

Seismische Registrierungen in Göttingen
im Jahre 1907

mit einem Vorwort über die Bearbeitung der Erdbeben-
diagramme.

Von

Ludwig Geiger.

Aus den Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen
Mathematisch-physikalische Klasse. 1909.

Seismische Registrierungen in Göttingen
im Jahre 1907
mit einem Vorwort über
Die Bearbeitung der Erdbebendiagramme.

Von

Ludwig Geiger.

Mit 2 Tafeln.

Vorgelegt in der Sitzung vom 6. März 1909 von E. Wiechert.

Allgemeine Bemerkungen.

Dieser Bericht schließt sich an die früheren in diesen Nachrichten erschienenen Jahresberichte an. Zuerst ist eine Anweisung zur Bearbeitung der Erdbebendiagramme gegeben, die zur Einführung in die Praxis bestimmt ist. Dann folgt der Katalog der hier registrierten Erdbeben. Während des ganzen Jahres waren die folgenden Wiechertschen Instrumente dauernd in Betrieb:

1. das aststische 1200-kg-Horizontalpendel, dessen beide Komponenten nach EW und NS orientiert sind;
2. das 1300-kg-Vertikal-Pendel;
3. das 17500-kg-Horizontalpendel, bei dem nur die NS-Komponente ausgebaut ist;
4. das 100-kg-Pendel, das die NS-Komponente liefert.

Die Instrumentalkonstanten

T_0 = Eigenperiode des Instrumentes bei ausgeschalteter Dämpfung,

L = äquivalente Pendellänge,

I = Indikatorlänge,

V = Indikator-Vergrößerung oder Vergrößerung rascher Schwingungen,

ε = Dämpfungsverhältnis,

r = Reibungsausschlag

wurden im Berichtjahre viermal bestimmt, und daraus jedesmal

die Reduktionstafel für die Berechnung der wahren Bodenverrückung nach der Formel

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2\right)^2 + 4 \cdot \frac{(\log \text{nat } \varepsilon)^2}{\pi^2 + (\log \text{nat } \varepsilon)^2} \cdot \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2}}$$

berechnet. Darin ist

\mathfrak{B} = Dynamische Vergrößerung,
 \mathfrak{T} = Periode der Bodenbewegung¹⁾.

Die Konstanten waren wie früher ziemlich stark veränderlich, so daß die Resultate mit etwa 10 % Unsicherheit behaftet sind.

Die Instrumente wurden sehr gewissenhaft von unserem Hauswart, Herrn Hilke, besorgt.

Als Grundlage des vorliegenden Jahresberichtes dienten die Wöchentlichen Erdbebenberichte, die vom 1. Januar bis 31. März und vom 15. Mai bis 31. August Dr. K. Zoeppritz, die übrige Zeit der Verfasser besorgt hat. An Hand der Berichte von anderen Stationen, insbesondere den Jenensern, konnten nachträglich noch einige schwache Beben entdeckt werden. Dabei zeigte sich, daß sehr viele in Jena als Beben angesprochene Störungen hier gänzlich fehlen, also offenbar durch lokale Unruhe vorgetäuscht sind. Die Lage des hiesigen Warte, 2 km von der Stadt, zeigt sich also als sehr nützlich.

Bei den Beben wurde die aus den Zoeppritzschen Laufzeitkurven sich ergebende Herddistanz nur dann mitgeteilt, wenn jeder Zweifel ausgeschlossen schien.

Die Bezeichnungen sind die alten, einige wenige sind neu hinzugekommen (vergl. pg. 18).

Die Zeit gab uns ca. alle zwei Wochen telephonisch die Kgl. Sternwarte, wofür auch an dieser Stelle dem Assistenten, Herrn Dr. Kohlschütter, herzlich gedankt sei. Dank dem vorzüglichen Gang unserer Normal-Pendeluhr von Straßer & Rohde ist die Unsicherheit in den Zeiten kleiner als 1/2 Sekunde.

Zum Schluß ist eine Uebersicht über die mikroseismische Bewegung gegeben, wie sie an jedem Tage morgens 7 Uhr (Greenwich) geherrscht hat. Bekanntlich zeigt die mikroseismische Bewegung Schwebungen; deshalb wurde jeweilen die größte Amplitude gemessen. Wenn um diese Zeit die Ablesung durch ein übergelagertes Beben oder Betriebsstörungen am Instrument unmöglich gemacht waren, so ist dies durch „?“ markiert. Ein „—“ bei der Amplitude bedeutet, daß dieselbe kleiner als 0,2 μ ist; fehlt jede Bewegung, so ist auch die Periode durch „—“ ausgefüllt.

1) E. Wiechert: Theorie der automatischen Seismographen; Abh. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1903.

Die Bearbeitung der Erdbebendiagramme.

1. Die Instrumentalkonstanten.

E. Wiechert hat gezeigt¹⁾, daß jeder noch so komplizierte Seismograph mathematisch durch ein einfaches Fadenpendel ersetzt werden kann, dessen Ausschläge durch einen Zeiger vergrößert aufgeschrieben werden (Fig. 1). Ein solches Pendel ist also durch zwei Konstanten charakterisiert: die Pendellänge L und die Indikator(zeiger)-Länge I . Für die Schwingungsperiode T gilt also

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \tag{1}$$

worin g die Beschleunigung der Schwere ist, und für die Indikatorvergrößerung V

$$V = \frac{J}{L} \tag{2}$$

gilt.

In vielen Fällen ist nun der Seismograph künstlich stark gedämpft, und besonders bei mechanisch registrierenden Instrumenten erleidet die Indikatorspitze eine wenn auch kleine so doch nicht zu vernachlässigende Reibung. Schaltet man die Dämpfung aus, und läßt das Pendel

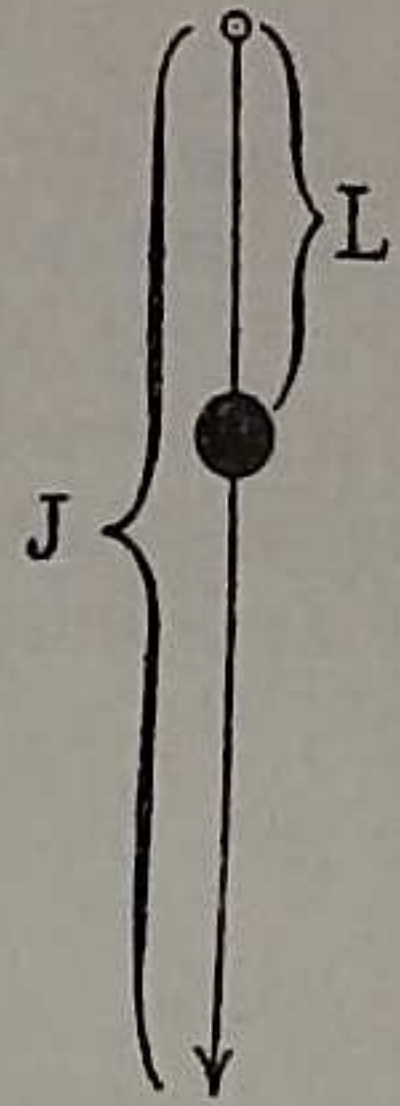


Fig. 1.

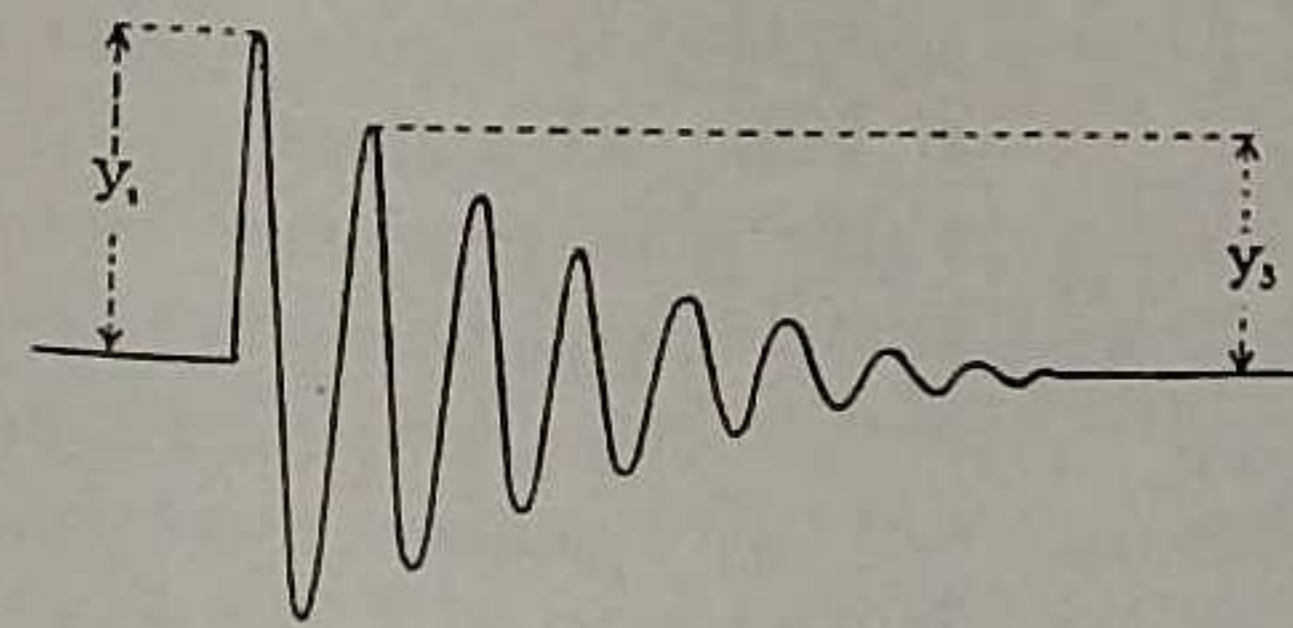


Fig. 2.

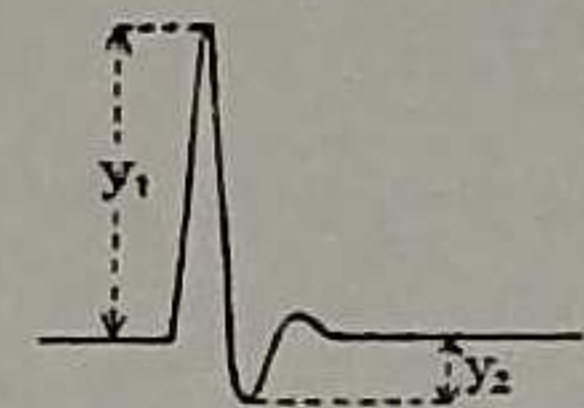


Fig. 3.

schwingen (Fig. 2), so wird alle Energie durch die Reibung verzehrt. Der der Reibung entsprechende Ausschlag r ist gegeben durch

$$r = \frac{1}{4} \cdot (y_1 - y_2). \tag{3}$$

Schaltet man die Dämpfung ein, und läßt das Pendel schwingen (Fig. 3), so ist die Dämpfung charakterisiert durch

$$\varepsilon = \frac{y_1 - r}{y_2 + r}. \tag{4}$$

Jedes gedämpfte Pendel ist also durch

1) E. Wiechert: l. c.

$$T, (L), I, (V), r, \varepsilon$$

vollständig charakterisiert. Wir wollen hier davon absehen, wie diese Konstanten praktisch bestimmt werden¹⁾, sondern sie als bekannt voraussetzen. Es soll vielmehr gezeigt werden, wie Erdbebendiagramme zu lesen sind.

