

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_0037

LOG Titel: Beiträge zu den Luftschallmessungen

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

Tabelle 7 (Fortsetzung)

Nr.	Ort	1. Sprengung	2. Sprengung	3. Sprengung	4. Sprengung	Bemerkungen
16	Jever	∆: 182.02 km	181.71 km	181.67 km	181.71 km	
		628.7	627.1	626.7	627.8	Anormaler Schall
		634.7	633 ?	631.7	632.8	
		635.2	634 ?	632.1	633.3	Maximum
		638.2	638	636.2	637	Maximum
17	Stockum, Försterei	∆: 182.20 km	181.95 km	182.22 km	181.79 km	
		614.8	613.9	615.5	613.3	Anormaler Schall
		616.3	615.4	616.5	614.3	
		619.4	619.4	620.5	618.3	
		621.2	620.5	621.5	620.3	
623.3		624				
18	Aachen-Pelzerturm	∆: 186.94 km	187.02 km	187.24 km	186.89 km	
		691.3	691.5	688.2	688.5	Anormaler Schall
				690.7	689.9	

Jena, Göttingen, im Januar 1934.

Beiträge zu den Luftschallmessungen

Von **O. Meißer** und **H. Martin**, Jena — (Mit 8 Abbildungen)

A. Zeitdienst bei Luftschallmessungen. B. Die Aufzeichnungstreue vom Kühlschen Undographen und Wiechertschen Membranapparat. C. Überschlägige Auswertung. D. Vorschlag für weitere Untersuchungen an Luftschallwellen mit Registrierbeobachtungen.

A. Der Zeitdienst für Luftschallmessungen. Die für die Aufnahme der Laufzeitkurve erforderliche Zeit- und Entfernungsgenauigkeit soll ungefähr 2⁰/₁₀₀ betragen, d. h. die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit (v) der Schallwellen für zwei benachbarte Profilverpunkte soll in derselben Größenordnung des Temperatureinflusses für 1⁰ C (1.8⁰/₁₀₀) liegen. Die relative Genauigkeit $\frac{dv}{v}$ der scheinbaren Oberflächengeschwindigkeit beträgt

$$\frac{dv}{v} = v \frac{\Delta T \sqrt{2}}{\Delta x},$$

wenn ΔT die Zeitgenauigkeit der Beobachterstationen und Δx die Entfernung ist. Schreibt man einen möglichst engen Stationsabstand von 10 km vor, um die Einsätze leichter in den verschiedenen Registrierungen identifizieren zu können, so muß für $\frac{dv}{v} \pm 2^0/100$ bereits eine Zeitgenauigkeit von $\Delta T \sim \pm 1/20$ sec verlangt werden.

Aus diesem Grunde wurde bereits seit dem Jahre 1929 ein eigener drahtloser Zeitdienst für die Luftschallmessungen eingerichtet. Um bei der Registrierpapier-

geschwindigkeit von 8 bis 10 mm/sec die $\frac{1}{10}$ sec absolut sicherzustellen, wurden die drahtlosen Zeitzeichen, die während der gesamten Schallaufzeit ununterbrochen ausgesandt werden, über eine Vorrichtung gleichzeitig mit auf den Film photographisch aufgedruckt. Da diese Einrichtungen bei dieser Sprengung einheitlich zum Einsatz kamen und sich — wie frühere Teilmessungen*) bereits zeigten — außerordentlich bewährten, sollen die technischen Einzelheiten kurz gegeben werden.

