SUB | NIEDERSÄCHSISCHE STAATS- UND UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK GÖTTINGEN

Werk

Jahr: 1935
Kollektion: fid.geo
Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:11
Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Werk Id: PPN101433392X_0011
PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0011

LOG Id: LOG_0030
LOG Titel: Sprengseismische Untersuchungen
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 there 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

Sprengseismische Untersuchungen

(Experimentelle Ergebnisse einer Arbeitsgemeinschaft an der T. H. Berlin, 1934)

Von **Oswald v. Schmidt**, Charlottenburg — (Mit 3 Abbildungen)

Es wurden 180 Sprengungen zur Untersuchung seismischer Probleme ausgeführt. Es ergab sich, daß Sprengungen in der Luft überraschend starke Bodenerschütterungen hervorrufen, die gut reproduzierbar sind. — Weiterhin ergab sich ein Beweis für die Summation der Grenzwelle in der zweiten Schicht. Damit ist gleichzeitig die Ungültigkeit der Fresnelschen Formeln bei $\alpha \leqq i$ für die Seismik bewiesen.

Im Sommersemester 1934 beschlossen Dr. K. Jung und ich, gemeinsam mit unseren Hörern an der Technischen Hochschule Berlin eine Arbeitsgemeinschaft zu gründen, um statt des üblichen Praktikums eine wissenschaftliche Forschungsarbeit in Angriff zu nehmen. An den praktischen Arbeiten, die sich über 6 Wochen erstreckten, nahmen folgende Herren teil: G. Birmann, F. Haalck, K. Jung, R. Meinhold, D. Mitoff, K. Rosenhauer, D. Schmarje, O. v. Schmidt, W. Schneeweiss, J. Schon, Schreiner, V. Zuck.

Da ganztägig gearbeitet werden mußte, so wechselten sich die einzelnen Teilnehmer ab, je nachdem welcher Tag zur Verfügung stand. Besonders intensiv haben die Herren Meinhold und Mitoff mitgearbeitet, die auch bei der späteren Auswertung sich zur Verfügung stellten.

Programm der Arbeiten. Durch sprengseismische praktische Versuche im Gebiete der Rüdersdorfer Kalkbrüche sollten zwei Fragen einer näheren Untersuchung unterzogen werden: erstens, ob es möglich ist, die sehr unangenehmen und kostspieligen Flurschäden bei den Sprengungen zu vermeiden, und zweitens, ob sich das im vorigen Vortrag skizzierte Problem des Energietransportes experimentell weiter klären läßt. Außerdem wollten wir versuchen, verschiedene Grundprobleme der Sprengseismik näher zu studieren.

Apparatives. Zwei Seismographen (Type Rode, Potsdam) waren uns von der Geologischen Landesanstalt, ein Seismograph (Type Grönlandexpedition Wegener) war uns von den Askaniawerken liebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt worden.

Im folgenden sollen nun kurz die Ergebnisse der Arbeiten geschildert werden und zwar in Form eines Vorberichtes; die endgültigen Resultate müssen einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben, da allein die genaue Ausmessung der 180 Registrierungen mehrere Monate in Anspruch nehmen wird.

Die Apparate wurden einer genauen Vorprüfung unterzogen und verschiedene Änderungen vorgenommen. So wurde neben dem Zeitpendel auch noch eine elektromagnetische Stimmgabel angeschlossen, die durch ein Geisslerröhrchen äußerst scharfe Zentisekunden markierte. Erwähnenswert ist hierbei die Tatsache,

daß die Stimmgabel durch den Erdboden bis zu 10 m Entfernung noch auf den Seismographen wirkte.

