

## Werk

**Jahr:** 1929

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:5

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

**Werk Id:** PPN101433392X\_0005

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0005](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005)

**LOG Id:** LOG\_0063

**LOG Titel:** Zur Frage der Laufzeitkurven. II.

**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)

der Ozeane Massenüberschüsse vorhanden sein; es ist eben die Wirkung der Undulationen, die die Wirkung der Massenunregelmäßigkeiten vollkommen überdeckt.

Die Berechtigung des Rückschlusses von den Verhältnissen des gewählten Beispiels auf die von der Natur im Erdkörper gegebenen Verhältnisse mag bezweifelt werden; immerhin zeigt aber das Beispiel, daß die Wirkung des Terms von Bruns-Bowie strengster Nachprüfung bedarf. Hieran hat man es bisher bedauerlicherweise fehlen lassen.

#### Literatur.

- 1) F. Hopfner: Zur Frage nach der Erdgestalt. Astr. Nachr. Nr. 5617, 235. Bd. (1929).
- 2) The effect of the shape of the geoid on values of gravity at sea. Amer. Journ. of Science **14** (1927).
- 3) Bull. géodésique, Nr. 17 (1928), S. 30.
- 4) F. Hopfner: Über die Wirkung der Undulationen auf die Größe der scheinbaren Schwerkraftstörung. Gerlands Beitr. z. Geophysik **22** (1929).

---

## Zur Frage der Laufzeitkurven. II.

Von **Gerhard Krumbach**, Jena. — (Mit acht Abbildungen.)

Unter Benutzung von 68 Beben des Jahres 1924 werden die früher veröffentlichten mittleren Laufzeitkurven verbessert. Ein Vergleich der neuen Laufzeitkurven mit denen einiger Weltbeben zeigt, daß die Abweichungen für verschiedene Epizentralgebiete nicht übereinstimmen und auch für Beben gleicher Epizentralgebiete verschieden sind. Diese Unterschiede werden mit der Herdtiefe und dem geologischen Aufbau des Epizentralgebietes in Zusammenhang gebracht.

1. Einleitung. Über die Aufstellung von Laufzeitkurven. In einer früheren Veröffentlichung<sup>1)</sup> wurde gezeigt, daß die meisten der gebräuchlichen Laufzeitkurven im Gegensatz zu der Mohorovičić-Laufzeitkurve<sup>2)</sup> stehen. In Fig. 1 sind noch einmal die Abweichungen der einzelnen Laufzeitkurven von der Wiechert-Zöppritz-Kurve<sup>3)</sup> aufgetragen, die die Grundlage aller Laufzeituntersuchungen darstellt.

Die graphische Darstellung ergibt deutlich den prinzipiellen Unterschied zwischen der Mohorovičić-Kurve und den übrigen Kurven. Die Laufzeiten sind bei der Mohorovičić-Kurve wesentlich kleiner als bei den übrigen Autoren. Um eine Vereinheitlichung zu erzielen, wurden daher die Laufzeitkurven von Wiechert-Zöppritz<sup>3)</sup>, Geiger-Gutenberg, Hecker<sup>4)</sup>, Visser<sup>10)</sup> zu einer mittleren Laufzeitkurve vereinigt. Diese sollte als Grundlage für weitere Laufzeituntersuchungen dienen.

Bevor auf die Erfahrungen mit dieser Kurve eingegangen wird, sollen die Einwände von Herrn B. Gutenberg<sup>5)</sup> gegen die Aufstellung der obigen Kurve nicht unerwähnt bleiben. Nach der Auffassung von B. Gutenberg besitzt die

mittlere Laufzeitkurve einen systematischen Fehler, der bereits bei der Wiechert-Zöppritz-Kurve vorhanden sein soll. Wegen der weiteren Verwendung dieser Kurve als Grundlage für andere Laufzeitkurven sollen auch die übrigen Kurven diesen Fehler besitzen.

Bei Zöppritz<sup>3)</sup> soll die Herdtiefe der Beben nicht berücksichtigt worden sein. Zöppritz geht in seiner Abhandlung aber gerade davon aus, daß er als Ausgangspunkt seiner Laufzeitkurven die Stoßzeit im Epizentrum wählt. Den gleichen Weg geht auch Mohorovičić bei der Aufstellung seiner Laufzeitkurven. Es ist also hier kein prinzipieller Unterschied in der Auffassung der beiden Autoren vorhanden, der zu einer Abweichung führen könnte.

Zöppritz benutzte als erstes Beben für die Laufzeituntersuchungen die Aufzeichnungen des Messinabebens vom 8. September 1905. Die Epizentral-

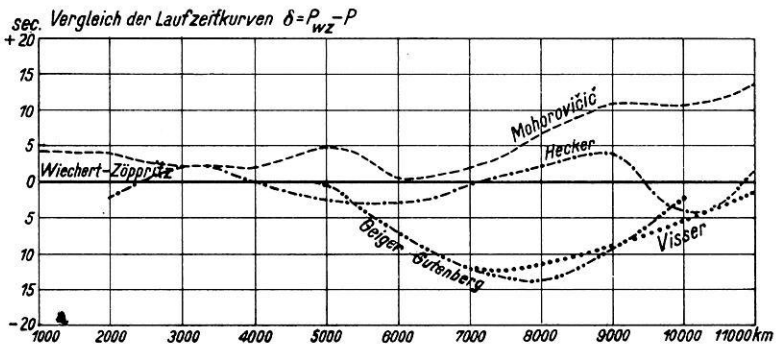


Fig. 1. Vergleich der Laufzeitkurven.

zeit wurde so bestimmt, daß für den Wellenweg Epizentrum-Messina eine Laufzeit von 12 sec angenommen wurde. Auch in dieser Bestimmung der Stoßzeit solle ein Fehler liegen.