a) Sender. Nach einigen wenig Erfolg versprechenden Versuchen mit Kurzwellen (< 100 m) stand es fest, daß für eine Reichweite von 600 km nur eine längere Welle in Frage kommt, die annähernd fadingfrei ist. Die ersten Versuche und Überlegungen zeigten, daß eine Sendeenergie von mindestens 300 Watt erforderlich ist und eine Leistung von etwa 1 kW angestrebt werden soll. Ein selbst angefertigter Sender würde kaum in der Lage sein, mit der nötigen Betriebssicherheit und Rentabilität bei diesen immerhin seltenen Messungen zu arbeiten. Aus diesem Grunde mußte versucht werden, eine feste Funkanlage mit diesen Zeitsignalsendungen zu beauftragen. Dank dem Entgegenkommen des Reichswehrministeriums konnte bei den bisherigen Versuchen eine Heeresfunkstelle benutzt werden. Somit war die schwierigste Frage: die Beschaffung des Senders, gelöst.

b) Zeitsignalgeber. Zum Tasten des Senders wird eine Pendeluhr mittlerer Qualität benutzt. Diese soll nur während einer Stunde ungefähr konstanten Gang aufweisen. Der Stand wurde bisher durch Auflegen oder neues Loslassen einige Zeit vorher unter einer Sekunde gehalten. Am Pendel (s. Fig. 1) ist ein Pendelkontakt P angebracht und symmetrisch eingestellt. Dieser Pendelkontakt tastet ein Relais R , das seinerseits das Senderrelais bedient. Um den Pendelkontakt zu schonen, wird eine niedrige Spannung (2 bis 4 Volt) gewählt und eine Kapazität mit einem Widerstand in Serie parallel zum Kontakt gelegt. Selbstverständlich soll der Relaisstrom nur einige 10^{-3} Amp. betragen. Bei dieser Anordnung sendet der Sender 1 sec und ist dann 1 sec unterbrochen. Um die volle Minute zu markieren, wurde ein Minutenkontakt parallel dem Pendelkontakt geschaltet, so daß während 3 sec der Kontakt P kurzgeschlossen ist. Das Signal ist in Fig. 2 wiedergegeben.

Diese langen Signale erleichtern ein Auffinden und Einstellen der ausgesandten Welle. Die relative Genauigkeit des Signals in sich beträgt $\pm \frac{1}{100}$ sec.

c) Zeitsignalschreiber. Da eine Wellenlänge von 1100 m zur Verwendung kam, ist jeder „Rundfunkempfänger“ verwendbar, falls seine Rückkopplung einstellbar ist. Um die Selektivität möglichst weit zu treiben, ist ein Mehrkreisempfänger zu empfehlen. Um die Signale photographisch zu schreiben, benutzt

*) O. Meißer: „Luftseismik“ in Wien-Harms Handb. d. Experimentalphys. XXV, S. 239 u. 242. Leipzig 1930.

man ein sogenanntes „Resonanzrelais“. Dieses besteht (s. Fig. 3) im Prinzip aus einem Telephonmagnet (*T*), vor dem sich eine Zunge (*F*) aus Stahl befindet.

