

## Werk

**Jahr:** 1939

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:15

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

**Werk Id:** PPN101433392X\_0015

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0015](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0015)

**LOG Id:** LOG\_0034

**LOG Titel:** Beschreibung des neuen Gerätes zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Gesteinsproben und einige Meßergebnisse

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

## **Beschreibung des neuen Gerätes zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Gesteinsproben und einige Meßergebnisse**

Von **St. v. Thyssen** \*) und **O. Rülke** \*\*). — (Mit 8 Abbildungen)

Ein neues elektrisches Gerät, das auf der Methode der freien Longitudinalschwingungen beruht und zu Laufzeitmessungen in Gesteinsproben benutzt werden kann, wird beschrieben. Einige Meßergebnisse werden gebracht.

**I. Allgemeiner Teil.** Kürzlich wurde an anderer Stelle\*\*\*) über ein neues Gerät und dessen Bedeutung für die angewandte Geophysik berichtet. Mit diesem läßt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler elastischer Wellen in Gesteins- bzw. Bodenproben auf einfache Weise nach dem dynamischen Verfahren feststellen.

Zur Ermittlung von Wellengeschwindigkeiten in Proben auf dynamische Art bieten sich verschiedene Wege, von denen nicht jeder unter allen Umständen gangbar ist. Eine Möglichkeit besteht in der plötzlichen Auslösung statischer Spannungen im Probekörper †) oder auch darin, die Proben durch Stoß oder Schlag anzuregen und mit Hilfe von geeignet konstruierten Anzeigegeräten die Zeitdifferenz zwischen Abgabe des Stoßes auf der einen Seite und Ankunft des Stoßes auf der anderen Seite zu messen. Die Autoren haben ein Meßgerät ††) nach diesem Verfahren gebaut und auch Messungen hiermit durchgeführt, sind aber davon wieder abgegangen. An ein für die Praxis brauchbares Meßgerät, insbesondere für Bohrkern- und andere Gesteinsuntersuchungen, müssen nämlich eine Reihe von Forderungen gestellt werden, wie geringe Meßdauer, hohe Meßgenauigkeit, einfache Handhabung. Daneben muß das Gerät transportabel sein und so eingerichtet, daß möglichst Proben jeder Gestalt untersucht werden können.

\*) Dr. Stephan Baron v. Thyssen-Bornemisza, Hannover, Gellertstr. 25A.

\*\*) Ing. O. Rülke, Hannover, Dohmeyersweg 12b.

\*\*\*) St. v. Thyssen: Ein neues Gerät zur Schnellbestimmung von Laufzeiten elastischer Wellen in Bohrkernen, „Öl und Kohle“, Heft 46 (1938). Vortrag gehalten auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Mineralölforschung, Dez. 1938.

†) Kinosita: Some Experiments on the Generation and Propagation of Elastic Waves. Bull. Earthqu. Res. Inst. Vol. XV, Tokio 1936.

††) Vermittels kleiner Knallgasexplosionen wurden die Gesteinsproben an einem Ende erregt und der Impuls am anderen Ende mit Hilfe eines empfindlichen Anzeigegerätes auf einem Filmstreifen registriert. Ähnlich wie bei der Seismik wurden Schußmoment und erster Einsatz optisch aufgenommen. Es müssen Laufzeiten von etwa 0.00002 sec und weniger gemessen werden. Bei der hohen erforderlichen Registrierungsgeschwindigkeit zeigten sich öfter Störungen.

Es wurde für diese Zwecke ein dynamisches Verfahren versucht, und zwar die Methode der freien Longitudinalschwingungen\*). Hiermit konnten gute Erfolge erzielt werden, so daß weitere Versuche nur in dieser Richtung vorgenommen wurden.

Bei dem Verfahren der freien Longitudinalschwingungen werden die Proben praktisch ohne jede äußere Beanspruchung durch eine geeignete Vorrichtung in Schwingungen versetzt und hierbei diejenige Schwingungszahl aufgesucht, bei der die Probe ihre longitudinale Grundschwingung ausführt, also mit der aufgedrückten Schwingung in Resonanz kommt. Ist  $f_0$  die longitudinale Eigenfrequenz (Grundschwingungszahl) eines Stabes und  $l$  seine Länge, so ergibt sich die Schallgeschwindigkeit im Stabe zu  $V_l = 2l \cdot f_0$ . Dabei wird nicht darauf Rücksicht genommen, daß der Stab bei den Längsschwingungen auch Querschwingungen vollführt, in dem sich der Querschnitt bei Dehnung zusammenzieht und umgekehrt. Rayleigh\*\*) gibt einen Korrektionsfaktor an, der die Querkontraktionsenergie berücksichtigt. Demnach wäre  $V_l$  noch zu multiplizieren mit  $1 + \frac{\mu^2 \pi^2 r^2}{4l^2}$ , wobei  $\mu$  das Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation (Poissonsche Zahl) bedeutet und für Gestein ungefähr den Wert 0.25 bis 0.30 hat. Solange die zylindrische Probe nicht zu geringe Länge im Vergleich zum Durchmesser besitzt bleibt die Korrektion gering.