2. Ausbreitung der Erdbebenwellen.

Nach der heutigen Auffassung hat man sich die Ausbreitung eines Erdbebens so vorzustellen:

H (Fig. 4) sei der Herd des Bebens; er liegt erfahrungsgemäß immer nahezu oder ganz oberflächlich. Wir denken uns jetzt in H ein ideales Beben, d. h. einen einzigen Impuls. Ueber die Konstitution des Erdinnern machen wir gar keine speziellen

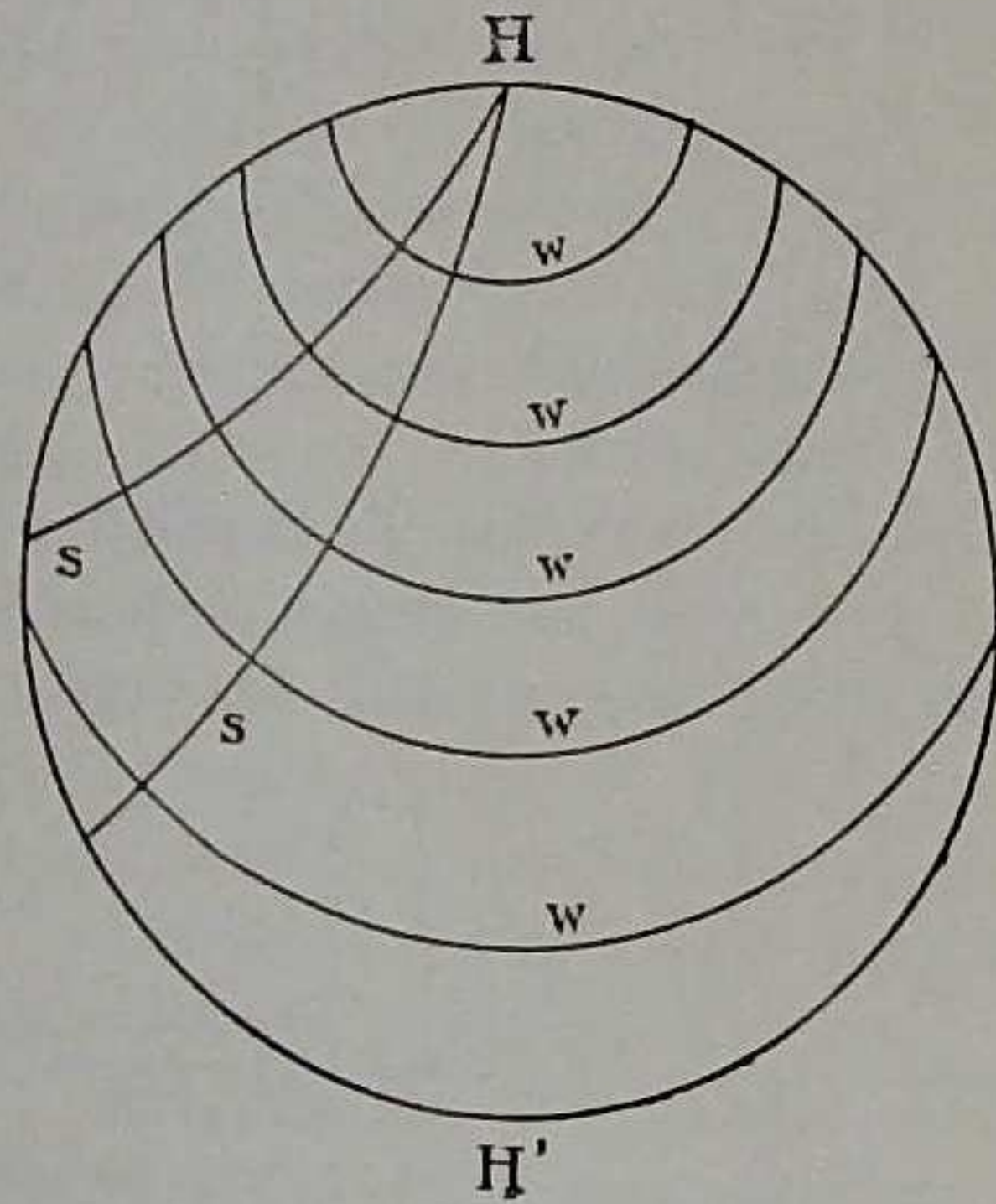


Fig. 4.

Annahmen. Die Elastizitätstheorie lehrt nun, daß sich dieser Impuls in 3 Hauptformen fortpflanzt:

1) Eine longitudinale Stoßwelle, der 1. Vorläufer (P) geht durch das Erdinnere; die Figur der Stoßstrahlen s , d. h. der orthogonalen Trajektorien der Wellenflächen w läßt sich natürlich nur unter ganz gewissen Voraussetzungen über die physikalische Beschaffenheit des Erdinnern angeben. Nimmt man z. B. die Erde

als homogen an, so folgen geradlinige Stoßstrahlen; nimmt man an, daß die Dichte nach innen zunimmt, so folgen nach außen konkave Stoßstrahlen etc. Es ist also durchaus unzulässig, von einer „Fortpflanzungsgeschwindigkeit“ zu reden, weil diese ja eine Funktion der Tiefe ist. Dagegen können wir jedem Stoßstrahl seine Laufzeit zuordnen, d. h. diejenige Zeit, die vergeht, bis der Stoßstrahl zur Station kommt.

2) Eine transversale Stoßwelle, der 2. Vorläufer (S), geht durch das Erdinnere. Auch hier gilt das beim

¹⁾ Siehe E. Wiechert: Konstantenbestimmung 1908. (Als Manuskript gedruckt).

1. Vorläufer gesagte: jedem Stoßstrahl können wir seine Laufzeit zuordnen. Die Elastizitätstheorie lehrt nun, daß an einer Unstetigkeitsfläche, also vor allem an der Erdoberfläche, die Vorläufer teils gebrochen, teils reflektiert werden (Riecke, Wiechert).

Diese elastischen Reflexionen sind aber viel komplizierter als z. B. die Reflexion des Lichtes. Jeder rein longitudinale und jeder rein transversale Stoßstrahl zerfällt im allgemeinen bei der Reflexion in einen longitudinalen und einen transversalen Strahl. Der reflektierte Strahl, der gleicher Natur wie der einfallende Strahl ist, wird unter dem Einfallswinkel zurückgeworfen, während der andere reflektierte Strahl einem komplizierten Reflexionsgesetz folgt. Die Energie des einfallenden Strahles geht aber nicht zu gleichen Teilen in die beiden reflektierten Strahlen, sondern vorzüglich in den gleichartigen reflektierten Strahl. Wir können deshalb im Allgemeinen die reflektierten Strahlen vernachlässigen, die ihre Natur bei den Reflexionen gewechselt haben, und uns auf diejenigen beschränken, die ihre Natur dauernd bewahren, die also dem optischen Reflexionsgesetz folgen. Einzig die nur einmal reflektierten Strahlen, die ihre Natur bei der Reflexion wechseln, sollen noch berücksichtigt werden; sie machen also den einen Ast ihres Weges longitudinal, den andern transversal, wobei die Reihenfolge wenigstens für die Laufzeit belanglos ist. Wir nennen diese letzteren Wellen „Wechselwellen“ (PS), und die n mal reflektierten longitudinalen und transversalen Wellen PR_n und SR_n . All diesen Wellen kann natürlich eine Laufzeit zugeordnet werden.

3) Von H aus breitet sich der Impuls auf der Erdoberfläche konzentrisch aus. Die Oberflächenwellen (Rayleigh-Wellen) heißen „die langen Wellen“ (L). Ihre Amplitude nimmt zunächst annähernd proportional der reziproken Quadratwurzel aus der auf dem Bogen gemessenen Herddistanz ab; nachdem der Aequator um H überschritten ist, konvergiert die Welle nach dem Gegenpunkt H' von H , die Amplitude wächst entsprechend und erreicht in H' ein Maximum, das man sich jedoch ganz diffus über ein großes Gebiet verbreitet zu denken hat. H' kann jetzt als sekundärer Herd aufgefaßt werden, von dem lange Wellen ($L_{rep I}$) zurückkehren, die in H ein neues Maximum erzeugen, u. s. f., bis die Energie völlig absorbiert ist. Die Elastizitätstheorie lehrt nun, daß die Oberflächenwellen sehr komplexer Natur sind. Als Hauptphasen unterscheiden wir: das Auftauchen (eL), das Maximum (M), und das Ende (F). Die Maxima der wiederkehrenden langen Wellen $L_{rep I}, L_{rep II}, \dots$ heißen $M_{rep I}, M_{rep II}, \dots$

Alle genannten Wellen also $P, PR_1, PR_2, \dots S, SR_1, SR_2, \dots PS, eL, M, M_{rep1}, \dots$ bezeichnen Phasen. Die obigen Resultate gelten ganz unabhängig von der Konstitution der Erdkugel, über die Größe der Laufzeiten konnte deshalb nichts ausgesagt werden. Man wird vielmehr umgekehrt aus den beobachteten Laufzeiten auf die Konstitution des Erdinnern schließen können. Wiechert fand so, daß die Erde aus einem ziemlich gleichartig sich verhaltenden Metallkern von ca. 5200 km Radius und einem Steinmantel von ca. 1500 km Dicke besteht. Die Geschwindigkeit der Vorläufer wächst im Mantel mit der Tiefe, im Kern ist sie fast konstant, sie scheint in großer Tiefe etwas abzunehmen. Ein Stoßstrahl, der nur im Mantel bleibt, ist also nach außen konkav; ein solcher, der auch die äußeren Schichten des Kernes passiert, ist im Kern nahezu gerade, während die beiden Aeste, die den Mantel durchsetzen, nach außen konkav sind; ein Strahl, der sehr tief durch den Kern geht, ist dort nach außen konvex. Ueber die Tiefen von mehr als 3500 km ist noch nichts bekannt. Man übersieht die Laufzeiten am bequemsten an den Laufzeitkurven, wie sie neuestens von K. Zöppez¹⁾ konstruiert worden sind (Tafel I). Diese geben die Laufzeiten als Funktion der längs der Erdoberfläche gemessenen Herddistanz. Legen wir an irgend einer Stelle eine Vertikale durch diese Kurvenschar, so liefern deren Schnittpunkte mit den einzelnen Kurven den zeitlichen Typus jedes Bebenidiagramms dieser Herddistanz. Fig. 5 zeigt ein so konstruiertes Idealbebenidiagramm:

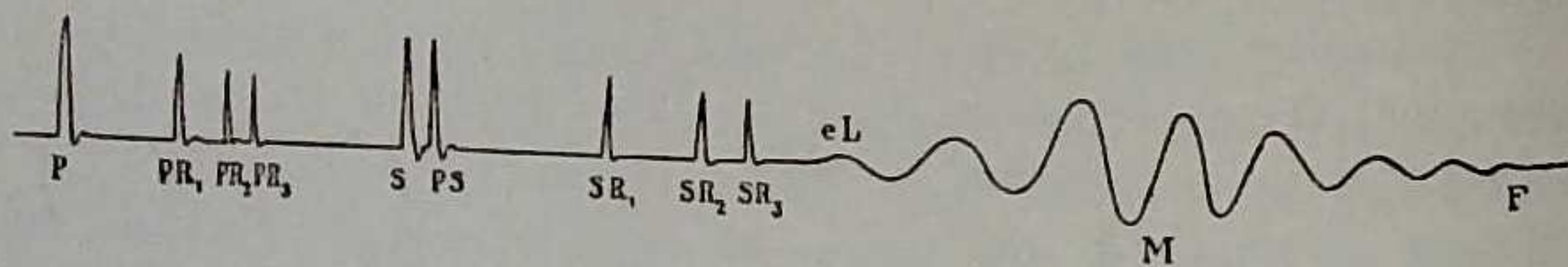


Fig. 5.

Die Amplituden und Perioden der einzelnen Phasen sind darin ganz willkürlich gewählt. Tafel II zeigt zum Vergleich drei wirkliche Bebenidiagramme, deren Herddistanzen 9900, 4800 und 250 km betragen. Zunächst fällt auf, daß zwischen den einzelnen Phasen nicht Ruhe herrscht, sondern eine Reihe sehr komplizierter Schwingungen auftritt. Ueber diese Schwingungen läßt sich zur Zeit kaum mehr sagen, als daß die kürzesten Perioden beim 1. Vorläufer und die längsten Perioden in den langen Wellen auf-

1) E. Wiechert u. K. Zöppez, Ueber Erdbebenwellen, Gött. Nachr., math.-phys. Klasse, 1907.

treten. Als Regel mag gelten, daß die langen Perioden umso mehr vorherrschen, je größer die Herddistanz ist (siehe Tafel II). Aus dem Vergleich der Diagramme verschiedener Stationen eines und desselben Bebens scheint hervorzugehen, daß diese Wellen zwischen den Phasen nicht nur das Abbild der Erregung am Herd sind, sondern weitgehend von der Lebensgeschichte der Stoßstrahlen abhängen; diese ist wohl hauptsächlich durch die Konstitution der obersten Erdschichten bedingt, sodaß diese Wellen an jeder Station anders aussehen. Zunächst wird man erwarten, daß die Amplituden von P, PR_1, PR_2, \dots und von S, SR_1, SR_2, \dots immer kleiner werden. Die Erfahrung zeigt dagegen, daß unter Umständen PR_1 resp. SR_1 viel intensiver als P resp. S ist, ja wenn die Herddistanz zwischen 13000 und 16000 km liegt, fehlt P und S fast vollständig, während die ersten Reflexionen stark auftreten (Tafel II). Ist das Beben überhaupt schwach, so wird man auch keine Reflexionen finden; das gleiche gilt auch für die Wechselwellen.

Bisher war stets nur die Rede von impulsförmigen Beben, wie sie auch tatsächlich oft beobachtet werden. Häufig hat man sich aber ein allmähliches Reißen der Schichten vorzustellen, das dann erst in einem starken Impuls gipfelt. Fig. 6 zeigt schematisch P eines solchen Bebens. Dieses Reißen spiegelt sich natürlich mehr oder weniger deutlich in S und den ersten Reflexionen wieder, während es in den höheren Reflexionen nicht mehr erkennbar ist. Im Gegensatz zum scharfen Einsatze i des Impulses (impetus) bezeichnen wir das Auftauchen mit unbestimmtem Anfang mit e (emersio).

