

Sitzungsberichte
der
Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch - physikalische Klasse
Jahrgang 1909, 16. Abhandlung

**Registrierungen einiger südeuropäischer Erdbeben
auf der Münchener Erdbebenstation**

von

J. B. Messerschmitt

Mit 3 Figuren

Vorgelegt am 6. November 1909

München 1909

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



DRUCKSCHRIFTEN

der

KGL. BAYER. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

(mathematisch-physikalische Klasse).

Die mit * bezeichneten Schriften sind zwar nicht in Sonderabdrücken erschienen, es kann aber das Heft der Sitzungsberichte, in dem sie gedruckt sind, zu 1 Mark 20 Pfg. bezogen werden.

In dem nachfolgenden Verzeichnisse ist A. = Abhandlungen, Sb. = Sitzungsberichte.

Astronomie.

Sitzungsberichte von 1871 = Sitzb.
Abhandlungen von 1846 ab = Abh.
Neue Annalen der Sternwarte = Ann.

- Anding, E. Die bisherigen Publicationen der Sternwarte Bogenhausen bei München. Ann. II. 1891. (Nicht separat gedruckt.)
- Bauschinger, Jul. Ueber die Biegung von Meridianfernrohren. München. Ann. II. 1888. M. 1.50.
— Ableitung der Eigenbewegungen von 90 telescopischen Sternen. Ann. II. 1890. M. 2.70.
— Zweites Münchener Sternverzeichnis. Ann. II. 1891. M. 12.00.
— Untersuchungen über den periodischen Cometen. 1889 V. (Brooks). Ann. Bd. III. 1892. M. 5.—.
- * — Ueber eine neue Bestimmung der Refractionsconstante auf astronomischen Wege. Sitzb. 1895. S. 239—260.
— Untersuchungen über die astronomische Refraction. Ann. Bd. III. 1896. M. 12.—.
- *Charlier, C. Untersuchung über die Methoden zum Tabulieren der Störungen der kleinen Planeten. Sitzb. 1896. S. 287—307.
- *Föppl, A. Ueber eine mögliche Erweiterung des Newton'schen Gravitations-Gesetzes. Sitzb. 1897. S. 93—99.
- Häerdtl, E. v. Skizzen zu einem speziellen Fall des Problems der 3 Körper. Abh. XVII, 3. 1891. M. 2.50.
- Lamont, J. Die Nebelflecken. Rede. 1837. M. 1.30.
— Die Instrumente an der Münchener Sternwarte. Abh. VI, 2. M. 3.—.
- *Lehmann-Filhés, R. Ueber die Saecularstörung der Länge des Mondes unter der Annahme einer sich nicht momentan fortpflanzenden Schwerkraft. Sitzb. 1895. S. 371—422.

Sitzungsberichte
der
Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch - physikalische Klasse
Jahrgang 1909, 16. Abhandlung

**Registrierungen einiger südeuropäischer Erdbeben
auf der Münchener Erdbebenstation**

von

J. B. Messerschmitt

Mit 3 Figuren

Vorgelegt am 6. November 1909



München 1909
Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Das Erdbeben vom 23. April 1909 in Lissabon.

Am 23. April 1909 ist auf der iberischen Halbinsel ein heftiges Erdbeben verspürt worden, dessen Herd nahe mit dem des bekannten großen Bebens zusammenfiel, das am 1. November 1755 fast ganz Lissabon zerstört und dessen Schüttergebiet sich auf mehr als $\frac{1}{15}$ der gesamten Erdoberfläche erstreckte.¹⁾ Seit dieser Zeit sind in jener Gegend fast nur noch schwächere Beben gespürt worden mit Ausnahme vom 11. November 1858; vom 21. Februar 1890 und vom 9. August und 14. November 1903, wozu nun dieses neue Erdbeben kommt, das zwar nicht zu einer Katastrophe führte, dessen Erschütterungen aber doch stark genug waren, um mehrfach leichte Zerstörungen, Abrutschungen, hohe Flutwellen und dergleichen mehr hervorzurufen.

Der Herd aller dieser Stöße ist im Meer gelegen und zwar wahrscheinlich in der Nähe des Steilabsturzes des Kontinentalsockels zur Tiefsee, wo sich auch nach den neueren Untersuchungen die Schwerkraft rasch ändert. Damit ergibt sich die Entfernung von München auf rund 2000 km (17:90 in Bogen, die Sehne ist um etwa 11 km kürzer).