Diese dynamische Methode hat den Vorteil, daß die Probestücke im Gegensatz zu statischen Verfahren nie durch die Untersuchung zerstört und Änderungen von  $V_l$  und  $E$  mit der Spannung\*\*\*) sowie auch störende Einflüsse der Prüfmaschinenkonstanten †) vermieden werden, da Dehnung oder Belastung der Stücke nicht erforderlich ist ††). Allerdings ist eine Bearbeitung der Proben, die eine genügende Länge gegenüber dem Durchmesser haben müssen, oft nicht zu umgehen.

\*) Kohlrausch: Lehrb. d. prakt. Physik, 17. Aufl., S. 94; Ide: An experimental study of the elastic properties of rocks. Geophysics Vol. 1, Nr. 3 (1936); Posner: Ein Beitrag zur Theorie der freien elastischen Schwingungen von Zylindern und Röhren. Ann. d. Phys. 22 (1935).

\*\*) Lord Rayleigh: „The Theorie of Sound“ 1, London 1894; vgl. auch Morrow: Phil. May (6) 10, 113 (1905); 354 (1906).

\*\*\*) Für eine Reihe von Stoffen ist nachgewiesen, daß der  $E$ -Modul mit wechselnder Spannung oder Deformation abnimmt, und zwar etwa als lineare Funktion der Spannung. Miller: Bayr. Sitzungsber. 1, 9 (1885); Abhandl. d. bayr. Akad. 15, 707 (1886); 16, 579 (1888); Bach: Elast. u. Festigkeit (1902); Thompson: Wied. Ann. 44, 555 (1891).

†) Späth: Physik der mechanischen Werkstoffprüfung, S. 3—77. Jul. Springer, 1938.

††) Die Nachteile der statischen Bestimmungsverfahren fallen allerdings nicht so ins Gewicht, wenn auf Grund langjähriger Erfahrung diese Verfahren mit entsprechender Sorgfalt und auf geeignete Weise angewandt werden. Siehe Schöne: Über die Bestimmung geomechanischer Eigenschaften an Bohrkernen im Laboratorium. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt 58 (1937).

Die statischen Methoden und die dynamische Methode der freien Longitudinal-schwingungen führen zu den gleichen Elastizitätszahlen\*). Soweit die Proben natürlich inhomogen oder porös sind, wird man von vornherein darauf verzichten müssen, nach irgendeiner der beiden Methoden die wahre Laufzeit bzw. den Elastizitätsmodul des Materials zu finden. Dehnungs- oder Belastungsversuche werden in einem solchen Falle Laufzeit oder  $E$ -Modul meistens zu klein geben, da der wirksame Querschnitt geringer ist, als er aus Messungen des Durchmessers erscheint. Bei der dynamischen Methode kommt es darauf an, wie die Poren im Probekörper verteilt sind. Ist die Verteilung längs der Zylinderachse gleichmäßig und konzentrisch zu ihr, herrscht also in koaxialen Zylinderschichten gleiche Porosität, so sollte die dynamische Methode die richtigen Werte von  $V_1$  und  $E$  ergeben. Ist die Verteilung der Poren längs des Probeylinders dagegen ungleichmäßig, so können eben auch die Longitudinalschwingungen zu große oder zu kleine Werte liefern. Der Einfluß der Poren geht dann parallel dem Einfluß des variablen Querschnittes. Im allgemeinen sind aber die Poren im Gestein der relativ kleinen Probekörper noch genügend gleichmäßig verteilt, so daß sich die Abweichungen der Laufzeiten innerhalb 1% halten. Dieses läßt sich empirisch leicht in der Weise feststellen, daß von einer größeren Probe eine Reihe kleiner Proben hergestellt und die einzelnen Meßwerte verglichen werden.

Die Praxis ergab eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Meßwerte. Es hat sich erwiesen, daß das Verfahren auch zur Untersuchung von Metallen sowie von anderen Werk- und Baustoffen, wo größere Genauigkeiten gefordert werden, vorteilhaft verwendbar ist. Im allgemeinen kann man rechnen, daß Laufzeiten in Gesteinen mit 1% und in Metallen mit 0.1% Genauigkeit bestimmt werden können.