Mohorovičić hat in seiner klassischen Arbeit über das Kulpatalbeben vom 8. Oktober 1909<sup>6)</sup> das Messinabeben zum Vergleich herangezogen. Er findet mit Hilfe seiner Nahbebenbeobachtungen aus den Beobachtungen der Station Messina die Epizentralzeit  $1^h 43^m 06^s$  gegenüber Zöppritz mit  $43^m 05^s$ . Es ist also auch hier kein Unterschied vorhanden. Aus dem gesamten Material der Nahstationen folgt eine mittlere Stoßzeit von  $1^h 43^m 01^s$ .

Diese Epizentralzeit würde noch größere Werte für die Laufzeiten der Wiechert-Zöppritz-Kurve ergeben, und es würde dadurch nicht eine Annäherung an die Mohorovičić-Laufzeitkurve erreicht werden, sondern eher noch größere Differenzen entstehen. Es kann daher die Abweichung, die, wie die graphische Darstellung ergibt, keinen konstanten Wert besitzt, sondern mit der Entfernung zunimmt, nicht durch einen systematischen Fehler erklärt werden. Mohorovičić schreibt auch in seiner Arbeit, daß „die auf Grund aller brauchbaren Laufzeiten konstruierte Kurve der normalen Primae sich nur

sehr wenig von der in den Göttinger Nachrichten publizierten Kurve unterscheidet“.

Das Ausgangsmaterial der mittleren Laufzeitkurve kann nach den obigen Darlegungen daher nicht einen systematischen Fehler enthalten, der die Abweichung der beiden Kurven erklären ließe. Diese ist m. E. vielmehr darauf zurückzuführen, daß die Mohorovičić-Kurve sehr frühe Einsätze im Seismogramm wiedergibt, die nur bei Stationen mit sehr empfindlichen Instrumenten oder bei besonders starken Beben registriert werden. Bei geringeren Entfernungen fällt dieser Unterschied nicht so sehr ins Gewicht, während mit wachsender Entfernung diese frühen Einsätze bei weniger empfindlichen Instrumenten nicht zur Aufzeichnung gelangen.

Es ist daher anzunehmen, daß die Jenaer mittlere Laufzeitkurve im allgemeinen den Beobachtungen gut entsprechen wird und die Mohorovičić-Laufzeitkurve ihre große Bedeutung hat für besonders starke, gut ausgeprägte Beben oder bei Verwendung von sehr empfindlichen Instrumenten.

2. Vergleich der Laufzeitkurven mit dem Beobachtungsmaterial. Die folgenden Darlegungen geben nur einen kurzen Überblick über die Laufzeituntersuchungen. Eine ausführliche Darstellung erfolgt in Kürze in einer größeren Veröffentlichung der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena.

Außer bei den Katalogarbeiten in Jena wurde von Herrn E. Tams die Laufzeitdifferenz  $S - P$  zur Bestimmung der Epizentren der Beben in der Nordenskiöldsee<sup>6)</sup> und im Atlantik<sup>7)</sup> verwendet, und es wurden gute Resultate damit erzielt.

In Jena dienten die Laufzeitkurven als Grundlage für die Bestimmung von Lage und Herdzeit von 68 stärkeren Beben des Jahres 1924.

Die  $P_n$ -Kurve paßt sich in ihrem ganzen Verlauf sehr gut dem Beobachtungsmaterial an. Ebenso erfordert die Laufzeitdifferenz  $S - P$  nur sehr geringfügige Änderungen.

Der Vergleich der verbesserten Kurven  $P_n$  und  $S_n$  mit den heute gebräuchlichen Kurven ergibt nach den graphischen Darstellungen (Fig. 2, 3), daß die Kurven Macelwane<sup>9)</sup> und Mohorovičić identisch sind. Ebenso ergeben sich aus diesen beiden Kurven wesentlich kleinere Laufzeiten als aus den übrigen Kurven. Bis etwa 5000 km stimmt die Jenaer Kurve mit den Kurven von Visser<sup>10)</sup> und Turner<sup>11)</sup> sehr gut überein. Im allgemeinen beträgt die Abweichung gegen Turner bis 11 000 km nicht mehr als 5 sec, während die Kurve von Visser für größere Entfernungen sich im ganzen Verlauf um etwa — 7 sec unterscheidet.

Für die  $S$ -Kurven sind die Abweichungen untereinander etwas größer, wie auch bei der größeren Unsicherheit der  $S$ -Einsätze zu erwarten ist. Die Jenaer Kurve liegt bis 9000 km zwischen der Turner- und Visser-Kurve, wo dann die Turner-Kurve wesentlich größere Laufzeiten als alle übrigen Kurven ergibt. Die Kurven Macelwane und Mohorovičić sind identisch und entsprechen geringeren Laufzeiten als die übrigen Kurven.