Da sich die Registrierung des Sprengmomentes durch Telephon mit Spiegel für unsere Spezialuntersuchungen nicht als genau genug erwies, mußten andere Mittel ausprobiert werden. Am besten bewährte sich schließlich eine Glimmlampe (200 Volt, 2 mA), die ja bekanntlich eine Auslöschdauer von 10^{-5} sec besitzt. Wenn wir in unserem Kabel eine Kapazität gegen Erde hatten, so trat eine Zeitverzögerung im Stromabriß ein, gemäß der bekannten Beziehung:

$$J = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}.$$

Dieses allmähliche Abklingen der Stromstärke ist auch bei allen anderen Registrierarten der Fall (mit Ausnahme der Hochfrequenz), es macht sich aber erst bei der angeführten hohen Genauigkeit bemerkbar.

Um also von der Zeitverzögerung vollkommen unabhängig zu sein, empfiehlt es sich, sogenannte Indikatorglimmlampen von Osram zu benutzen, durch dieselben kann man bei geeigneter Schaltung ähnlich wie beim Oszillographen sehr genau den ersten Anfang des Stromabfalls registrieren. Arbeitet man mit einer gewöhnlichen Glimmlampe, so genügt es, die Kabel bei Regenwetter über 30 cm hohe Brettchen zu leiten.

Das Arbeitsgebiet. Die Sprengungen wurden in den Rüdersdorfer Kalkbrüchen vorgenommen und zwar teilweise auf Schaumkalk, teilweise auf unterem Wellenkalk, eine genauere Darstellung der geologischen Verhältnisse soll in einer späteren Veröffentlichung erfolgen, nachdem alle Ergebnisse der Arbeit ausgewertet worden sind. Für die vorliegende Zusammenfassung ist es von Wichtigkeit darauf hinzuweisen, daß eine große Serie von Sprengungen derart angeordnet war, daß der Seismograph in einer künstlichen Höhle (Schrammstrecke) stand, während die Sprengungen 23 m höher genau über dem Seismographen auf der Erdoberfläche des Wellenkalkes ausgeführt wurden. Es war hiermit wohl erstmalig die Möglichkeit gegeben, die direkte Explosionswelle als Raumwelle, nicht, wie sonst, als Oberflächenwelle zu registrieren. Resultate, die sich auf diese Serie beziehen, sollen mit dem Vermerk „unter Tage" gekennzeichnet werden.

Luftsprengungen. Unsere ersten Untersuchungen knüpften an eine sehr überraschende Erfahrung aus den Tropen an: dort hatte eine zum Zwecke der Schallübertragung an den Palmenstamm angebrachte Sprengstoffladung fast dieselbe Amplitude des Erdstoßes gegeben, wie eine andere gut vergrabene und verdämmte Sprengung.

Es wurden daher in Rüdersdorf als erstes Versuche angestellt, ob der Impuls durch den Baum oder durch die Luft auf die Erde übertragen wird. Zur Entscheidung der Frage wurde die Sprengstoffpatrone an eine dünne Schnur befestigt, die ihrerseits an dünnen Bambusruten hing. Da die Energieübertragung auch unter

diesen Umständen unvermindert erfolgte, *war der zweifellose Beweis erbracht, daß die Energieübertragung sicher durch die Luft erfolgt.*

Anschließend wurden nun systematische quantitative Messungen vorgenommen, und zwar, um möglichst einfache Verhältnisse zu haben, hauptsächlich in der Anordnung „Seismograph unter Tage". Es ergaben sich folgende Resultate:

1. Für quantitative Serienmessungen ist die Luftsprengung geradezu ideal; man kann, ohne daß der Erdboden durch die erste Sprengung aufgelockert wird, genau an derselben Stelle beliebig viele weitere Sprengungen vornehmen.

2. *Die Luftsprengungen sind viel genauer reproduzierbar*; der Stoß der Luft auf den unverritzten Erdboden überträgt sich gleichbleibender als im Falle der doch nicht ganz gleichartig eingegrabenen und verdämmten Erdladungen.

3. Wurden die Ladungen in verschiedener Höhe vom Erdboden angebracht, so ergab sich das unerwartete Resultat, daß *die Energie mit der Entfernung von der Erdoberfläche anfangs wächst*, um dann langsam abzunehmen. Wir sehen aus Fig. 1, daß das Maximum der in die Erde eindringenden Energie für eine Patrone bei 2 m liegt, bei größeren Ladungen ist das Maximum höher, etwa 3 m.