**II. Beschreibung des Gerätes.** *a) Gesamtaufbau.* Mit Hilfe eines Schwingungssenders wird eine in der Frequenz regelbare Wechselfspannung erzeugt und durch geeignete Mittel in mechanische Schwingungen umgeformt, um dann dem Probekörper aufgedrückt zu werden. Zur Umformung der Wechselfspannung in mechanische Schwingungen hat sich am zweckmäßigsten das Kondensatorprinzip\*\*) erwiesen.

Auf einer leitenden Grundplatte liegt als Dielektrikum eine dünne Glimmerschicht und darüber eine Aluminiummembran, auf die der Probekörper gestellt wird. Die Wechselfspannung wird an Grundplatte und Aluminiumfolie gelegt. Bei elektrisch leitenden Proben kann man die Spannung direkt an Grundplatte und Probe legen und damit die Aluminiumfolie sparen.

Bei reiner Wechselfspannung würde der Kondensator, im folgenden Schwinger genannt, die doppelte Frequenz der Senderspannung haben. Durch eine kon-

\*) Grüneisen: „Der dynamisch und statisch gemessene Elastizitätsmodul“. Ann. d. Phys. **22**ff., 837 (1907).

\*\*) Braunmühl u. Weber: Einführung in die angewandte Akustik (1936).

stante Vorspannung, die hier durch den Anodenruhestrom der letzten Röhre des Schwebungssenders gegeben wird, wird Gleichheit der mechanischen mit der Senderfrequenz erzielt.

Die Methode verlangt, daß der Probekörper in seine longitudinale Eigenschwingung versetzt wird, d. h. er muß diejenige Frequenz aufgedrückt bekommen, bei der er Resonanz zeigt. Die Anzeige der Resonanz erfolgt durch ein Gerät, das im Grunde einen Seismographen hoher Eigenfrequenz darstellt. Dieses Gerät, hier Indikator genannt, besteht aus zwei Piezoquarzen, die auf das Gitter einer Röhre wirken. Druckschwankungen, wie sie von dem schwingenden Probekörper ausgehen, erzeugen im gleichen Rhythmus wechselnde elektrische Aufladungen der Quarze, die in Stromschwankungen umgeformt und verstärkt werden, so daß sie zur Anzeige an einem Zeigerinstrument ausreichen. Dieses Instrument gibt

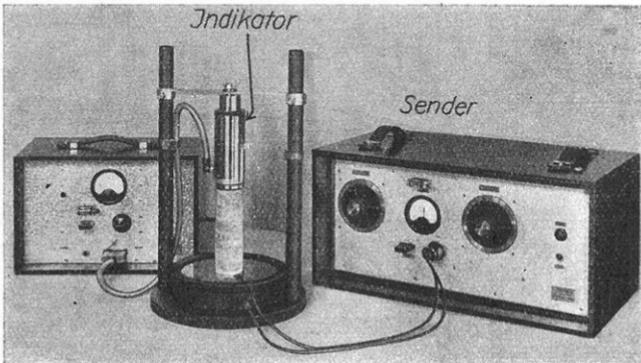


Fig. 1. Apparatur zur Bestimmung von Laufzeiten in Gesteinsproben

beim Durchgang durch die Eigenfrequenz des Probekörpers dessen Resonanzkurve wieder\*), die je nach der Dämpfungskonstante des Materials mehr oder weniger steil ist.

Zur Messung der Frequenz dient ein im Schwebungssender befindlicher Frequenzmesser\*\*).

Fig. 1 zeigt den Apparat, bestehend aus Schwebungssender, Schwinger mit Probekörper (Bohrkern) und Quarzindikator mit Verstärker-Anzeigegerät.

b) *Der Schwebungssender.* Die prinzipielle Schaltung zeigt Fig. 2. Der Röhrensender\*\*\*) besteht aus dem konstanten Sender  $S_1$  und dem variablen Sender  $S_2$ , die die Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  erzeugen. Diese beiden Frequenzen werden auf eine Regelmischröhre gegeben, an der durch multiplikative Mischung

\*) Barkhausen: Lehrb. d. Elektronenröhren 2 (1933).

\*\*\*) Giebe u. Alberti: „Absolute Messung der Frequenz elektrischer Schwingungen“. Zeitschr. f. techn. Physik Nr. 3 (1925).