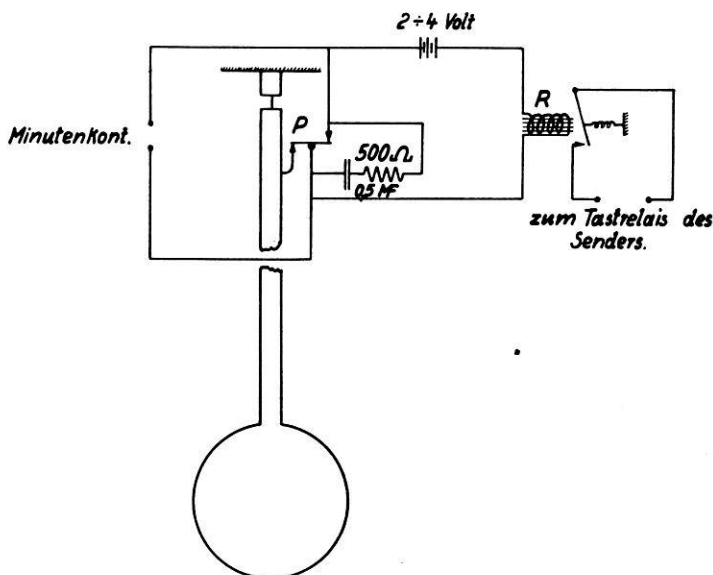


Fig. 1. Schaltkizze für Sekundengeber und Senderrelais

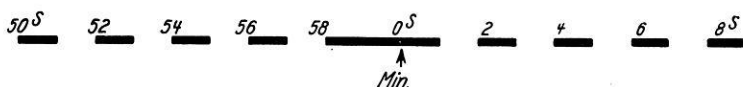


Fig. 2. Zeitmarkenschema

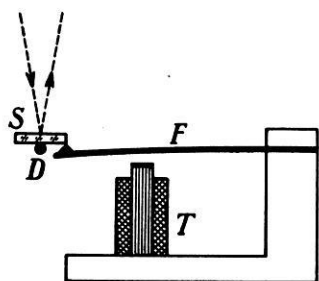


Fig. 3. „Resonanzrelais“
F Stahlfeder, *S* Spiegel,
D Drahtachse, *T* Telephonmagnet

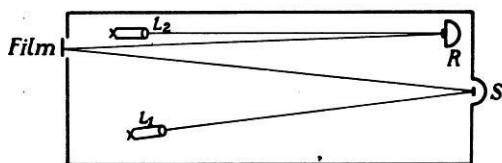


Fig. 4. Lichtwege im Kühlschen Undographen
*L*_{1, 2} Einfadenlampen, *S* Luftschall-Meßsystem,
R Resonanzrelais

Die Bewegung der Zunge *F* wird von einem Spiegel *S* optisch aufgezeichnet. Der Spiegel ist um eine Drahtachse (*D*) drehbar. Läßt man das Zeitsignal über die Spulen des Telephonmagneten und stellt den Überlagerungston mit dem Emp-

fänger so ein, daß er mit der Eigenschwingung der Stahlzunge übereinstimmt, dann arbeitet das „Resonanzrelais“ mit großer Empfindlichkeit und äußerster Selektivität. Selbstverständlich lassen sich an Stelle eines sogenannten Telephonmagneten noch besser Lautsprecher Systeme verwenden. Die Eigenfrequenz betrug 600 Hertz und das logarithmische Dekrement 0.08. Aus dem Dekrement und der Resonanzkurve für das Relais folgt, daß für eine Verstimmung von $\pm 4\%$ der Resonanzausschlag auf $\frac{1}{10}$ abgefallen ist. Mithin besitzt der Empfänger für die Wellenlänge λ über dieses rein mechanische System eine maximale Trennschärfe von $d\lambda = \frac{1}{6} m$ für $\lambda = 1000 m$ und $\pm 4\%$ Verstimmung*). Der etwas störende Anschwingvorgang des Resonanzrelais ist für 600 Hertz und ein Dekrement von 0.08 bereits in einer $\frac{1}{50}$ sec beendet. Somit hat man in dem „Resonanzrelais“ ein optisches, sehr empfindliches Instrument, das die obigen gestellten Zeitforderungen voll erfüllt und sehr einfach aufgebaut ist. In Fig. 4 ist die Anordnung der beiden Einfadenlampen $L_{1, 2}$ für das Schallsystem S und das Resonanzrelais R angegeben. Dadurch, daß man jeden Lichtpunkt für sich justieren kann und daß die Lampe L und das Relais R einzeln in der Höhe verstellbar angeordnet sind, kann man erreichen, daß die Lichtpunkte für die Zeitmarkierung und für die Schallwellen parallaxenfrei auf dem Film erscheinen. Man justiert die beiden Lichtpunkte so, daß sie sich auf der Mattscheibe durch seitliche Bewegung bis auf $\frac{1}{10} mm$ zur Deckung bringen lassen. Für die Auswertung ist die Parallaxenfreiheit von großem Vorteil. Die verschiedenen Zeitmarkierungen sind in Fig. 5 zu S. 155 an den einzelnen Filmen zu sehen. Um eine genaue Kontrolle über den Uhrgang zu besitzen, wurden in Jena zu Anfang und am Ende jeder Stunde die Zeitmarken durch astronomische Pendeluhren miteinander verglichen. So ist auch die Angabe auf S. 150 gewonnen.