Bei Entfernungen über 10 000 km wird für  $P_{R_1}$  und  $S$  eine systematische Abweichung beobachtet. Diese ist darauf zurückzuführen, daß ein noch unvollkommenes Beobachtungsmaterial die deutlichen Einsätze der  $P'$ -Welle und der vor dem zweiten Vorläufer gelegenen  $\overline{S_c P_c S}$ -Welle für  $P$  und  $S$  ansprechen ließ.

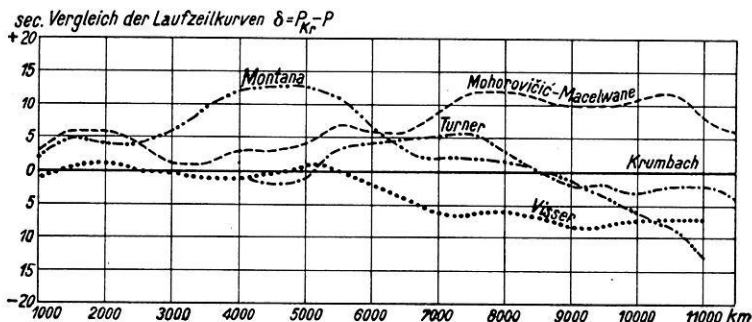


Fig. 2. Vergleich der Laufzeitkurven  $P_n$ .

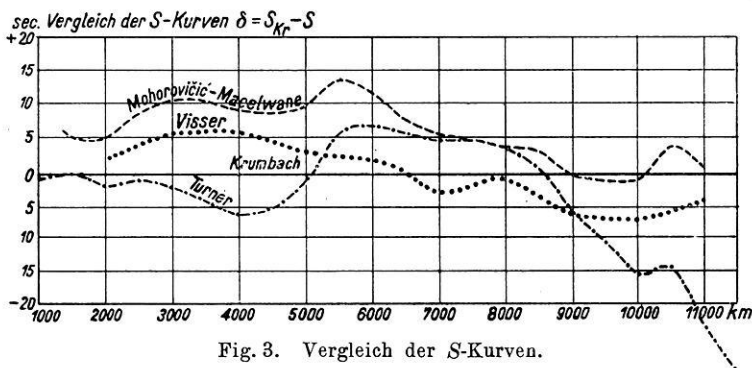


Fig. 3. Vergleich der  $S$ -Kurven.

3. Die Laufzeitkurven für große Herdentfernungen. Die  $S$ -Welle wird bis etwa 12 000 km beobachtet. Von etwa 9 000 km ab wird die von B. Gutenberg bestimmte  $\overline{S_c P_c S}$ -Welle<sup>12)</sup> bestätigt. Diese liegt zunächst oberhalb der  $S$ -Kurve, schneidet diese bei 9 400 km und verläuft dann allgemein unterhalb der  $S$ -Welle. Die Laufzeitdifferenz  $\overline{S_c P_c S} - P$  beträgt zunächst 621 sec und wächst auf 643 sec bei 12 000 km an.

Außerdem werden zwei kleinere Abweichungen von der  $S$ -Kurve beobachtet,  $S_{a_1}$  von 9 200 km bis 9 600 km und  $S_{a_2}$  von 9 950 bis 10 250 km. Beide verlaufen ungefähr parallel der  $\mathcal{A}$ -Achse.

Die  $P_n$ -Welle, später die am Kern gebeugte Welle, läßt sich bis etwa 16 500 km bei dem verwendeten Beobachtungsmaterial verfolgen. Die Kernwelle  $P'$  (Fig. 4) wird von etwa 11 000 km ab beobachtet. Eine Gegenüber-

stellung der Kurven verschiedener Autoren<sup>13)</sup> zeigt, daß trotz verhältnismäßig großer Streuung des Beobachtungsmaterials die Übereinstimmung der Kurven auf etwa 10 sec genau ist. Dies bedeutet bei einer Laufzeit von 1200 sec weniger als 1 Proz. Abweichung.

Die von Mohorovičić angegebenen Einsätze  $P_1 - P_5$  treten nicht deutlich hervor. Ebenso sind keine Anhaltspunkte für die Realität der  $S_1$ - bis  $S_5$ -Phasen vorhanden, obwohl Abweichungen von der  $S$ -Kurve, wie oben gezeigt wurde, beobachtet wurden.

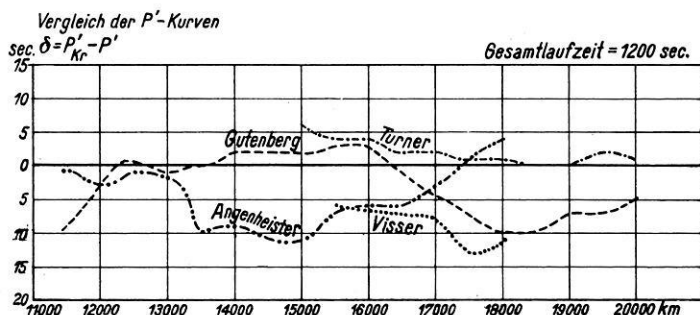


Fig. 4. Vergleich der  $P'$ -Kurven.

