

## Werk

**Jahr:** 1926

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:2

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0002

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0002](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002)

**LOG Id:** LOG\_0026

**LOG Titel:** Vorträge, gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 7. bis 9. Dezember 1925 in Göttingen

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

**Vorträge, gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft**  
vom 7. bis 9. Dezember 1925 in Göttingen.

**Laufzeit des Schalles für große Entfernungen.**

II. Mitteilung.

Von **G. Angenheister.** — (Mit drei Abbildungen.)

Es werden einige ergänzende Bemerkungen zu meiner Veröffentlichung in dieser Zeitschrift I, 314 und Abbildungen der Schallregistrierungen gebracht. Die Explosion von Wiener-Neustadt zeigt die von der Theorie geforderte Gestalt der normalen und anormalen Zone.

I.

In einer Arbeit „die Laufzeit des Schalles für große Entfernung“\*) habe ich gezeigt, daß die normale Schallausbreitung am Boden mit einer Geschwindigkeit erfolgt, die nahe gleich der Schallgeschwindigkeit bei der am Boden herrschenden Lufttemperatur ist; die anormale Schallausbreitung am Boden

erfolgt dagegen wesentlich langsamer. Die anormalen Laufzeiten sind für dieselbe Entfernung 1 bis 2 Minuten länger als die normalen. Ich schloß daraus, daß die normalen Strahlen in der Troposphäre verlaufen und nur Scheitelhöhen von wenigen Kilometern erreichen; die anormalen Strahlen dagegen in die Stratosphäre eindringen und dort eine beträchtliche Strecke mit geringer Geschwindigkeit, dann höhere Schichten mit größerer Geschwindigkeit durchlaufen (S. 326). Die Schallstrahlen können in der Troposphäre sehr

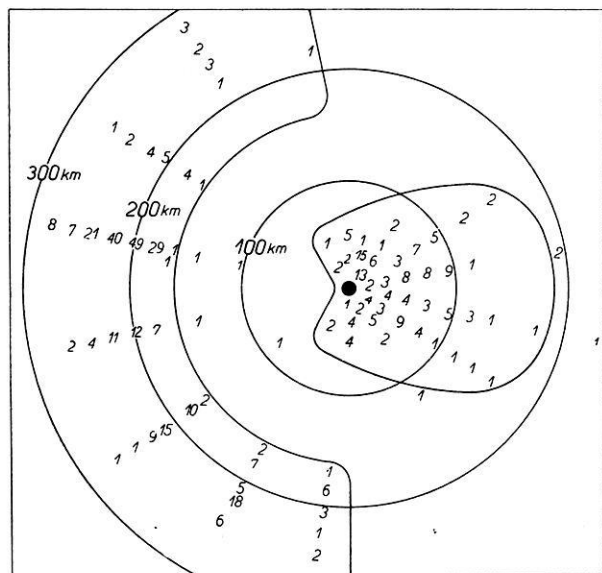


Fig. 1. Zahl der Schallmeldungen anlässlich der Explosion in Wiener-Neustadt den 16. Juni 1912.

wohl die Bedingungen finden, die sie zum Boden zurückführen, nämlich einen Windgradienten, der die Verminderung der Schallgeschwindigkeit infolge der abnehmenden Temperatur mit der Höhe überkompensiert. Falls ein solcher

\*) Zeitschr. f. Geophys. I, 314. Die Arbeit wurde Mitte Oktober 1925 in Druck gegeben, am 4. November im Geophys. Kollegium in Göttingen referiert und Mitte November ausgegeben.

überkompensierender Windgradient schon nahe am Boden wirksam ist, und eine Winddrehung mit der Höhe nicht stattfindet, muß sich eine sehr übersichtliche Gestalt der Zone normaler und anormaler Hörbarkeit ergeben. Mit dem Winde muß sich die Zone normaler Hörbarkeit von der Schallquelle an ununterbrochen weit hinaus erstrecken; eine Zone des Schweigens ist in dieser Richtung nicht vorhanden. Die Schallstrahlen werden hier vom Windgradienten herabgedrückt, sie erreichen nur geringe Höhen und kommen ohne Verspätung an; der geringe Umweg wird durch die erhöhte Geschwindigkeit, die sie infolge des Windgradienten von Anfang an besitzen, kompensiert. Gegen den Wind dagegen muß der Boden schallfrei sein. Die Schallstrahlen werden in dieser Richtung durch den Wind- und Temperaturgradienten hinaufgebogen; sie treten mit geringerer Geschwindigkeit in die Stratosphäre ein und erreichen dort erst in größeren Höhen (30 bis 40 km) Geschwindigkeiten höher als die Schallgeschwindigkeit am Boden, wodurch sie wieder abwärts geführt werden. Den Boden erreichen sie erst in großer Entfernung von der Schallquelle, jenseits der Zone des Schweigens. Sie haben einen großen Umweg zu erheblichem Teil mit verminderter Geschwindigkeit durchlaufen und kommen daher mit bedeutender Verspätung an.