B. Die Aufzeichnungstreue vom Kühlschen Undograph und Wiechertschen Membranapparat. Es konnte früher bereits gezeigt werden**), daß sowohl der „Kühlsche Undograph“ wie der „Wiechertsche Membranapparat“ qualitativ gleichwertig sind. Beide Instrumente besitzen gedämpft schreibende Systeme, die technischen Daten sind:

Instrument	Eigenschwingung	Logarithmisches Dekrement	
Undograph	14—15 Hertz	etwa 1.1	} (einfaches Amplitudenverhältnis 1 : 3)
Membranapparat	40—42 „		

Da beide Systeme hinreichend gedämpft sind, um die Eigenschwingungen genügend zu unterdrücken, ist bei Parallelregistrierung eine Übereinstimmung

*) Siehe auch J. Zenneck u. H. Rukop: Drahtlose Telegraphie. S. 481. Stuttgart 1925.

**) O. Meißer: Untersuchungen über die Registriergeräte für Luftdruckmessungen bei künstlichen Schallsprengeungen. Als Manuskript gedr. Reichsanstalt für Erdbebenf. Jena 1929.

der Kurvenbilder zu erwarten. In Fig. 5 ist die Aufnahme des normalen Schalles der ersten (1 *AB*) und der dritten (2 *CD*) Sprengung wiedergegeben. Die Kurven des Membranapparats (*AC*) entsprechen denen des Undographen (*B, D*) qualitativ

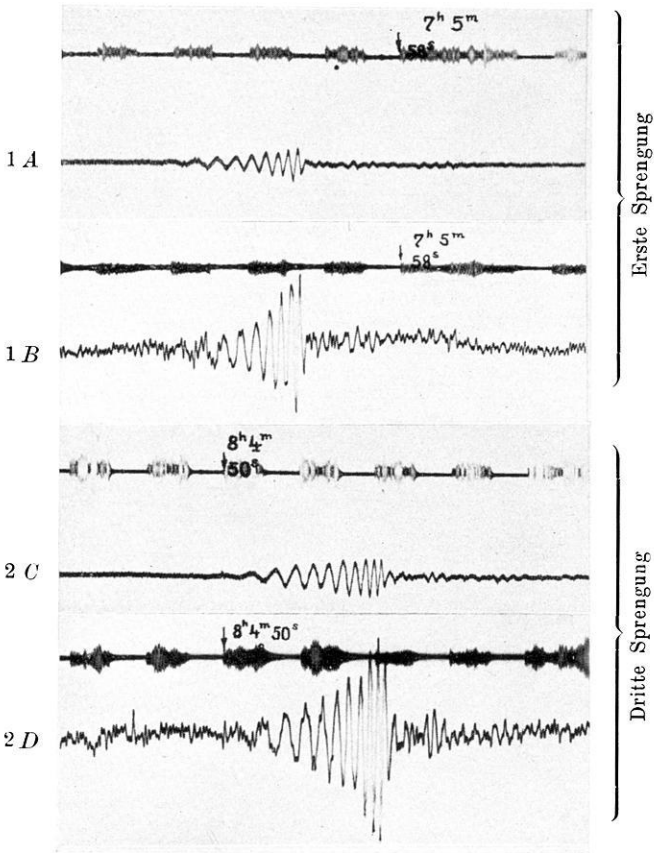


Fig. 5.