\*\*\*) Grüneisen u. Merkel: Ein Röhrensender als Normaltonskala. Zeitschr. f. Physik 1, 297 (1920).

die Schwebungsfrequenz  $f_1 - f_2$  entsteht. Die Ausgangsspannung wird an einer entsprechend dimensionierten Selbstinduktion abgegriffen und an den Schwinger gelegt. Das Gerät ist für Wechselstromnetzanschluß eingerichtet. Es muß daher besonderer Wert auf eine möglichst restlose Störfreiung der für die Röhren erforderlichen Gleichspannungen gelegt werden, was nur durch ausreichend große Drosseln und Kondensatoren zu erreichen ist.

Der Frequenzmesser ist für einen großen und tief liegenden Bereich eingerichtet und arbeitet mit Hilfe elektrischer Resonanz. Die Selbstinduktion

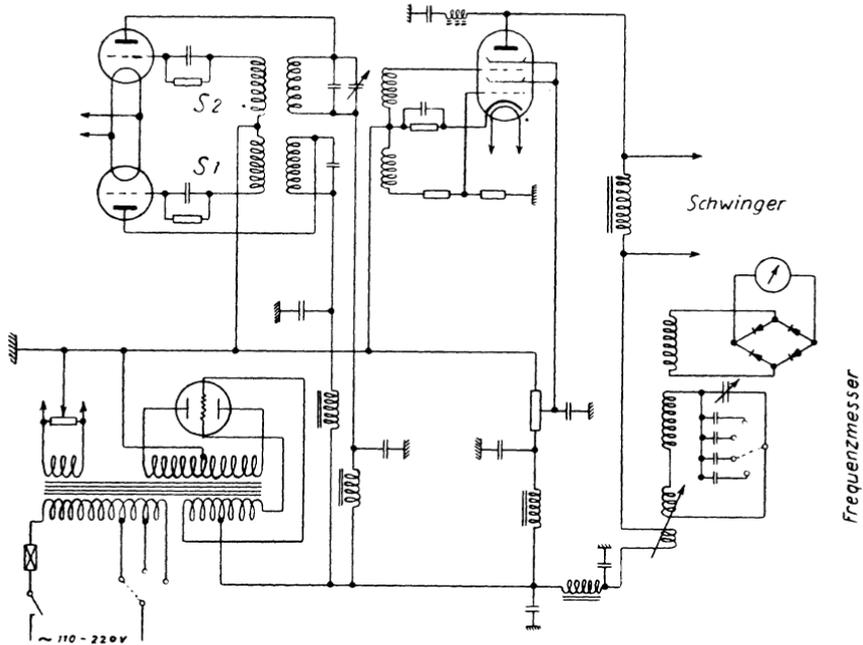


Fig. 2. Schwebungssender

wurde ziemlich groß gewählt und lose mit dem Sendekreis gekoppelt. Der Indikatorkreis des Frequenzmessers seinerseits ist induktiv mit dem Resonanzkreis gekoppelt. Um den Frequenzmeßbereich genügend groß zu machen, sind zusätzliche Festkapazitäten, die parallel zum Drehkondensator gelegt werden, vorgesehen. Der Schwebungssender wird vom Lichtnetz (110 oder 220 Volt Wechselstrom) gespeist.

c) *Der Indikator mit Indikatorverstärkung.* Die grundsätzliche Konstruktion des Quarzindikators\*) zeigt Fig. 3. Die Quarze sind in einem Metallkörper untergebracht, wodurch eine vollkommene Abschirmung der Anordnung erzielt

\*) Siehe auch Juharz u. Geiger: Der Indikator (Springer 1938).

wird. Zwischen den Quarzplatten befindet sich eine planparallele Metallplatte, von der ein kurzer seitlicher Ansatz zum Gitter der Röhre führt. Die Röhre ist über dem Metallkörper zur Aufnahme der Quarze angeordnet und ebenfalls durch eine Metallhaube abgeschirmt. Unter den Quarzen befindet sich ein Druckstück mit einer Kugel, die durch eine Metallmembran zu einem kleinen Teil herausragt. Die Membran hält die Quarzanordnung zusammen und erteilt ihr eine mechanische Vorspannung. Die herausragende Kugelkalotte wird auf den schwingenden Probekörper aufgesetzt, wodurch die auftretenden Druckschwankungen über Kugel und Druckstück auf die Quarze übertragen werden. Die Anordnung der Röhre über der Quarzhalterung gestattet eine ganz kurze Gitterzuleitung und dadurch eine nahezu verlustlose Ausnutzung der geringen Ladungsänderungen. Es ist auch deshalb wichtig, damit keine zu großen Störungen durch die Streu-