Eine solche einfache Anordnung dieser Zonen scheint bei der Explosion in Wiener-Neustadt am 7. Juli 1912 geherrscht zu haben. E. v. Everdingen\*) hat die Beobachtungen der Explosionswelle auf Grund der Zusammenstellung von J. N. Dörr\*\*) in einer Karte dargestellt, die ich hier beifüge (Fig. 1). Unten wehten westliche Winde. Die Zone normaler Hörbarkeit ist weit nach Osten verlängert. Im Westen gegen den Wind liegt die Zone des Schweigens, jenseits davon die Zone anormaler Hörbarkeit. Nicht immer sind normale und anormale Zone so klar voneinander getrennt. Zuweilen greifen sie ineinander. Dann kann nur die Laufzeit entscheiden, ob normale oder anormale Ausbreitung vorliegt. Es ist möglich, daß die lokalen meteorologischen Verhältnisse und das Bodenrelief — im Westen nahes Gebirge, im Osten weite Ebene — bei der Ausbildung der Zone mitgewirkt haben.

## II.

Die von mir aufgestellte Laufzeitkurve des anormalen Schalles zeigt eine Streuung, die weit über die Ungenauigkeit der Beobachtung hinausgeht. Die Streuung ist zweifellos durch den Einfluß der jeweiligen Wetterlage bedingt. Für den bestgesicherten Teil dieser Laufzeitkurve habe ich die Scheitelgeschwindigkeit des Schallstrahls bestimmt und dabei den in der Seismik bekannten Benndorfschen Satz, hier aber für eine ebene Erdoberfläche, angewendet. Die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit  $\mathfrak{B} = \frac{d\Delta}{dT}$  ist gleich der Scheitelgeschwindigkeit  $v_s$ . Hier bedeuten  $\Delta$  die Herddistanz und  $T$  die Laufzeit. Die zur Erdoberfläche zurückkehrende Wellenfront gleitet an der Erdoberfläche entlang mit einer Geschwindigkeit, die gleich ist der Scheitelgeschwindigkeit des zugehörigen Wellenstrahles. Eine angenäherte Schätzung der Scheitelhöhe ergab sich dann aus

\*) E. v. Everdingen: Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam. Proc. 18, 933; Sitzb. Ak. Amsterdam 1915, S. 820.

\*\*) J. N. Dörr: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Okt. 1913.

vereinfachenden Annahmen für eine windstille Atmosphäre. Bei konstanten Temperaturgradienten in der Troposphäre ist die Schallgeschwindigkeit  $c$  in der Höhe  $h$

$$c = c_0 \sqrt{1 - \frac{h}{H_n}},$$

wo  $c_0$  der Wert von  $c$  am Boden ist und  $H_n$  die Höhe der polytropen Atmosphäre der Klasse  $n$ . Das hat zur Folge, daß die Schallbahnen Cykloiden sind. (Darauf ist schon mehrfach hingewiesen worden, z. B. von Emden, Meteorol. Zeitschr. 1918, S. 13.) Für die Höhe der Troposphäre von 10 km und einem normalen Temperaturgradienten von  $6^\circ$  pro Kilometer sinkt  $c$  nur um etwa 11 Proz., daher ist es ausreichend,

$$c = c_0 \left(1 - \frac{h}{2H_n}\right)$$

zu setzen. Für die Näherungsrechnung genügt es, als Form der Schallstrahlen je nach dem gewünschten Grade der Genauigkeit Kettenlinien, Parabeln oder Kreisbogen anzunehmen. Bei der Berechnung der Scheitelhöhe des anormalen Strahles in einer windstillen Atmosphäre habe ich in der Troposphäre Kreisbogen angenommen. In der Stratosphäre muß die um 11 Proz. herabgesunkene Geschwindigkeit wieder um wenige Prozent über den Wert am Boden steigen. Dies erfolgt, wie uns die große Verspätung zeigt, erst in beträchtlicher Höhe. Nach welchem Gesetz die Geschwindigkeitszunahme erfolgt, ist unbekannt. Für die näherungsweise Berechnung der Scheitelhöhe ist jedoch bei flachen Strahlen der Kreisbogen eine gute Annäherung. Für einen solchen flachen Strahl  $\angle = 245$  km ergibt sich als Scheitelhöhe 37 km, als Scheitelgeschwindigkeit 350 m/sec.

Solange es sich um eine näherungsweise Berechnung der Höhe handelt, sind die oben getroffenen vereinfachenden Annahmen zulässig, zumal die verwendeten Beobachtungen aus einem Teil der Laufzeitkurve stammen, der die geringste Streuung zeigt, also aus einer Distanz, bei der die Wetterlage die Laufzeit am wenigsten beeinflusst. Bei genauerer Rechnung, wie sie die Bestimmung der Grenzen der anormalen Zone erfordert, sind die vereinfachenden Annahmen allerdings nicht mehr ausreichend.

