

Werk

Jahr: 1934

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:10

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0010

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0010

LOG Id: LOG_0029

LOG Titel: Sprengungen zur Forschungszwecken mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

LOG Typ: section

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

Sprengungen zu Forschungszwecken mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

Ergebnisse der Hörbeobachtungen des Sprengversuchs in Oldebroek am 15. Dezember 1932

Zusammengestellt im Auftrage der Sprengkommission
von Dr. **Duckert**, Lindenberg. — (Mit 1 Abbildung)

Für die freiwilligen Mithelfer an der Organisation zur Erfassung der Hörschallbeobachtungen werden Zweck und Ziel des Versuchsprogramms sowie seine Ausgestaltung kurz erläutert. Das durch die Hörbeobachtungssammlung vom Sprengversuch Oldebroek sich ergebende Bild der Ausbreitungsvorgänge wird beschrieben und durch Figur erläutert. Die Umkehrhöhe der Schallbahnen wird zu 34 km für den äußeren und zu 46 km für den inneren Rand der anormalen Zone für das Ostprofil angegeben. Für das Westprofil ergeben sich beide in erster Näherung nahe gleich zu 47 km.

Nach einer längeren Unterbrechung wurden im Winter 1932/33, und zwar am 15. Dezember 1932 wiederum vier Sprengungen von je 300 kg Einzelladung durch ein groß angelegtes Hörbeobachternetz auf die Schallausbreitung hin untersucht. Wie bekannt*), stellen diese Hörbeobachtungen ein Teilprogramm eines mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft großangelegten Planes zum Studium der Explosionswellenausbreitung in der freien Atmosphäre dar, der nicht nur die hörbaren, sondern auch die längeren unhörbaren Druckwellen auf ihrem Weg, der zum Teil bis hoch in unsere Lufthülle hinaufreicht, in unserer Atmosphäre zu verfolgen zum Ziel hat. Die physikalischen und geophysikalischen Rückschlüsse, die wir aus diesen Untersuchungen ziehen wollen, sind kurz folgende:

1. Erfassung der Gesetze der Schallwellenausbreitung in einem inhomogenen Medium, das frei von Randstörungen durch das das Medium einschließende Gefäß ist (Gesetze der Refraktion, Reflexion und Beugung).

2. Studium des Aufbaues der von den Schallwellen durchteilten Erdatmosphäre bis in Höhen, die den direkten Meßmethoden der Aerologie bisher unzugänglich sind (molekulare Zusammensetzung, Temperatur und Wind).

*) Die Arbeiten der Kommission zur Erforschung der Schallwellenausbreitung in der Atmosphäre. Lindenberg 1927.

Die große Wichtigkeit dieser Kenntnisse für die mannigfaltigen praktischen Anwendungen leuchten ohne weiteres ein; wir brauchen daher nicht näher darauf einzugehen.

Der Sammlung von Beobachtungsmaterial für das umfassende allgemeine Programm dienten bisher 346 Einzelexplosionen an 71 Versuchstagen. Die objektive Druckwellenaufzeichnung wurde hierbei mit einer Reihe von Luftdruckvariographen der verschiedensten Konstruktionen vorgenommen, aus denen sich in Deutschland zwei Standardtypen: der Kühlsche Undograph und der Wiechertsche Membranvariograph entwickelt haben. Von diesen stehen heute 24 Geräte dank der finanziellen Unterstützung der Notgemeinschaft zur Verfügung. Es sei nur nebenbei erwähnt, daß die modernsten Methoden der funkentelegraphischen Zeitübermittlung dazu herangezogen werden, um die Eintreffzeiten der Druckamplituden auf Bruchteile der Sekunde genau zu erfassen.

An 20 dieser Sprengtage wurden neben diesen quantitativen Messungen Hörbeobachternetze eingesetzt, um qualitatives Material in großem Ausmaße zu sammeln, das der Erfassung der Lage der Zonen der Hörbarkeit und des Schweigens, auf die gelegentlich großer Naturkatastrophen und der Wahrnehmbarkeit des Geschützdonners im Weltkriege aufmerksam gemacht wurde, diente.