Parallelregistrierungen der ersten (1) und dritten (3) Sprengung
in Station Nr. 1, Altenlüne (98 km)

Kühlscher Undograph (*B, D*);
Wiechertscher Membranapparat (*A, C*)

recht gut, obwohl wegen der verschiedenen Eigenschwingungen die Amplituden der verschiedenen Perioden verfälscht werden. Leider sind beide Instrumente nicht in der Lage, den nur schwach hörbaren Schall aufzuzeichnen, weil ihre Eigenschwingungen zu niedrig liegen und die Schallintensität zu schwach zu sein scheint. Es ist daher unbedingt noch erforderlich, bei weiteren Unter-

suchungen einen Registrierempfänger für die Schallwellen höherer Frequenz parallel arbeiten zu lassen. Ein Versuch, die verschiedenen Amplituden des Kühlschen und Wiechertschen Instruments miteinander quantitativ zu vergleichen, konnte mangels der experimentellen Resonanzkurven nicht unternommen werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß der Kühlsche Undograph bei Druckschwingungen von sehr langer Periode einen fälschenden Ausgleich an dem Flügel besitzt.

C. Überschlägige Auswertung. Die Aufgabe der Laufzeitkurvenauswertung ist, die Schallgeschwindigkeit (v) für die durchlaufenen Höhen (h) anzugeben. Setzt man die Gültigkeit des Brechungsgesetzes voraus, so gibt bekanntlich die Tangente der Laufzeit (T)-Kurve (x Entfernung) die Scheitelgeschwindigkeit v_s des Schallstrahles zu

$$\frac{\partial x}{\partial T} = v_s = \frac{v_0}{\cos e_0}, \dots \dots \dots (1)$$

wenn e_0 der Emergenzwinkel und v_0 die Schallgeschwindigkeit am Boden bedeuten.

Für die Höhenberechnung der jeweiligen Schallgeschwindigkeiten kommt für die vorliegende Laufzeitkurve das Wiechert-Herglotzsche Verfahren nicht in Frage, da für die Laufzeitkurve die Bedingung $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} < 0$ sicher nicht erfüllt ist. Faßt man die Strahlbahn (ohne Windberücksichtigung) als einen aus Geraden bestehenden Linienzug auf, so lauten die einzelnen Relationen (s. Fig. 6)

$$\frac{\cos e_i}{v_i} = \frac{\cos e_0}{v_0}, \quad T = \sum_{i=0}^{\text{Scheitel}} \frac{2 \Delta x_i}{v_i \cos e_i}, \quad h = \sum_{i=0}^{\text{Scheitel}} \Delta x_i \cdot \text{tg } e_i \dots (2)$$

Ein weiteres, von Wiechert beschrittenes Verfahren besteht darin, Atmosphärenmodelle vorzugeben.

Berücksichtigt man bei den so gefundenen Strahlbahnen, daß die Scheitelhöhe klein ist im Verhältnis zu der Entfernung: Sprengherd = Beobachtungsort (x), so kann man mit einer einfachen Vernachlässigung die Strahlbahn durch einen symmetrischen gebrochenen Linienzug annähern. Dieser ist durch den Sprengherd ($x = 0$), den Scheitelpunkt ($x/2$) und den Beobachtungspunkt (x) bestimmt. Die verschiedenen Schallgeschwindigkeiten und die Abweichungen von dieser stark idealisierten Bahn werden durch eine mittlere Schallgeschwindigkeit v_m berücksichtigt. Somit

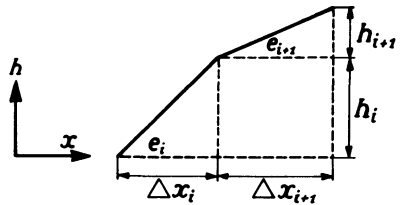


Fig. 6
 h Höhe, x Entfernung, e Emergenzwinkel

Dieser ist durch den Sprengherd ($x = 0$), den Scheitelpunkt ($x/2$) und den Beobachtungspunkt (x) bestimmt. Die verschiedenen Schallgeschwindigkeiten und die Abweichungen von dieser stark idealisierten Bahn werden durch eine mittlere Schallgeschwindigkeit v_m berücksichtigt. Somit

