

Werk

Jahr: 1924

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:1

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0001

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0001

LOG Id: LOG_0007

LOG Titel: Seismische Untersuchungen. Erste Mitteilung: Beobachtungen von Lufterschütterungen in Göttingen bei Sprengungen in Jüterbog

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

Seismische Untersuchungen.

Erste Mitteilung:

Beobachtungen von Lufterschütterungen in Göttingen
bei Sprengungen in Jüterbog.

Von E. Wiechert.

Lufterschütterungen infolge von Sprengungen auf dem Schießplatz Jüterbog wurden in Göttingen in 215 km Entfernung gehört, mit zwei Luftdruckvariometern beobachtet und von einem zweimillionenmal vergrößernden Vertikalseismometer aufgezeichnet. Die Schwingungen längerer Periode trafen um 1 bis $1\frac{1}{2}$ Sekunden früher ein als der hörbare Schall. Die Laufzeit der schnelleren Wellen betrug 733 Sekunden. — Es wird gefolgert, daß die Wellen höchstwahrscheinlich durch höhere Schichten der Stratosphäre nach dem Beobachtungsort gelangt sind. Die Ursache der Rückkehr der Wellen nach unten liegt vielleicht in einem Wasserstoffgehalt der hohen Atmosphäre; dann muß aber bedacht werden, daß der Wasserstoff aus dem überall vorhandenen Wasserdampf fort-dauernd neu gebildet und dauernd auch wieder in Wasserdampf gebunden wird. — Hinter der Zone des Schweigens müssen Reflexionen des Schalles am Boden stattfinden, so daß in größeren Entfernungen mehrfache Einsätze zu erwarten sind.

§ 1. Vorbemerkungen. Während es der Seismik gelungen ist, über die Beschaffenheit des tieferen Erdinnern weitgehende Aufschlüsse zu bringen, steht es ungünstiger um die seismische Erforschung der Erdrinde. Hierbei ist es nötig, Nahbeben zu beobachten. Verwendet man natürliche Erdbeben, so hat man mit allen den Schwierigkeiten zu kämpfen, welche durch die Unbestimmtheit des Herdes und der Herzzeit gegeben werden. Die künstlichen Erderschütterungen bei Explosionen bieten in mancher Hinsicht günstigere Verhältnisse, aber auch die größten Explosionen sind gegenüber den natürlichen Erdbeben so geringfügige Ergebnisse, daß die gebräuchlichen Erdbebenapparate meistens im Stich lassen.

Nach alledem kann es nicht wundernehmen, daß die Seismik bisher wenig Zuverlässiges über die Schichtung der Erdrinde ausgesagt hat, und doch handelt es sich hier um ein Problem, welches für die Physik der Erde von großer Wichtigkeit ist. Dies bedenkend legte ich mir 1905 die Frage vor, ob es möglich wäre, unter Benutzung künstlicher Erdbeben Fortschritte zu erzielen, wenn ungewöhnlich hochempfindliche Instrumente verwendet werden. Ich baute ein Horizontal-seismometer mit 50 000 facher Vergrößerung und wandte es 1906 dazu an, auf dem Schießplatz Meppen Erderschütterungen infolge von Kanonenschüssen zu untersuchen. Der Erfolg enttäuschte mich sehr. Zwar war es möglich, die Erderschütterungen in ungefähr 16 km Entfernung noch zu erkennen, aber sie lagen bei dieser Entfernung schon an der Grenze des Beobachtbaren, trotzdem die Verhältnisse ganz ungewöhnlich günstig waren: Der wasserdurchtränkte Sanduntergrund bei Meppen leitet die Erderschütterungen viel leichter in die Ferne als Felsboden.

Der Apparat wurde in der Folge von Herrn L. Mintrop für die Untersuchungen von Erderschütterungen durch Maschinen, durch Fall von Gewichten usw.

ausgenutzt, führte aber nicht dazu, nennenswerte Aufschlüsse über geologische Tiefen der Erdrinde zu gewinnen. Später hat dann Herr Mintrop für den Feldgebrauch geeignete, leicht transportable Vertikalseismometer gebaut und es ist ihm gelungen, durch Verwertung von Sprengungen diese Apparate zur Untersuchung der Erdschichten bis in etwa 1 km Tiefe praktisch zu verwerten. Der Erfolg für bergmännische Ziele ist schon heute sehr hoch zu schätzen; es handelt sich hier um eine Anwendung der Seismik von großer Tragweite. Durch die Mintropschen Erfolge wurde ich meinerseits angeregt, meine früheren Arbeiten wieder aufzunehmen. Ich war mir nun klar, daß mein Ziel, die seismische Untersuchung der für die Geologie in Betracht kommenden Tiefen der Erdrinde, nur erreichbar werden kann, wenn die Empfindlichkeit der Apparate bis zu der äußerst möglichen Grenze gesteigert wird. Die Mithilfe der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft machte es möglich, an den Bau solcher Apparate zu gehen. Es gelang im Winter 1921/22 im Geophysikalischen Institut in Göttingen ein Vertikalseismometer aufzustellen, welches etwa zweimillionenmal