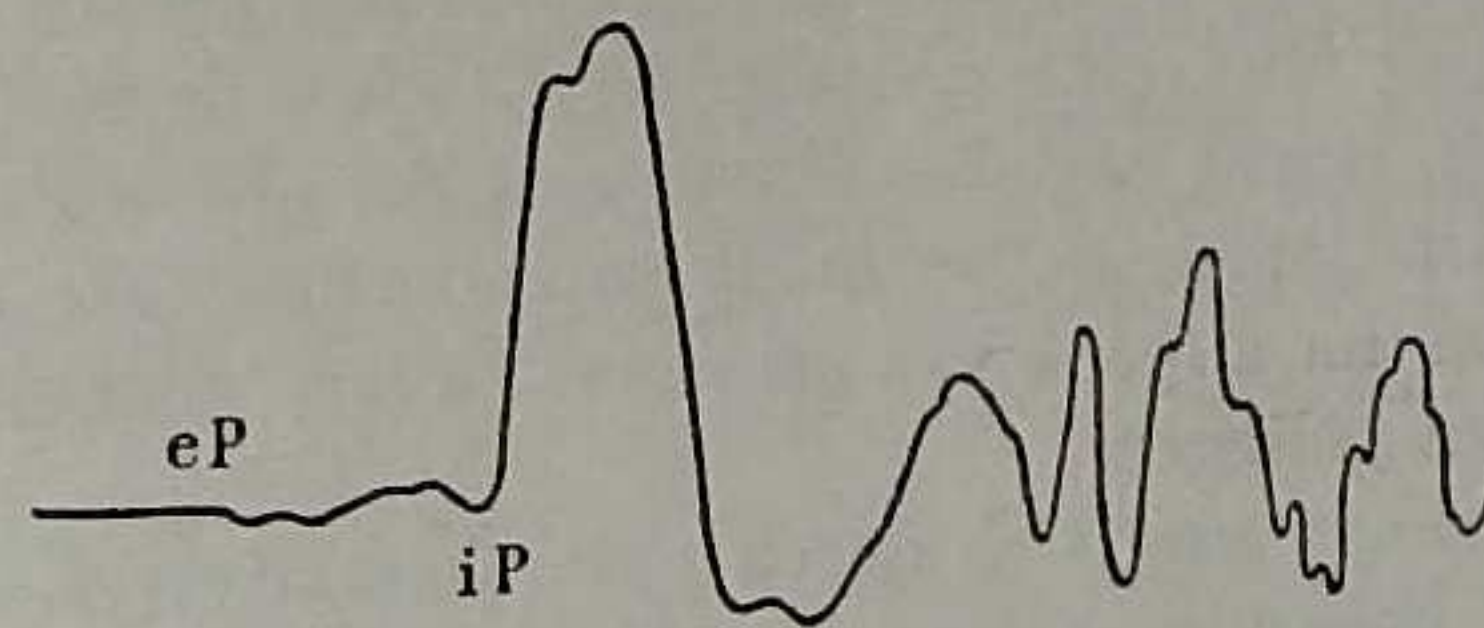


Fig. 6.

Schon oben wurde bemerkt, daß die langen Wellen sehr komplexer Natur sind; Tafel II Fig. 1 läßt dies deutlich erkennen: wir haben nicht immer ein ausgeprägtes Maximum, sondern häufig mehrere Maxima M_1, M_2, \dots , die wie Schwebungen aussehen. Das Auftreten solcher Schwebungen ist theoretisch nicht unmöglich, denn erfahrungsgemäß löst oft ein Beben ein zweites benachbartes

aus. Die langen Wellen dieser beiden Herde können dann an der Station Schwebungen hervorrufen, weil ja nicht gesagt ist, daß die Periode und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beider Systeme gleich ist. Vergleicht man die 3 Komponenten der langen Wellen, so wird man oft finden, daß die Maxima der verschiedenen Komponenten zeitlich durchaus nicht zusammenfallen (Tafel II, Fig. 1 a, b, c).

Die wiederkehrenden langen Wellen $L_{rep I}$ werden nur bei sehr heftigen Beben und auch dann nicht oft beobachtet. Aus den letzten Spuren des Bebens erhebt sich dann ein Zug sehr regelmäßiger langer Wellen von hoher Periode. $L_{rep II}$ ist wohl kaum je mit Sicherheit nachgewiesen worden.

Schließlich sollen die mikroseismischen Bewegungen kurz erwähnt werden. Unter idealen Verhältnissen schreibt ein Seismograph für gewöhnlich eine gerade Linie; praktisch findet man statt dessen fast immer dauernde Störungen aller Art, die bisweilen sehr bedeutend sind. Weil aber diesen Störungen der Typus Fig. 5 fehlt, wird man sie schwerlich mit wirklichen Beben verwechseln. Ihr Aussehen und die eventuellen Ursachen sollen hier nicht besprochen werden.

Es sollen jetzt einige Winke gegeben werden, wie die Diagramme eines wirklichen Bebens zu diskutieren sind.

3. Zeitliche Analyse.

Der erste Teil jeder Diskussion ist die zeitliche Analyse und darauf die Bestimmung der Herddistanz, nicht etwa, weil es für die theoretische Seismik wichtig zu wissen ist, wo gerade dieses Beben war, sondern weil die gefundene Herddistanz die elastische Erdbebenlehre weitgehend prüft.

Wir wollen uns eine mittelgroße Station denken, d. h. eine solche, die mit irgend welchen Seismographen alle 3 Komponenten registriert. Stationen, denen die Vertikalkomponente fehlt, wird die Diskussion im allgemeinen schwerer fallen, aber doch in den meisten Fällen gelingen.

Zuerst schafft man sich durch einen Gesamtvergleich der Diagramme die Arbeitshypothese der Herddistanz Δ . Durch oberflächliches Auszählen der Zeitdifferenz zwischen den vermutlichen P und S einerseits, P und M andererseits bietet dies an Hand der Laufzeitkurven (Tafel I) keine Schwierigkeiten. Diese vorläufige Herddistanz darf bis auf 10 % falsch sein. Sind $S-P$ und $M-P$ unvereinbar, so sind die Phasen teilweise oder ganz falsch angesprochen. Man wird also so lange probieren, bis beide Zeiten einigermaßen gleiche Δ liefern. Dabei ist das Diagramm des Ver-

tikalpendels äußerst nützlich: aus unsern frühern Ueberlegungen ging doch hervor, daß P, PR_1, PR_2, \dots Longitudinalwellen sind, die Erregungen in der Station haben also eine starke Z -Komponente; S, SR_1, SR_2, \dots sind dagegen Transversalwellen, die Erregungen in der Station sind also vorwiegend horizontal. Wenn man dies genügend beachtet, wird es fast immer gelingen, P und S richtig anzusprechen. Liegt Δ zwischen 13000 und 16000 Kilometern, so fehlt freilich P fast ganz, während PR_1 auftritt. Man wird ein solches Beben trotzdem leicht verstehen, weil einerseits $M-S$ dieses Δ liefert, andererseits vor PR_1 einige schwache Wellen auftreten, die ein Rudiment von P sind. Ist das Beben nicht impulsiv sondern ein Reißen, so ist die Bestimmung von $S-P$ ziemlich ungenau. Am besten berücksichtigt man dann nicht eP und eS , sondern den dem Reißen folgenden Impuls iP und iS (vgl. Fig. 6). Nachdem also Δ provisorisch bestimmt ist, mißt man die Zeit von P und S definitiv, woraus Δ definitiv folgt. In günstigen Fällen kann P und S bis auf 1 Sekunde gemessen werden, sodaß Δ nur mit einem Fehler von 1 % behaftet ist. Oft ist es nicht leicht, S scharf anzusprechen. Man geht wohl am sichersten, wenn man denjenigen Punkt wählt, wo die Kurve plötzlich ganz unvermittelt ihre Richtung ändert. Dann sucht man an Hand der Laufzeitkurven nach Reflexionen (also auch PS), und mißt deren Zeiten. Fügen sich diese Zeiten gut in die Laufzeitkurven, so erfährt Δ dadurch eine starke Stütze, andernfalls muß Δ nachgeprüft werden. Endlich mißt man die Zeiten von eL und F ; diese sind nur sehr roh angebar, haben aber auch kein besonderes Interesse. Bezüglich der maximalen Bodenbewegung $M, M_{rep I}, \dots$ muß schon hier betont werden, daß diese nicht immer mit der größten Amplitude des Diagrammes koinzidiert, sondern mehr oder weniger instinktiv durch Probieren gesucht werden muß. Auf die dabei anzuwendende kinetische Analyse kommen wir unten ausführlich zurück. Die Zeit von $M, M_{rep I}, \dots$ ist also jetzt noch nicht definitiv bestimmbar.

Es soll gleich hier bemerkt werden, daß die Zöprritzschen Laufzeitkurven für P und S bis $\Delta = 9000$ km recht genau sind, oberhalb jedoch durch neue Beobachtungen etwas korrigiert werden müssen. Den Kurven der Reflexionen kommt weniger Gewicht zu; sie sind aus den P - und S -Kurven berechnet, stellen also keine direkten Beobachtungen dar. Die neuesten Beobachtungen zeigen oft Abweichungen der Reflexionen bis zu 20 Sekunden von den Laufzeitkurven. Noch weniger Gewicht hat die Kurve der Maximalbewegung; sie ist eben nur ein Mittelwert der sehr komplexen

langen Wellen. Die definitive Bestimmung von A darf also nur auf $S-P$ basieren; mit ihrer Festlegung ist die zeitliche Analyse außer für $M, M_{rep I}, \dots$ erledigt und wir kommen zur

4. Kinetischen Analyse der einzelnen Phasen.

Diese basiert auf der Ermittlung der Periode \mathfrak{T} und des wahren Wertes A der Bodenbewegung.

Unter der Periode \mathfrak{T} der Bodenbewegung versteht man eine ganze Doppelschwingung; sie liegt zwischen Werten unter 1 Sekunde und über 1 Minute. \mathfrak{T} ist immer da zu messen, wo die Amplitude gemessen werden soll. Bei $L, L_{rep I}, \dots$ macht ihre Messung kaum Schwierigkeiten. Man findet dort sehr häufig Perioden von 8 und 17 Sekunden. E. Wiechert¹⁾ glaubt darin Eigenschwingungen oberflächlicher Erdschichten zu sehen und berechnet daraus deren Dicke zu 14 und 35 km. Sehr schwierig ist die Messung von \mathfrak{T} in den Vorläufern. Einigermassen meßbar ist hier \mathfrak{T} nur bei den Einsätzen i dieser Phasen, während in dem Gewirr der Schwingungen zwischen den Vorphasen wohl nur die harmonische Analyse mittelst eines großen mechanischen Analysators zum Ziele führt; aber für die regelmäßige Bearbeitung der Diagramme kann dies ja nicht in Frage kommen.

Viel umständlicher als die Messung von \mathfrak{T} ist die Ermittlung des wahren Wertes der Bodenbewegung A , resp. deren 3 nach Ost-West, Nord-Süd und dem Zenit gerichteten Komponenten A_x, A_y, A_z . Dazu wird man zunächst in jeder Phase die größte Amplitude \mathfrak{A} von der gedachten Ruhelinie aus messen. Es wäre nun falsch, wenn man zur Berechnung von A einfach \mathfrak{A} durch die Indikatorvergrößerung V (pag. 1) dividieren wollte. E. Wiechert²⁾ hat nämlich gezeigt, daß die Vergrößerung \mathfrak{B} im Diagramm eines gegebenen Seismographen sehr stark von \mathfrak{T} abhängt. Es ist nämlich

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2}}, \quad (5)$$

und

$$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 = \frac{(\log \text{nat } \epsilon)^2}{\pi^2 + (\log \text{nat } \epsilon)^2}, \quad (6)$$

worin

1) E. Wiechert u. K. Zöppritz, Ueber Erdbebenwellen. 1. c.

2) E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen. 1. c.

V = Indikator-Vergrößerung des Instrumentes, } (vergl.
 T_0 = Eigenperiode des ungedämpften Instrumentes, } pag. 1)
 \mathfrak{T} = Periode der Bodenbewegung,
 $\frac{T_0}{2\pi\tau}$ = für die Dämpfung charakteristische Konstante.

Praktisch kann man (6) stets ersetzen durch

$$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 = \frac{0,538 (\log \epsilon)^2}{1 + 0,538 (\log \epsilon)^2}. \quad (6')$$

Man sieht, daß wenn \mathfrak{T} klein neben T ist, $\mathfrak{B} = V$ wird. Deshalb heißt V auch die Vergrößerung rascher Schwingungen. Ist aber \mathfrak{T} groß neben T , so wird \mathfrak{B} viel kleiner als V .

