

Werk

Jahr: 1936

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:12

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0012

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012

LOG Id: LOG_0066

LOG Titel: Neuere Untersuchungen über Schwingungsformen in der angewandten Seismik

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

Neuere Untersuchungen über Schwingungsformen in der angewandten Seismik

Von R. Bungers, Göttingen — (Mit 1 Abbildung)

Im Geophysikalischen Institut in Göttingen gingen die Bestrebungen in den letzten Jahren dahin, nicht nur die ersten Einsätze möglichst genau zu gewinnen, sondern die gesamte Bewegung des Bodens bei stoßförmiger oder sinusförmiger Anregung getreu zu registrieren, damit man recht viele Möglichkeiten hat, um Schlüsse auf den Bau des Untergrundes zu ziehen. Man hat dazu Amplituden und Phasen des Bodens in drei Komponenten aufzuzeichnen. Dabei stößt man auf zahlreiche experimentelle Schwierigkeiten, die aber heute zum größten Teil überwunden sind, so daß man annehmen kann, daß man mit einer modernen Feldapparatur die wahre Bewegung des Bodenstückes, auf dem man mißt, erhält. Es ist daher zweckmäßig, Methoden zur Verwertung von Phasen- und Amplitudenmessungen weiter zu entwickeln. Ich will hier nun auf zwei Methoden eingehen, bei denen wesentlich die Verwertung gemessener Amplituden Schlüsse auf den Bau des Untergrundes zuläßt.

1. Die erste bezieht sich auf die Sprengseismik und zwar auf die Feststellung der Neigung von Schichten im Untergrund durch Amplitudenmessungen allein. Diese Methode ist im Geophysikalischen Institut Göttingen entwickelt und praktisch durchgeführt worden*).

Betrachtet man in großer Entfernung vom Sprengpunkt den Ausschlag des ersten Stoßes, so rührt dieser bei Annahme eines zweigeschichteten Mediums, dessen tiefere Schicht die größere Geschwindigkeit hat, von einem Strahl her, der in bekannter Weise unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion die untere Schicht trifft, in dieser verläuft und entsprechend auftaucht, und der in einer Ebene verläuft, die senkrecht zur Grenzfläche steht und durch die Basis geht. Diese Ebene ist vertikal, wenn die Grenzfläche horizontal ist oder man in der Einfallrichtung einer schrägen Grenzfläche sprengt; sonst ist sie gegen die Vertikale geneigt. Bezeichnen wir ihre Neigung gegen die Vertikale als „Basisabweichung“, so ist klar, daß sich aus der Basisabweichung die Schichtneigung berechnen läßt. Benutzt man zwei Profile, die nicht parallel sind, so läßt sich auch noch die Einfallrichtung der schrägen Schicht bestimmen, beides *ohne Kenntnis der unteren Geschwindigkeit*. Man hat nur die Richtungswinkel des Emergenzstrahles aus den Amplituden des ersten Stoßes zu ermitteln und gewinnt daraus die Basisabweichung.

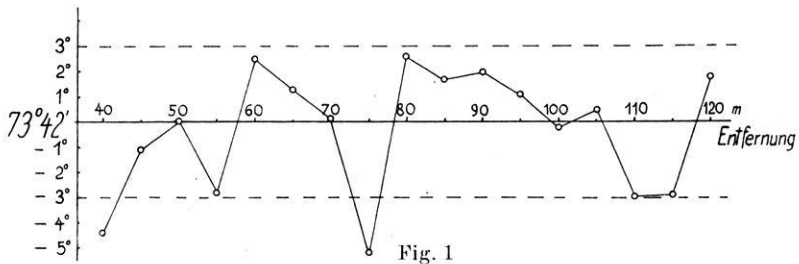
Ist das Geschwindigkeitsverhältnis bekannt, so kann man die Berechnung so einrichten, daß man nur eine Basis in beiden Richtungen abzusprengen braucht, um beide gesuchte Größen, Neigung und Einfallrichtung, zu erhalten.

*) R. Bungers: Bestimmung von Schichtneigungen aus dem Emergenzstrahl bei Sprengungen. Zeitschr. f. Geophys. 11 (1935); M. Kamel: Bestimmung des Einfallens (Neigungswinkels) und der Streichrichtung einer ebenen Grenzschicht aus Amplituden bei seismischen Sprengungen. Dissertation Göttingen 1936.

Die Güte der Methode hängt wesentlich von Homogenität des Bodens und Ebenheit der Grenzfläche ab. Man erkennt das Erfülltsein dieser Voraussetzungen am deutlichsten daran, ob die für einen Winkel längs eines Profils gefundenen Werte hinreichend übereinstimmen und ob die Laufzeitkurve stückweise geradlinig ist. Das beifolgende Bild zeigt an dem Beispiel einer Göttinger Meßreihe (die Werte sind der Arbeit von Kamel entnommen), inwieweit das erfüllt sein kann. Dargestellt ist der wahre Emergenzwinkel; die Schwankungen sind ganz gering (bis auf zwei Fälle $< \pm 3^{\circ}$, Fig. 1), so daß man Homogenität und Ebenheit der Grenzfläche annehmen kann. Die Bestimmung von Schichtneigung und Einfallrichtung ist entsprechend zuverlässig.

Die Methode erscheint nach den Ergebnissen als durchaus entwicklungsfähig. Ein Nachteil dieser Methode gegenüber der üblichen Laufzeitmethode ist natürlich der, daß man in mindestens zwei Komponenten, also mit zwei Apparaten messen muß.