Die Beobachtungen zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Dimensionen und Formen der anormalen Zone und ein starkes Schwanken der Laufzeiten der Grenzstrahlen. Hier tritt die Wirkung der Wetterlage besonders deutlich hervor. Es ist hier auch nicht zulässig, die beobachteten Laufzeiten ohne weiteres nach entgegengesetzten Azimuten zu mitteln. Der Windgradient und die Winddrehung mit der Höhe ändern die Form des Laufstrahls, der bei Winddrehung eine Raumkurve darstellt. In entgegengesetzten Azimuten enden in gleicher Herddistanz Laufstrahlen, die verschiedene Form, Scheitelhöhe und Scheitelgeschwindigkeit besitzen. Die Mittelung der Beobachtungen und die Annahme einer windstillen Atmosphäre ist für dieses Problem nicht mehr ausreichend. Es muß unser Bestreben sein, die notwendigen meteorologischen Grundlagen hierfür, das sind vor allem die Änderung der Windrichtung und -geschwindigkeit mit der Höhe, zu beschaffen.

III.

In meiner oben erwähnten Arbeit sind die Registrierungen in Eschwege von den Sprengungen in Munsterlager eingehend beschrieben. Ich füge hier Abbildungen bei (Fig. 2), die drei dieser Registrierungen der anomalen Schallausbreitung zeigen. 1 und 2 gehören zu zwei Sprengungen, die in einem Abstand von fünf Minuten aufeinanderfolgten. Die Bilder sind daher sehr ähnlich.

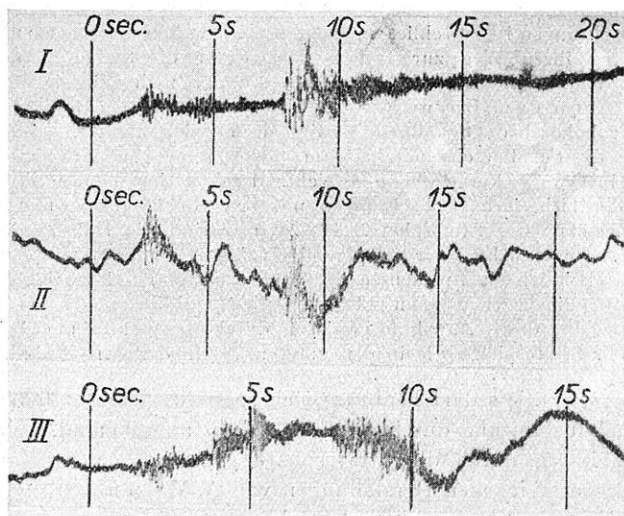


Fig. 2. Drei Sprengungen im Munsterlager, registriert in Eschwege am 14. Jan. 1925

Anormaler Schall;  $\lambda = 196.8 \text{ km}$ ;  $T = 662 \text{ sec}$ ;  $\frac{\lambda}{T} = 297 \text{ m/sec}$ .

II. Sprengung 5 Min. später als I.; III. Sprengung 1<sup>h</sup> später; die langsamen Bewegungen sind Windstörungen; die Periode der Schallbewegung beträgt  $\frac{1}{7} \text{ sec}$ .

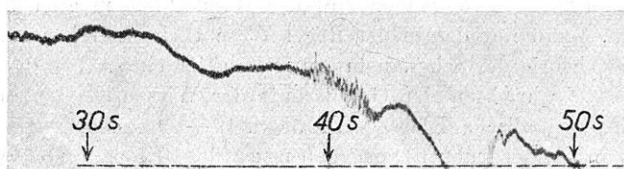


Fig. 3. Sprengungen in Ohrdruf, registriert in Göttingen am 18. Dez. 1924.

Normaler Schall;  $\lambda = 95.2 \text{ km}$ ;  $T = 284 \text{ sec}$ ;  $\frac{\lambda}{T} = 335 \text{ m/sec}$ .

Eine Stunde später war das Bild 3 wesentlich verändert. Auf 1 und 2 kann man besonders deutlich die verschiedenen Einsätze unterscheiden und identifizieren.

Fig. 3 zeigt die Registrierung einer normalen Schallwelle von einer Sprengung in Ohrdruf, die in Göttingen aufgenommen wurde. Die Registrierungen in Fig. 2 und 3 wurden von Herrn Dr. F. Trappe und cand. math. F. Gerecke mit einem Metallmembranapparat gewonnen, den ich bereits Jahrgang I, S. 20 dieser Zeitschrift beschrieben habe. Zur photographischen Aufzeichnung diente ein von E. Wiechert konstruierter Lichtschreiber.