Die Empfindlichkeit des Seismographen sinkt also stark, wenn \mathfrak{T} größer als T ist. Den Einfluß von ϵ auf \mathfrak{B} zeigt die folgende Tafel:

ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$	ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$	ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$	ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$	ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$	ϵ	$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2$
2,0	0,042	3,0	0,110	4,0	0,163	5,0	0,208	6,0	0,245	7,0	0,277
2,1	0,053	3,1	0,115	4,1	0,168	5,1	0,212	6,1	0,249	7,1	0,280
2,2	0,059	3,2	0,120	4,2	0,173	5,2	0,216	6,2	0,252	7,2	0,283
2,3	0,066	3,3	0,126	4,3	0,178	5,3	0,220	6,3	0,256	7,3	0,287
2,4	0,072	3,4	0,132	4,4	0,182	5,4	0,224	6,4	0,259	7,4	0,290
2,5	0,079	3,5	0,137	4,5	0,187	5,5	0,228	6,5	0,262	7,5	0,293
2,6	0,085	3,6	0,142	4,6	0,192	5,6	0,232	6,6	0,266	7,6	0,296
2,7	0,091	3,7	0,148	4,7	0,196	5,7	0,236	6,7	0,268	7,7	0,298
2,8	0,096	3,8	0,153	4,8	0,200	5,8	0,239	6,8	0,270	7,8	0,301
2,9	0,103	3,9	0,158	4,9	0,204	5,9	0,242	6,9	0,273	7,9	0,303

Um also A zu finden, ist \mathfrak{A} durch \mathfrak{B} zu dividieren. Hat man \mathfrak{A} in Millimetern gemessen, so wird A meist nur ein sehr kleiner Bruchteil eines Millimeters. Man drückt deshalb A $\frac{1}{1000}$ Millimetern oder μ aus. Wenn die Instrumentalkonstanten bekannt sind, rechnet man sich nach (5) für jede Komponente eine Tabelle der Werte $1000/\mathfrak{B}$ für das Argument $\mathfrak{T} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 35, 40, \dots, 55, 60$ Sekunden. Es ist dann einfach $A = \mathfrak{A} \cdot \frac{1000}{\mathfrak{B}}$. Mit Hilfe eines Rechenschiebers erfordert die Berechnung der Tabelle für jede Komponente etwa 2 Stunden, sie muß jedoch nach jeder neuen Bestimmung der Instrumentalkon-

stanten von neuem ausgeführt werden. K. Zöppritz¹⁾ hat

$$\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2\right) + 4\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mathfrak{T}}{T_0}\right)^2}$$

für die Argumente ε und \mathfrak{T}/T_0 tabuliert, sodaß $1000/\mathfrak{B}$ mit dem Rechenschieber durch einfache Division gefunden wird. Freilich liefert dieser Weg $1000/\mathfrak{B}$ nicht für ganzzahlige Argumente \mathfrak{T} ; die solchen Argumenten \mathfrak{T} entsprechenden Werte $1000/\mathfrak{B}$ erhält man erst durch lineare numerische Interpolation. Aus der Kritik der Bestimmung von A folgt, daß das Resultat mit einem Fehler von zirka 10% behaftet ist; man wird deshalb A innerhalb dieser Grenze abrunden. Schon oben war bei der Besprechung der zeitlichen Analyse bemerkt worden, daß die Zeit von $M, M_{\text{rep I}}, \dots$ erst nach der kinetischen Analyse definitiv gefunden werden kann. Man wird also in zweifelhaften Fällen A für mehrere Stellen berechnen und den größten Wert von $A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$ als $M, M_{\text{rep I}}, \dots$ beibehalten. In schwierigen Fällen empfiehlt es sich, bei $M, M_{\text{rep I}}, \dots$ die verschiedenen relativen Maxima einzeln als M_1, M_2, \dots zu notieren. Jedenfalls ist es für die künftige Erforschung der komplexen langen Wellen sehr nützlich, wenn sie schon jetzt möglichst eingehend analysiert werden. Schon heute erlaubt die Messung von M eine Prüfung der Theorie (Rayleigh); diese verlangt für die in der Vertikal-Ebene durch den Herd schwingenden Wellen, daß $\frac{M_z}{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}} = 1,4$; meine Messungen an einigen Beben bestätigen dies meist gut. Mit der Ermittlung von A_E, A_N, A_Z ist die kinetische Analyse in der Hauptsache beendet.

5. Verschiedenes.

Während die zeitliche Analyse uns nur die Herddistanz geliefert hat, erlaubt die kinetische Analyse manchmal die näherungsweise Bestimmung der Herdrichtung. Es fragt sich zunächst, welche Phasen dazu am geeignetsten sind. Wir wissen, daß $L, L_{\text{rep I}}, \dots$ sehr komplex sind, also müssen sie hier außer Betracht bleiben. Ferner wissen wir, daß S, PS, SR_1, SR_2, \dots teilweise oder reine Transversalwellen sind, jedoch können wir garnichts über das Azimut ihrer Schwingungsrichtung aussagen; also müssen hier auch diese Wellen außer Betracht bleiben. Es bleiben uns nur die Longitudinalwellen P, PR_1, PR_2, \dots übrig, unter denen wir uns auf P beschränken wollen. Je größer nun Δ ist, umso größer

¹⁾ K. Zöppritz, Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1906. Gött. Nachr., math.-phys. Kl. 1908. Ein graphisches Verfahren werde ich im nächsten Jahresbericht mitteilen.

ist auch der sog. Emergenzwinkel von P , d. h. derjenige Winkel, unter dem P die Erdoberfläche an der Station trifft; er entspricht im allgemeinen nicht dem Radius vector vom Herde (vergl. Erdbebenwellen §§ 25 u. 26). Im allgemeinen hat also P zwei horizontale und eine vertikale Komponente, sodaß die Herdrichtung aus A_x und A_y durch Parallelogrammkonstruktion folgt. Man verfährt dazu folgendermaßen: man stößt die stationäre Masse des Seismographen einmal in der Richtung von E nach W, dann in der Richtung von N nach S an. Der erste Ausschlag entspricht dann einer Verdichtungswelle in der Richtung von W nach E, der zweite einer solchen von S nach N. Wenn dies ein für alle mal bestimmt ist, ergibt sich aus den beiden Horizontaldiagrammen die Richtung von A_x und A_y , die negative Resultante weist nach dem Herde.

Dieses Verfahren ist aber nur bei heftigen Beben und auch dann nur mit großer Vorsicht anzuwenden; denn bei schwachen Beben ist die erste Verdichtungswelle verwischt, sodaß ganz falsche Richtungen folgen würden. Im allgemeinen wird man sich lieber darauf beschränken, anzugeben, daß der Herd z. B. in E-W-licher Richtung liegt, wenn bei P A_x wesentlich größer als A_y ist.

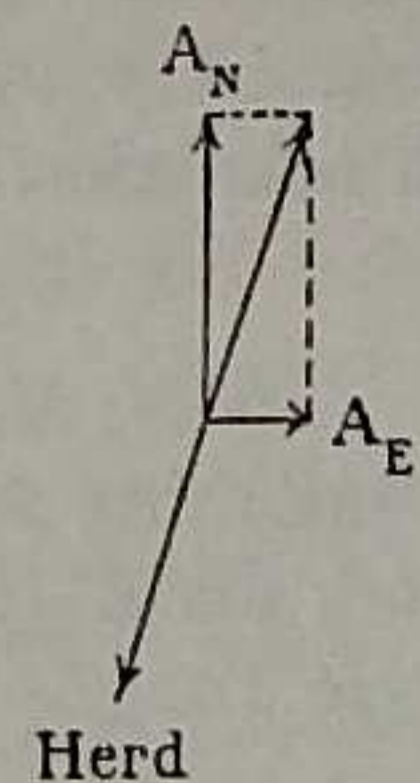


Fig. 7.

Die genaue Lokalisierung des Herdes kann nur an Hand der Herddistanzen mehrerer weit auseinander liegender Stationen durch sog. seismische Triangulation geschehen. Dies würde uns aber zu weit von unserer Aufgabe abführen, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

Oft ist es erwünscht, sich über die geographische Lage des Herdes zu orientieren. Roh erreicht man dies am einfachsten mit einem Globus, zu dem man sich einen in Kilometer geteilten halbkreisförmigen Maßstab beschafft. Der Maßstab muß natürlich so angelegt werden, daß er einen größten Kreis auf dem Globus beschreibt, der die Station in der mutmaßlichen Himmelsrichtung passiert.

Für genauere Zwecke ist die Berechnung von Δ nach der Formel

$$\cos \Delta = \{ \sin \varphi_H \sin \varphi_S + \cos \varphi_H \cos \varphi_S \cos (\lambda_H - \lambda_S) \}. 111,1 \text{ km}$$

nötig, worin φ und λ die geographische Breite und Länge des Herdes und der Station sind. Grablowitz u. a. haben für einige Stationen Weltkarten gezeichnet, die einerseits die Kurven $\Delta = 1000, 2000, 3000, \dots 20000 \text{ km}$, andererseits einige Kurven

enthalten, die alle Punkte verbinden, die von der Station aus betrachtet gleiches Azimut besitzen. Die ersteren Kurven, die Aequidistanten, gestatten bei größeren Karten Δ hinreichend genau abzulesen, die letzteren Kurven, die Direktiven, sind zur genauen Richtungsbestimmung unumgänglich nötig. Bevor wir diese Betrachtung über die Lokalisation des Herdes abschließen, wollen wir noch kurz eine von Angenheister¹⁾ angegebene Methode zur Berechnung von Δ aus den Zeiten von $M, M_{\text{rep I}}, \dots$ erwähnen, die freilich meist nur weniger genaue Resultate zu liefern vermag. Setzt man voraus, daß sich die $L, L_{\text{rep I}}, \dots$ mit konstanter Geschwindigkeit v ausbreiten, so folgt

$$\Delta = \frac{40\,000 \text{ km} - (M - M_{\text{rep I}})^s \cdot v}{2}; \quad (9)$$

darin ist v zunächst unbekannt. Umgekehrt fand Angenheister bei bekanntem Δ dafür

$$v = 3,2 \text{ km/Sec.}$$

Die $M, M_{\text{rep I}}, \dots$ leisten uns aber¹⁾ einen andern sehr wichtigen Dienst: ihre Amplituden $A, A_{\text{rep I}}, \dots$ gestatten zu berechnen, wie stark die Absorption der langen Wellen ist. Wenn nämlich gar keine Energie absorbiert würde, so wäre

$$A = A_{\text{rep I}} = A_{\text{rep II}} = \dots$$

Ist $I, I_{\text{rep I}}, \dots$ die Energie von $M, M_{\text{rep I}}, \dots$, so ist

$$\frac{I}{I_{\text{rep I}}} = e^{-ad}, \quad (10)$$

worin e = Basis der nat. Logarithmen,

d = Weg, den die langen Wellen zurücklegen, bis sie zum folgenden Mal durch die Station gehen,

a = Absorptionskoeffizient ist.

Aus (10) folgt

$$a = \frac{2,3}{(M - M_{\text{rep I}})^s \cdot v \text{ km/Sec.}} \cdot \log_{10} \left(\frac{A}{A_{\text{rep I}}} \right). \quad (11)$$

Angenheister findet so bei 6 Beben

$$a = 0,00026; 0,00018; 0,00034; 0,00028; 0,00018; 0,00029.$$

Wenn man die Heftigkeit eines Erdstoßes beurteilen will, so ist dafür nicht die Amplitude A maßgebend, sondern die Änderung der Beschleunigung der Schwere $\frac{\partial g}{g}$. Weil $g = \text{konst.}$, genügt

1) Gött. Nachr., math.-phys. Kl. 1906.

zur Beurteilung ∂g . Es ist angenähert

$$\partial g = \frac{4A}{\mathcal{T}^2}.$$

Mißt man A in μ , \mathcal{T} in Sekunden, so folgt ∂g in Milligal = $\frac{1}{1000}$ Gal (1 Gal = 1 C/S²).

Damit die Diskussion eines Bebens mit solchen anderer Stationen vergleichbar wird, sind alle Zeiten sehr gewissenhaft auf absolute Zeit zu reduzieren. Es setzt dies voraus, daß die Station über eine ausgezeichnete Pendeluhr verfügt, deren Stand mindestens alle 2 Wochen durch eine astronomische Zeitbestimmung ermittelt wird. Bezüglich der Methoden, die sich dazu eignen, sei auf die einschlägige astronomische Literatur verwiesen. Es ist üblich, auf Greenwicher Zeit zu reduzieren, und von Mitternacht bis Mitternacht von 0^h bis 24^h zu zählen. Es sei noch besonders hervorgehoben, daß die Laufzeitkurven nur dann verbessert werden können, wenn die absoluten Zeiten aller Stationen bis auf 1 Sekunde richtig sind.

6. Beispiel einer Analyse.

Es soll das Beben Tafel II, Fig. 1 a, b, c diskutiert werden.