Der Wiechertsche astatische Pendelseismograph der Münchener Erdbebenwarte zeigt von diesem Erdbeben ein wohl ausgeprägtes Seismogramm, das um 17^h 43^m 40^s MGZ scharf einsetzte mit Wellen von etwa 5^s Länge, deren Amplitude bis 5 μ (1 μ = $\frac{1}{1000}$ mm) von der Ruhelinie aus gerechnet, anstieg.

¹⁾ Hans Woerle, Der Erschütterungsbezirk des großen Erdbebens zu Lissabon. Münchener Geographische Studien, herausgegeben von S. Günther. Achstes Stück. München 1900.

Die unter Fig. 1 und 2 gegebenen Abbildungen sind photographisch in Originalgröße reproduziert und können daher als Ersatz für das Original genommen werden. Die Konstanten des Instrumentes waren:

		Ostwestkomp.	Nordsüdkomp.
Schwingungsdauer	T	12 ^s 0	12 ^s 5
Äquivalente Pendellänge	L	36 m	39 m
„ Indikatorlänge	J	9540 m	9050 m
Vergrößerung	V	260 fach	230 fach
Ausschlag für 1“	E	46 mm	44 mm
Dämpfung	$\varepsilon:1$	5:1	3,2:1
Reibung	r	0,35 mm	0,88 mm
	R	0,14 Dynen	0,4 Dynen

Die wichtigsten Teile der Seismogramme ergeben:

		Greenwich-Zeit	Ganze Periode	Amplitude von der Mittellage ab
Beginn	i	17 ^h 43 ^m 40 ^s	5 ^s	5 μ
Zweite Vorläufer	S	47 9	5 ^s	23 μ
Hauptbeben	L	48 --	—	—
Maximum	M_N	49 58	5	180
	M_E	50 0	4	110
	M_N	50 20	9	150
	M_E	51 12	11	130
Ende	F	18 40	—	—

In den Vorläuferwellen der Ostwestkomponente ist noch eine flache Welle von etwa 1 Minute Dauer zu erkennen, auf welcher die kurzen Wellen aufgesetzt sind. In der anderen Komponente ist sie nicht sicher nachzuweisen. Solche lange Wellen lassen sich fast stets in den Diagrammen nicht zu ferner Beben nachweisen, wie dies Vicentini, Angenheister¹⁾

¹⁾ G. Angenheister, „Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1905“. Nachr. d. Ges. d. W. in Göttingen, Math.-phys. Kl., 1906, S. 13.

und neuerdings Agamennone¹⁾ gezeigt haben. Auch die Münchener Aufzeichnungen der süditalienischen und der Balkanbeben zeigen diese lange Wellen, welche zwischen 30^s und 60^s liegen.²⁾ Sie treten aber nur bei Nahbeben auf Entfernungen bis etwa 1200 km auf; bei den eigentlichen Fernbeben können sie nicht wahrgenommen werden. Es ist dies etwa dieselbe Entfernung, in welcher noch die fein aufgehängten Magnete der Variometer ansprechen, wobei es sich jedoch nicht um magnetische, sondern um mechanische Wirkungen handelt. Außerdem rühren die Ausschläge dabei von den Hauptwellen her, die ja nur eine eigentliche Schütterwirkung hervorrufen können.

Diese langen Wellen können wohl nur als Gravitationswellen (Oberflächenwellen), wie die Hauptwellen aufgefaßt werden, während die kleinen Wellen der Vorläufer Elastizitätswellen sind. Es pflanzen sich also in diesem Falle beide nahe gleich schnell fort. Agamennone meint, daß bei einem plötzlichen Vertikalstoß, bei dem aber kein Bruch oder Reißen des Bodens entsteht, die Gravitationswellen vorherrschen. Tritt aber Faltung und Bruch ein, so herrschen die elastischen Longitudinal- und Transversalwellen vor. Das Seismogramm zeigt also im letzteren Fall in den Vorläufern nur Wellen mit kurzer Periode, im ersteren aber auch lange. Man kann sich diesen Vorgang durch ein Beispiel aus der Akustik besser verdeutlichen, indem in dem einen Fall nur der Grundton, in dem anderen aber auch die harmonischen Obertöne auftreten.

Es hängt diese Erscheinung wohl auch mit der Tiefe des Bebenherdes zusammen. Je tiefer der Herd liegt, desto weniger können sich im Anfang Gravitationswellen ausbilden, es herr-

¹⁾ G. Agamennone, Rendiconti R. Accad. d. Lincei 1909, vol. XVIII, S. 339 und 393.

