

## 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\_0012

**LOG Titel:** Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der direkten Longitudinalwellen bei künstlichen Beben

**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)

## Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der direkten Longitudinalwellen bei künstlichen Beben.

Von G. Krumbach. — (Mit einer Abbildung.)

Unter Benutzung des Materiales der Oppaukatastrophe wird die Oberflächengeschwindigkeit durch den Ansatz  $v = 4.5 + 3.7 \cdot 10^{-3} A$  dargestellt. Die mittlere Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 4.5$  ist in guter Übereinstimmung mit weiteren Beobachtungsergebnissen.

Die umfassende Zusammenstellung und Bearbeitung der seismischen Aufzeichnungen der Oppaukatastrophe durch O. Hecker-Jena lieferte einen äußerst wichtigen Beitrag zur Kenntnis der Ausbreitung seismischer Wellen innerhalb der Erdrinde und bildete die Grundlage zu weiteren Untersuchungen, deren Ergebnisse im folgenden kurz zusammengestellt werden sollen:

1. O. Hecker 1922 . . .  $v_0 = 5.73 \pm 0.04$  km/sec,  $0 = 7^h 32^m 15^s$ ,
2. C. Zeissig 1922 . . .  $v_0 = 5.6$  km/sec,
3. B. Gutenberg 1923  $v_0 = 5.6$  km/sec (Oppau und süddeutsche Beben),
4. Derselbe 1925 . . .  $\left\{ \begin{array}{l} v = 5.55 \pm 0.05 \text{ km/sec.} \\ T = 0 + A/v_0 + \alpha A^2; \alpha = 0.0 \pm 2.10 \cdot 10^{-5} \text{ m. F.} \end{array} \right.$
5. A. de Quervain . . .  $\left\{ \begin{array}{l} A = 56 \text{ km, } v_0 = 4.7 \text{ km/sec (Tunnelsprengungen),} \\ A = 90 \text{ km, } v_0 = 5.1-5.25, \end{array} \right.$
6. Derselbe 1922 . . .  $\left\{ \begin{array}{l} A = 26-365 \text{ km,} \\ v_0 = 4.8-5.5 \text{ km/sec, } 0 = 7^h 32^m 12.5^s, \end{array} \right.$
7. G. Krumbach 1924  $v_0 = 5.66$  km/sec,  $0 = 7^h 32^m 16^s$ .

In den letzten beiden Bearbeitungen sind die Stationsentfernungen untereinander gut übereinstimmend, jedoch nicht unerheblich abweichend von den übrigen Autoren. Diese Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß zum Teil die Werte aus geeignetem Kartenmaterial gewonnen, jedoch die letzteren Werte aus den Koordinaten rechnerisch bestimmt worden sind.

Die Erweiterung des Beobachtungsmaterials und neue Bestimmung der Einsatzzeiten für einzelne Stationen erfordern wegen ihrer erheblichen Abweichungen gegenüber dem Ausgangsmaterial auch eine Ergänzung meiner letzten Bearbeitung.

Es werden folgende Daten verwertet:

Station	Entfernung km	Einsatzzeit	
Heidelberg . . . . .	27	7 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	
Jugenheim . . . . .	31	19	
Feldberg . . . . .	78	28	
Hohenheim . . . . .	106	34	
Straßburg . . . . .	114	34	
Nördlingen . . . . .	167	46.5	
Ravensburg . . . . .	212	55	
Zürich . . . . .	239	33 57 01.9	} aus Jahresber. 1921
Göttingen . . . . .	250	32 58 33 02	
München . . . . .	282	06—08	} Minutenlücke
De Bilt . . . . .	364	19	

Die Hauptunterschiede gegenüber Gutenberg liegen wiederum in den veränderten Herdentfernungen.

Wird bei der Zeichnung einer Laufzeitkurve aus den obigen Daten De Bilt nicht berücksichtigt, so läßt sich durch die Beobachtungen eine gerade Linie legen, die folgenden Daten entspricht:

$$v = 5.0 \text{ km/sec} \quad 0 = 7^{\text{h}} 32^{\text{m}} 12.5^{\text{s}}.$$

Der Verlauf dieser Kurve ist also wesentlich steiler als bei den früheren Bearbeitungen, da gerade bei den herdnahen Stationen jetzt sehr viel frühere Einsatzzeiten angegeben sind.