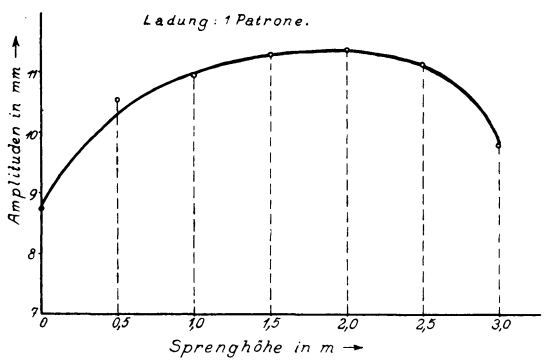

Fig. 1. Bei Sprengungen in der Luft dringt aus 2 m Höhe am meisten Energie in den Erdboden

Die angegebenen Resultate wurden bei allen Versuchen von neuem bestätigt, auch als der Seismograph nicht mehr unter Tage, sondern auf der Erdoberfläche stand, ebenso auch bei Zweischichtenlagerung. Nur der guten Reproduzierbarkeit der Luftsprengungen ist es zu danken, daß die nachfolgend geschilderten quantitativen Untersuchungen möglich waren.

Vermeidung von Flurschäden. Bei der angewandten Seismik zur Aufsuchung von Lagerstätten spielen die Flurschäden eine nicht unerhebliche Rolle, kann es doch vorkommen, daß der Flurschadenersatz das Mehrfache der Sprengstoffkosten ausmacht, ganz besonders in einem so intensiv kultivierten Lande wie Deutschland. In vielen Fällen erhält man überhaupt nicht die Erlaubnis zu Sprengungen, z. B. auf Wegen und Waldschneisen, und gerade dort würde die Arbeit besonders schnell und vermessungstechnisch leicht vonstatten gehen.

Aus all diesen Gründen ist es sicher von Wert, in den Luftsprengungen eine Methode zu besitzen, die den Flurschaden vollkommen vermeidet; nach all unseren Luftsprengungen war auf dem Erdboden nichts zu merken, so daß man ruhig

auf Wegen arbeiten kann; ja sogar die Grasnarbe blieb bestehen, so daß man, falls es unbedingt notwendig wäre, auch auf dem Rasen eines Parkes oder einer Wiese Sprengungen ausführen könnte.

Ein weiterer Vorteil dieser Methode, der uns besonders in Rüdersdorf zugute kam, war die Schnelligkeit und Billigkeit der Sprengungen auf festem Gestein. Die Aufstellung der beiden Bambusruten und Anbringung der Ladung dauerte höchstens 5 Minuten. Nach der sonst üblichen Methode dauerte das Bohren des Loches für den Sprengstoff 2 Stunden mit zwei Arbeitern.

Noch einen Vorteil hatten wir durch das Arbeiten mit Luftsprengungen: Beim Sprengen mit vergrabener Munition im Stein- oder Schottergelände muß in großem Umfange abgesperrt werden, denn es kann vorkommen, daß Brocken bis zu 1 km fliegen; dieses war bei unseren Arbeiten nicht notwendig, da durch die Luftsprengungen überhaupt keine Steine bewegt wurden.