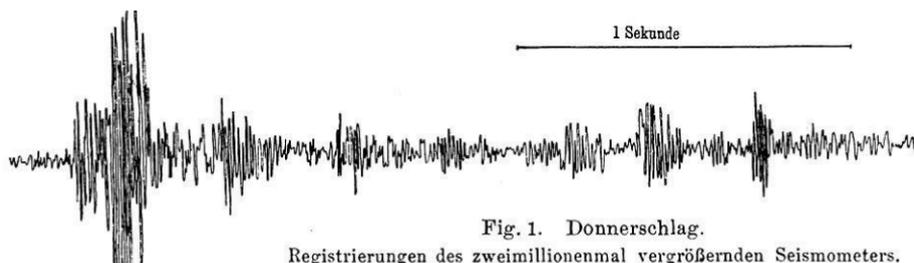


Fig. 1. Donnerschlag.
Registrierungen des zweimillionenmal vergrößernenden Seismometers.

vergrößert. Von der Empfindlichkeit des Instruments erhält man einen Begriff, wenn man beachtet, daß es noch deutlich die Erderschütterungen angibt, die durch ein Gewicht von 1 kg erzeugt werden, welches in 110 m Entfernung $\frac{1}{2}$ m herabfällt. Und dabei steht das Instrument direkt auf dem Kalksteinfelsen des Hainberges, also auf sehr festem Untergrund! — Ein Bericht über einige bisher mit dem Instrument durchgeführte Untersuchungen habe ich in den „Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen“ gegeben¹⁾.

Bei meinen ersten Versuchen auf dem Schießplatz Meppen, 1906, bemerkte ich, daß das Seismometer die Ankunft des Luftschalles anzeigte, sogar viel stärker als die durch die Erde kommende Erschütterung. Auch das neue Millionenseismometer zeichnet den Schall bei Explosionen auf. Unter solchen Umständen wurde es für unsere Arbeit sehr wichtig, auf den Luftschall zu achten, und das ist der Anlaß für die Beobachtungen geworden, von welchen in der vorliegenden Mitteilung berichtet werden soll. Einleitend sei auf Fig. 1 hingewiesen, welche in etwa natürlicher Größe die Aufzeichnung eines Donnerschlages durch das Millionenseismometer darstellt.

§ 2. Vorbereitungen für die Beobachtungen. Am 24. Juli wurden von der Heeresverwaltung auf dem Schießplatz Jüterbog nacheinander drei Explosionen von je 1000 kg Sprengstoff durchgeführt. Wir erhielten in dankenswertester Weise die Erlaubnis, die Explosionen für unsere Zwecke auszunutzen.

Zur Beobachtung des Luftschalles waren in Göttingen besondere Vorkehrungen getroffen worden. Herr Kollege G. Angenheister hatte einen Membranapparat der gewöhnlichen Art improvisiert, worüber er im vorliegenden Heft der Zeitschrift für Geophysik, S. 20 Bericht erstattet. Ich selbst hatte einen Kolbenapparat gebaut, der eine Verfeinerung eines Apparates darstellt, welcher von dem Aeronautischen Observatorium Lindenberg für Beobachtungen der Sprengungen in Jüterbog schon im vorigen Jahre konstruiert worden ist.

Bei dem Membranapparat in der üblichen Ausführung wird eine Fensterscheibe eines geschlossenen Zimmers benutzt, deren Bewegungen unter der Wirkung des Schalles mittels Spiegel und Lichtzeiger vergrößert beobachtet werden. Der Kolbenapparat in der gewöhnlichen Ausführung benutzt eine möglichst große Flasche, in deren Hals luftdicht ein zylindrisches Rohr eingesetzt ist. In diesem bewegt sich unter dem Einfluß des Schalles ein die Wandung nicht berührender Kolben, der dabei einen Spiegel und so einen Lichtzeiger dreht. Ich benutzte ein 4 cm weites Rohr mit einem sehr zarten Aluminiumkolben, dessen Zylinderfläche 1 cm hoch ist. Der Abstand zwischen Zylinder und Wandung beträgt nur etwa $\frac{1}{2}$ mm.