1) Zeitliche Analyse. Ueber P ist wohl kein Zweifel, und S ist durch sehr heftige Horizontalkomponenten bei fast gänzlich fehlender Vertikalkomponente charakterisiert. Roh gemessen ist

$$S - P = 11^m, \quad M - S = 33^m.$$

Die Laufzeitkurven liefern also

$$\Delta = 10\,000 \text{ km resp.} = 11\,500 \text{ km,}$$

also ist $\Delta = 11\,000 \text{ km}$ unsere Arbeitshypothese.

Dann messen wir als definitive Zeit

$$P = 6^h 21^m 9^s$$

$$S = 6 \quad 32 \quad 0$$

$$S - P = 0^h 10^m 51^s,$$

sodaß $\Delta = 9\,800 \text{ km}$ definitiv gilt.

Nach den Laufzeitkurven ist dann

$$PR_1 \text{ bei } 6^h 25^m$$

$$PR_2 \quad \text{„} \quad 27$$

$$PR_3 \quad \text{„} \quad 28\frac{1}{2}$$

$$PS \quad \text{„} \quad 32\frac{1}{2}$$

$$SR_1 \quad \text{„} \quad 38$$

$$SR_2 \quad \text{„} \quad 42$$

$$SR_3 \quad \text{„} \quad 44\frac{1}{2}$$

zu erwarten. Tatsächlich finden wir dort starke Wellen, deren genaue Zeit

$$\begin{aligned} PR_1 &= 6^h 24^m 40^s \\ PR_2 &= 27 \quad 0 \\ PR_3 &= 28 \quad 30 \\ S &= 32 \quad 0 \\ PS &= 33 \quad 0 \\ SR_1 &= 38 \quad 6 \\ SR_2 &= 42 \quad 0 \\ SR_3 &= 44 \quad 59 \text{ ist.} \end{aligned}$$

Schließlich ist

$$\begin{aligned} eL &= 6^h 46^m \\ M_1 &= 7 \quad 5,2 \\ F &= \text{nach } 9 \quad 40. \end{aligned}$$

Diese Zeiten sind an diesem Tage um -9^s zu korrigieren, um sie auf absolute Zeit zu reduzieren.

2) Kinetische Analyse. Wir finden als Länge einer Minute 9,6 Millimeter. Zuerst behandeln wir P . Die Länge der Doppelschwingung \mathfrak{L} ist 2,4 Millimeter, also gleich 14 Sekunden. Für \mathfrak{A} finden wir

$$\mathfrak{A}_x = 3,5 \text{ mm}, \quad \mathfrak{A}_y = 1,7 \text{ mm}, \quad \mathfrak{A}_z = 3,8 \text{ mm.}$$

Nun habe die Konstantenbestimmung geliefert:

	T_0	V	ε
EW-Komp.	13,0	159	5,3
NS-Komp.	12,6	155	4,0
Z.-Komp.	3,5	186	2,6

die Tafel pag. 11 liefert also

$$\left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 = 0,220; 0,163; 0,085$$

und für $\mathfrak{L} = 14$ Sek. ergibt (5)

$$\frac{1000}{\mathfrak{L}} = 6,45; 5,92; 82.$$

Also ist

$$A_x = 22,5\mu; \quad A_y = 10,3\mu; \quad A_z = 312\mu,$$

oder rund

$$A_x = 20\mu; \quad A_y = 10\mu; \quad A_z = 300\mu.$$

Analog werden die übrigen Phasen vermessen, sodaß wir folgende Analyse erhalten:

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden			Bemerkungen
					A_E	A_N	A_Z	
1907 April 15	III u	e P	h m s 6 21 0	14^s	20^μ	10^μ	300^μ	Herd 9800 km E-W-lich; Chilpancingo in Mexico zerstört.
PR ₁		24 31	14	50	20	300		
PR ₂		26 51	14	20	6 ^{1/2}	100		
PR ₃		28 21	14	13	5	100		
S		31 51	15	130	65	150		
PS		32 51	18	200	100	200		
SR ₁		37 57	21	200	80	170		
SR ₂		41 51	24	160	55	170		
SR ₃		44 50	24	100	35	270		
eL		46						
M ₁		7 5,0	18	450	350	1500		
F		nach 9 ^h 40 ^m						

Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1907.

Zeichenerklärung.

Charakter des Erdbebens:

- I = merklich, II = auffallend, III = stark.
- d (= terrae motus domesticus) = Ortsbeben (am Orte fühlbar).
- v (= " " vicinus) = Nahbeben (unter 1000 km).
- r (= " " remotus) = Fernbeben (1000-5000 km).
- u (= " " ultimus) = sehr fernes Beben (über 5000 km).

Phasen:

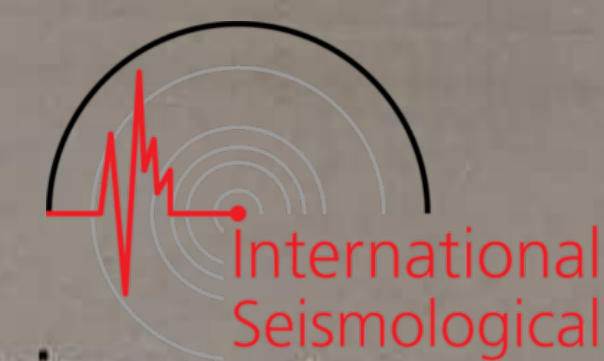
- P (= undae primae) = erste Vorläufer (Longitudinalwellen).
- PR_n = nmal an der Erdoberfläche reflektierte erste Vorläufer.
- S (= undae secundae) = zweite Vorläufer (Transversalwellen).
- SR_n = nmal an der Erdoberfläche reflektierte zweite Vorläufer.
- PS = sog. Wechselwellen, d. h. Wellen, die bei der Reflexion an der Erdoberfläche ihren longitudinalen Charakter in transversalen oder umgekehrt verwandelt haben.
- L (= undae longae) = Hauptbeben („lange Wellen“).
- M (= „ maximae) = größte Bewegung im Hauptbeben.
- M_{repI} = Oberflächenwellen, die die Station über den Gegenpunkt erreichen.
- M_{repII} = Oberflächenwellen, die über Station, Gegenpunkt, Herd die Station zum 2. mal erreichen.
- C (= coda) = Nachläufer.
- F (= finis) = Erlöschen der sichtbaren Bewegung.

Art der Bewegung:

- i (= impetus) = Einsatz.
- e (= emersio) = Auftauchen.
- ⌘ = Periode = doppelte Schwingungsdauer.
- A = Amplitude der Erdbewegung, gerechnet von der Ruhelinie aus.
- A_N = N-S-Komponente von A.
- A_E = E-W " " "

Zeit und Maß:

- Zeit = mittlere Greenwicher, gezählt von Mitternacht zu Mitternacht.
- μ = Mikron = 1/1000 Millimeter.
- A ist kein geeignetes Maß für die Heftigkeit eines Bebens, sondern $\frac{\Delta g}{g}$, worin g die Beschleunigung der Schwere, Δg deren Aenderung ist. Bei periodischen Störungen ist genähert $\Delta g = \frac{4A}{\tau^2}$. Wird A in μ, τ in Sekunden gemessen, so erhält man Δg in Milligal. 1 Milligal = 1/1000 Gal = 1/1000 C-G-S-Einheit der Beschleunigung. Weil g = ca. 980 Gal ist, ist 1 Milligal ca. 1 Milliontel der Schwerebeschleunigung g.



Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Jan. 1	Iu	i(P) (S) eL M ₁ M ₂ F	h m s 0 33 15 56,7 1 30 54 58 2 30	s — 30-25 18 15	μ — 3 1/2 1 0,5	μ — 1,2 1 3 1/2	Vertikalseismometer.
" 2	IIu	iP (iS) (SR ₁) eL M C	12 15 43 29 28 39 13 57 13 29	12 14 (25) 18 16-17	3 1/2 2 (8) 3 1/2	8 1/2 8 (20) 13	Vertikalseismometer. In Tonga gefühlt. Herd ca. 16500 km. Sehr unregelmäßige Wellen; eine Reihe von Maximis von 13 ^h 12 ^m bis 14 ^h 10 ^m . F geht verloren im folgenden Beben.
" 2	I	iP (eL) M F	14 18 10 15 12 20 16	— 33-25 24	— 5	— 10	iP nur im Vertikalseismometer deutlich erkennbar. S läßt sich wegen Ueberlagerung durch das vorige Beben nicht sicher angeben.
" 4	IIIu	iP i iS PS i SR ₁ SR ₂ eL M ₁ M ₂ M ₃ C F	5 31 48 32 5 32 44 42 16 43 0 44 18 48 51,4 54 59 6 11,3 22,3 9	bis 14 9 20 21 21 21 60 50 28 17 15-18	— 4 1/2 20 35 27 30 140 225 90 120	— 1,0 70 75 40 50 600 600 600 50	Vertikalseismometer. Herd } 9300 km.
" 4	Iv	e F	16 56 43 17	2	—	0,3	17 000 kg-Pendel.
" 6	I	L	0 38 bis 50	21	2 1/2	4 1/2	
" 7	I	L	15 33 bis 50	17	2	2 1/2	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Jan. 8	Iu	eP i(S) (SR ₂) eL M F	5 37,3 45,8 52,8 6 15 19 7 39 8	— 10 24 22 20 20	— 0,6 5 ^{1/2} — 4 0,7	— 0,3 8 — 10 2	Die sichtbare Bewegung erlischt um 7 ^h 30 ^m . Um 7 ^h 39 ^m tauchen wieder lange Wellen auf.
" 10	I(r)	eL M ₁ M ₂ F	6 19,5 21,3 25,8 50	6 20 13 12	— 2 3 ^{1/2}	— 3 1,5	
" 12	Iu	iP eL M F	8 0 17 23 38,3 9 10	— 24 18	— — 5	— — 3	Vertikalseismometer. S läßt sich wegen starker mikro-seismischer Bewegung nicht angeben.
" 12	I	eL M F	19 44 46 51	— 17	— 3 ^{1/2}	— 5 ^{1/2}	
" 14	I	i M F	13 5 50 11 ^{1/2} 18	— 14	— 2	— 2	
" 14	Iu	iP S eL M ₁ M ₂ F	20 49 51 59 11 21 11,5 17,8 20,2 22	5 — 19 19	— — 6 5	— — 5 ^{1/2} 5 ^{1/2}	Vertikalseismometer. Herd 7900 km. Kingston auf Jamaica zerstört. S und F wegen starker mikro-seismischer Bewegung unsicher.
" 19	I	iP eL M ₁ M ₂ F	13 19 13 45 48,5 55,2 14 40	— 19 12	— 11 4	— 10 9	Vertikalseismometer. S sehr schwach, verschwindet in der mikro-seismischen Bewegung.
" 21	I	L	13 3 bis 13	8	0,5	0,5	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Jan. 22	I	eL M F	2 44 50 ^{1/2} 3 1	— 8	— 1,6	— 1,5	
" 22	I	eP S eL M F	13 46 26 51,5 14 6 7,3 14 20	— 10 15	— 0,8 1	— 0,7 2	P und S unsicher.
" 23	Iv	P (S) L M F	0 23 38 25 8 26 16 26,5 29	— 1 1,3	— — —	— — 0,15	17 000 Kg.-Pendel. In den Abruzzen gefühlt.
" 27	I(v)	eP (L) F	5 7 26 9 ?	1 —	— —	— —	Sehr schwach im 17 000 Kg.-Pendel. In Jemtland (Schweden) gefühlt.
" 31	I	L	2 45 bis 53	14	1,0	1,2	
Febr. 2	Iv	iP S i M F	9 9 26 12 55 13 7 17 51 10	3 — 4 14	0,6 — 0,6 12	0,9 — 2 10	Vertikalseismometer. Herd 2000 km.
" 3	Iu	(i P) S (SR ₁) eL M C F	19 55 42 20 5,8 12,2 25 38,5 49 21 30	12 15 15 23 20	0,8 2 ^{1/2} 1,4 9 7 ^{1/2}	0,3 1,5 2 18 6	Vertikalseismometer.
" 14	Iu	eL F	17 54,2 18 10	15	0,4	1,5	
" 16	Iu	eL F	22 33 ± 1/2 ^m 23 10	18	0,3	1,5	Die Zeitmarkierung hat zeitweise versagt.