²⁾ Vgl. die Diagramme in „Veröffentlichungen des Erdmagnetischen Observatorium und der Erdbebenstation in München“, 2. Heft., München 1909 und J. B. Messerschmitt, „Die Registrierungen der süditalienischen Erdbebenkatastrophe in München“. Mitt. d. Geogr. Ges. in München, 4. Bd., 1. Heft, S. 128., München 1909.

schen dann die Elastizitätswellen vor. Liegt der Herd aber näher der Oberfläche, so wird der Boden sofort geneigt und es entsteht neben der elastischen Wellenbewegung auch eine mechanische. Es muß also ein Vergleich zwischen den Aufzeichnungen verschieden weit vom Epizentrum entfernter Stationen auch ein Mittel für die Bestimmung der Herdtiefe geben.

Das Erdbeben vom 11. Juni 1909 in der Provence.

Die französische Mittelmeerküste, besonders in ihrem östlichen Teil am Ligurischen Meere, ist häufig vom Erdbeben heimgesucht, die zuweilen eine außerordentliche Heftigkeit annehmen können, wovon noch die letzte Katastrophe vom 23. Februar 1887 an der Riviera Zeugnis abgelegt hat. Im westlichen Teile, also insbesondere in der Provence und Dauphiné, sind Erdstöße seltener. G. Bigourdan (C. R. 148, 1909, S. 1568) konnte in diesem Gebiete stärkere Erschütterungen nur aus den Jahren 1282, 1644, 1731, 1738, 1769, 1772—1773, 1799 und 1812 nachweisen, von welchen aber keine in der am 11. Juni 1909 zerstörten Gegend aufgetreten ist. Nach den Untersuchungen von A. Angot¹⁾ umfaßt die epizentrale Region, innerhalb welcher die Erschütterung den IX. Grad nach der Skala Mercalli-Forel erreichte, also zerstörend wirkte, einen Raum von 360 km², in welchem die Gemeinden Verégues, Charleval, La Roque d'Anthéron, Salon, Pélissanne, La Barben, Lambesc, St. Cannat, Rognes, Le Puy-Sainte-Réparate, Venelles und Meynargues liegen. Das Epizentrum ist daher etwa 40 km nördlich von Marseille unter 43°7' N. B. und 5°2' östlich von Greenwich gelegen gewesen. Es berechnet sich daraus die Entfernung von München auf 6°27' im größten Kreise oder 696 km. (Die Entfernung auf der Sehne ist 689 km.) Als Vergleich möge die Entfernung von Messina dienen, welche 1132 km beträgt.

Der Wiechertsche Seismograph, dessen Empfindlichkeit bereits oben mitgeteilt ist, hat die folgenden Werte ergeben:

¹⁾ Alfred Angot, „Sur le tremblement de terre du 11 juin 1909“. C. R. 149, 1909, S. 527. Mit einer Karte.

	Greenwich Zeit	Ganze Periode	Amplitude von der Mittellage ab
Beginn	21 ^h 7 ^m 4 ^s	1 ^s 5	< 1 μ
Reflex	7 31	—	—
<i>S</i>	8 25	5	—
<i>L</i>	8 50	—	—
<i>M_E</i>	9 47	4	85
<i>M_N</i>	10 —	4	140
<i>F</i>	36 —	—	—

Das Seismogramm unterscheidet sich in mehrfacher Beziehung von dem des vorher behandelten Bebens. Die ersten Vorläufer setzen fast mikroskopisch klein ein und sind daher nur mit der Lupe erkennbar. In der Reproduktion (Fig. 3) sind diese kleinen Zacken nicht mehr deutlich zu sehen, im Original aber treten sie schön hervor. Diese kleinen Wellen sind auf den größeren aufgelagert bis 21^h 8^m 25^s vorhanden. Die größeren Wellen haben eine Periode von 5^s und ihre Amplitude nimmt allmählich bis auf etwa 3 μ zu. In den zweiten Vorläufern herrschen längere Wellen vor, während sie im Hauptbeben wieder etwas kürzer werden.