Erklärung der Luftsprengungen. Die überraschend große Übertragung der Schallenergie der Luft auf den Felsen wird noch erstaunlicher, wenn wir uns klarmachen, wieviel Energie der Theorie nach eigentlich nur übertragen werden dürfte. Nach einer für gewöhnliche Schallwellen oft bestätigten Formel besteht zwischen der durchgehenden Intensität J_d und der einfallenden Intensität J_e folgende Beziehung:

$$J_d = J_e \frac{4\frac{r_1}{r_2}}{\left(\frac{r_1}{r_2}+1\right)^2},$$

wobei unter r_1 der Schallwiderstand $= v_1 \varrho_1$ des ersten Mediums zu verstehen ist, unter $r_2 = v_2 \varrho_2$ entsprechend der Schallwiderstand des zweiten Mediums. Sind die Schallwiderstände extrem verschieden, so wird alle Energie reflektiert, sind dagegen die Schallwiderstände gleich, so dringt alle Energie in das zweite Medium ein. Im Falle Luft-Wellenkalk dürfte nur $2 \cdot 10^{-4}$ der einfallenden Energie in den Kalk eindringen, de facto dringt aber 600mal mehr ein, wie Vergleichsmessungen erweisen. Wir müssen also annehmen, daß die Luft in der Nähe des Sprengherdes einen ähnlichen Schallwiderstand besitzt wie der Kalk; das würde aber heißen, daß in der Umgebung des Sprengherdes nicht nur eine sehr große Überschallgeschwindigkeit herrscht, sondern auch eine Dichte der Luft, die etwa 100mal größer ist als unter normalen Bedingungen. Diese Überlegungen sollen weniger dazu dienen, die Erscheinungen zu erklären, als vielmehr das Überraschende der Erscheinungen zu demonstrieren.

Die Amplituden, in Abhängigkeit von der Ladung. Die nachfolgenden Untersuchungen wurden alle auf einer Schotterterrasse, dem „Deckenhügel" in Rüdersdorf ausgeführt, da wir es dort mit einer besonders gut ausgeprägten Zweischichtenlagerung zu tun hatten. In Fig. 3 oben ist ein Profil des Deckenhügels skizziert; der punktierte Teil bedeutet den obenaufliegenden Schotter von 16 bis 17 m Mächtigkeit, darunter liegt der Kalk.

Um die Abhängigkeit der Amplituden von der Ladung zu untersuchen, wurden nun in 50 m Entfernung vom Seismographen Sprengungen mit verschiedenen Ladungen, jedoch derselben Höhe über dem Erdboden ausgeführt. Bekanntlich müssen die Quadrate der Amplituden den Energien entsprechen; diese allgemein anerkannte Beziehung stimmt jedoch bei der Zweischichtenseismik nicht. *Wie aus Fig. 2 zu ersehen, wachsen die Amplituden nicht quadratisch, sondern linear mit den Ladungen.* Auf eine Klärung dieser Erscheinung soll hier nicht eingegangen werden, dieselbe soll erst nach gründlicher Durcharbeitung des gesamten Materials erfolgen. Mit den Luftsprengungen hängt die Erscheinung nicht zusammen, da dasselbe Resultat auch bei eingegrabenen Ladungen zu beobachten war.

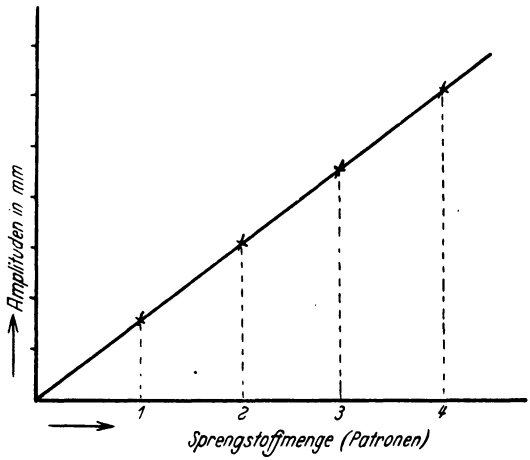

Fig. 2. Die Amplituden nehmen nicht quadratisch, sondern linear mit den Ladungen zu

Der Energietransport bei zwei Schichten (siehe Fig. 3). Das Problem bestand darin, zu vergleichen, wieviel Energie einerseits durch den Schotter auf dem Wege *a*,