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Febr. 23	Iu	eL	h m s 21 13,8 25	30 ^s	6 ^μ	2 ^μ	
" 24	Iu	iP (eS) e(SR ₁) e(SR ₂) M F	7 32 4 41,3 46,8 50,2 8 13 9	3 14 14 14 20	— 0,6 0,9 0,3 7	— 1,2 1,8 — 7	Vertikalseismometer. eL unsicher, fällt in den Pa- pierwechsel.
März 12	I	L	12 30 bis 40	9	0,8	1,0	
" 12	I	L	21 27 bis 29	12	1	0,3	
" 12	I	L	22 48 bis 50	12	1	0,3	
" 17	I	L	12 30 bis 40				
" 22	Iv	P e eL F	19 11 12 11 53 12 23 15,5	1/2 1/2 1	— — —	0,02 0,08	In Admont u. Rottenmann ge- fühlt (Ennsthal).
" 24	I	L	12 1 bis 6	—	—	—	
" 26	I	L	1 48 bis 2 5	—	—	—	
" 26	Iu	eP S M F	11 32,8 42 21 12 13 30	— 9 12	— 2 1/2 0,5	— 1,0 1,0	Vertikalseismometer.
" 27	I	L	1 5 bis 2	17	1,8	4 1/2	
" 27	I	L	23 17 bis 23	12	0,8	—	
" 29	I	L	7 52 bis 8 0	14	0,3	0,9	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
März 29	IIu	P ₁ P ₂ e(P ₁ R ₂) S ₁ PS ₁ eS ₂ M ₁ M ₂ F	h m s 20 59 25 21 3 51 5,4 9 15 10 20 13,8 40 46 23	5 ^s 5 5 7 7 10 24 17	0,6 ^μ — ^μ 10 3 18 9 5 7 1/2 4 1/2	— ^μ — ^μ 2 1/2 1,2 6 1/2 20 5 10 4 1/2	Vertikalseismometer. Offenbar zwei superponierte Beben 1 und 2. Sehr verwickeltes Diagramm. Herd ca. 9500 km E-W-lich. (Siam?).
" 31	I	eL M F	14 20 34 45	15	1,8	2,0	
" 31	I	eL M F	16 3 13 20	18	1,0	1,5	
" 31	IIu	iP e(S) e(PS) e i(SR ₁) i M F	22 19 27 34 35 1/2 40,8 43 51 46 31 23,2 24	5 10 12 10 14 14 (30)	3 1,0 1,0 8 16 8 (12)	3 1/2 2 2 1/2 4 1/2 2 1/2 3 1/2 (13)	In Vavau, der nördlichsten großen Insel im Tonga-Archipel gefühlt. Distanz ca. 16 500 km.
April 1	I	L	21 52 bis 57	12	0,8	1,3	
" 11	Iu	eL M F	9 48 58 10 21	12	0,8	1,0	
" 12	Iu	eL M F	19 25 34 20 13	17	—	1 1/2	
" 13	I	iP i M F	18 5 15 6 8 23 51	4 4 6	4 4 2,2	0,6 0,6 5	Vertikalseismometer.

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
April 15	III u	eP	6 21 0	14	20	10	Herd 9800 km E-W-lich: Chilpancingo in Mexico zerstört. (vergl. Tafel II Fig. 1 a, b, c).
		PR ₁	24 31	14	50	20	
		PR ₂	26 51	14	20	6 ^{1/2}	
		PR ₃	28 21	14	13	5	
		S	31 51	15	130	65	
		PS	32 51	18	200	100	
		SR ₁	37 57	21	200	80	
		SR ₂	41 51	24	160	55	
		SR ₃	44 50	24	100	35	
		eL	46				
		M	7 5,0	18	450	350	
		F	nach 9 ^h 40 ^m				
" 15	I u	eL	9 46				
		M	10 8	20	1	2	
		F	35				
" 18	I	L	9 42 bis 10 0	17	2	1	
" 18	III u	eP	21 13	?	—	—	Das Beben setzt ganz allmählich kaum merklich ein. Auf den Philippinen gefühlt.
		eS	23,5	(14)	(4)	(2)	
		eL	45				
		M	51,6	21	170	250	
		F	24				
" 19	III u	eP	0 6,0	6	0,6	—	Das Beben setzt ganz allmählich ein. Auf den Philippinen gefühlt.
		eS	16,8	14	5	3 ^{1/2}	
		eL	36				
		M	44	24	200	250	
		F	4				
" 19	I	P	13 26 9	—	—	—	Von 15 ^h bis 16 ^h waren die Instrumente zerstört.
		M	27 14	1	?	0,4	
		F	13 30				
" 20	I	L	17 31 bis 40	17	0,5	—	1700 kg-Pendel. In Schanders im Vintschgau gefühlt.
" 22	I	L	17 31 bis 40	17	0,5	—	Um 24 ^h liegt ein sehr schwaches Fernbeben, dessen Zeiten nicht genauer mitgeteilt werden können, weil die Zeitmarken fehlen.
" 24/25							

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
April 25	I v	P	4 54 0	1	—	0,2	Zeitmarke hat versagt. Zeit auf ± 1,5 ^m unsicher. Herd: 600 km. Im Etschtal gefühlt.
		S	55 7	(1)	—	(0,5)	
		M	17	5	—	—	
		F	57 30		1 ^{3/4}	3	
" 26	I	L	19 33 bis 20,5	17	—	0,4	
" 28	I	i	14 19 3	5	—	—	Vertikalseismometer. Spuren langer Wellen.
		L	22 bis 15,0	—	—	—	
Mai 4	I	L	3 38 bis 54	14	1	1	Aus der mikroseismischen Bewegung tauchen einige schwache lange Wellen auf.
" 4	I u	e	6 5,8	19	—	—	Vertikalseismometer. Das Beben ist von starker mikroseismischer Bewegung überlagert.
		eL	50				
		M	7 1	(30)	(15)	(15)	
		F	8				
" 4	I u	(iP)	8 49 33	—	—	—	Vertikalseismometer. Starke mikroseismische Bewegung verdeckt die Vorläufer.
		(eS)	59 47	14	2 ^{1/2}	2	
		eL	26				
		M	39	18	6	9	
		F	10 30				
" 5	I	L	3 0 bis 13	17	—	—	
" 7	I u	eL	5 35				
		M	37	15	20	35	
		F	6 10				
" 7	I	eL	6 42				
		M	49	21	1	1 ^{1/4}	
		F	53				
" 7	II u	P	10 31 57	(8)	(0,8)	(0,3)	Herd 9500 km E-W-lich.
		S	42 17	(10)	(0,8)	(2)	
		M	11 7	17	40	60	
		F	12 10				
" 8	I	L	1 42 bis 45	14	0,5	0,3	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Mai 9	I	e eL M F	23 16,8 20 24 1/2 31	12	0,8	2 1/2	
" 10	I	e M F	5 54 32 37 55	< 1	—	(0,2)	17 000 kg-Pendel. In Loeben gefühlt.
" 12	I	L	7 58 bis 8 7	7	0,3	0,9	
" 13	Iv	e M F	4 25 12 26 16 30	(1)	—	1/2	17 000 kg-Pendel. Im Mürztal (Steiermark) gefühlt.
" 13	Iu	P e(S) e eL M C F	21 21 21 31,3 38,3 56,5 4,3 24 23 25	10 10 17 24 19	0,5 0,8 1 4	0,6 0,3 2 1/2 7	
" 14	I	L	4 42 bis 54	18	0,4	0,9	In Obersteiermark gefühlt.
" 15	I	L	23 49 bis 52	10	0,5	0,6	
" 18	Iv	eP e(S) eL M F	1 2 15 3 56 5 5 1/2 15	1/3 1/2 bis 3/4 1—2 12	— — 3	0,05 0,2 3	In Turjaka (Dalmatien) gefühlt.
" 20	I	e eL M F	8 22,1 37 41 9 20	— 22	— 5	— 7	

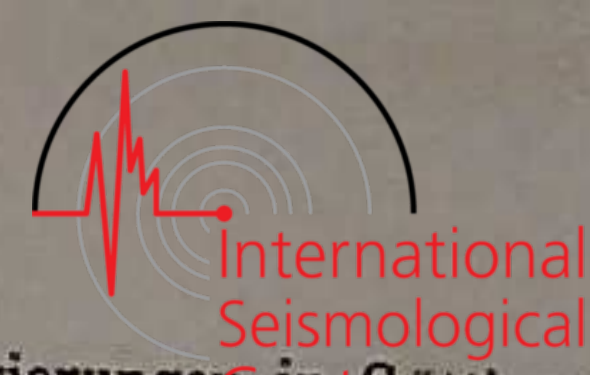
Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Mai 20	Ir	P (S) eL M F	10 25 11 30 38 35 37,5 11	— 10 12	— 1,5 1	— 1 5	
" 22	I	eL M ₁ M ₂ F	23 38 45 46,3 24	25 16 14	— 1,5	3 1	
" 23	I	e F	21 29,5 32	5—10	1/2	—	
" 25	Iu	eP e e e eL M ₁ M ₂ F	12 7 44 8 30 9 1 15 8 16 44 46 49,1 13 40	— (6) 5 5 5 30 18	— 0,5 1 1 1/2 2 5 4	— — 0,3 — 0,7 15 8	
" 25	IIu	iP iS SR ₁ SR ₂ M C F	14 12 34 21 15 24 38 26 21 42 48 16	6 1 1/2 5 9 12 12 12—15	3 18 20 5 3	5 40 15 13 15	Herd 7200 km. Lange Wellen sehr wenig hervortretend.
" 25	Iu	eP S eL M F	16 4 14 14,6 35 41 17 20	— (6) 18	— (0,2) 4	— (0,5) 5	
" 26	I	L	12 0 bis 15	24	—	0,8	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Mai 27	Iu	L	12 26 bis 33	12	—	—	
„ 27	Iu	L	18 47,2 bis 56	20	—	1,2	
„ 30	I	iP eL M F	18 54 12 57,4 59 19 10	2 11	— 1	— 3	
„ 31	Iu	iP (S) (SR ₁) e(SR ₂) eL M C F	13 2 29 16,2 21,0 26 45 58 15	{ 2 12 12 10 24 22 15—18	0,6 0,5 0,3 1 6 4	0,6 3 2 ¹ / ₄ 2 ¹ / ₄ 5 5	Vertikalseismometer. In Tonga gefühlt.
Juni 1	IIu	iP PR ₁ iS eSR ₁ eL M ₁ M ₂ C F	8 53 23 56,9 9 4 17 ca. 9,2 23,7 25,7 27,3 ? ?	{ 3 12 12 16 14 30 26 20 16—18	2,5 1,3 7 1,4 25 10	0,2 0,3 15 3 ¹ / ₂ 2 15	Vertikalseismometer. Herd 9900 km E-W-lich. Einige stärkere Wellen ohne deutlichen Einsatz. An- und Abschwellungen nach Art von Schwebungen. F geht im folgenden Beben verloren.
„ 1	Iu	(P) i i eL M ₁ M ₂ F	10 7,0 9,2 16,7 41,2 47,2 51 11 40	— — — 22 18	— — — 5 1	— — — 11 12	Aus den langen Wellen des vorhergehenden Bebens treten am Vertikalseismometer kleine Vorläuferwellen hervor.



Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Juni 1	I r	e(P) (S) eL M F	23 7,7 16,7 32,3 35,2 55	— 8 11	— 0,3 1,2	— 1,5 1,5	Vertikalseismometer.
„ 3	I	L	7 2 bis 10	12	0,3	1,5	
„ 3	I	L	13 25 bis 32	(10)	(0,3)	(0,3)	
„ 5	Iu	iP S (SR ₁) eL M ₁ M ₂ C F	3 34 31 45 0 50,3 4 4 7,2 8,2 6 15	12 9 17 27 18 15—18	15 6 1,5 20 3	< 0,3 18 4 3 6	Vertikalseismometer. Herd 9300 km E-W-lich.
„ 5	Iv	e M F	18 33 6 12 18	0,4	—	0,2	17 000 kg-Pendel.
„ 12	Iv	iP e M F	16 13 35 14 22 16 16 40 19	— 5	— 0,6	— 0,6	Vertikalseismometer.
„ 13	IIu	iP i i i eL M ₁ M ₂ C F	9 37 44 45 38 48,0 54 10 5 21,2 21,7 12	5 9 10 19 21 24 15—18	— 2 4 ¹ / ₂ 5 ¹ / ₂ 20 20	— 6 2 ¹ / ₄ 5 10 20	Vertikalseismometer. In Jamaika und Valdivia (Chile) gefühlt.
„ 16	Iu	L	1 24 bis 2	—	—	—	Es tauchen mehrfach sehr schwache, lange Wellen auf.
„ 20	I	L	12 25 bis 45	24	0,8	0,8	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Juni 23	I	L	h m s 11 25 bis 12	12 ^s	0,3 ^μ	0,6 ^μ	
" 24	I	iP S eL M F	0 30 15 (43,0) 53 58 1 40	— 6 14	— 0,3 0,3	— 0,3 1,5	Vertikalseismometer.
" 24	Iu	(P) S SR ₁ (eL) M ₁ M ₂ F	3 53,7 54,7 4 4 8 18 29 32 5 10	4 18 18 30 20	— 2 1/2 1,2	— 1 1/2 1	Vielleicht schon 3h 52m 16s, erster sehr schwacher Einsatz des Bebens (Vertikalseismometer).
" 24	Iu	eL M F	16 27 1/2 38 1/2 17 20	18	3	2 1/2	
" 25	I	L	0 37 bis 45	5	0,6	0,6	In Tirol und Kärnten gefühlt.
" 25	I	(P) eL M ₁ M ₂ F	3 10,0 35 41,2 46,3 4 40	12 15 15	0,5 2 4	0,3 5 1	
" 25	IIr	iP PR ₁ iS eL M C F	18 12 57 15 9 19 0 45 50,1 20 1/4	3 5 9 24 15-18	9 3 30 13	1,3 1,3 1,3 32	Vertikalseismometer, schon vor dem Haupteinsatz etwa 1 Min. lang kleine Wellen von 3 Sek. Periode. Lange Wellen sehr unregelmäßig. Herd 5400 km E-W-lich.
" 26	I	eL M F	4 3 7,5 40	12 21	1,3	1	



Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Juni 26	I	eL M F	h m s 5 45 49 1/2 6 40	15	0,3	1,7	
" 26	Iu	eP i S eL M ₁ M ₂ C F	17 31,6 35,6 42 10 18 6 12 1/2 17 1/2 19 1/2	— 6 14 14 15	— 0,3	— 0,7	Vertikalseismometer.
" 27/28	Iu	eP e eL M C F	22 44 57 47 24 27 36 55 1	4 6 30 18	— 1,6	— 1	Vertikalseismometer.
" 30	I	eL	3 20 bis 30	—	—	—	Es tauchen einige schwache lange Wellen auf.
" 30	I	eL M F	12 17 24 40	15	2	1 1/2	
Juli 1	IIu	iP PR ₁ S SR ₁ SR ₂ eL M C F	13 21 30 24 57 31,8 37,1 41,1 48,5 50,6 17 30	9 4 20 20 20 35 18	1 1/2 3 1/2 9 6 5	0,6 0,7 5 7 6	Um 16h 30m tauchen wieder stärkere lange Wellen auf. 17 000 kg-Pendel.
" 2	Iv	e L M F	2 33 15 34 43 48 36,1	0,4 0,7	—	0,1 0,3	Bei Udine gefühlt.
" 2	I	L	16 23,2 bis 17	15	0,4	1 1/2	

Datum	Charakter	Phason	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Juli 3	I	e	18 52,2	—	—	—	} Vertikalseismometer.
		i	55 47				
		eL	19 22,5				
		M	27,6				
		F	20	14	1	2	
" 4	Iu	iP	0 31 33	} 1 3 8	—	—	Vertikalseismometer.
		S	0 38,8				
		eL	0 55,6				
		M	1 8,6				
		F	1 40				
		F	16	0,8	3		
" 4	Iu	iP	9 26 40	} 2 6	0,3	—	Vertikalseismometer.
		S	33				
		eL	42				
		M	44				
		C	10				
		F	11 20				
		F	20	3,5	5		
" 4	I	eL	22 38	19	1½	2	
		M	44				
		F	23				
" 5	Iu	iP	15 57 55	} 2 2 8 10 20 10-12	0,7	0,7	Herd 8300 km.
		i	58 14				
		iS	16 7 34				
		PS	8 4				
		eL	25,5				
		M	29,9				
		C	20				
		F	17 30				
" 5	I	L	20 22,9 bis 30	5	0,3	0,5	
" 8	I	L	13 9 bis 23	12	0,3	0,6	
" 9	Iu	P	19 7 33	} — 6	—	—	Vertikalseismometer. Herd 10 000 km.
		iS	18 3				
		eL	38,5				
		M ₁	46				
		F	22	25	50		



Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Juli 9 Fortsetzung		M ₂	h m s 52,7	} 18 15-18	35 ^μ	10 ^μ	
		C					
		F	21				
" 10	I	L	4 40 bis 55	(17)	—	—	
" 12	I	L	17 1 bis 6	17	—	—	
" 12	I	P	17 28 32	} 3 — 13	—	0,3	} Vertikalseismometer.
		PR ₁	30 31				
		M	56,5				
		F	18 20				
		F	13	0,6	0,9		
" 14	I	eL	17 49,5	18	5	10	
		M	55				
		F	18 10				
" 19	Iv	P	0 29 53	1	—	0,1	} 17 000 kg-Pendel. Gurk- und Savethal. (Rann?).
		M	30 56				
		F	32½				
" 19	I	L	2 7 bis 15	10	—	—	
" 20	Iu	iP	13 51 59	} 4 4 8	0,6	—	} In P wie in S folgt etwa 20s später noch eine Welle, vermut- lich ein zweiter Stoß im Herd. Herd 9 400 km. Von 15 ^h 50 bis 16 ^h tauchen wieder lange Wellen auf. 17 000 kg-Pendel.
		PR ₁	55 42				
		S	14 2 32				
		eL	23,0				
		M ₁	29,5				
		M ₂	34,0				
		C	35				
		F	24 70 18 90				
		F	16¼				
" 25	Iv	i	7 41 26	} — 1/3	—	(0,2)	
		M	41,5				
		F	42 20				
" 27	Iu	eL	11 23,5	} 15	0,3	0,7	
		M	29,4				
		F	50				

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Juli 27	Iu	eL M F	h m s 13 11,5 15,5 53	s 18	μ 0,6	μ 0,9	
„ 27	I	L	16 40 bis 53	17	0,4	0,8	
„ 29/30	Iu	iP i i (S) e SR ₁ eL M F	0 54 56 56 41 58,8 1 8,1 13,5 17,6 27,5 39,3 3 10	9 4 9 24 21 15—24 25	0,3 0,3 0,3 1 1/2 2 1	— 0,3 0,3 4 5 15	Vertikalseismometer.
„ 29	I	L	19 7 bis 30	17	0,4	0,8	Regelmäßige Sinuswellen.
„ 29	Iu	e PR ₁ (S) e eL M C F	19 44 52 46 43 55,8 20 1,5 27,5 29,2 21 20	— 4 6 14 18—21 15—18	— 0,3 0,7 1 1 1/2	— — 0,3 1 1/4 5	Vertikalseismometer.
„ 30	I	(L)	15 15 bis 30	—	—	—	
„ 30	I	L	16 21 bis 58	10	0,3	0,3	
„ 31	I	L	20 30 bis 21	19	0,5	—	
Aug. 1	I	(i) i i eL M C F	10 8 23 9 16 11 12 11 33 12 17 10 50	— 1 1 10 6—8	— — — 22	— 0,1 0,2 17	17 000 kg-Pendel. In der Herzegowina gefühlt.



Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Aug. 1	I	eL M F	h m s 23 10 17 44	s 12	μ 0,5	μ 0,3	
„ 5	I	eL M F	2 40 51 3 10	14	1 3/4	2	
„ 5	I	i i i iS eL M F	6 53 1 53 45 7 3,3 4 11 35,5 36,2 nach 8 ^h	3 4 17 12 18	— 1 — 12 5	— — 0,5 7 4	Deutung der folgenden Einsätze schwierig. Gestört durch den Papier- wechsel.
„ 6	Iv	e e (eL) M ₁ M ₂ F	15 24,1 25 50 27,3 27,5 28,1 32	— 1 3 4	— — 1 1	— — 1 2	17 000 kg-Pendel. In Monte- negro gefühlt.
„ 7	I	eL M F	1 31 32 40	14	0,6	0,6	
„ 8	Iu	eL M F	9 50,5 55,1 10 20	18	2	1	
„ 9	Iu	(P) eL M ₁ M ₂ F	19 12 57 (51,6) 55,6 57,6 21	— 25 20 20	— 12 4 1/2	— 2 1/2 6	Vertikalseismometer.
„ 11	Iu	eL M F	12 56,5 13 5,6 30	16	0,8	0,4	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Aug. 13	Iv	e eL M F	h m s 2 25,0 26,3 26 55 28,7 34	s 2 8	μ — 3 ^{1/2}	μ 0,1 2 ^{1/2}	17 000 kg-Pendel.
„ 13	Iu	e (PR ₁) M ₁ M ₂ F	22 7 45 9 43 30,4 51,4 23 40	1/2 und 3 1—4 14 16	— — 6 1 ^{1/2}	0,2 0,3 2 ^{1/2} 0,4	17 000 kg-Pendel. Deutung des Diagramms unsicher. L tritt nur schwach hervor ohne ausgeprägtes Maximum.
„ 15	I	i i	8 47 57 54 35	ca. 1/20 —	— —	0,3 0,16	17 000 kg-Pendel. Explosion in Dömitz (?). Vielleicht auch nur eine lokale, künstliche Störung. Die einzelnen Schwingungen sind nicht mehr aufgelöst, anscheinend Periode etwa 1/20 Sek. Dauer der schnell abnehmenden Schwingungen etwa 0,7 Sek. bei i 20,5 Sek. Das Vertikalseismometer zeigt keinen Ausschlag.
„ 15	Iv	(eL) M F	13 55,7 56,8 59	3 1 15	(1)	(1 ^{1/4})	
„ 16	I	L	8 5 bis 18	19	0,5	—	
„ 17	I	L	12 22 bis 31	9	0,3	0,3	
„ 17	I	e eL M F	13 6 9,2 10,7 40	15 18	0,3 2,3	0,4 5	
„ 17	IIu	iP iS PS SR ₁ SR ₂ eL M F	17 39 11 48 24 49,6 54,2 58,4 18 2,7 10,7 19 40	1 3 6 12 14 18 18 18	— — — 16 17 13 17	— 1 3 5 12 8 9	Herd 7900 km.
„ 21	I	e M F	5 26 29 40	15	0,7	1 ^{3/4}	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Aug. 22	I	i ₁ P i ₂ P iS PS eL M F	h m s 22 35 4 35 35 44,6 45,5 (23) 23 3,2 24	s — 3—6 6 9 20	μ — 0,4 1 ^{1/4} 2	μ — 1 1 ^{1/4} 1 2	Vertikalseismometer. L undeutlich.
„ 23	I	L	14 17 bis 34	18	—	—	
„ 26	I	L	0 40 bis 1	15	0,7	0,7	
„ 27	I	L	3 7 bis 13	9	—	—	
„ 27	I	eL M F	11 20 26 13 39	12	1 ^{1/2}	1	
„ 28	I	L	20 36 bis 53	17	0,4	—	
„ 29	I	L	1 15 bis 46	17	0,4	0,4	
„ 29	I	L	3 28 bis 44	14	0,3	0,6	
„ 29	Ir	P S M F	11 45 30 50 7 54 12 8	3 6 12	0,3 1 ^{1/4} 0,8	— 0,6 0,8	Vertikalseismometer. Herd 2900 km.
Sept. 2	I	L	10 35 bis 49	14	0,3	0,3	
„ 2	IIu	P S eL M F	16 13 16 22 58 38 58 ^{1/2} 20	7 18 18	0,7 10	? 20 200	Herd 8300 km. (Aleuten?)

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Sept. 13	I	L	h m s 4 59 bis 5 12	18 ^s	0,5 ^μ	0,5 ^μ	
" 15	Iu	eL M F	7 2 5 25	17	4	(?)	
" 15	I	P i eL M F	17 53 40 18 3 13 9 20 12 50	5 5 12	0,8 0,8 5	— 0,7 8	
" 15	I	P eL M F	19 22 23 38 44 20 20	4 12	0,3 4	— 3	Die beiden letzten Beben vom 15. Sept. scheinen demselben Herd anzugehören, ihr Habitus ist auffallend gleich und zeichnet sich dadurch aus, daß S nicht mit Sicherheit nachweisbar ist.
" 20	Iv	e M F	54 14 19 55	1	—	4	17 000 kg-Pendel. In Untermaubach gefühlt.
" 22	Iu	P i(PR ₁) S eL M F	12 19 45 23 11 30 39 53 13 3 40	6 6 9 12	— — 0,2 4	— — 0,4 2½	Vertikalseismometer. Herd 10 000 km. In Guatemala gefühlt.
" 23	I	i i i i eL M F	21 50 23 55 53 22 3 18 4 18 19 32 23 10	6 6 18 6 17	— — 0,5 0,7 10	— — 0,9 0,5 8	Vertikalseismometer.
" 25	I	L	14 5 bis 21	(30)	—	—	
" 26	I	L	12 26 bis 50	—	—	—	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
Sept. 27	I	e eL M F	h m s 9 10 18 19 20 35	10 17	0,2 ^μ 0,8	0,2 ^μ 0,4	
Okt. 2	I	L	2 40 bis 3 5	(24)	—	(0,8)	
" 2	I	L	13 50 bis 55	17	1¼	1	
" 4	Iu	i i eL M F	10 44 7 51 36 11 21 28 12 10	6 (9) 17	0,2 (1) 4	— (0,2) 9	Die mikroseismische Bewegung verdeckt die Vorläufer.
" 4	I	L	21 15 bis 30	14	0,3	1½	
" 5	I	L	4 24 bis 45	17	0,4	1½	
" 6	Iu	i i i eL F	1 2 16 12 16 13 55 34 50	9 9 10 (18)	0,2 0,7 0,5 ½	0,2 0,2 0,8 (1)	
" 10	Iu	i i eL M (M _{repI}) F	22 3 50 13 51 44 23 0 30 23 52 24	9 9 20 20	0,2 0,7 2 2	0,4 0,7 3 2	
" 11	Iu	P i S eL M ₁ M ₂ (M _{repI}) F	14 48 18 50 12 15 0 16 16 35 36 37 17	4 9 10 24 30 18	— 2 2½	— 1¼ 1½	17 000 kg-Pendel. Vertikalseismometer. Herd 12 000 km.