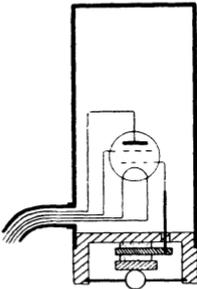


Fig. 3. Indikator

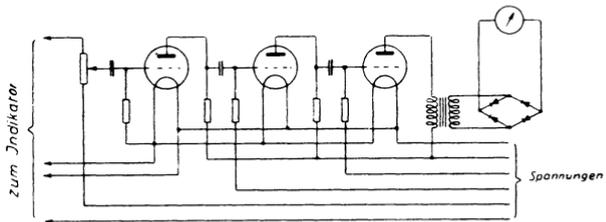


Fig. 4. Indikatorverstärker

felder des Schwebungssenders auftreten. Die Zuleitungen für die Betriebsspannungen dieser ersten Röhre sind gleichfalls durch Unterbringung in einem Metallschlauch abgeschirmt.

Die Anodenstromschwankungen der ersten Röhre werden weiter in einem Verstärker (siehe Fig. 4) in Widerstandskopplung vergrößert und durch einen Transformator von dem Anodenruhestrom der letzten Röhre befreit. Der Transformator hat außerdem die Aufgabe, Anpassung an das Anzeigement mit dem vorgeschalteten Gleichrichter in Graetz-Schaltung herzustellen. Der Indikatorverstärker wird im Gegensatz zum Schwebungssender mit Trockenbatterien betrieben, die im Anzeigegerät selbst untergebracht sind.

**III. Versuche und Ergebnisse.** Es wurde weiter oben schon darauf hingewiesen, daß die Meßergebnisse von zylindrischen\*) Gesteinsproben von deren Verhältnis Länge zu Durchmesser abhängig sein können\*\*). Genaue Bestim-

\*) Die zylindrische Formgebung der Proben hat sich am vorteilhaftesten erwiesen. Das Auftreten störender Nebenmaxima wird durch andere Formgebung begünstigt. Siehe auch Giebe u. Blechschmidt: Experimentelle und theoretische Untersuchungen über Dehnungseigenschwingungen von Stäben und Röhren. Ann. d. Physik 18 (1933).

\*\*\*) Dieses trifft in größerem Maße für statische Untersuchungen (Zug und Druck) zu. Siehe Bach-Baumann: Elastizität und Festigkeit (1924).

mungen machen deshalb unter Umständen eine Korrektur der dynamisch bestimmten Werte nach der Rayleigh'schen Formel empfehlenswert. Für Bohr-

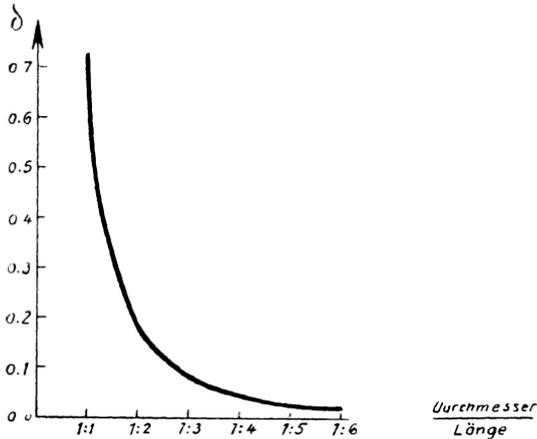


Fig. 5. Korrektionsdiagramm

kerne und Gesteinsproben kann die Korrektur mit genügender Genauigkeit berechnet werden, wenn man  $\mu = 0.27$  setzt. Die jeweils anzubringende Korrektionsgröße  $\delta$  zeigt Fig. 5 für die verschiedenen Verhältniszahlen, Probendurch-