hat man für die Auswertung nur die zwei Unbekannten: v_m und h . Für die Berechnung dienen folgende einfachen Formeln:

$$T = \frac{1}{v_m} \sqrt{x^2 + 4h^2} = \frac{x}{v_m} \cdot \frac{v_S}{v_m} \dots \dots \dots (3)$$

$$\cos e_m = \frac{v_m}{v_S} \dots \dots \dots (4)$$

$$v_m = \sqrt{\frac{x}{T} \cdot v_S} \dots \dots \dots (5)$$

$$h = \frac{x_1}{2} \sqrt{\left\{ \left[\frac{x_2 - x_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{T_1}{x_1} - 1 \right] \left[1 + \frac{T_1}{T_1 + T_2} \cdot \frac{x_2 - x_1}{x_1} \right] \right\}^{(*)}}, \dots \dots (6)$$

wobei stillschweigend vorausgesetzt ist, daß die Laufzeiten T_1 und T_2 der benachbarten Punkte der Laufzeitkurve derselben Scheitelhöhe entsprechen. Formel (6) ist nur dann anwendbar, wenn die Überführungsgeschwindigkeit (x_1/T_1) kleiner als die Scheitelgeschwindigkeit ($v_S \sim \frac{x_2 - x_1}{T_2 - T_1}$) ist.

Zur Berechnung der Höhen wurden die obigen Formeln unter Verwendung der Werte für die Laufzeiten aus den Kurven in Fig. 4**) entnommen. Dabei wurden

Laufzeitkurventeil	x km	v_m m/sec	v_S m/sec	h km	h (Mittel) km
a'	151	331.0	381.0	43.0	42.1
	159	328.0	370.0	41.3	
b'	151	330.0	382.7	44.3	43.5
	159	328.0	372.0	42.7	
c'	151	345.0	423.5	53.7	52.6
	159	340.0	404.0	51.4	
a	177	324.7	352.0	37.3	37.8 ± 1.0
	187	325.0	351.0	38.1	
	197	324.3	347.5	36.8	
	207	326.0	348.3	38.8	
b	177	326.2	358.6	40.3	40.6 ± 0.8
	187	327.3	357.0	41.0	
	197	326.0	351.5	39.7	
	207	327.2	352.3	41.3	
c	177	328.8	366.2	43.4	44.1 ± 0.6
	187	330.0	365.0	44.3	
	197	329.2	361.3	44.0	
	207	330.0	360.0	44.7	

die Entfernungen 147, 155 und 163 km der Kurvenäste a', b' und c', die Entfernungen 172, 182, 192, 202 und 212 km der Kurvenäste a, b und c mit den ent-

*) Zur Ableitung von (6) wird nur (3) benutzt.
 **) Zu S. 155.

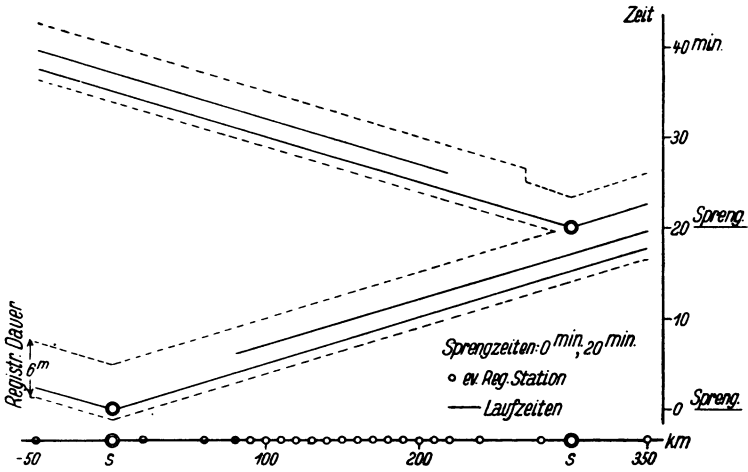


Fig. 7. Laufzeiten (—) und Registrierzeiten (---)