Unter Berücksichtigung der Angabe von De Bilt als Einsatz der  $\bar{P}$ -Welle verändert sich das Bild wesentlich. Da die Einsatzzeit um etwa 6 sec unterhalb der Kurve liegt, erscheint es richtiger, die Laufzeitkurve nicht durch eine Gerade darzustellen, sondern eine Zunahme der Oberflächengeschwindigkeit anzunehmen. Es ist nicht zu vermuten, daß der Einsatz der Phase  $P_n$  entspricht, da dieser Einsatz schon bei Göttingen in wesentlich geringerer Herdentfernung bei 2000facher Vergrößerung kaum zu erkennen ist.

Berechnet man die mittleren Laufgeschwindigkeiten der  $\bar{P}$ -Wellen zwischen herdnahen und entfernteren Stationen, so ergibt sich auch eine deutliche Zunahme der Oberflächengeschwindigkeit. Diese läßt sich durch folgenden Ansatz genähert darstellen:

$$v = 4.5 + 0.0037 \Delta.$$

Hieraus ergibt sich als Ansatz für die Laufzeit mit Hilfe der bekannten Formeln:

$$T = \frac{\Delta}{v_0} - \frac{0.0037}{2 v_0^2} \Delta^2 = \frac{\Delta}{v_0} - 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta^2$$

oder nach Einführung der Herzzeit  $t_0$  im Seismogramm die Einsatzzeit:

$$T = t_0 + \frac{\Delta}{v_0} - 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta^2.$$

Es läßt sich dann folgender Wert für die Herzzeit bestimmen:

$$. 7^{\text{h}} 32^{\text{m}} 12^{\text{s}}.$$

Die folgende Tabelle ergibt einen Überblick über die Ergebnisse der beiden Ansätze.

Station	$\Delta$ km	$T$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$
		$7^{\text{h}} 32^{\text{m}} +$	Ansatz I		Ansatz II	
Heidelberg . . . . .	27	17 <sup>s</sup>	17.5	+ 0.5	17.9	+ 0.9
Jugenheim . . . . .	31	19	18.5	- 0.5	19	- 0.2
Feldberg . . . . .	78	28	28.0	0	28.5	+ 0.5
Hohenheim . . . . .	106	34	33.5	- 0.5	34.5	+ 0.5
Straßburg . . . . .	114	34	35.0	+ 1.0	36	+ 2
Nördlingen . . . . .	167	46.5	46.0	- 0.5	46.5	0
Ravensburg . . . . .	212	55	55.5	0	55	0
Zürich . . . . .	239	$\left\{ \begin{array}{l} P_n^? 57 \\ \bar{P} 61.9 \end{array} \right.$	60.4	- 1.5	61	- 0.9
Göttingen . . . . .	250	$\left\{ \begin{array}{l} P_n 58 \\ \bar{P} 62 \end{array} \right.$	62.5	+ 0.5	62.0	0
München . . . . .	282	67	69	+ 2.0	67	0
De Bilt . . . . .	365	79	85.0	+ 6.0	81.0	+ 2
	500				88 sec	Laufzeit
	700				112 "	"

Die berechneten Werte sind auf  $\frac{1}{2}$  sec abgerundet, da genauere Angaben über die Beobachtungsgenauigkeit hinausgehen würden. Die Aufstellung zeigt deutlich, daß beide Ansätze sehr gut zur Darstellung der Beobachtungskurve dienen können. Die Abweichung von 2 sec bei De Bilt ist erklärlich aus dem schwachen Einsatz  $eP$  im Diagramm. Die starke Abweichung für Straßburg,  $\Delta = 114$  km, ist schon im Stationsmaterial vorhanden, da Hohenheim (106 km) und Straßburg (114 km) gleiche Einsatzzeit angeben.

Gerade der zweite Ansatz scheint die Verhältnisse besonders gut darzustellen, um so mehr als auch die Übereinstimmung für großen Herdentfernungen sehr gut erreicht ist.

Die beiden Werte für 500 km und 700 km sollen den weiteren Verlauf der Laufzeitkurve angeben. Es zeigt sich, daß bei diesen Entfernungen die Oberflächengeschwindigkeit in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus Fernbeobachtungen ist.