Leider war es nicht immer möglich, die Angaben der Hörbeobachter zu einer mehr wissenschaftlichen quantitativen Untersuchung zu verwerten; trotz allem kommt der daraus abzuleitenden Kenntnis der Lage der Hörzonen ein beträchtliches wissenschaftliches Interesse zu, das uns immer wieder ermutigt hat, große Mengen von Beobachtungsstationen um ihre uneigennützigte Mitarbeit an dem großen Werk zu bitten. Wenn wir hier auf die Mängel des so gewonnenen Materials hinweisen, so soll das keine Rüge für die Beobachter darstellen, sondern ihnen einen Anhalt geben, auf was es uns besonders ankommt, um bei künftigen Versuchen den Wert des Materials erhöhen zu helfen. Den Hauptmangel bildet die nicht sehr genaue zeitliche Erfassung des Augenblicks, in dem der Schall wahrgenommen wird. Das liegt nun keineswegs an mangelnder Sorgfalt der Beobachter, sondern die Hilfsmittel hierzu sind häufig einfach nicht vorhanden. Die verwendeten Uhren, meist Taschenuhren, haben Gänge, die nicht genau erfaßt — zum Teil bei billigen Uhren auch gar nicht genau erfaßbar — sind, ohne ganz speziell ausgebildete Sachverständige damit zu beauftragen. Auch die Normaluhren, die den Beobachtern besonders auf dem Lande zur Verfügung stehen, verdienen oft die Bezeichnung Normaluhren keineswegs. Sie differieren untereinander um mehrere Sekunden, wenn nicht gar Minuten. Nicht einmal die Zeitansagen der Rundfunksendestellen sind auf wenige Sekunden genau. Hier kann nur die Mithilfe von Uhrmachern, die über gute Normaluhren verfügen, helfen, oder man sollte seine Uhren an das Nauener Zeitzeichen anschließen oder anschließen lassen. Das muß natürlich mehrfach vor und nach der Sprengung geschehen, damit der Bearbeiter sich aus den Vergleichen ein Bild über die Zuverlässigkeit der verwendeten Uhren machen kann. Ein weiterer Mangel ist die Tatsache, daß vielen Beobachtern der typische Explosionsknall nicht hinreichend bekannt ist, um ihn einigermaßen

sicher von anderen Störgeräuschen unterscheiden zu können. Eine allgemeine, leider durch nichts zu verhindernde Störung in Gebieten mit Steinbrüchen liegt in der Tatsache der sehr häufigen Steinbruchssprengungen, die natürlich von den Versuchssprengungen selbst durch größte Sorgfalt nicht zu unterscheiden sind. Eine letzte Fehlerquelle, die zum Glück nur selten auftritt, ist die, daß eine Anzahl von Beobachtern sich selbst Schalleindrücke suggeriert. Dies ist besonders dann sehr störend und das Bild verwischend, wenn es sich um solche Beobachter handelt, die durch Sachkenntnis in der Lage sind, sich die zu erwartenden Laufzeiten vorher zu errechnen, weil dann auch das vielfach mögliche Zeitkriterium bei der Beurteilung der Realität der Hörmeldung nicht benutzt werden kann. In den letzten Jahren sind diese Mängel durch immer größere Sorgfalt und genaue Instruktion der Beobachter mehr in den Hintergrund getreten. Auch war es möglich, durch die Versuchsanordnung selbst noch weitere Kriterien zu schaffen. So wurden gelegentlich angekündigte Einzelsprengungen im letzten Augenblick unterlassen, es wurden in nur wenigen Personen bekannten Zeitintervallen Doppelsprengungen vorgenommen und nur Beobachtungen, die auch diesen Feinheiten Rechnung trugen, als reell gewertet.

Die Oldebroeksprengung am 15. Dezember 1932 stellte nun ein Teilprogramm von Sprengversuchen im Winter 1932/33 dar, die im Rahmen des internationalen Polarjahres in ganz großem Rahmen international aufgezogen worden sind. Es wurden im Dezember 1932 und im Januar 1933 an mehreren Tagen unter den verschiedensten geographischen Breiten: auf Novaja Semlja, in Nordschweden, in Südost-England und in Holland gesprengt, denen noch weitere Versuche in Italien und Dänemark folgen werden. Dieses Auseinanderziehen der Versuche auf einen großen Raum hatte den Zweck, durch die oben genannten im Ziel der Untersuchungen liegenden Erfassungen von Temperatur und Wind in großen Höhen auch die Verteilung dieser Größen in horizontaler Erstreckung festzulegen. Inwiefern das gelungen ist, können erst genaue Auswertungen des Materials ergeben, das heute zum großen Teil noch bei den unterwegs befindlichen Expeditionen lagert und erst nach deren Rückkehr im Winter 1933 greifbar werden wird.