Ob das Membranprinzip oder das Kolbenprinzip vorzuziehen ist, kann ich nach den bisherigen Beobachtungen nicht entscheiden. Beide Einrichtungen sind außerordentlich empfindlich. Steht der Kolbenapparat in einem geschlossenen Zimmer, so gibt er schon einen starken Ausschlag, wenn man eine Fensterscheibe mit dem Finger nach außen drückt.

§ 3. Beobachtung der Lufterschütterungen. Die drei Sprengungen auf dem Schießplatz Jüterbog fanden bis auf wenige Zehntelsekunden genau um 2 Uhr, um 4 Uhr und um 6 Uhr nachmittags mitteleuropäischer Zeit statt. In Göttingen beobachteten G. Angenheister, K. Jung und F. Gerecke mit dem Membranapparat, E. Wiechert und E. Kantzenbach mit dem Kolbenapparat, während F. Hubert das Millionenseismometer verwertete, und mehrere Studenten die Absperrung des Geophysikalischen Instituts mit seiner Umgebung gegen den Verkehr von Fußgängern und Wagen durchführten. Um 2 Uhr war die Windgeschwindigkeit etwa 6 m sec^{-1} . Beide Apparate für Lufterschütterungen zeigten deutlich um etwa $2^{\text{h}} 12^{\text{m}} 13^{\text{s}}$ auffällige und starke Schwingungen, die sich aus der Windruhe als eigenartig heraushoben, so daß die Beobachter sofort auf die Wirkung einer Explosion schlossen. E. Kantzenbach hörte unmittelbar nach dem Einsetzen der Schwingungen, die er auf dem Lichtschirm sah, einen dumpfen Knall. Dies war möglich, weil der Kolbenapparat in einem nach außen hin offenen Raum stand. Es stellte sich heraus, daß der Knall auch von den Studenten gehört worden war, welche das Institut bewachten. So handelte es sich denn unzweifelhaft um eine scharf bestimmte Schallbeobachtung. Es mußte aber noch mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß der Schall statt von der Explosion in Jüterbog von einer Sprengung in einem der Steinbrüche in der Nähe Göttingens herrührte. Die nächste Sprengung brachte die Entscheidung, daß es sich wirklich um die Lufterschütterungen handelte, welche von Jüterbog nach Göttingen kamen. Für diese Sprengung, um 4 Uhr, schaltete Herr Hubert auch den Lichtschreiber des Millionenseismometers zu der in Frage

stehenden Zeit ein. Es herrschte in Göttingen etwa dieselbe Windbewegung wie um 2 Uhr. Genau zu den erwarteten Zeiten zeigten die beiden Lufterschütterungsapparate wiederum stark aus der allgemeinen Unruhe sich heraushebende ungewöhnliche Schwingungen. Wiederum hörte sogleich nach dem Einsetzen der Schwingungen Herr Kantzenbach einen Knall, dieses Mal einen Doppelknall mit zwei schnell aufeinanderfolgenden Schlägen. Wiederum haben die das Institut bewachenden Studenten den Schall gehört, und zwar auch als Doppelknall. Hierzu trat nun, daß das Millionenseismometer den Schall gut aufzeichnete. Fig. 2 stellt das Diagramm des Seismometers dar; man erkennt, daß die beiden Knalle in 0.5 Sekunden aufeinander gefolgt sind. Die Seismometeraufzeichnung zeigt Bewegungen mit einer Frequenz von 30 bis 40 Schwingungen in der Sekunde, was einer tiefen Tonalage entspricht. Ich bemerke hierzu, daß der Kolbenapparat für Lufterschütterungen nach meinem Eindruck Schwingungen mit etwa 4 Perioden in der Sekunde erkennen ließ. Diese sind in der Seismometeraufzeichnung nicht zu bemerken, was offenbar damit zusammenhängt, daß das Seismometer auf eine Eigenperiode von ungefähr $\frac{1}{20}$ Sekunde einreguliert war, und darum für Perioden von $\frac{1}{4}$ Sekunde eine viel geringere Empfindlichkeit hatte als für die kürzeren Perioden des hörbaren Schalles.