Wahrer Emergenzwinkel längs eines Sprengprofils



2. Die zweite Methode bezieht sich auf die Erschließung des Untergrundes durch *Maschinenschwingungen*. Diese Methode wurde in einer Zusammenarbeit des Geophysikalischen Instituts in Göttingen mit der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Techn. Hochschule Berlin) entwickelt*). Durch eine Schwungmaschine mit Exzenter wird dem Boden sinusförmig veränderliche elastische Energie zugeführt, deren Ausbreitungseigenschaften untersucht werden, welche Schlüsse auf den Bau und die Eigenschaften des Untergrundes gestatten. Ist die Maschinenfrequenz konstant, so ist die maximale Amplitude an einem festen Beobachtungspunkt auch konstant. Verändert man aber die Maschinenfrequenz, z. B. durch An- oder Auslaufenlassen der Maschine, so können am festen Beobachtungspunkt periodische Schwankungen der Amplitude auftreten, die zuerst von G. A. Schulze festgestellt und gedeutet worden sind**). Es sind dies Schwebungserscheinungen, die dadurch entstehen, daß die Wellen von der Maschine aus mit verschiedener Geschwindigkeit zwei Schichten durchlaufen. Am Beobachtungs-

*) A. Ramspeck u. R. Köhler: Die Anwendung dynamischer Baugrunduntersuchungen. Veröffentl. d. Instituts der Deutschen Gesellschaft f. Bodenmechanik, Heft 4. Seismische Untersuchungen des Geophys. Instituts in Göttingen XXV.

***) G. A. Schulze: Über die Ausbreitung sinusförmiger Bodenbewegungen. Zeitschr. f. Geophys. 11, 307 (1935).

ort überlagern sich daher zwei Schwingungen verschiedener, aber benachbarter Frequenz. Das ist ja die Bedingung für die Entstehung von Schwebungen. Die Analyse dieser Schwebungsbilder sowie Rückschlüsse auf die durchlaufenen Schichten, ihre Dicke, ihre elastischen Eigenschaften sind wegen der genauen optischen Registrierung sehr wohl möglich. Nur erfordert das vorerst eine genaue mathematische Theorie. Die bisherigen Schwebungstheorien bezogen sich nur auf harmonische Teilschwingungen und waren noch nicht vollständig. Daher war eine Neuaufstellung der Theorie der Schwebungen notwendig, und es war die Anwendung derselben auf den besonderen Fall der Schwebungen bei Maschinenschwingungen zu studieren*).

Haben die beiden Teilschwingungen die Amplituden A_1 und A_2 und die Frequenzen ν_1 und ν_2 , wobei $\nu_1 > \nu_2$ sei, so richtet sich im Falle $A_1/A_2 > 1$ die zusammengesetzte Schwingung bezüglich ihrer Frequenz (d. h. bezüglich der Anzahl der Nullstellen pro Periode der Schwebungsfigur) nach der Teilschwingung mit größerer Frequenz; ist aber $A_1/A_2 < \nu_2/\nu_1$, so richtet sie sich nach der Teilschwingung mit kleinerer Frequenz. In dem noch fehlenden Zwischenintervall $1 > A_1/A_2 > \nu_2/\nu_1$ ist das Verhalten aber recht kompliziert. Hierbei können im Minimum der Schwebungskurve „anomale“ Nullstellen mit solchen Maxima und Minima auftreten, die nicht an die „Schwebungskurve“ heranreichen. Zwei Bilder sollen das erläutern**).

Bei der Analyse von Schwebungsbildern hat man — auch in anderen Anwendungsgebieten — auf dieses Verhalten zu achten. Mathematisch drückt sich das so aus. Das Schwebungsbild hat ja bekanntlich die Gleichung

$$y(t) = a(t) \cdot \sin \left[2\pi \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} t + \varepsilon(t) \right],$$

worin $a(t)$ die eigentliche „Schwebungskurve“ ist und die Größe $\varepsilon(t)$, die von den Amplituden und Frequenzen der Teilschwingungen abhängt, die Nichtkonstanz der Frequenz bedingt. Die Frequenz ist bekanntlich die Ableitung der Phase:

$$f(t) = \pi \cdot (\nu_1 + \nu_2) + \varepsilon'(t).$$

In dem genannten anomalen Fall ergibt sich nun $f(t)$ im Schwebungsminimum als *negativ*, so daß hier diese Definition des Begriffes „Frequenz“ versagt.

Im Falle der Schwebungen bei Maschinenschwingungen liegt nun deshalb eine Besonderheit vor, weil hier die Frequenzen und die Amplituden der Teilschwingungen A_1 und A_2 nicht konstant, sondern mit der Zeit veränderlich sind. Es kann dabei vorkommen, daß am Anfang das Verhältnis $A_1/A_2 > 1$ ist, dann langsam kleiner wird und später $< \nu_2/\nu_1$ ist. In der Schwebungsfigur äußert sich das darin, daß sich die zusammengesetzte Schwingung in ihrer Frequenz erst nach der Teilschwingung mit größerer, dann nach der mit kleinerer Frequenz richtet, daß also die Frequenz plötzlich „umkippt“. Unabhängig von der theoretischen Ableitung dieser Möglichkeit hat Herr Schulze dieses Verhalten auch experimentell gefunden und wird es in seinem Vortrag mit einer Abbildung belegen.

*) R. Bungers: Theorie der Schwebungen. Zeitschr. f. Geophys. 12, 229 (1936).

***) Vgl. Fig. 3 und 5 der zitierten Arbeit.