahren Bodenbewegung μ
0	0.6
25	0.26
40	0.14

Die Fig. 7 gibt eine graphische Darstellung der Abnahme der Amplitude. Verlängert man die beiden Kurvenäste linear nach unten, so schneiden sie sich in einem Punkte, der einer Tiefe von etwa 60 m entspricht.

In einem homogenen elastischen Halbraum können Oberflächenwellen auftreten, deren Amplituden mit der Tiefe abnehmen, die Rayleighwellen. Neben der Abnahme der Amplitude mit der Tiefe ist für sie noch das Verhältnis der horizontalen Verrückungen H zu der vertikalen Z charakteristisch. Die Theorie ergibt für eine isotrope Erdkruste $H/Z = 0.68$. Die Vertikalkomponente ist also bei den Rayleighwellen bedeutend größer als die Horizontalkomponente. Betrachtet man nun die Fig. 6, die eine Aufnahme der seismischen

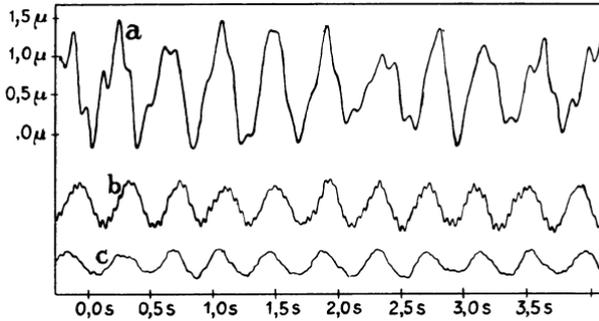


Fig. 5. Die horizontale Komponente der seismischen Bodenunruhe in verschiedener Tiefe.

Kurve a) an der Erdoberfläche,
 „ b) in 25 m Tiefe,
 „ c) „ 40 m „

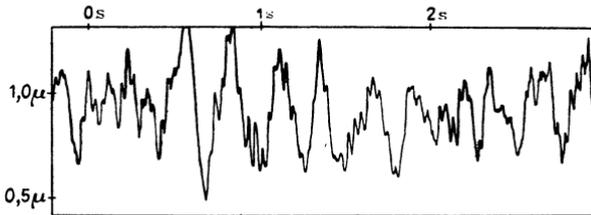


Fig. 6.

Die Vertikalkomponente der seismischen Bodenunruhe.

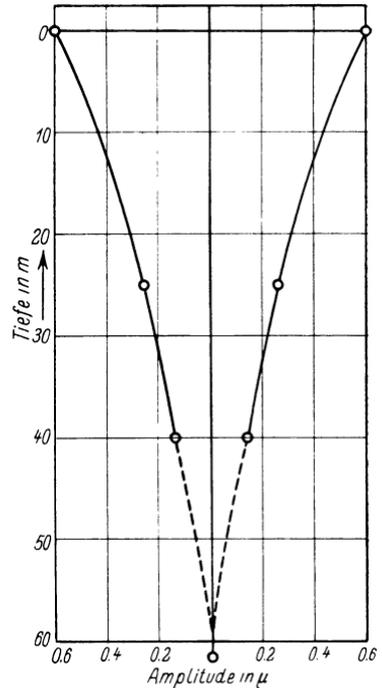


Fig. 7. Die Abnahme der horizontalen Amplitude der seismischen Bodenunruhe mit der Tiefe für eine Periode von 0.4 sec.

Bodenunruhe mit einem Vertikalseismometer von 35 000 facher Vergrößerung zeigt, so findet man, daß die wesentlichen Schwingungen Perioden von 0.25 sec und 0.1 sec haben. Eine Bewegung mit einer Periode von 0.4 sec ist nicht zu finden. Die Schwingung von 0.4 sec erfüllt also eine für die Rayleighwelle charakteristische Bedingung nicht.

Wellen mit nur horizontaler Komponente sind in einem geschichteten Medium möglich. Nimmt man an, daß eine homogene Schicht auf einer anderen, sehr tiefen homogenen Schicht ruht, so hat Love gezeigt, daß die Amplitude der Querwellen mit der Tiefe nach einer e -Funktion abnimmt. Für $c = 1.4 c_0$

ist $h \sim 2/3 T$. Hier bedeuten c und c_0 die Geschwindigkeiten der Transversalwellen in der unteren und oberen Schicht; h die Dicke der Schicht und T die Tiefe, in der die Amplitude praktisch Null wird. Hiernach ergibt sich in unserem Falle eine Schichtdicke von 40 m. In dieser Tiefe ist der Grundwasserspiegel gelegen.

Zu einem anderen Ergebnis kommt man, wenn man mit Wiechert annimmt, daß es sich bei den kurzperiodischen Schwingungen der seismischen Bodenunruhe um Schwingungen einer Schicht handelt, die an ihrem unteren Ende fest aufliegt. Bei einer Grundschiwingung der Schicht ist dann die Dicke der Schicht gleich einer viertel Wellenlänge. Auch hier erfolgt die Bewegung nur in der horizontalen Richtung. Die Abnahme der Amplitude mit der Tiefe nach Fig. 7 führt dann auf eine Schicht, die in etwa 60 m Tiefe eine Diskontinuität aufweist. Bei der Grundschiwingung einer Schicht dürfen zwischen den Bewegungen an der Erdoberfläche und in der Tiefe keine Phasendifferenzen bestehen. Untersuchungen in dieser Richtung sind bereits im Gange, aber noch nicht abgeschlossen.

Potsdam, Geodätisches Institut, den 29. Februar 1928.

Zur Theorie elektrischer Bodenforschung.

Von **W. Heine** (Starnberg).

In der in dieser Zeitschrift, Jahrgang III, Heft 2/3 erschienenen Arbeit „Einige Bemerkungen zur Möglichkeit der Aufsuchung und Lokalisierung von schlecht oder nicht leitenden Einlagerungen im Untergrund mittels elektrischer Wechselstrommethoden“ weist R. Ambronn auf die Tatsache des Auftretens eines Verschiebungsstromes in schlecht leitenden Körpern hin. Für ein Leiterstück von der spezifischen Leitfähigkeit λ , der Länge d und dem Querschnitt q senkrecht zur Stromrichtung ist der Ohmsche Widerstand $W_r = \frac{d}{\lambda q}$ Ohm. Hat dieses Leiterstück die Dielektrizitätskonstante δ und der es durchfließende Wechselstrom die Kreisfrequenz ω , dann ist sein kapazitiver Widerstand gegenüber dem Verschiebungsstrom $W_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{4\pi d}{\omega q \delta} \cdot 9 \cdot 10^{11}$ Ohm. Ambronn gibt nun als Gesamtwiderstand dieses Leiterstückes an

$$W' = \frac{d}{q \lambda \omega \delta} \sqrt{\omega^2 \delta^2 + 4^2 \pi^2 \lambda^2 \cdot 9^2 \cdot 10^{22}} \text{ Ohm} \dots \dots \dots (1)$$

und weist dabei darauf hin, daß seine anderenorts*) angegebene Formel

$$W'' = \frac{4\pi d \cdot 9 \cdot 10^{11}}{q(\omega \delta + 4\pi \lambda \cdot 9 \cdot 10^{11})} \text{ Ohm} \dots \dots \dots (2)$$

*) Allgemeine österreichische Chemiker- und Techniker-Zeitung 1926, Nr. 24.