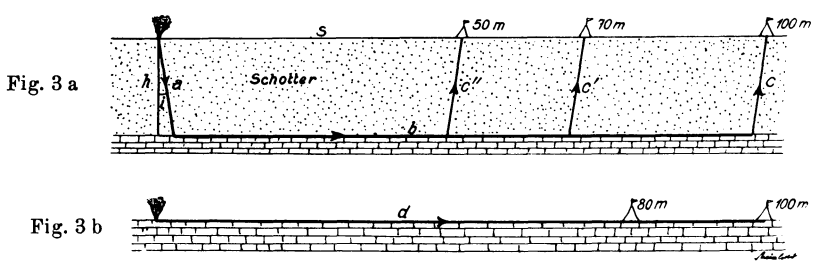

Fig. 3. Vergleich der ankommenden Energien:

a) Sprengung auf Schotter, über einer Kalkschicht; b) Sprengung nur auf Kalk

b, *c* (Fig. 3a) transportiert wird, und wieviel Energie andererseits durch den Kalk allein auf dem Wege ***d*** anlangt (Fig. 3b). Sowohl auf dem Schotter als auch auf dem Kalk wurde daher eine Sprengung mit je fünf Patronen in 100 m Entfernung ausgeführt. Die entsprechenden Amplituden A_h, A_v und Perioden $T_h T_v$ sind in Tabelle 1 gegenübergestellt und die entsprechenden Energien $(A/T)^2$ berechnet

(h = horizontale, v = vertikale Komponente des ersten Stoßes). Es zeigt sich, daß *über den Schotter, also auf dem Wege über a, b, c, etwa* 1.8*mal mehr Energie gelangt ist, als auf dem direkten Wege über die Kalkoberfläche.*

Tabelle 1

	s	A_v	T_v	A_h	T_h	$\left(\frac{A}{T}\right)_v^2$	$\left(\frac{A}{T}\right)_h^2$	ΣE	$\frac{E_1}{E_2}$
Schotter . .	100 m	1.25	0.6	—	—	4.35	—	4.35	1.8
Kalk	100 m	0.3	0.2	0.3	0.8	2.25	0.14	2.39	

Dieses Resultat ist wohl kaum anders zu erklären als durch die im ersten Vortrag erläuterte Summation der Grenzwelle, es stellt somit einen *experimentellen Beweis für die dort aufgestellte Hypothese dar, daß alle Strahlen bei Winkeln* $\gtrless i$ *in der Grenzschicht weiterlaufen.* Es sei hierbei extra betont, daß die Hypothese des ersten Vortrages über den Strahlenverlauf beim Grenzwinkel nicht etwa ad hoc zur Erklärung der vorliegenden Untersuchungen gemacht worden ist, sondern daß im Gegenteil unsere Gemeinschaftsarbeit in Rüdersdorf zum Teil mit dem Ziel der Prüfung dieser Hypothese unternommen worden ist.

Das Ergebnis wirkt noch deutlicher, wenn man sich klar macht, daß ja wohl die Abstände Seismograph—Sprengung gleich sind, de facto aber im Falle des Schotters der Weg über a, b, c um $\frac{2\,h\,(1-\sin i)}{\cos i} = 30$ m länger ist.

Wir wollten daher auch die Energien derjenigen Wellen vergleichen, die genau gleichlange Wege gelaufen sind. Es wurden daher (siehe Fig. 3) noch weitere Sprengungen mit je fünf Patronen ausgeführt, und zwar eine in 70 m Abstand auf dem Schotter, entsprechend einem Wege von 100 m auf dem Kalk; und eine in 50 m auf dem Schotter, entsprechend einer neuen Sprengung von 80 m auf dem Kalk. Die Ergebnisse dieser beiden zu vergleichenden Paare sind in der Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2

	A_v	T_v	A_H	T_h	$\left(\frac{A}{T}\right)_v^2$	$\left(\frac{A}{T}\right)_h^2$	ΣE	$\frac{E_1}{E_2}$
Schotter 70 m . .	2.5	0.6	—	—	17.3	—	17.3	7.2 : 1
Kalk 100 m . . .	0.3	0.2	0.3	0.8	2.25	0.14	2.39	
Schotter 50 m . .	3.37	0.6	—	—	31.5	—	31.5	3.1 : 1
Kalk 80 m . . .	0.6	0.2	0.6	0.6	9	1	10	