Die größeren Wellen von 5^s in dem ersten Vorläufer sind offenbar anderer Art als die oben besprochenen langen Vorläuferwellen von 30^s bis 60^s. Diese sind hier nicht zu erkennen. Es dürfte sich dabei um eine Art mikroseismischer Bodenschwingungen handeln, wie solche oft auftreten und wie sie auch schwach vor und nach dem Beben in dem Diagramm zu erkennen sind. Es fehlen also hier die Gravitationswellen in dem ersten Vorläufer, während sie im zweiten, wenn auch von kürzerer Periode, vorhanden zu sein scheinen.

Sehr interessant ist die von Angot gegebene Karte der Isoseisten für dieses Beben, welche deutlich zeigt, daß diese Linien gleicher Erdbebenstärke durchaus keine regelmäßige Form haben, wie sie sonst vielfach gezeichnet werden, sondern gemäß der geologischen Beschaffenheit des Terrains ganz unregelmäßig verlaufen.

Erdbeben vom 10. Juli 1909 in Südfrankreich.

Am 10. Juli wurde ein schwächeres Beben in Südfrankreich gespürt, das in München wie folgt aufgezeichnet wurde:

Beginn	20 ^h 57 ^m 28 ^s	nicht ganz sicher
Maximum	59 ¹ / ₂	Periode 5 ^s , Amplitude 3 μ
Ende	21 3 —	

Es handelt sich also nur um eine schwache Aufzeichnung. Sie verdient aber einiges Interesse durch begleitende Umstände, worauf mich Herr Professor Dr. L. Burchner von hier aufmerksam machte. Er teilte mir nämlich mit, daß sich in der Athenischen Zeitung „Skrip“ vom 1./14. Juli 1909 die folgenden Angaben befinden:

„Auf Malta ereignete sich eine sehr merkwürdige Erscheinung, die die Bewohner dieser friedlichen Insel erschreckt hat. Seit dem verflossenen Samstag (d. i. der 10. Juli neuen Stils) erregt die See die allgemeine Aufmerksamkeit und das Entsetzen der Malteser. Sie bleibt eine Zeitlang ruhig und unbeweglich wie ein Landsee. Hernach weicht sie langsam und regelmäßig zurück. Schließlich aber türmt sie sich zu sehr hohen Wogen, die gegen die Molen anstürmen und die Ankertaue der Schiffe zerreißen. Die Erscheinung wiederholt sich von Zeit zu Zeit in Begleitung von einem schrecklichen unterirdischen Geheul. Es ereignet sich also genau das, was sich einen Tag vor der Zerstörung Messinas durch das letzte große Erdbeben zugetragen hat. Aus diesem Grunde erregt auch die Erscheinung eine Panik auf Malta.“

Nach diesen Angaben dürfte es sich also in dem vorliegenden Falle um ein Seebeben handeln, dessen Herd im westlichen Teile des Mittelländischen Meeres gelegen ist.

Das griechische Erdbeben vom 15. Juli 1909.

Am 15. Juli wurde in der Landschaft Elis ein starkes Erdbeben gespürt, dessen Herd etwa unter 37°7 N. B. und 21°5 östlich von Greenwich gelegen und daher von München die Entfernung im größten Kreise 12°68 oder gleich 1411 km beträgt. Die Sehne ist 1406 km lang. Als Hauptort der Zerstörung wird die Ortschaft Chawari (*Χάβαρη*) bei Amalias genannt.

In München sind die folgenden Angaben erhalten worden:

	Greenwich-Zeit	Ganze Periode	Amplitude von der Mittellage ab
Beginn	0 ^h 38 ^m 1 ^s	2 ^s – 3 ^s	1 μ
Zweite Vorläufer	39 44	4 ^s	—
Hauptbeben	42 30	7 ^s – 11 ^s	30 – 40 μ
Maximum	44 —	12 ^s	40 – 100 μ
<i>F</i>	1 18 —	—	—

Der Einsatz ist im Gegensatz zu anderen Beben, die von der Balkanhalbinsel herrühren, wenig scharf und es verläuft der erste Vorläufer ganz gleichmäßig. Die Hauptwellen sind verhältnismäßig lang, doch hielten sich die Ausschläge in engen Grenzen.