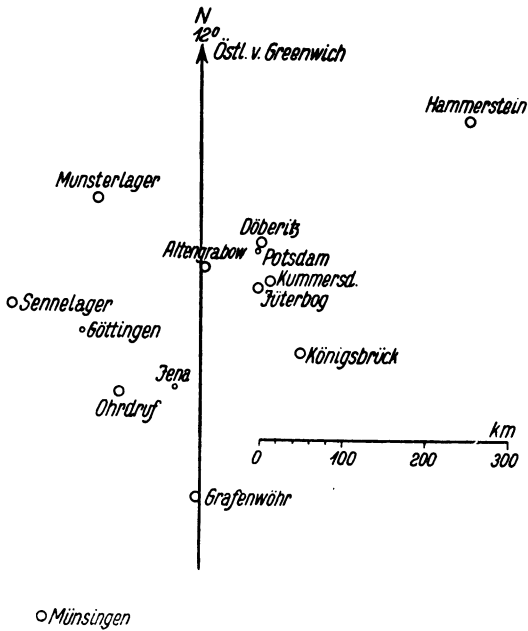


Fig. 8
Geographische Lage geeigneter Sprengorte in Deutschland

sprechenden Laufzeiten herangezogen. Die sich ergebenden Werte (Rechen-schieber) für die Scheitelhöhe h , die mittlere Geschwindigkeit v_m und die Scheitelgeschwindigkeit v_s für die Entfernungen x sind in der Tabelle auf S. 164 zusammengestellt.

Die so ermittelten Höhen sind hier Höchstwerte. Jeder andere Strahlenverlauf, und wenn er noch so kompliziert ist, gibt für die ermittelten Höhen längere Laufzeiten oder für dieselben Laufzeiten geringere Höhen. Somit hat die Reflexion bzw. Umbiegung der registrierten anormalen Schallwellen zwischen 38 bis 52 km stattgefunden.

D. Vorschlag für weitere Untersuchungen an Luftschallwellen mit Registrierbeobachtungen. Um den Einfluß des Windes auch für Höhen, die durch die meteorologischen Beobachtungen nicht mehr erfaßt werden können, rechnerisch eliminieren zu können, wird stets das Profil zu beiden Seiten des Sprengorts angeordnet. Für neue Luftschallmessungen würde sich aus zwei Gründen eine andere Aufstellung empfehlen: Es wird an zwei Orten gesprengt, die annähernd 300 km auseinanderliegen. Das Beobachtungsnetz ist im wesentlichen auf der Verbindungslinie der Sprengherde aufgestellt, abgesehen von einigen quer dazu liegenden Stationen (Windrichtung). Der zeitliche Abstand der Sprengmomente ist so zu wählen, daß überall die Schallwellen beider Sprengungen getrennt aufgenommen werden können. Eine Differenz von 20 Minuten muß deshalb mit in Kauf genommen werden. Diese Aufstellung hat den großen Vorteil, daß beim „Schießen“ und „Gegenschießen“ die Schallwellen stets annähernd dasselbe Medium durchlaufen. Außerdem kann so mit den verfügbaren Schallregistrierinstrumenten ein möglichst enges Beobachtungsnetz aufgestellt werden. Für diese Versuche eignen sich folgende Profile: Ostwest: Jüterbog—Sennelager (300 km); Nordsüd: Altengrabow—Grafenwöhr (270 km); Munsterlager—Ohrdruf (240 km); Ohrdruf—Münsingen (290 km) oder Kummersdorf—Grafenwöhr (220 km). In Fig. 7 sind die entsprechenden Registrierdauern zu den einzelnen Entfernungen aufgetragen. Der Abstand der beiden Sprengstellen sei 300 km. Die Lage der vorgeschlagenen Sprengorte selbst zeigt Fig. 8.

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, Januar 1934.