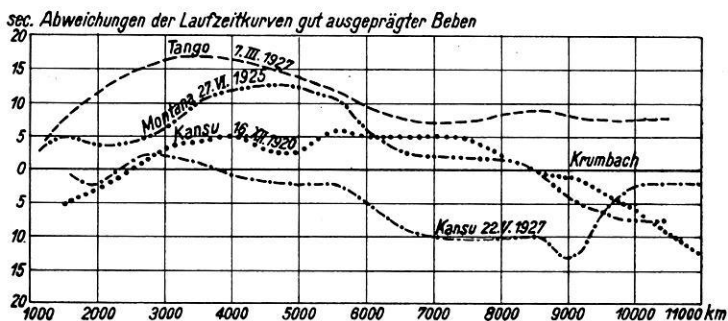


Fig. 5. Abweichungen der Laufzeitkurven gut ausgeprägter Beben.

4. Die Laufzeitkurven einiger Weltbeben. (Fig. 5.) Die oben angeführten Laufzeitkurven sollen jetzt mit den Beobachtungsergebnissen einiger gut ausgeprägter Weltbeben verglichen werden.

a) Montanabeben vom 27. Juni 1925. Das Epizentrum dieses Bebens wurde nach der Bearbeitung von P. Byerly<sup>14)</sup> durch makroseismische Beobachtungen bestimmt und durch mikro-seismische Daten von Nahstationen bestätigt.

Die zur Bestimmung der Laufzeitkurve dienenden Stationen liegen in verschiedenen Azimuten. Es läßt sich bis  $\Delta = 103^\circ$  eine Laufzeitkurve zeichnen,

deren Verlauf aus der Abbildung hervorgeht (Fig. 2 und 5). Das Bild zeigt, daß sich diese Laufzeitkurve in ihrem ganzen Verlauf mit keiner der gebräuchlichen Laufzeitkurven in Einklang bringen läßt.

b) Tongabebenen vom 7. März 1927. Nach der Bearbeitung von Matuzawa<sup>15)</sup> ergibt das Beobachtungsmaterial der nahen japanischen Stationen sehr deutlich die Existenz von drei Phasen im Bereich der ersten Vorphase wieder.

	Japan	Europa
$P_n$ . . . . .	$v = 7.9$ km/sec	$v = 8.0$ km/sec
$P^*$ . . . . .	$v = 5.9$ "	$v = 6.5$ "
$\bar{P}$ . . . . .	$v = 5.0$ "	$v = 5.6$ "

Die Gegenüberstellung der Laufgeschwindigkeiten zeigt, daß in Japan und Europa<sup>16)</sup> ein erheblicher Unterschied in den Oberflächengeschwindigkeiten der untersuchten Wellengruppen und somit auch im Aufbau der obersten Schichten auftritt.

Aus den Beobachtungsdaten der Nahstationen und dem makroseismischen Material ließen sich in guter Übereinstimmung Epizentrum und Herdzeit bestimmen. Trotz sicherer Einsätze im ganzen Verlauf des Bebens sind auch hier die Abweichungen von der Laufzeitkurve sehr beträchtlich.

c) Kansubebenen vom 16. Dezember 1920. Das Kansubeben wurde in Straßburg in umfassender Weise von Frl. Dammann<sup>17)</sup> bearbeitet, und es wurden sowohl Material wie Ergebnisse veröffentlicht. Es war daher eine genaue Prüfung der Angaben möglich. Das makro- und mikroseismisch bestimmte Epizentrum ist in guter Übereinstimmung mit der Tektonik des Epizentralgebietes. Die Stoßzeit im Epizentrum wurde von mir mit Hilfe der Jenaer Laufzeitkurve hergeleitet. Trotz guter Übereinstimmung der Nahstationen zeigt sich im ganzen Verlauf der Beobachtungen keine Übereinstimmung mit der Laufzeitkurve.

Vergleicht man die drei Beben untereinander, so sieht man aus der graphischen Darstellung, daß nicht nur eine Abweichung von der Laufzeitkurve vorhanden, sondern daß diese auch für jedes Beben verschieden ist. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß Beben aus verschiedenen Epizentralgebieten verschiedene Laufzeitkurven besitzen, Beben aus gleichen Gebieten untereinander aber übereinstimmen.

Um auch diese Frage zu untersuchen, wurde ein weiteres Beben in Kansu und Japan bearbeitet.

d) Kansubebenen vom 22. Mai 1927. Dieses Beben kommt an Stärke und Ausdehnung dem früheren Beben gleich. Das Epizentrum dieses Bebens liegt wenig nordwestlich von dem früheren Beben. Es ergibt sich in diesem Falle keine Übereinstimmung der Kurven beider Beben oder mit der mittleren Laufzeitkurve. Nur von etwa 10 000 km an findet eine Annäherung an die Laufzeitkurve statt. Es handelt sich bei dieser Entfernung um die nordamerikanischen Stationen, also Stationen mit vorwiegend ozeanischem Wellenweg.