Die Berechnung der Herdtiefe ist nach den vorhandenen Formeln wenig befriedigend. Es hat nun neuerdings Comas Solá¹⁾ eine neue Formel unter der Voraussetzung abgeleitet, daß der Herd punktförmig sei und bei starken Beben die Formel auf Entfernungen von nicht viel über 500 km gelte und die zugleich die Berechnung aus dem Seismogramm einer einzigen Station auszuführen erlaubt. Innerhalb dieses Gebietes können die Stoßstrahlen geradlinig angenommen werden, woraus sich die einfache Formel

$$p = \frac{1}{2} \left(\frac{\delta^2}{z} - z \right) \quad (1)$$

¹⁾ Comas Solá, Calcul de la profondeur des hypocentres sismiques. C. R. 149, 1909, S. 536.

ergibt, worin p die gesuchte Herdtiefe, δ die Entfernung zwischen dem Beobachtungsort und dem Epizentrum und χ eine Hilfsgröße bedeutet, die geometrisch gleich der Entfernung des Beobachters vom Hypozentrum weniger der Herdtiefe ist. Die Größe berechnet sich aus:

$$\chi = \frac{V}{3,4} [\delta - (t_3 - t_1) 3,4], \quad (2)$$

worin V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Longitudinalwellen bedeutet, die nach den bekannten Laufzeitkurven angenommen werden darf. So gibt z. B. Benndorf dafür:

$$V = 5,5 + 0,0206 p. \quad (3)$$

$t_3 - t_1$ ist der Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen der Wellen der ersten Vorläufer (t_1) und derjenigen der Hauptwellen (t_3) im Seismogramm.

Bei der Berechnung schlägt man ein Näherungsverfahren ein, indem man zuerst in (3) einen willkürlichen Wert von p annimmt und damit (2) und (1) berechnet. Mit dem neu gewonnenen p wiederholt man die Rechnung und verfährt so lange, bis keine Differenz mehr zwischen der Annahme und der Rechnung herauskommt.

Comas Solá hat für neuere Beben die Herdtiefen zwischen 45 und 61 km berechnet, darunter auch für das oben angeführte Erdbeben in der Provence vom 11. Juni. Für dieses beträgt $\delta = 700$ km in München; $t_3 - t_1 = 110^s$, woraus die Herdtiefe zu 60 km folgt, was in guter Übereinstimmung mit dem Werte 61 km, der aus den Angaben des 360 km entfernten spanischen Observatoriums Fabra folgt, ist. Eine ähnlich gute Übereinstimmung hat Comas Solá aus zwei verschiedenen Erdbebenstationen für das Erdbeben in Portugal gefunden, nämlich 51 und 55 km. Es dürfte daher diese Formel in vielen Fällen brauchbare Werte liefern.

Fig. 1.

Ostwestkomponente des Erdbebens vom 23. April 1909.