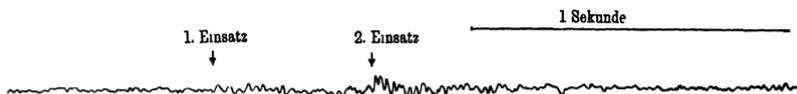


Fig. 2. Schallaufnahme bei einer Sprengung in Jüterbog.
Registrierungen des zweimillionenmal vergrößerten Seismometers.

Bemerkenswert ist, daß die von den Luftdruckvariometern angezeigten Lufterschütterungen um etwa $1\frac{1}{2}$ Sekunden früher eintrafen als die hörbaren Schallschwingungen kürzerer Periode. Das Kolbenvariometer zeigte dieses sofort, denn Herr Kantzenbach hörte den Schall etwas später als er die Bewegungen des Lichtzeigers sah. Die angegebene Differenz, $1\frac{1}{2}$ Sekunden, ist zu folgern, weil der erste Einsatz des Seismometers auf $4^h 12^m 14^s$ fällt, während beide Variometer als Einsatzzeit $4^h 12^m 12\frac{1}{2}^s$ ergaben. Nach Herrn Kantzenbachs Eindruck war das Intervall geringer als $1\frac{1}{2}$ Sekunden, vielleicht 1 Sekunde. Noch sei erwähnt, daß Herr Markscheider O. Rellensmann, der auf dem Schießplatz Jüterbog die Bodenerschütterungen maß, mir mitteilte, er habe stets bei den Sprengungen einen Doppelknall gehört. Das stimmt vortrefflich mit den Göttinger Beobachtungen bei der zweiten Sprengung überein, wo die Aufmerksamkeit geschärft war.

§ 4. Folgerungen. Betrachten wir als das Hauptergebnis der Beobachtungen dasjenige bei der zweiten Sprengung und wird beachtet, daß nach einer freundlichen Benachrichtigung von Herrn Oberregierungsrat Dr. Ritter, der auf dem Schießplatz Jüterbog die Zeiten feststellte, die zweite Sprengung ein paar Zehntelsekunden vor $4^h 0^m 0^s$ stattfand, so erhalten wir folgende Aufstellung. Bei einer Entfernung der Sprengstelle vom Beobachtungsstand von nahe 215 km brauchten die beobachteten Lufterschütterungen längerer Periode 733, und diejenigen kürzerer Periode $734\frac{1}{2}$ Sekunden zum Durchlaufen der

ganzen Strecke. Die Unsicherheit der Zeitangaben ist auf nicht mehr als etwa $+1/2$ Sekunde zu schätzen. Für die mittlere Geschwindigkeit in horizontaler Richtung ergibt sich hieraus ein Wert von etwa $215\,000/733 = 293\text{ m sec}^{-1}$.

Diese Zahlen geben zu einigen merkwürdigen Überlegungen Anlaß.

An das Gebiet normaler Hörbarkeit legt sich fast regelmäßig eine „Zone des Schweigens“. Die Ursache liegt in dem Temperaturgefälle nach oben hin, welches bewirkt, daß der Schall vom Erdboden abgehoben wird. Weshalb nun kommt der Schall jenseits der Zone des Schweigens wieder zur Erde herab, und zwar, wie die Erfahrung lehrt, mit recht erheblicher Intensität? Bei der Beantwortung dieser Frage hat man an Temperaturinversionen, Windwirkung und Änderungen in der Zusammensetzung der Stratosphäre mit der Höhe gedacht.

Eine Temperaturinversion kann in unserem Falle jedenfalls nicht die Ursache gewesen sein, denn da die mittlere Laufgeschwindigkeit 293 m sec^{-1} betrug, müßten die Strahlen weite Strecken bei Temperaturen tief unter 0°C durchlaufen haben und müßten doch, weil sie ja nach unten zurückkehrten, in der Höhe der Umkehr Temperaturen vorgefunden haben, die mindestens so hoch waren wie die am Erdboden. Das darf als ausgeschlossen gelten.