Der besonderen Erkundung der Laufzeitkurve, also des funktionellen Zusammenhanges zwischen Entfernung vom Sprengherd und Laufzeit des Schalles, aus der die Schallbahn bis zu einem gewissen Grad von Genauigkeit, über den an anderer Stelle näher zu sprechen ist, errechnet werden kann, diente bei dem neuen Sprengversuch in Oldebroek am 15. Dezember 1932 ein sehr eng angelegtes Netz von Registrierstationen. Dieses Netz wurde in Deutschland von den wissenschaftlichen meteorologischen bzw. geophysikalischen Instituten in Göttingen, Jena, Lindenberg und Potsdam besetzt. Der Erfassung der Hörzongestaltung diente weiter ein außerordentlich dichtes Ohrbeobachternetz, das über 400 Stationen umfaßte. In Deutschland war dieses Netz besonders systematisch nach den langjährigen Erfahrungen der Sprengkommission durch die Herren Dr. Duckert, Lindenberg und Dr. Keil, Berlin, beide vom Preuß. Meteorologischen Institut

Berlin, ausgesucht und aufgebaut worden. In allererster Linie waren Beobachter des meteorologischen Netzes und zur Ergänzung eine größere Zahl von Förstereien ausgewählt worden, Personen also, die durch ihre Tätigkeit besonders mit den Erscheinungen in der Natur verbunden sind. Auch das Ausland, speziell Holland, Belgien, England und Frankreich, als die dem Sprengherd nächstgelegenen Staaten, hatte ein nach allerdings anderen Gesichtspunkten ausgesuchtes Beobachtersystem auf Veranlassung des Präsidenten der internationalen Sprengkommission, Geheimrat Hergesell, eingesetzt. Die Lage der Stationen sowohl für Registrierung als auch für Hörschall ist der beigegebenen Abbildung zu entnehmen.

Um den oben näher auseinandergesetzten Fehlerquellen bei der Beurteilung der Ohrbeobachterergebnisse zu entgegen, wurden vier Einzelexplosionen von je 300 kg Ladung veranstaltet, deren Zeitabstände den Beobachtern nur genähert bekanntgegeben wurden. Die Sprengungen fanden durch gütiges Entgegenkommen der holländischen Militärverwaltung auf dem holländischen Schießplatz Oldebroek auf Kosten der holländischen Behörden nach folgendem Schema statt:

- | | | | | | | | |
|----|-----------|----|--|-------|----------------|-----|---------------|
| 1. | Sprengung | um | 07 ^h 0 ^m 0.3 ^s MEZ. | unter | 52° 24' 52'' N | und | 5° 58' 57'' E |
| 2. | „ | „ | 07 6 0.3 MEZ. | „ | 52 24 55 | „ | 5 59 16 |
| 3. | „ | „ | 08 0 1.3 MEZ. | „ | 52 25 2 | „ | 5 59 7 |
| 4. | „ | „ | 08 6 0.3 MEZ. | „ | 52 24 51 | „ | 5 59 22 |

Stationen, die sicher Schallwellen gehört haben, die von unserem Sprengversuch herrührten, müssen also zu den beiden Stunden 07^h und 08^h in etwa 6 Minuten Abstand eine Wiederholung des Schalleindrucks gemeldet haben, wenn nicht aus anderen Anzeichen eindeutig zu ersehen war, daß wirklich die Versuchssprengung wahrgenommen wurde.

Viele Stationen, speziell solche aus Gebirgsgegenden, haben auch diesmal Schall gemeldet, der zweifellos von nicht mit unseren Versuchen im Zusammenhang stehenden Gesteinssprengungen herrührt. In einzelnen Fällen besonders exakter Zeitangaben konnte sogar der Herd dieses „Fremdschalles“, wie er in unserer Versuchstechnik genannt wird, errechnet und ermittelt werden.

Mit dem eingegangenen, außerordentlich zahlreichen Material können wir sehr zufrieden sein, was den Beobachtern sicherlich eine besondere Genugtuung für die von ihnen aufgewendete Zeit und Mühe sein wird. Als einwandfrei von den Sprengversuchen in Oldebroek herrührend wurde in zwei deutlich getrennten Zonen Schall wahrgenommen, die in der beigegeführten Karte deutlich zu erkennen sind. Die eine, direkt um den Sprengherd gruppierte Zone umfaßt 31 Stationen, die den direkten Schall wahrgenommen haben, der also nur in geringer Höhe über dem Erdboden unsere Lufthülle durchlaufen hat. Die gemeldeten Laufzeiten entsprechen mit allergrößter Annäherung dem aus der Schallphysik her bekannten Gesetz, daß der Schall bei Windstille und einer Temperatur von 0° C sich mit