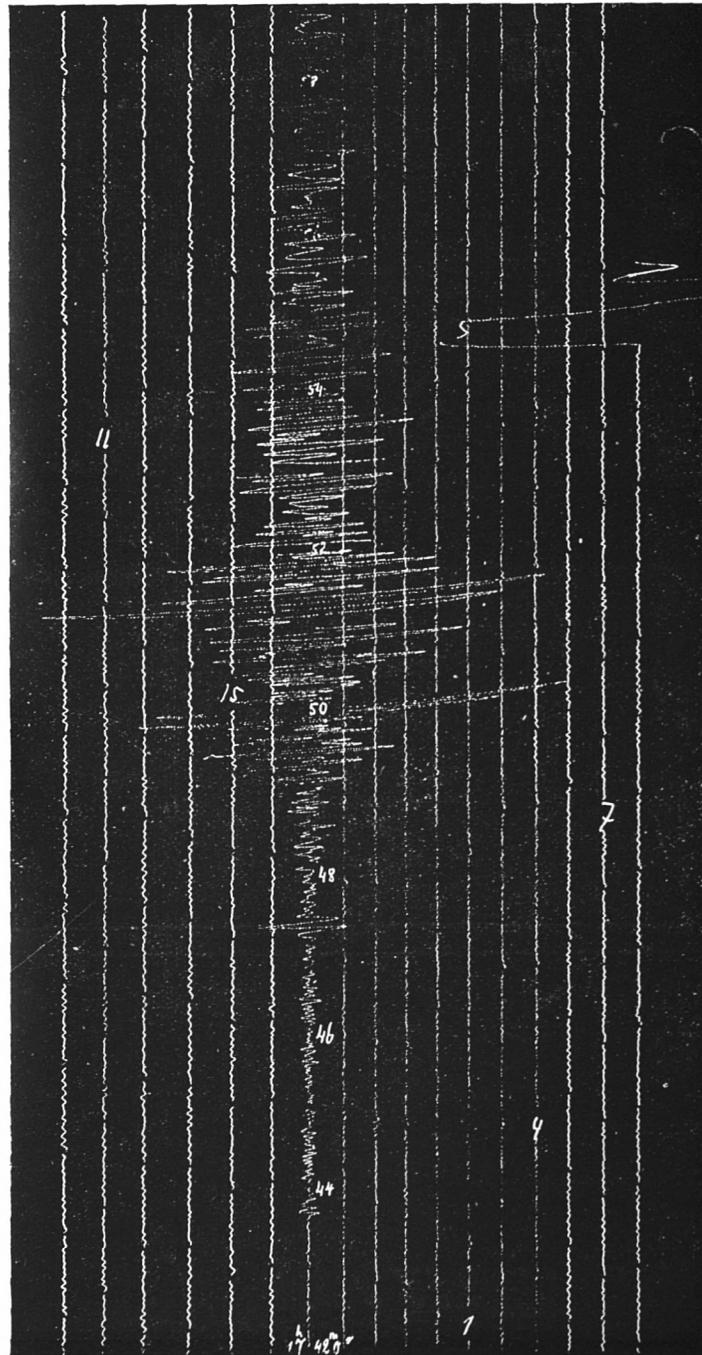


Fig. 2.

Nordsüdkomponente des Erdbebens vom 23. April 1909.

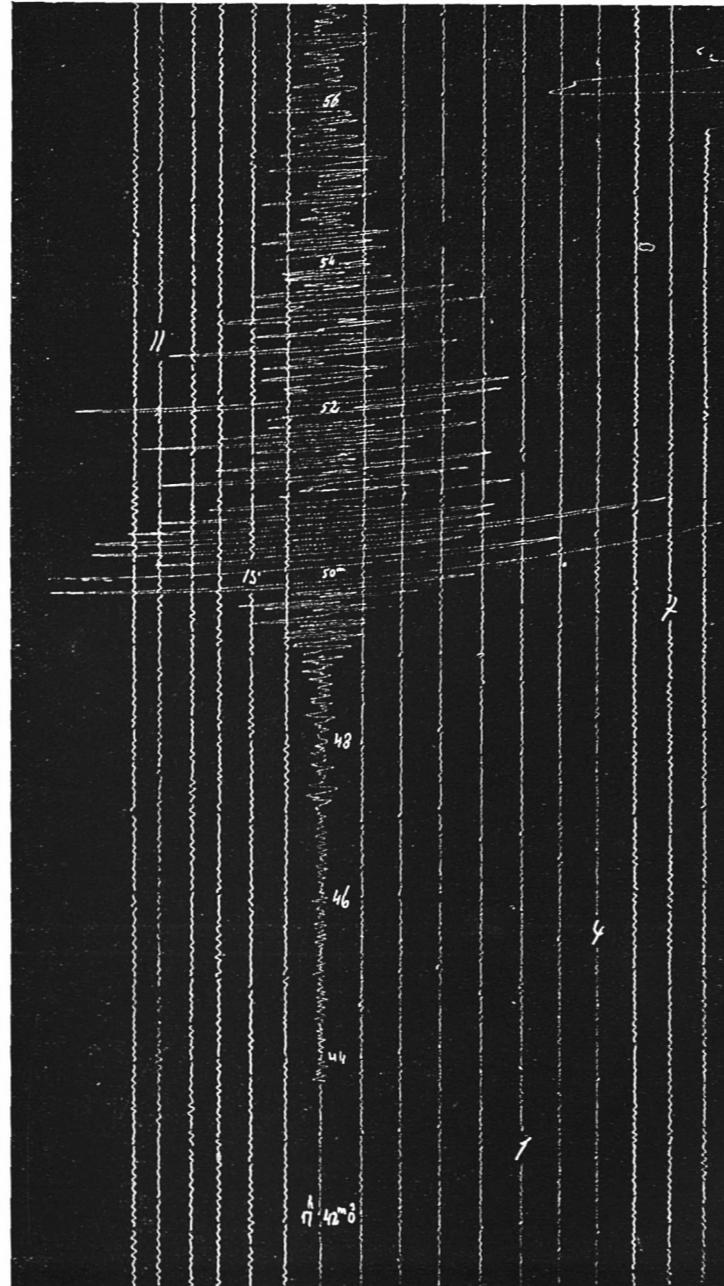


Fig. 3.

Ostwestkomponente des Erdbebens vom 11. Juni 1909.