Fragen wir nun, ob dem Wind die Umkehr zugeschrieben werden könne. In großen Höhen der Troposphäre und in der Stratosphäre liegt die Temperatur in der Nachbarschaft von 220° absolut, während die Bodentemperatur etwa 287° betrug. Soll der Schall unter solchen Bedingungen trotzdem wieder nach unten geführt werden, so muß in seiner Fortschrittsrichtung ein Wind in der Stärke von 40 m sec^{-1} und darüber wehen. Wäre dieser Wind schon in den Höhen der Troposphäre vorhanden, so würde er mithelfend dem Schall etwa die Geschwindigkeit der Fortbewegung wie am Boden geben. In unserem Falle hätte der Schall dann eine sehr viel größere mittlere Geschwindigkeit als 293 m sec^{-1} haben müssen. Wollen wir also in dem Wind die Ursache der Wiederkehr des Schalles zur Erde sehen, so müßte angenommen werden, daß die Windgeschwindigkeit von 40 m sec^{-1} und darüber erst in der Stratosphäre in Höhen über dem Boden von vielleicht 20 km oder mehr wirksam wurde. Und zwar müßten wir, da Göttingen westlich von Jüterbog liegt, eine Luftbewegung von Ost nach West annehmen. Das scheint eine künstliche, schwer annehmbare Hypothese. Am Boden hatte der Wind am Sprengtage in Göttingen eine Richtung von West nach Ost und auch die mittelhohen Wolken zeigten diese Zugrichtung. Die Windgeschwindigkeit betrug etwa 6 m sec^{-1} . Ein gleicher oder stärkerer Wind gleicher Richtung herrschte nach der Wetterkarte der Deutschen Seewarte um 8 Uhr morgens über Mitteleuropa in weiter Ausdehnung. Der Bericht der Seewarte fügt hinzu, daß die „allgemeine Westströmung auch in der Höhe“ bestand. Gegen Abend verstärkte sich der Westwind noch.

Erscheint nach diesen Darlegungen auch die Wirkung des Windes als schwerlich genügend, so bleibt uns der Gedanke an die Änderung der Zusammensetzung der Stratosphäre mit der Höhe. Ihn hat zuerst G. von dem Borne²⁾ verwertet. Nach seinen Rechnungen unter Annahme einer Wasserstoffatmosphäre in großen Höhen gelangt ein Strahl, der unter etwa 20° Neigung gegen die Horizontale am Herd aufsteigt, zu einer höchsten Höhe von 58 km und kehrt in

210 km Abstand wieder zur Erde zurück. Dieser Abstand entspricht sehr nahe der Entfernung Jüterbog—Göttingen. Unter sehr dankenswerter Mithilfe der Herren Krumbach und Kantzenbach berechnete ich gemäß den von dem Borneschen Annahmen die Laufzeit des Strahles: Sie ergab sich zu etwa 770 Sekunden. Beobachtet wurde eine Laufzeit von 733 bis 734 Sekunden, also eine sehr merklich geringere Laufzeit, obgleich die Entfernung einige Kilometer größer war, als die Rechnung annimmt. Will man die rechnerischen Grundlagen der von dem Borneschen Theorie so umwandeln, daß den Beobachtungen entsprochen wird, so müßte die Wasserstoffbeimischung in der Atmosphäre größer angenommen werden. Nun setzt von dem Borne voraus, daß an der unteren Grenze der Stratosphäre, für die er 10 km Höhe über dem Boden annimmt, der Wasserstoffanteil $\frac{1}{30}$ Vol.-Proz. betrage. Nach den heute vorliegenden Beobachtungen scheint schon dieser Betrag viel zu hoch. In der Neuauflage des Lehrbuches der Meteorologie Hann-Süring wird (S. 8) für die untere Grenze der Stratosphäre dieselbe Zusammensetzung angenommen wie für die Erdoberfläche und für diese (S. 5) dem Wasserstoff $\frac{1}{1000}$ Vol.-Proz. zugeschrieben. Wir erfahren, daß nach einigen Beobachtern sogar noch kleinere Zahlen anzunehmen seien. Auch aus Spektralbeobachtungen der Polarlichter hat man gegen das Bestehen einer erheblichen Wasserstoffatmosphäre Einwendungen erhoben.