Wir erhalten also beim gleichen Weg von 100 m 7.2mal mehr Energie über den Schotter, und bei 80 m 3.1mal mehr Energie über den Schotter, ein noch augenfälligerer Beweis für die summierte Grenzwelle. Daß die Energiedifferenz bei 50 m Abstand (80 m Weg) viel geringer ist, beruht darauf, daß in dieser geringen Entfernung die Summation nicht mehr vollständig zur Auswirkung gelangen kann, die beiden Summationswinkel φ_1 (siehe Fig. 4 des vorigen Vortrages) überschneiden sich hier schon. Es ist zu hoffen, daß diese Abnahme der Summation bei geringen Entfernungen nach der endgültigen Auswertung aller Seismogramme noch viel deutlicher in Erscheinung treten wird.

Beweis für die Summation in der Grenzschicht. Da die ersten Stöße uns über den Umweg der Grenzschicht 1.8- bis 7.2mal mehr Energie übertrugen als wenn nur Kalk vorhanden wäre, so müssen wir darin einen Beweis für die Summation in der Grenzschicht sehen, und weiterhin einen Beweis für die am Anfang des vorigen Vortrages eingeführte Hypothese. *Die Fresnelschen Formeln gelten also — zumindest in der Seismik — bei* $\alpha \gtrless i$ *nicht mehr.*

Die vorliegenden Ausführungen stellen nur einen provisorischen Bericht über die erst am 22. vorigen Monats abgeschlossenen Arbeiten in Rüdersdorf dar. Es ist nur ein kleiner Teil der 180 Sprengungen bisher ausgewertet worden, ja nicht einmal über alle Probleme, die wir uns gestellt, habe ich Ihnen eben berichten können.

Eine exakte Auswertung aller Filme mit dem Meßmikroskop wird noch Monate in Anspruch nehmen, erst dann kann eine endgültige Veröffentlichung unserer Gemeinschaftsarbeit erfolgen.

Zum Schluß danke ich all den Stellen, die uns die vorliegende Arbeit ermöglicht haben: der Geologischen Landesanstalt und speziell Prof. Barsch und Prof. Reich für die Überlassung der Apparate, den Askaniawerken für die Apparate und den Film über unsere Arbeiten, dem Herrn Rektor der Technischen Hochschule sowie Herrn Prof. Niemczeck für Gewährung von Mitteln, der Berginspektion Rüdersdorf für Erlaubnis zur Benutzung ihres Geländes und vielfache Hilfe.

Den größten Dank schulden wir jedoch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, ohne deren mehrfache schnelle Unterstützung die vorliegenden Untersuchungen nicht möglich gewesen wären.

Über einige Ergebnisse der vom Geodätischen Institut Kopenhagen durchgeführten seismischen Feldarbeiten in Dänemark

Von **B. Brockamp,** Kopenhagen — (Mit 1 Abbildung)

Gravimetrische und magnetische Messungen lassen vermuten, daß der tiefere Untergrund Dänemarks komplizierter gebaut ist als man der Oberfläche nach vermuten könnte. In Anlehnung an die gravimetrischen Arbeiten des Instituts sind seismische Feldarbeiten durchgeführt. Da über diese Arbeiten ausführlich in einer Veröffentlichung des Instituts (Inst. Géodésique de Danemark. Mémoires. Troisième Série, Tome Deuxième) berichtet wird, seien hier nur einige Ergebnisse mitgeteilt. Bei allen Arbeiten wurden die Profile in beiden Richtungen abgeschossen. Es wurden drei Vertikal- und bei einigen Arbeiten außerdem in einem Beobachtungszelt zwei Horizontalseismographen benutzt.