Tabelle 1

Nr.	Bezeichnung des Bohrkerns	Ø	l	f <sub>0</sub>	V <sub>l</sub> gem.	δ	V <sub>l</sub> korr.
1	Salz, weiß AS 6 (434 m).....	50	153	15000	4580	0.025	4695
2	Anhydrit, Lenne (1800 m) .....	110	195	13130	5120	0.058	5415
3	Wealden-Sandstein, Wendezelle 4 (830 m) .....	78	150	10170	3050	0.05	3200
4	Dolomitierter Cornbrash, Wendezelle 4 (1719 m) .....	75	155	9230	2860	0.043	2980
5	Unter-Eozän (ausgetrocknet) Miele 1 (239 m) .....	60	108	6060	1310	0,056	1385
6	Plattendolomit, Westfalen (1270 m)	95	153	11900	3640	0.07	3895
7	Gigaskonglomerat .....	95	136	14580	3965	0.089	4315
8	Tonstein aus unterem Buntsandstein, Westfalen (1400 m) .....	95	113	11500	2600	0.127	2930
9	Heersumerschichten, Wendezelle 4 (1300 m) .....	75	130	12160	3160	0.06	3350
10	Sandiger Tonstein, Middle Peguan, Indien (1700 m) .....	82	228	8290	3780	0.024	3870
11	Sandiger Tonstein, Middle Peguan (1650 m) .....	82	178	9050	3220	0,039	3345
12	Tonstein mit Schichten von Feinsand, Middle Peguan (1750 m)...	82	225	9040	4070	0.025	4170
13	Cyrenenkalke mit Kalkmergeln, Wealden (150 m).....	95	198	12300	4870	0.042	5075

messer zu Probenlänge, die um so größer werden, je kürzer der Bohrkern ist. Mit  $(1 + \delta)$  ist dann die gemessene Laufzeit zu multiplizieren. Die hier nebenstehende Tabelle 1 bringt nun eine Reihe Meßergebnisse an Bohrkernen, wobei die  $\delta$ -Korrektion berücksichtigt ist. Die ersten beiden Zahlenreihen geben die Bohrkerndimensionen in Millimeter an. Die dritte Spalte enthält die aus der Wellenmessereinstellung ermittelte Frequenz  $f_0$ . Mit der doppelten Bohrkernlänge multipliziert, ergibt sich die gesuchte Geschwindigkeit in Spalte 4. Die fünfte Spalte zeigt die Rayleighschen Korrekturen, die z. T. ganz beträchtlich werden können, wie bei der Kernprobe Nr. 8. Die Meßgenauigkeit betrug in jedem Falle mindestens 1% des Gesamtwertes. Die Messungen wurden alle bei etwa 20° C durchgeführt.

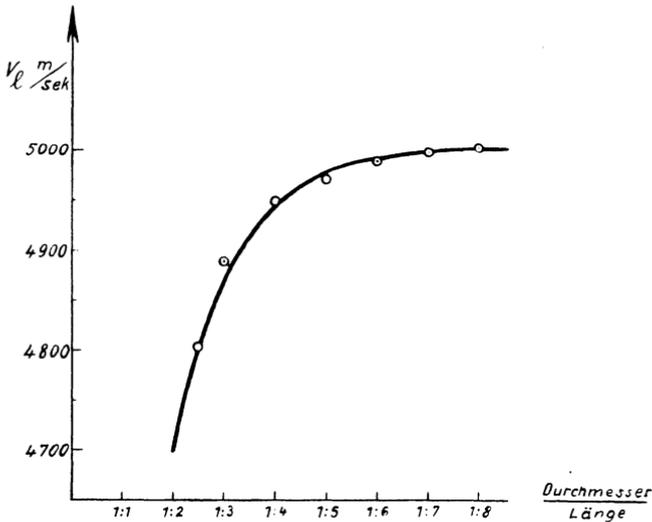


Fig. 6. Laufzeiten in Aluminiumzylindern verschiedener Länge

Die Gültigkeit der Korrektur  $\delta$  wurde empirisch nachgeprüft, und zwar an Metall, das sich wegen der größeren Homogenität besser dazu eignet als Gestein. Die Laufzeiten von Aluminiumzylindern, deren Länge nach jeder Bestimmung durch Abdrehen reduziert wurde, sind für diesen Zweck bestimmt und in Fig. 6 als Punkte eingetragen worden. Bei gleichbleibendem Durchmesser wurde also die Länge verringert. Die in Fig. 6 dargestellte Kurve veranschaulicht den Verlauf der berechneten Geschwindigkeiten. Die gemessenen Werte fallen recht gut in den Verlauf dieser errechneten Kurve. Eine Korrektur erübrigt sich jedoch in den meisten Fällen, sobald das Verhältnis Probelänge zu Probendurchmesser mindestens 5 : 1 beträgt.

Es ist bekannt, daß sich der Elastizitätsmodul mit der Temperatur ändert. Über die diesbezüglichen Verhältnisse bei Metallen liegen umfangreiche Unter-

suchungen vor\*), bei denen man im allgemeinen eine mehr oder weniger lineare\*\*) Abnahme des  $E$ -Moduls mit steigender Temperatur festgestellt hat. Über Bestimmungen an Gesteinsproben oder Bohrkernen liegen unseres Wissens noch kaum Untersuchungen vor\*\*\*). Wir haben vorerst versucht, mit dem dynamischen Gerät den Temperatureinfluß auf die Geschwindigkeit, vorläufig aber nur innerhalb eines kleinen Temperaturbereichs festzustellen.