So scheint denn auch die von dem Borne angeregte Erklärung zunächst nicht brauchbar, und wir wären „mit unserem Latein zu Ende“. Da möchte ich folgendes hinzufügen: Die Hypothese der Temperaturinversionen scheint bestimmt hinfallig. Die Hypothese der Windwirkung wird durch die große Regelmäßigkeit in der Ausbildung der Zone des Schweigens höchst unwahrscheinlich. Man wird also trotz aller sich entgegenstellenden Schwierigkeiten doch kaum anders können, als sich der dritten Hypothese zuzuwenden, welche einen Wandel in der Beschaffenheit der Stratosphäre mit der Höhe verantwortlich macht. Um das Aufleuchten der Sternschnuppen schon in sehr großer Höhe und die Erstreckung der Polarlichter bis in noch größere Hohen zu erklären, ist die Annahme eines solchen Wandels doch nicht zu vermeiden. Die physikalischen Schwierigkeiten, welche sich der Durchführung dieser Vorstellung heute noch entgegenstellen, bieten Rätsel, deren Lösung eben gesucht werden muß. Denkt man an die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre und an die Strahlungen mannigfacher Art, welche die Atmosphäre durchsetzen, so wird es wahrscheinlich, ich darf wohl sagen sicher, daß der Wasserstoffgehalt der Atmosphäre nicht etwas Bestimmtes ist, sondern daß durch Zersetzung und Neubildung von Wasserdampf dauernd Wasserstoff frei und wieder gebunden wird. Bei dieser Ansicht erscheinen die Schwankungen in den Beobachtungsergebnissen der Messung des Wasserstoffgehaltes durchaus verständlich, und es erscheint auch möglich, daß in großen Höhen der Atmosphäre erheblich mehr Wasserstoff vorhanden ist, als die Messungen am Boden zunächst vermuten lassen. — Daneben wird trotz aller physikalischen Einwände doch wohl auch noch mit der Möglichkeit gerechnet werden müssen, daß in der Höhe ein Gasbestandteil geringeren Molekulargewichts vorhanden ist, der sich bisher der Aufmerksamkeit entzogen hat.

Unter solchen Umständen sind weitere Untersuchungen der Schallausbreitung von großer Wichtigkeit. Es sei darum als Schluß die Bemerkung gestattet, daß die hinter der Zone des Schweigens zum Boden kommenden Lufterschütterungen am Boden eine Reflexion erleiden müssen. Die reflektierten Wellen werden in der doppelten, dann dreifachen Entfernung usw. wieder herabkommen. In größeren Entfernungen sind also mehrere Einsätze, der Einsatz der direkten Wellen und der „Reflexionen“ zu erwarten, gerade so wie bei der Seismik des Erdinnern. Von den Geländeverhältnissen an der Aufschlagsstelle wird es abhängen, wie eine Reflexion sich gestaltet, ob deutlich oder undeutlich, ob einfach oder kompliziert.

Die Möglichkeit der Beobachtung der Reflexionen wurde mir klar, als ich bei einer Sprengung, welche in Heerlen (Holland) von Dr. R. Mügge für die von Dr. Mintrop geleitete Firma „Seismos“ vorgenommen wurde, den Eindruck gewann, daß die einmal reflektierten Lufterschütterungen von unseren Druckvariometern in Göttingen angezeigt wurden (Entfernung etwa 285 km, zwei Einsätze in etwa 20 Sekunden einander folgend, erster Einsatz $20\frac{1}{2}$ bis 21 Minuten nach der Explosion). Doch kann die Deutung in diesem Einzelfalle sehr leicht irrtümlich sein, so daß es sich zunächst nicht lohnt, mehr daran zu knüpfen als die Mahnung, auf die Reflexionen zu achten.

Göttingen, August 1924.

Literatur.

¹⁾ E. Wiechert: Untersuchungen der Erdrinde mit dem Seismometer unter Benutzung künstlicher Erdbeben. Nachr. v. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-physik. Kl. 1923, S. 57—70.

²⁾ G. von dem Borne: Über die Schallverbreitung bei Explosionskatastrophen. Physik. Zeitschr. **11**, 483—488 (1910).

A n h a n g.

Schallbeobachtungen in Göttingen während der Sprengungen in Jüterbog am 24. Juli 1924.

Von G. Angenheister.

Die Explosionswelle wurde an der Durchbiegung einer Zinkplatte von 40×65 cm Größe und 0.025 cm Dicke beobachtet. Die Zinkplatte war an Stelle einer Fensterscheibe in ein Fenster an der Ostseite im Hochparterre des Geophysikalischen Instituts fest eingelassen. Die Durchbiegung der Zinkplatte wurde mittels eines Hebelarmes auf einen beweglichen Spiegel übertragen und mit Fernrohr und Skala beobachtet.

Die Druckwirkung der Explosionswelle berechnet sich aus der Durchbiegung f der Mitte der Zinkplatte. Für eine allseitig fest eingespannte rechteckige Platte gilt bei gleichförmiger statischer Belastung durch einen Flüssigkeitsdruck p

$$p = f E \frac{h^3}{a^4 12 (1 - \nu^2) \psi}.$$

wenn die größte Normalspannung in der Plattenmitte auftritt. a = kleinere Kantenlänge; h = Dicke der Zinkplatte; E = Elastizitätsmodul; ν = Poissonsches Ver-