e) Japanbeben vom 13. Juli 1927. Bei diesem Beben treten ganz besondere Eigentümlichkeiten auf. Das Epizentrum befindet sich südöstlich von Hokkaido. In der japanischen Bearbeitung sind etwa 40 Stationen unter 1500 km Herdentfernung angegeben, welche mikroseismisch eine genaue Lokalisierung ermöglichen. Berechnet man für das in Japan bestimmte Epizentrum aus den zahlreichen Nahstationen die Herdzeit, so ist gute Übereinstimmung vorhanden. Wird jedoch für diesen Herd und Herdzeit die Laufzeitkurve gezeichnet, so ergibt sich eine systematische Abweichung. Die berechneten Werte für die Entfernung sind größer als die aus der Laufzeitdifferenz  $S - P$  bestimmten Werte, d. h. die beobachteten Laufzeiten sind kleiner als die der mittleren Laufzeitkurve. Diese Differenzen wachsen mit wachsender Entfernung. Von 3000 km Herdentfernung ab erreicht diese Abweichung einen nahezu konstanten Wert von 33 sec im Mittel. Dieser Wert ist so groß, daß zunächst eine unrichtige Epizentralbestimmung zu vermuten war. Aber Versuche, mit Hilfe der ferneren Stationen Epizentralbestimmungen nach verschiedenen Gesichtspunkten vorzunehmen, ergaben etwa  $4^\circ$  Abweichung in der Breite, führten also zu ganz unmöglichen Werten für die Beobachtungen der japanischen Stationen. Eine persönliche Rücksprache mit Prof. Kunitomi<sup>18)</sup>, dem japanischen Bearbeiter dieses Bebens, ergab die Richtigkeit der verwendeten Methoden und die Gültigkeit des ursprünglich verwendeten Epizentrums.

Die oben erwähnten großen Abweichungen bei diesem Beben sind daher reell, und es muß daher versucht werden, für diese Eigentümlichkeit des Bebens eine Deutung zu finden. Bei dem Beobachtungsmaterial der Nahstationen fällt auf, daß keinerlei Anzeichen für die Wellen  $P^*$  und  $\bar{P}$  vorhanden sind, also für die Wellengruppen, die in den oberen Schichten verlaufen. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß der Herd dieses Bebens in größerer Tiefe zu suchen ist.

Um eine gewisse Anschauung über den Einfluß der Herdtiefe auf den allgemeinen Verlauf der Laufzeitkurven zu gewinnen, sollen die Abweichungen der Laufzeitkurven für verschiedene Herdtiefe von der Kurve  $h = 0$  aufgetragen werden. Die verwendete Referenzkurve  $h = 0$  ist einer früheren Publikation<sup>19)</sup> entnommen und wurde für folgende Bedingungen berechnet:

$$\begin{array}{ll} v_0 = 5.6 \text{ km/sec} & \text{(Geschwindigkeit an der Oberfläche),} \\ v_{55} = 5.9 \text{ „} & \text{\{ Geschwindigkeit in 55 km Tiefe} \\ v_{55} = 7,9 \text{ „} & \text{\{ oberhalb und unterhalb der Grenzschrift.} \end{array}$$

Von der Tiefe von 55 km ab wurde die Geschwindigkeitsverteilung der Wiechertschen Referenzfunktion 1922<sup>20)</sup> zugrunde gelegt:

$$v = \frac{f}{2} (R^2 - r^2); \quad \frac{f}{2} = 3.1 \cdot 10^{-7}; \quad R^2 = 6436 \cdot 10^4.$$

Diese entspricht der Annahme kreisförmiger Bahnen der Strahlen.

Zeichnen wir jetzt z. B. die Kurve für 55 km Herdtiefe, so liegt deren Anfang um 9.5 sec höher als der der Kurve  $h = 0$ , entsprechend der Steigzeit Herd-Epizentrum. Die Kurve  $h = 0$  wird dann in einer gewissen Entfernung



geschnitten, die Kurve für den tieferen Herd liegt unterhalb der Ausgangskurve und verläuft in größeren Entfernungen parallel mit dieser Kurve. Der Abstand dieser beiden Kurven ist in großer Annäherung gleich der oben berechneten Steigzeit. Die Laufzeitkurve für eine mittlere Herdtiefe von 25 km von Mohorovičić verläuft zwischen beiden Kurven, und zwar auch parallel zu diesen mit einem Abstand von 4.5 sec, entsprechend einer Steigzeit von 4.5 sec für 25 km Herdtiefe. Die Abweichung der Mohorovičić-Kurve bei 3000 km tritt bei dem Vergleich mit einer Referenzkurve stets hervor und ist auf eine gewisse Unstetigkeit der beobachteten Kurve zurückzuführen.

Wenn wir jetzt annehmen, daß die systematische Abweichung der Laufzeitkurve auf die Herdtiefe zurückzuführen ist, so müßte die Größe der Abweichung einen Anhaltspunkt für die Tiefe des Herdes geben.