Ein Gipszylinder von 75 mm Länge und 15 mm Durchmesser wurde hergestellt und mit Hilfe eines Thermostaten auf Temperaturen zwischen 5 und 100° C gebracht und während der Messungen konstant gehalten. Das Ergebnis zeigt die Kurve in Fig. 7. Die Abnahme der Geschwindigkeit beträgt etwa 50 m/sec für den untersuchten Temperaturbereich. Die Kurve scheint mit weiterer Erhöhung der Temperatur, ähnlich den Metallen, immer steiler abzufallen †). Nur einzelne Meßpunkte weichen bis zu etwa 10 m/sec vom Mittelwert ab. Die Meßgenauigkeit war also noch bedeutend besser als 1% der Gesamtwerte. Allerdings wurden die einzelnen Meßwerte aus mehreren Einzelbeobachtungen erhalten. Über weitere diesbezügliche Untersuchungen an anderen Gesteinsproben und über einen größeren Temperaturbereich wird noch in einer weiteren Arbeit berichtet werden.

Durch Veränderung der Frequenz der erregenden Schwingungen kann eine vollständige Resonanzkurve des Probekörpers aufgenommen werden, woraus sich dann das logarithmische Dekrement der Dämpfung ergibt. Die Dämpfung ††) spricht äußerst empfindlich auf jede Änderung des Materialzustandes an †††).

In Fig. 8 sind zwei Resonanzkurven gezeigt. Die kleinere Kurve bezieht sich auf eine Gips säule von 15 mm Durchmesser und 75 mm Länge, die andere stammt von einem Aluminiumzylinder §) von gleicher Größe. Die Empfindlichkeit des Indikatorinstruments wurde in beiden Fällen konstant gehalten. Berechnet man

---

\*) Weiter: Elastizität und Festigkeit über Spezialstähle bei hohen Temperaturen. Zeitschr. VDI, Heft 230 (1921); Bach: Versuche über die Festigkeitseigenschaften von Flußeisenblechen bei gewöhnlicher und höherer Temperatur. Zeitschr. VDI 48 (1904) usw.

\*\*) Schaefer: Über den Einfluß der Temperatur auf die Elastizität der Metalle. Ann. d. Physik 5 (1901).

\*\*\*) Burgsmüller: Festigkeitsuntersuchungen an Steinsalzkrystallen. Zeitschr. f. Physik 103, Heft 9/10 (1936).

†) Vater: Die Elastizität der metallischen Werkstoffe. Der Bauingenieur 19, Heft 5/6 (1938).

††) Solange sich ein Material vollkommen elastisch verhält, wird die bei der Beanspruchung durch Kompression oder Dilatation im Material aufgespeicherte Energie restlos wiedergewonnen. In der Praxis treten jedoch innere Verluste, d. h. Dämpfung, auf, die sich allgemein in Wärme umwandeln. Die Dämpfungsdekrementen eines Gesteins können in bezug auf die Energieaufnahme bei der Erregung seismischer Wellen von besonderer Bedeutung sein.

†††) Foerster u. Köster: Zeitschr. f. Metallkde. 29, 116 (1937).

§) Aluminiumlegierung „Optimal“.

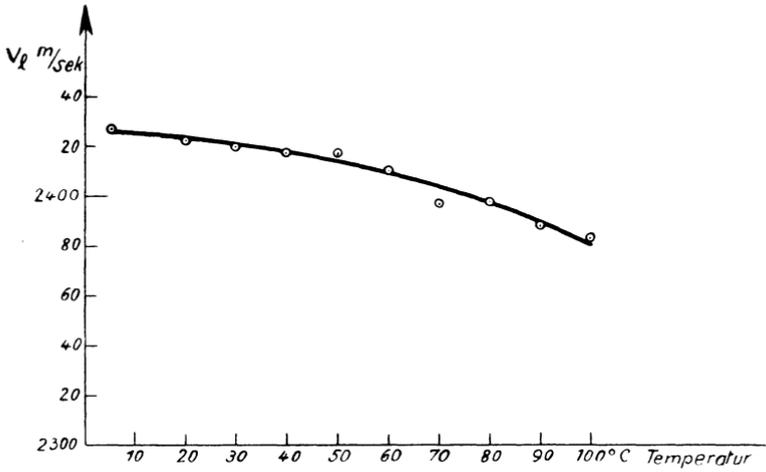


Fig. 7.