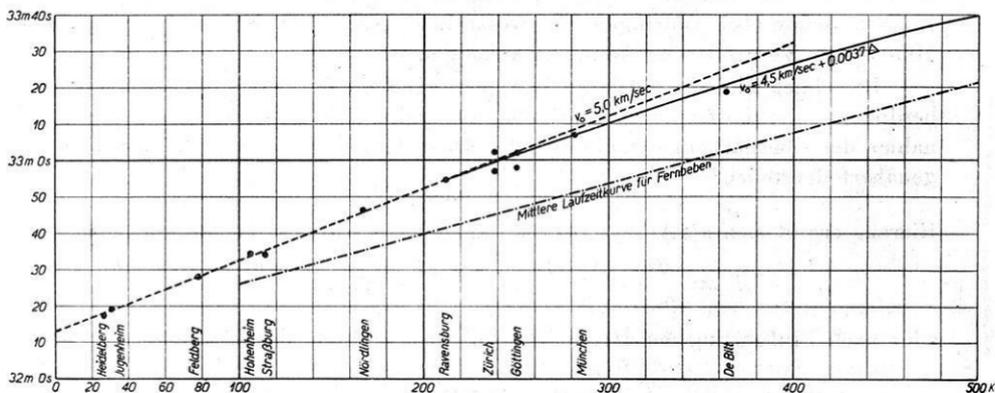


Fig. 1.

Die mittlere Anfangsgeschwindigkeit von 4.5 km/sec mag zunächst gegenüber den früheren Ergebnissen recht niedrig erscheinen. Jedoch zeigen die Beobachtungen von O. Hecker und von F. Hubert, daß bei sehr geringen Herdentfernungen sogar Werte von 1.4 bis 1.6 km/sec auftreten können. Ebenso gibt F. Hubert für Tiefen bis 1 km in Göttingen eine Geschwindigkeit von angenähert 3 km/sec an. Auch sprechen die Versuche von de Quervain bei Tunnel Sprengungen (siehe oben), die Sprengversuche von E. Wiechert ( $v_0 = 4.8$  km/sec), sowie gerade die neuesten Untersuchungen von Conrad über alpine Nahbeben für kleinere Anfangsgeschwindigkeiten als bisher angenommen wurden.

Der Wert 4.5 km/sec ist nur als Mittelwert der Laufgeschwindigkeit für flach verlaufende Wellen aufzufassen. Es werden daher stets für jeden einzelnen Beobachtungsfall die örtlichen geologischen Verhältnisse eine erhebliche Rolle spielen, und daher auch andere Geschwindigkeiten ergeben.

Andererseits muß sich dieser Mittelwert auch mit den Werten in Zusammenhang bringen lassen, die sich aus dem elastischen Verhalten der Gesteine ergeben.

Denn bei dem flachen Verlauf der Strahlen für die oben verwendeten Herdentfernungen können wir noch mit Sicherheit die Oberflächenbedingungen vermuten.

Es sollen daher jetzt noch die von Nagaoka errechneten Werte für die einzelnen Gesteinsarten in der Zusammenstellung von Sieberg angegeben werden.

Gesteinsart	$v_e$ Mittel
Kristalline Schiefer . . .	6.3
Tiefengesteine . . . . .	5.3
Ergußgesteine . . . . .	2.8
Sedimentgesteine . . . . .	3.6
Kalksteine . . . . .	5.0
Sandsteine . . . . .	1.8

Diese Zusammenstellung zeigt, daß der oben gefundene Mittelwert sehr gut in Übereinstimmung mit den theoretischen Ergebnissen ist, während die früheren Werte  $v_0 \geq 5.6$  als mittlere Werte der Anfangsgeschwindigkeit für geringe Herdentfernung zu hoch erscheinen.

### Literatur.

O. Hecker: Die Explosionskatastrophe von Oppau. Veröffentl. d. Hauptstation für Erdbebenforschung in Jena, Heft 2 (1922).

C. Zeissig: Vortrag Naturforscherversammlung 1922.

B. Gutenberg: Neue Methoden zur Bestimmung der Herdtiefe. Zeitschr. f. angew. Geophys. 1, Heft 3 (1923).

Derselbe: Neue Auswertung der Aufzeichnungen der Erdbebenwellen infolge der Explosion von Oppau. Phys. Zeitschr. 1925, S. 258—260.

A. de Quervain: Jahresbericht des Schweiz. Erdbebedienstes 1921.

G. Krumbach: Diss. 1924, im Druck.

O. Hecker: Ergebnisse der Messung von Bodenbewegungen bei einer Sprengung. Beitr. z. Geophysik IV und VI, 1900 und 1904.

F. Hubert: Bodenerschütterungen durch fallende Gewichte. Zeitschr. f. Geophys. 1925, Heft 4 und 5.

E. Wiechert: Untersuchungen der Erdrinde usw. Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1923.

V. Conrad: Laufzeitkurven des Tauernbebens vom 28. November 1923. Wien 1925. Mitt. d. Erdbebenkommission, N. F., Nr. 59.

H. Nagaoka: Elastic Constants of rocks and the velocity of the seismic waves.

A. Sieberg: Erdbebenkunde, Jena 1923.

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, Dezember 1925.