Die Abweichung der Bebenkurve von der mittleren Laufzeitkurve beträgt 33 sec. Diese weicht von der Kurve  $h = 0$  um 9 sec ab, wenn wir die An-

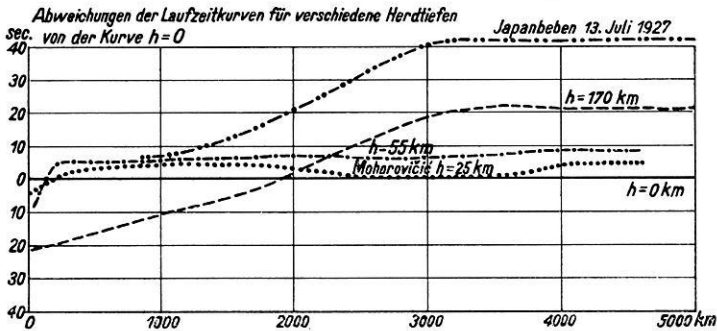


Fig. 6. Laufzeitkurven für verschiedene Herdtiefen.

fangspunkte beider Laufzeitkurven zusammenlegen. Die Gesamtabweichung beträgt also 42 sec. Nehmen wir jetzt in Analogie zu den vorigen Fällen an, daß die Steigzeit vom Herde zum Epizentrum gleich dem mittleren Abstand der Kurven ist, so wäre die Japankurve um den halben Wert der Gesamtabweichung parallel zu verschieben. Die Steigzeit beträgt demnach 21 sec. Berechnen wir jetzt unter den gleichen Annahmen der oben verwendeten Referenzfunktion den Wellenweg, so erhalten wir eine Herdtiefe von 170 km.

Auch auf einem von Knott<sup>21)</sup> vorgeschlagenen Wege kommt man für das Japanbeben zu einem ähnlichen Wert für die Herdtiefe. Vergleicht man bei diesem die berechneten Epizentralentfernungen mit den aus  $S - P$  bestimmten Werten, so sind die berechneten Entfernungen größer. Die Abweichung der mitteleuropäischen Stationen beträgt im Mittel 300 km. Nach einer Tabelle in dem Artikel von Berlage<sup>22)</sup> im Handbuch der Geophysik, die diese Abweichung als Funktion von Herdtiefe und Epizentraldistanz wiedergibt, erhält man eine Herdtiefe von 140 bis 170 km, also einen Wert in der Größenordnung des oben bestimmten.

Diese Verfahren können nur eine gewisse Anschauung über die Größe der Herdtiefe vermitteln. Noch größere Werte sind bereits von Wadati<sup>23)</sup> festgestellt worden. Schwierig ist es aber, für derartige Tiefen sich Vorstellungen über die Art der Auslösung der Bebenenergie zu machen, da in diesen Tiefen nach den bisherigen Anschauungen Massengleichgewicht anzunehmen ist.

Vielleicht treten derartige Abweichungen von der bisherigen Annahme über eine mittlere Herdtiefe von 25 km auch bei europäischen Beben auf. Bei Seismogrammen der Station Athen beobachtet man sehr häufig, daß selbst bei geringen Herdentfernungen (Beben im Ägäischen Meer) die Bewegung des ersten Vorläufers mit einer großen Periode einsetzt und Einsätze für die die  $P^*$ -,  $P$ -Phasen nicht vorhanden sind. Auch bei dem großen Rhodosbeben von 1926 scheinen ganz besondere Verhältnisse vorzuliegen, da man bei der mikroseismischen Bestimmung des Epizentrums auf große Schwierigkeiten stößt. Gelegentliche Versuche ergaben je nach der Wahl der Stationen gänzlich verschiedene Werte für das Epizentrum.

Zusammenfassung. Aus vergleichenden Untersuchungen über Laufzeitkurven ergibt sich, daß für die einzelnen Epizentralgebiete ganz verschiedene Abweichungen von der Jenaer mittleren Laufzeitkurve auftreten. Beben aus gleichen Epizentralgebieten zeigen im allgemeinen keine Übereinstimmung in den Abweichungen. Man muß daher schließen, daß eine große Reihe von Beben ihre eigene Laufzeitkurve besitzen, die außer von der Herdlage in erster Linie von der Herdtiefe abhängt. Die Annahme einer mittleren Herdtiefe von 25 km ist in manchen Fällen nicht möglich, wie das Beispiel des Japanbebens vom 13. Juli 1927 zeigt.

Diese Tatsachen erschweren eine Epizentralbestimmung auf Grund mikroseismischen Materials sehr, da nur in wenigen Fällen das Stationsnetz im Epizentralgebiet dicht genug ist, um sichere Schlüsse auf Ausbreitung der Wellen in den oberen Schichten ziehen zu können, und da ferner auch, wie die abweichenden Laufgeschwindigkeiten der Wellen in Japan zeigen, im Aufbau der oberen Schichten Unterschiede vorhanden sind.

5. Bemerkungen zur Auswertung der Seismogramme. Bei vielen Berichten, die zur Bearbeitung der Kataloge bei der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena verwendet wurden, fiel es auf, daß die Auswertungen der viele Stationen eine große Menge von den Einsätzen der von B. Gutenberg bestimmten Reflexionen an den inneren Schichten enthalten. Abgesehen von der großen Schwierigkeit, für gewisse Entfernungen ohne Kenntnis des Herdes diese Wellen zu identifizieren, sind oft in den Berichten keinerlei Anhaltspunkte hierfür gegeben, wie Periodenwechsel oder auffallende Amplituden. In vielen Fällen gewinnt man den Eindruck, daß Erwägungen theoretischer Art bzw. eine bereits vorhandene Laufzeitkurve den Anlaß gaben, Einsätze im Seismogramm gerade an eine bestimmte Stelle zu legen, wo ein unbefangener Beobachter bestimmt eine solche Einteilung nicht vornehmen würde. In der

Fig. 7 sind zwei typische Seismogramme dieser Art wiedergegeben in der Form, wie sie bei der Reichsanstalt eingingen. Eine Besprechung der im Seismogramm angegebenen Auswertung mit einer Reihe von Bearbeitern verstärkte die oben vertretene Ansicht, daß auch hier, wie in vielen anderen Fällen, nur theoretische Erwägungen zu einer derartigen Auswertung führen konnten.