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)			Perioden	Amplituden		Bemerkungen
			h	m	s		A _E	A _N	
Okt. 16	IIIu	P	14	10	0	9	0,5 ^μ	0,4 ^μ	„Reissen“. Herd 9000 km.
		S	20	15	(8)	(5)	(3 ^{1/2})		
		eL	34						
		M	42		26	106	150		
		F	17						
„ 17	Iu	L	12	3 bis		20	3	2	
			18						
„ 18	Iu	eL	12	30		17	2	4	Von mikroseismischer Bewegung überlagert.
		M	31						
		F	50						
„ 21	IIIr	P	4	31	40	12	50	4	Herd 4800 km. Karatag zerstört. (Vergl. Tafel II Fig. II).
		PR ₁	33	21		10	140	25	
		S	38	13		24	200	50	
		SR ₁	41	6		12	65	40	
		SR ₂	42	22		10	60	30	
		eL	43 ^{1/2}						
		M	47		30	450	700		
		F	nach 8 ^h						
„ 22	I	L	8	1 bis	17	—	1		
			18						
„ 23	IIr	P	20	31	31	1-3	(1/2)	(2)	Ferruzzano in Calabrien (Kreis Reggio) zerstört.
		S	34	24		6	2	1 ^{1/2}	
		eL	36						
		M	36	50	16	50	25		
		F	21	15					
„ 26	Iu	L	4	4 bis	16	1	—		
			14						
„ 27	IIr	P	5	24	1	9	1 ^{1/2}	—	Herd 4600 km.
		PR ₁	25	44		9	6	1 ^{1/2}	
		S	30	24		9	2 ^{1/2}	1 ^{1/2}	
		SR ₁	33	18	12	4	2		
		eL	35						
		M	41	30	24	20	60		
		F	7						

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)			Perioden	Amplituden		Bemerkungen
			h	m	s		A _E	A _N	
Nov. 2	I	eL	22	34					
		M		38		10	1 ^{1/2}	4	
		F	23						
„ 3	Iu	i	20	9	37	—	—	—	Vertikalseismometer
		i		12	37	6	0,5	1	
		eL		55					
		M	21	15		20	3	6	
		F	22						
„ 10	I	L	13	19 bis		14	0,3	0,5	
			29						
„ 11	Iu	i(P)	12	47	16	6	—	0,2	
		i	13	20	49	3	—	—	
		eL		25					
		M ₁		34		12	1	—	
		M ₂		36		14	0,3	2	
		F	14						
„ 11	I	L	18	25 bis		9	0,2	0,2	
			30						
„ 16	I	eL	10	41		30	—	4	
		M		58					
		F	11	6					
„ 16	I	eL	16	14		16	2	3 ^{1/2}	
		M		19 ^{1/2}					
		F		21					
„ 16	I	eL	22	54		17	3 ^{1/2}	7	
		M		59					
		F	23	35					
„ 19	I	L	13	25 bis		18	1	1	
			32						
„ 21	I	L	8	10 bis		14	1	2	
			18						

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Nov. 21	Iu	P S eL M F	20 15 35 25 44 42 49 22	— 9 23	— 3 7	— 2 14	Vertikalseismometer. Herd 8900 km.
" 24	Iu	(S) eL M ₁ M ₂ F	14 22 46 46 57 ^{1/3} 57 ^{2/3} 15 50	9 18 18	1 ^{1/2} 1 ^{1/2} 9	1 13 10	
" 25	I	L	4 43 bis 59	21	2	1	
" 26	I	eL M F	4 9 18 ^{1/2} 35	21	0,6	3	
" 29	Ir	P (S) eL M F	3 31 1 35 (26) 38 40 4 20	4 7 24 17	2 1 ^{1/2} 5	^{1/2} 0,7 2 ^{1/2}	
Dez. 2	Iu	P S M F	14 5 25 15 15 43 ^{1/2} 15	8 8 17	0,3 0,8 1 ^{3/4}	0,6 1,2 2 ^{1/2}	Herd 8500 km N-S-lich.
" 5	I	eL M F	13 31 38 14	14	1,2	2	
" 5	I	L	21 13 bis 19	(18)	(1)	(1)	
" 13	I	L	2 44 bis 51	12	0,3	0,5	

Datum	Charakter	Phasen	Zeiten (Greenwich)	Perioden	Amplituden		Bemerkungen
					A _E	A _N	
			h m s	s	μ	μ	
Dez. 15	IIu	PR ₁ S SR ₁ eL M ₁ M ₂ F	17 55 6 18 4 50 15 52 28 ^{1/2} 38 ^{3/4} 39 20 20	10 19 17 26 20	2 3 2	1,8 5 4 25 18 40 22	iP fehlt. Schon ca. 1 ^m vor PR ₁ zeigen sich schwache Wellen = eP.
" 23	Iu	P S eL M F	1 24 50 34 31 49 ^{1/2} 57 2 20	— 6 22	— 8 9	— 4 11	Vertikalseismometer. Herd 8300 km.
" 24	Iu	P (S) M F	13 33 42 41 31 52 14 10	— 10 14	— 0,6	— 1 ^{1/4}	Vertikalseismometer. Mikro- seismische Bewegung verdeckt die Vorläufer.
" 25	I	P i i i i (M) F	22 43 54 44 49 45 11 45 44 55 ^{3/4} 23 25	3 3 3 3 7	4 2 2 — —	0,7 1 1 ^{1/2} 1 3	Ein ganz ungewöhnlicher Beben- typus. P und die i sind im Ver- tikalseismometer ganz auffallend stark, die i sind aber keine Re- flexionen, vielleicht weitere Stöße. S ist nicht mit Bestimmtheit auf- findbar. Das ganze Beben ist charakterisiert durch sehr kurze Schwingungen, eigentliche lange Wellen fehlen.
" 28	I	e F	3 7 20 11	3	—	0,8	17 000 kg-Pendel.
" 30	IIu	P PR ₁ S eL M F	5 39 28 42 56 49 40 6 5 ^{1/2} 10 7 20	1,5 2 ? 29	? ? ? ?	0,2 0,3 ? 100	Herd 9000 km. Durch P wurde das Uhrwerk des 1200 kg-Pendel gehemmt.

Mikroseismische Bewegung 1907, 7h Greenwich.
(Vergl. S. 2).

Datum	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni	
	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E
1	6 ^s	0,6 ^μ	—	—	6	0,3	7	0,3	6	0,3	4 ^s	0,3 ^μ
2	5	0,9	5	—	7	0,5	6	0,3	6	1,2	4	0,3
3	7	1,1	5	0,3	6	0,3	8	0,8	7	1,1	6	0,3
4	?	?	6	0,3	6	0,3	7	0,8	?	?	5	0,2
5	6	0,8	5	0,3	?	?	6	0,6	5	0,3	5	0,2
6	6	0,8	6	0,3	?	?	5	0,3	5	0,2	6	—
7	7	1,4	6	0,6	6	1,1	7	0,8	5	0,3	—	—
8	?	?	6	0,3	6	1,1	7	0,8	4	—	6	—
9	6	0,3	6	0,6	6	1,1	6	—	—	—	4	—
10	6	0,6	8	2	6	0,6	—	—	5	0,3	4	—
11	8	0,5	8	0,5	6	0,6	7	—	5	0,3	5	—
12	7	1,1	6-7	0,5	6	0,3	—	—	5	0,3	5	—
13	6	1,4	7	1,1	7	0,3	—	—	4	—	—	—
14	8	0,8	6	0,3	8	1,1	?	?	5	0,3	—	—
15	8	2½	6	0,6	7	0,5	?	?	5	—	—	—
16	6	0,8	6	0,6	5	0,3	—	—	—	—	—	—
17	7	0,3	6	0,8	7	0,5	—	—	?	?	—	—
18	6	0,8	6	0,8	5	0,3	4	0,2	4	—	6	—
19	7	0,5	8	2	6	0,6	4	—	—	—	—	—
20	7	0,5	?	?	7	0,5	—	—	5	—	—	—
21	—	—	6-7	2	7	0,8	8	0,3	—	—	—	—
22	5	—	6-7	1,1	9	1,0	7	0,3	4	—	—	—
23	7	1,4	7	1,1	7	0,5	6	0,3	—	—	—	—
24	7	2	6	0,3	7	—	6	0,3	—	—	6	—
25	5	0,6	7	—	6	0,3	7	0,3	—	—	—	—
26	6	0,8	6	1,1	7	0,3	?	?	—	—	—	—
27	5	0,3	7	1,1	6	—	4	0,2	—	—	—	—
28	5-6	0,3	6	0,8	7	2½	5	0,2	—	—	5	—
29	7-8	1,6	—	—	6	0,3	5	0,2	—	—	—	—
30	6	0,8	—	—	6	0,3	—	—	—	—	—	—
31	5	0,3	—	—	6	0,3	—	—	—	—	—	—

Mikroseismische Bewegung 1907, 7h Greenwich.
(Vergl. S. 2).

Datum	Juli		August		September		Oktober		November		Dezember	
	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E	Σ	A _E
1	—	—	9 ^s	—	—	—	5 ^s	—	5	0,2	5 ^s	—
2	—	—	—	—	4	—	6	0,2	4	—	4	—
3	—	—	—	—	5	—	5	0,3	6	0,3	?	?
4	—	—	—	—	6	—	6	0,2	5	0,2	6	1,1
5	8	0,5	?	?	4	—	5	0,2	6	0,2	6	0,5
6	—	—	—	—	6	0,2	6	1,5	5	0,2	6	0,3
7	—	—	9	—	6	—	6	0,2	—	—	6	0,8
8	—	—	8	—	5	—	6	0,5	4	0,2	6	0,5
9	—	—	6	—	5	—	?	?	5	0,2	7	3½
10	—	—	—	—	5	0,3	5	0,3	6	0,3	6	0,5
11	—	—	—	—	—	—	4	—	5	0,2	6	0,2
12	—	—	—	—	—	—	6	—	5	—	7	0,2
13	—	—	—	—	5	—	5	0,2	7	0,7	5	0,2
14	7	—	—	—	7	0,2	6	1,5	6	0,3	6	0,5
15	—	—	—	—	6	0,5	6	1,5	8	0,7	?	?
16	—	—	—	—	6	0,2	5	0,8	6	0,5	6	—
17	—	—	—	—	6	0,7	6	0,5	6	0,3	5	0,8
18	—	—	—	—	6	—	4	0,9	6	0,5	7	1,5
19	6	—	—	—	—	—	?	?	7	0,7	7	1,0
20	—	—	—	—	4	—	5	0,3	7	1,0	8	1,4
21	—	—	—	—	5	0,5	?	?	6	1,1	7	0,5
22	—	—	—	—	5	0,3	5	0,3	7	1,3	8	1,2
23	6	—	5	—	5	0,2	6	—	6	0,5	7	1,5
24	8	—	6	—	6	—	6	—	5	0,5	6	0,8
25	—	—	—	—	5	—	6	—	4	0,2	6	0,5
26	6	—	8	—	5	—	6	—	5	0,2	?	?
27	6	—	—	—	—	—	6	0,2	6	0,8	?	?
28	—	—	—	—	—	—	6	0,2	6	0,2	6	1,3
29	—	—	6	—	—	—	7	0,5	6	—	6	0,5
30	8	—	6	0,3	5	—	6	1,5	6	0,2	?	?
31	—	—	5	—	—	—	6	1,5	—	—	5	0,3

Bemerkungen zu den Seismogrammen.

Tafel II:

Fig. 1 a, b, c gibt alle 3 Komponenten des Mexikanischen Bebens von 1907 April 15; die Vertikalkomponente ist auf gleichen Zeitmaßstab wie die Horizontalkomponenten reduziert, damit die entsprechenden Phasen besser hervortreten. Dieses Beben zeigt in bisher noch nie dagewesener Deutlichkeit die reflektierten Vorläufer bis zur 3. Ordnung, insbesondere die Wechselwellen *PS*. Herddistanz 9800 km (vergl. S. 24).

Fig. II gibt die E-W-Komponente des Karatag-Bebens von 1907 Oktober 21, bei dem die reflektierten Vorläufer ebenfalls sehr deutlich sind. Merkwürdigerweise ist bei dieser Herddistanz (4800 km) PR_1 viel intensiver als *P*, worauf schon K. Zoeppritz aufmerksam gemacht hat (vergl. S. 40).