Laufzeiten in einer Gipsprobe bei verschiedenen Temperaturen

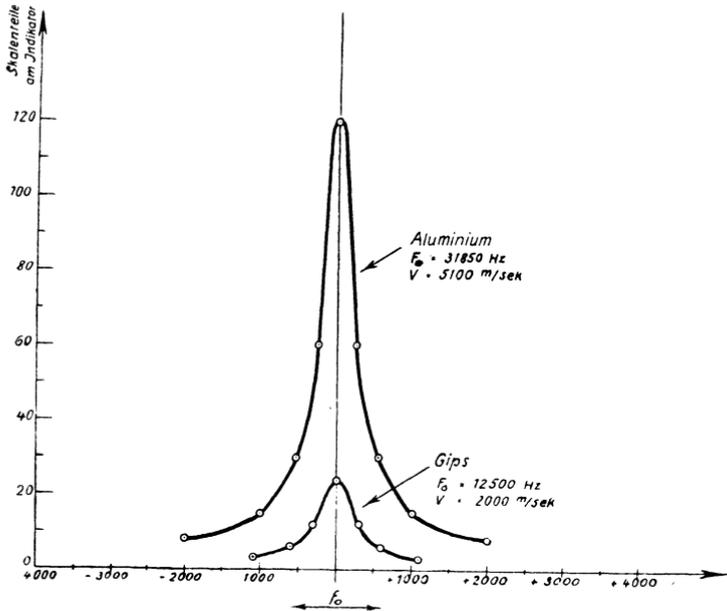


Fig. 8.

Resonanzkurven von Substanzen mit verschiedener Dämpfung

aus den beiden Kurven die logarithmischen Dämpfungsdekremente  $d$  aus der Halbwertsbreite\*)  $a$  nach der Formel

$$d\% = \frac{a \cdot 1000}{5,5 \cdot f_0},$$

so ergibt sich für die Gipsprobe mit der Resonanzfrequenz  $f_0 = 12500$  Hz,

$$d_{\text{Gips}} = 8,7\%$$

und für die Aluminiumprobe mit der Resonanzfrequenz  $f_0 = 31850$  Hz,

$$d_{\text{Al}} = 2,8\%.$$

Dämpfungsmessungen an Metallen sind mit Hilfe ähnlicher Einrichtungen schon ausgeführt worden\*\*). Über Untersuchungsergebnisse an Gesteinen wird noch berichtet werden.

Für die Praxis der Bohrkern- und Gesteinsuntersuchungen ist es vielleicht noch interessant, darauf hinzuweisen, daß es gelungen ist, zerbrochene und daher zur Messung unbrauchbar gewordene Bohrkern durch die Messung zugänglich zu machen, daß man die Stücke an den Bruchflächen, die natürlich zueinander passen müssen, zusammenkittet. Hierzu hat sich nach unseren Erfahrungen Wasserglas recht gut bewährt. So wurde beispielsweise ein Gipszylinder zerbrochen und wieder gekittet. Eine Geschwindigkeitsänderung war bei zwei Kittstellen noch nicht festzustellen. Auch bei drei Kittstellen lag die Geschwindigkeitsänderung noch nahe bei der Fehlergrenze, jedoch wurde die Energieaufnahme immer schlechter, was sich durch einen geringen Zeigerausschlag am Indikatorinstrument bemerkbar macht.

\*) Die Dämpfung läßt sich ganz allgemein aus der Frequenz des Maximums und der Breite  $\Delta v_A$ , bei der die Amplitude auf einen beliebigen Wert  $A$  abgesunken ist, aus folgender Beziehung berechnen

$$d = \pi \frac{\Delta v_A}{v_E} \sqrt{\frac{A^2}{A_{\text{max}}^2 - A^2}}.$$

Gleichung (5) geht aus dieser Beziehung hervor, indem  $2A = A_{\text{max}}$  gesetzt wird. Daß gerade die Halbwertsbreite zur Messung benutzt wird, liegt daran, daß es die Messung erleichtert, wenn die Maximalamplitude lediglich zu halbieren ist.

\*\*\*) Walther: Sc. Monthly 41, 275 (1935); Förster: Ein neues Meßverfahren zur Bestimmung des  $E$ -Moduls und der Dämpfung. Zeitschr. f. Metallkde. 29, 109 (1937). Anm.: Dieses vom Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung in Stuttgart entwickelte Gerät arbeitet mit transversalen Schwingungen in Metallstäben.