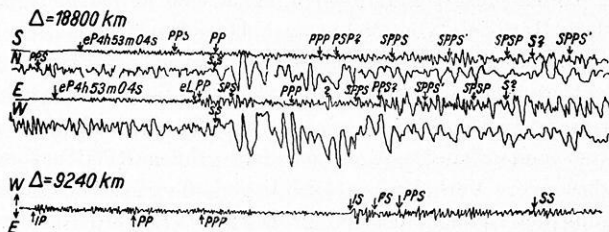


Fig. 7.

Beben vom 26. Juni 1924, Antarktis Tortosa  $\Delta = 17640$  km

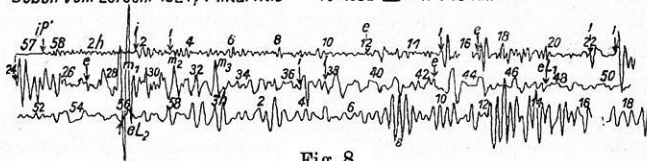


Fig. 8.

Phase	Zeit h m s	Periode s	Amplitude $\mu$	Bemerkungen	Phase	Zeit h m s	Periode s	Amplitude $\mu$	Bemerkungen	
$iP'$	1 57 33	10			$e$	2 26.8	60-80		Einsetzen einer langperiodisch. Bewegung, überlagert d. mehr. Einsätze	
$m$	58 17	10	+ 12		$i$	28 22				
$i(P_{R_1})$	2 01 48	15	11	Periodenwechsel	$m_1$	28.6	20	300		
$e$	03 20				$m_2$	31.0	25	+ 160		
$m$	03 58				$m_3$	32 50	20	+ 100		
$e$	12.0	15		Periodenwechsel	$i$	36 37				
$m$	12 40	22	40		$m$	36 55	10	- 40		
$i$	15 18	18	50	Scharfer, auffallender Einsatz	$i$	37 45	50		Periodenwechsel, Gruppe v. vier Schwingungen	
$e$	16.7	15			$m$	38 15	50	+ 460		
$m$	17 10	13	35		$e$	42 45				
$i$	21 50	20	- 48	Gruppe von Einsätzen innerhalb einer langen Periode	$m$	43 20	35	300		
$i$	22 55	20	+ 90			$eL_1$	47,5			Einsatz. unregelmäß., langper. Schwingungen, bei $L_2$ Beginn der regelmäB. Hauptphase
$i$	23 10	20	- 140			$eL_2$	56,0			
$i$	23 54									
$m$	24 15	18	60							

Wenn daher heute die Stationsberichte, wie es den Anschein hat, nicht nur die wirklich deutlichen Phasen im Seismogramm wiedergeben, sondern aus theoretischen Gründen auch weniger deutliche Einsätze, so erwächst für einen späteren Bearbeiter des Berichtes eine außerordentliche Schwierigkeit und der Zweifel, ob eine im Bericht angegebene Phase wirklich objektiv vorhanden ist, wenn nicht der Bericht außerdem irgendwelche charakteristische Merkmale für diese bestimmte Phase enthält.

Es wird daher vorgeschlagen, um diese Unsicherheiten der Bearbeitungen zu beseitigen, in nicht besonders markanten Fällen nur die Art des Einsatzes, *e* oder *i*, die Periode, die Lage und Größe des Maximums innerhalb einer Phase anzugeben. Vor allen Dingen ist an der alten Forderung festzuhalten, bei Einteilung der Seismogramme keinerlei Laufzeitkurven zu verwenden, sondern die Einsätze nur dort zu markieren, wo sie deutlich ins Auge fallen. Wird dieses Verfahren bei allen Stationen gleichmäßig durchgeführt, so ergibt sich zwanglos bei der Zusammenfassung des Beobachtungsmaterials, ob die Einsätze verschiedener Stationen zusammengehören. Die so erhaltenen Kurvenzüge bilden dann wirklich eine sichere Grundlage für die Weiterarbeit und eine Stütze der bisher gewonnenen Ergebnisse.

Das beifolgende Seismogramm ist eine in diesem Sinne durchgeführte Analyse. Es ist bei der Auswertung das Bestreben gewesen, das Seismogramm in seiner Gesamtheit im Bericht so deutlich wie möglich wiederzugeben, andererseits aber auch nur deutliche Phasen (in der Auswertung durch eine Klammer gekennzeichnet) herauszuheben. Einzelne Einsätze sind nur dann verwendet, wenn wirklich auffallende Eigentümlichkeiten in Periode und Amplitude vorhanden sind. Bei diesem Verfahren kann es natürlich vorkommen, daß infolge zu großer Vorsicht ein Einsatz dem Bearbeiter entgeht. Es ist aber auch die Gefahr vermieden, zuviel aus dem Seismogramm herauszulesen. Gerade in dem angeführten Beispiel eines weiten Fernbebens ist es sehr leicht möglich, für einen theoretisch bestimmten Einsatz noch nachträglich eine passende Zacke zu finden, die ohne Kenntnis der Theorie nicht als besonderer Einsatz angesprochen werden würde.