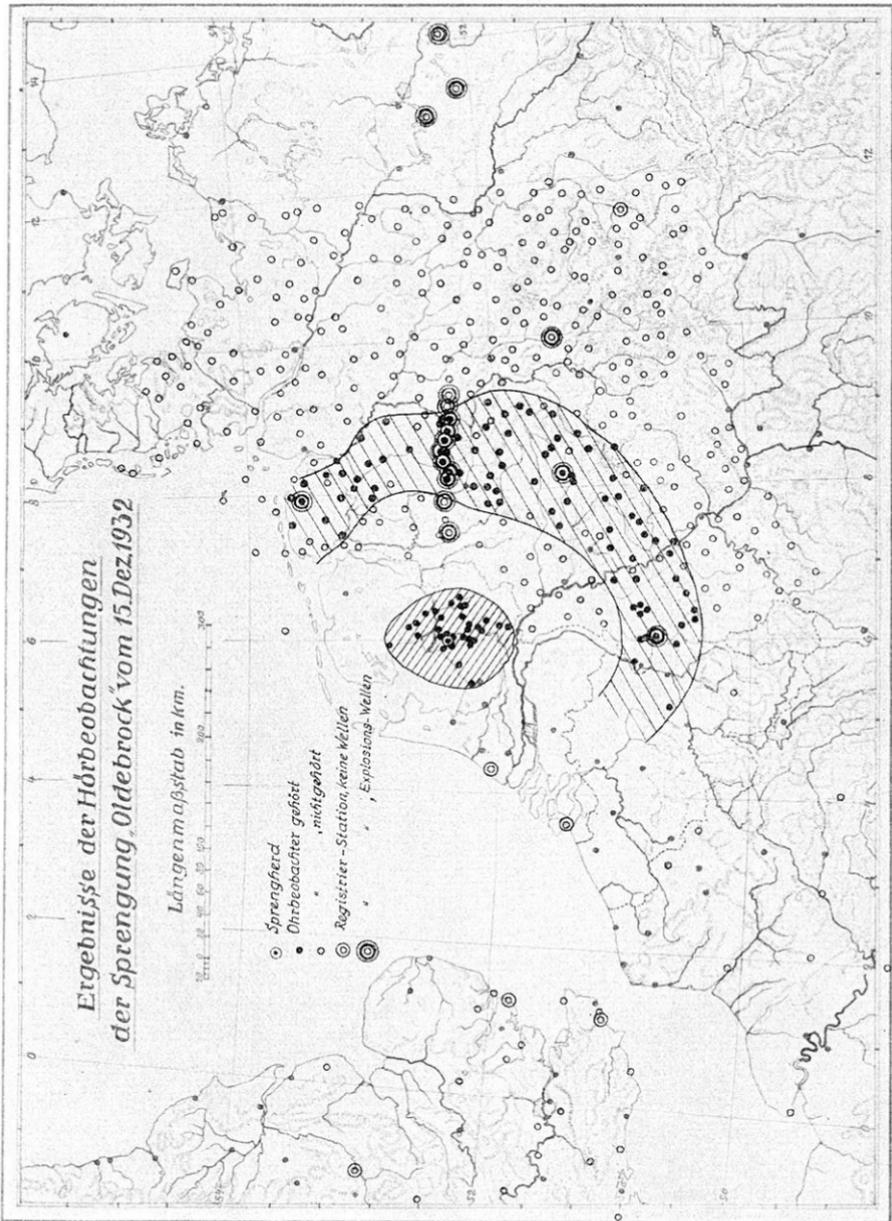


Fig. 1

Geschwindigkeit fortpflanzt, entsprechend einem rein adiabatischen Vorgang im Druckwellenmechanismus.

In etwa 50 bis 60 km Entfernung vom Sprengherd ist dieser Schall nicht mehr hörbar gewesen, eine Zone des Schweigens hat eingesetzt, in der die Explosionswellen allerdings noch mit den bedeutend empfindlicheren und auch nichthörbaren Frequenzen aufzeichnenden Registriergeräten, denselben Gesetzen gehorchend, bis etwa 130 km Entfernung nach Osten nachgewiesen werden konnten.

In einer Herdentfernung von beiläufig 140 km im Minimum wurde dann wieder Schall beobachtet, der bis in Entfernungen von beiläufig 215 km von 90 Stationen einwandfrei gemeldet worden ist. In dieser „äußeren Zone der Hörbarkeit“ entsprechen die gemeldeten scheinbaren Oberflächengeschwindigkeiten, das ist $\frac{\text{Herdentfernung}}{\text{Laufzeit}}$, solchen von 280 m/sec am inneren Rand bis 305 m/sec am äußeren Rand dieser Zone. Diese scheinen also nicht den einfachen Gesetzen der Schallphysik zu entsprechen. Erst wenn man Schallwege annimmt, die auch aus anderen auf der Schichtung der Atmosphäre beruhenden Gründen erheblich größer sind als die am Erdboden gemessene Herdentfernung, kann man wieder die Schallphysik anwenden. In der Tat steigen nun diese Bahnen mit großer Wahrscheinlichkeit bis in Höhen von 35 bis 45 km bei diesem Versuch an.

Jenseits der genannten 215 km Entfernung setzte dann eine neue Zone des Schweigens ein. Diese enge äußere Begrenzung der „anormalen Hörschallzone“ ist in unserem Fall im wesentlichen bedingt gewesen durch eine Luftkörpergrenze zwischen vom Westen vordringender Warmluft und einem kalten Luftkissen, welches von einem südrussischen Hochdruckgebiet vorgeschoben war. Diese Luftkörpergrenze, die im Südosten und Osten sehr genau mit der Grenze der anormalen Zone der Hörbarkeit zusammenfällt, hat die Schallenergie ganz erheblich geschwächt. So ist es auch zu erklären, daß über die äußere Hörgrenze hinaus Druckwellen nur noch durch die empfindlicheren Registriergeräte nachgewiesen werden konnten. Dies ist mit Sicherheit noch bis etwa 300 km (Göttingen) der Fall gewesen. In größeren als den genannten Entfernungen ist im Osten wenigstens bis zum 12. Längengrad, der Grenze der eingesetzten Hörbeobachterzone, kein Hörschall nachzuweisen gewesen.

Infolge der starken Bodeninversion der Temperatur im östlichen Bezirk mußte innerhalb der Zone der anormalen Explosionswellenwahrnehmung ein Teil der Energie der von oben einfallenden Druckwellen an dieser Inversion wieder in die Atmosphäre hineinreflektiert werden, um dann in der doppelten Entfernung mit doppelter oder auch an drei- bis vierfacher Entfernung mit drei- bzw. vierfacher Laufzeit nach Wiederholung dieses Vorganges wiederum den Erdboden zu erreichen. Für die Wahrnehmung durch das Ohr waren diese Energien allerdings zu schwach, wohl aber haben unsere Registriergeräte diesen Vorgang bis in 555 km Entfernung verbürgt nachgewiesen. (Registrierergebnisse von Potsdam, Kummersdorf und Lindenberg.)

Während sich diese Angaben auf den östlichen in Deutschland gelegenen Teil des Versuchsfeldes beziehen, fällt nun das anders geartete Aussehen der äußeren Hörbarkeitszone im Westen auf. Dazu ist folgendes zu bemerken. Im Norden endet die Hörbarkeitszone naturgemäß an der Nordsee, da dort keine Beobachtungsstationen mehr vorhanden waren bzw. die um Beobachtung gebetenen Schiffsbesetzungen durch andere Geräusche — am Berichtstage speziell durch das ständige Heulen der Nebelsirenen — an einer sicheren Beobachtung gehindert wurden. In dem sehr dünnen Beobachtungsnetz Belgiens sind im Süden bis Südwesten vom Sprengherd noch einige wenige sichere Schallbeobachtungen gemeldet worden. Dann mußte die Zone in der Zeichnung abgebrochen werden, da keine positiven Beobachtungen sowohl in Frankreich als auch in Belgien und Holland mehr vorliegen. Aus den beiden noch auf dem Festlande in Holland gelegenen westlichen Registrierstationen läßt sich mit Sicherheit kein Rückschluß auf etwa mögliche Hörbeobachtung ziehen, weil an beiden Stationen die Registrierungen nicht so einwandfrei gelungen sind, daß man aus dem Nichtvorhandensein einer erkennbaren Druckamplitude auf ihr gänzlich Fehlen sicher schließen kann. Auf jeden Fall mußte die Energie dort aber sehr schwach gewesen sein, sonst hätten die Geräte trotz der durch mechanische Störung bedingten Empfindlichkeitsherabsetzung doch etwas erkennen lassen müssen. In England sind drei im Südosten der Insel gelegene Registrierstationen nach Mitteilung des Organisations des englischen Netzes einwandfrei nicht von merklichen Schallimpulsen erreicht worden. In der „Nature“ sind von Prof. Whipple Angaben über Wahrnehmungen von Laienbeobachtern gemacht worden, die er in Zusammenhang mit unserem Sprengversuch bringt. Die kritische Durchsicht des Materials hält aber dem Maßstab, der bei uns an die Realitätserklärung einer Beobachtung gelegt wird, keineswegs stand. Ihnen fehlt auch jede Bestätigungsform, wie etwa Wiederholung des Schallimpulses im 6-Minuten-Abstand, plausible Laufzeit usw., so daß wir diese Beobachtungen als negativ verlaufen in die Karte eingetragen haben. Bestärkt wurden wir in dieser Auffassung durch den negativen Ausfall der empfindlicheren Registrierungen in England.