#### Literatur.

- 1) G. Krumbach: Zur Frage der Laufzeitkurven, Zeitschr. f. Geophys. **1** (1925).
- 2) A. Mohorovičić: Hodografi ... Rad jugoslav. Acad. 1921, S. 226.
- 3) Wiechert-Zöppritz: Über Erdbebenwellen I, II. Nachr. d. Ges. d. Wiss., Göttingen 1907.
- 4) O. Hecker: Verbesserung der Laufzeitkurve. Gerlands Beiträge f. Geophys. **14** (1915).
- 5) B. Gutenberg: Zur Frage der Laufzeitkurven. Zeitschr. f. Geophys. **2** (1926).
- 6) A. Mohorovičić: Das Beben vom 8. Oktober 1909. Jahrb. d. meteorol. Observ., Zagreb 1909.
- 7) E. Tams: Erdbeben im Gebiet der Nordenskiöldsee. Gerlands Beitr. f. Geophys. **17** (1927).
- 8) E. Tams: Die seismischen Verhältnisse des offenen Atlantischen Ozeans. Gerlands Beitr. f. Geophys. **18** (1928).
- 9) I. B. Macelwane: Table of travel-times, 1926; handschriftlich.
- 10) S. W. Visser: On the distribution of earthquakes. Verhandl. Nr. 7, Batavia 1921.
- 11) H. H. Turner: Intern. summary.
- 12) B. Gutenberg: Über Erdbebenwellen VII A. Nachrichten d. Ges. d. Wiss., Göttingen 1914.
- 13) G. Angenheister: Beobachtungen an pazifischen Beben. Nachr. d. Ges. d. Wiss., Göttingen 1921.

- 14) P. Byerly: The Montana-Earthquake of 28. June 1925. Bull. of the Seism. Society, Washington 1926.
- 15) T. Matuzawa: Bull. of the Earthquake Research Institut Tokyo, 1928.
- 16) V. Conrad: Das Schwadorfer Beben. Gerlands Beitr. f. Geophys. **20** (1928).
- 17) A. Dammann: Publ. Bureau Centr. Séism. Intern., Straßburg.
- 18) S. Kunitomi: Journ. Meteorol. Soc. Japan **6** (1928).
- 19) G. Krumbach: Veröffentl. d. Reichsanst. f. Erdbebenforsch., Heft 5, Jena 1926.
- 20) E. Wiechert: Vortrag Naturforscherversamml. Leipzig 1922.
- 21) C. G. Knott: Proc. Roy. Soc. **39**, Edinburgh 1919.
- 22) H. P. Berlage: Seismometer. Handb. f. Geophys. **4**; im Druck.
- 23) K. Wadati: Journ. Meteorol. Soc. Japan **5** (1927).

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, im Oktober 1929.

## Beobachtungen an Profilen auf See-Eis.

Von **R. Köhler**, Göttingen. — (Mit vier Abbildungen.)

In anisotropem See-Eis werden drei Raumwellen ( $\nu = 3.2, 2.7$  und  $2.2$  km/sec) festgestellt. Bei isotropem See-Eis ergeben sich die Werte  $v = 3.2$  und  $1.1$  km/sec.

Die Arbeiten von Mothes<sup>1)</sup> haben die Brauchbarkeit der seismischen Methode für Eisdickenbestimmungen dargelegt. Bei diesen Untersuchungen ergab sich eine mittlere Geschwindigkeit der longitudinalen Wellen von  $3600$  m/sec, wobei in den durchlaufenen Tiefen die hydrostatischen Drucke  $75$  Atm. maximal

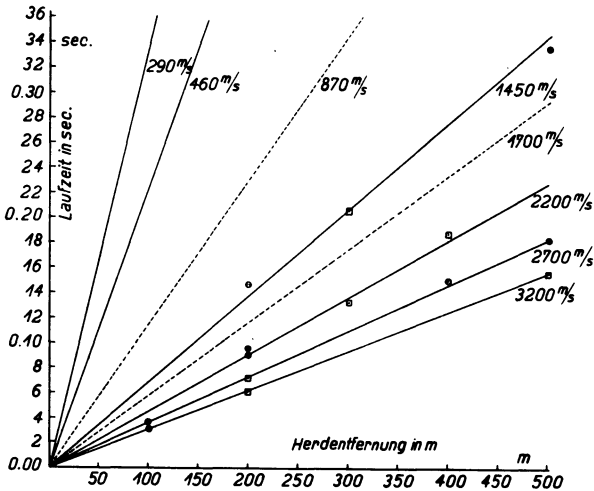


Fig. 1. Laufzeiten in anisotropem See-Eis

○ Z-Pendel, □ H-Pendel, — beobachtete Laufzeitkurve, ..... Vergleichslinie, ⊙<sup>2</sup> doppelt belegt.