Einen ersten rohen Versuch zur Feststellung, ob und wo überhaupt im Westen Druckstörungen veranlaßt durch den Sprengversuch hätten auftreten können, kann man nun an Hand der erzielten Ergebnisse bereits anstellen, ehe die definitive Bearbeitung der Ergebnisse vorliegt, da für diese Abschätzung keine allzu genaue Lage der Bahnkurve erforderlich ist. Man kann aus der Laufzeitdarstellung der Stationen auf dem Profil eine ungefähre Verteilungskurve der Schallgeschwindigkeiten mit der Höhe ableiten und aus den zirkular angeordneten Registrierstationen auch den Windanteil in großen Höhen abschätzen, so daß sich mit einiger Annäherung auch die gleiche Verteilungskurve für eine Stationsfolge im Westen des Schallherdes folgern läßt. Während hieraus die Höhen, in denen aus dem Vorhandensein einer Schicht hoher Laufgeschwindigkeiten — wahrscheinlich also einer warmen Schicht von beiläufig Bodentemperatur und darüber — eine Reflexion oder Umbiegung der Schallwellen notwendig wird, im Osten

sich zu etwa 46 km für den inneren Rand der Zone und etwa 34 km für den äußeren Rand der Zone ableiten lassen, werden die entsprechenden Werte für den Westen beide nahe gleich zu etwa 47 km Höhe ermittelt. Das würde heißen, daß die anormale Zone der Hörbarkeit im Westen sehr schmal werden und sich etwa zwischen 140 und 165 km erstrecken müßte. Wenn dieser von Dr. Duckert durchgeführten Abschätzung vorläufig auch nur eine ganz beiläufige Genauigkeit zukommen kann, so geht doch daraus hervor, daß die Zone der Hörbarkeit im Westen im wesentlichen in der Nordsee verlaufen muß, was das Fehlen von Ohrbeobachtungen erklären würde. Interessant ist, daß die Zone dann auch zwischen den holländischen Registrierstationen Waalsdorp und Vlissingen verlaufen würde, was durch das Fehlen von Registrierergebnissen eine ganz brauchbare Bestätigung dieser Überschlagsrechnungen darstellen könnte.

Die Arbeitshypothese, von der bei der Auswahl der Registrierstationen und des Ohrbeobachternetzes ausgegangen war, bestand darin, daß die Schallumkehr aus den Höhen von beiläufig 40 bis 50 km Höhe erfolgt, wahrscheinlich infolge eines starken sprunghaften Ansteigens der Temperatur, die hierbei Werte erreicht, die die am Erdboden gemessenen übersteigen müssen. Das erzielte Ergebnis hat sich ganz und gar in den Rahmen dieser Arbeitshypothese einpassen lassen und ist vollkommen wie erwartet verlaufen. Das besagt nun allerdings noch nicht, daß das Ergebnis nicht auch durch andere Theorie ebenso oder besser dargestellt werden kann. Es zeigt aber, daß wir uns auf dem richtigen Wege zur Lösung der allgemein interessierenden Probleme befinden.

Erwähnt sei hier noch kurz, daß auch der meteorologische Zustand der Atmosphäre am Versuchstage durch verstärkte Meßtätigkeit eingehend studiert worden ist, und daß die hierbei erzielten Ergebnisse ganz wesentlich zur Klärung des Ausbreitungsphänomens beigetragen haben.

Neben den Verdiensten, die die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und die an den Messungen beteiligten Forschungsinstitute sich erworben haben, sei am Schluß nochmals mit besonderer Anerkennung der zahlreichen freiwilligen Beobachter gedacht, durch deren Mühewaltung wir das schöne Ergebnis haben erzielen können.
