

30

Jahresbericht

des

Schweizerischen Erdbebendienstes 1930

Von Dr. E. Wanner

1. Allgemeines und statistische Bemerkungen.
 2. Tabellarische Zusammenstellung der in der Schweiz verspürten und der an den Erdbebenstationen Zürich, Chur und Neuchâtel registrierten Erdbeben.
-



Nr. 5.

Jahresbericht 1930 des Erdbebendienstes

der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.

Von Dr. E. Wanner.



1. Allgemeines und statistische Bemerkungen.
2. Tabellarische Zusammenstellung der in der Schweiz verspürten und an den Erdbebenwarten Zürich, Chur und Neuchâtel registrierten Erdbeben.

1. Allgemeines und statistische Bemerkungen.

Stationen:	Zürich	Chur	Neuchâtel
	<i>Direktor:</i> Dr. J. Maurer.	Prof. A. Kreis.	<i>Direktor:</i> Dr. L. Arndt.
	<i>Bearbeiter:</i> Dr. E. Wanner.		<i>Bearbeiter:</i> Dr. H. Odermatt.

Dank der stetigen Mitarbeit der Stationsleiter konnten im Berichtsjahre die laufenden Aufgaben ohne nennenswerte Störung gelöst werden. Wie aus den nachfolgenden Tabellen hervorgeht, wurden in der Schweiz 24 Erdbeben gespürt. Vier davon hatten ihren Herd ausserhalb der Schweiz, im Schwarzwald und in den Ostalpen, die übrigen waren von nur lokaler Natur, so dass für das Jahr 1930 die seismische Aktivität als gering bezeichnet werden muss. Ausserdem wurden auf den drei Stationen im ganzen 85 Nah- und 134 Fernbeben registriert. Auch dieses Jahr stellte mir Herr Dr. Odermatt als Ergänzung zu den telegraphischen Meldungen einen vollständigen Katalog der in Neuchâtel registrierten Beben zur Verfügung. Zur Uhren-

kontrolle dienten wie bisher die Zeitsignale des Eiffelturms um 10³⁰ M. E. Z.

Bei Anlass der drohenden Bergsturzgefahr in Linthal wurde im November zu Versuchszwecken und auch auf Wunsch der Behörden der transportable Seismograph am Fusse des Kilchenstocks aufgestellt. Mehrere Bewohner hatten im Laufe der kritischen Tage, wo die Gesteinsmassen bis 10 mm täglich vorgerückt sind, ausser dem Getöse aus dem Berginnern ziemlich starke Erschütterungen wahrgenommen. Leider konnte für das Instrument kein passender Aufstellungsort mit Flyschunterlage gefunden werden, so dass das sowieso nicht sehr empfindliche Instrument einen später erfolgten Teilabsturz nicht aufzuzeichnen vermochte.

Die Konstanten der Instrumente waren:

Station	Apparat	Masse in kg	Komponente	Vergrößerung für schnelle Schwingungen	Eigenperioden in Sek.	Dämpfung	Reibung in $\frac{m}{m}$	Registriereschwindigkeit pro Minute	Mittlerer Zeitinterpolationsfehler in Sek.
Zürich Juni 28.	Q.-P.	20600	N-S	1700	3.1	3.5	0.6	ca. 90 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			E-W	1800	3.2	3.5	1.2	90 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			V	1800	1.2	2.1	0.5	90 $\frac{m}{m}$	± 0.1
	Mainka	450	N-S	140	9.3	2.5	2.2	30 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			E-W	103	8.4	2.3	2.5	30 $\frac{m}{m}$	± 0.1
	Wiechert	80	V	90	4.0	4.0	1.0	30 $\frac{m}{m}$	± 0.1
Chur Juni 17.	Q.-P.	13000	E-W	1320	3.3	4.8	0.4	60 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			V	1970	1.3	3.2	0.3	60 $\frac{m}{m}$	± 0.1
Neuchâtel Juni 20.	Q.-P.	19000	N-S	1700	2.8	5.0	0.1	60 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			E-W	1700	2.8	4.1	0.3	60 $\frac{m}{m}$	± 0.1
			V	1860	1.2	2.3	0.1	60 $\frac{m}{m}$	± 0.1

Q.-P. = Universalseismograph Quervain-Piccard.

In den folgenden Zeilen findet man die Verteilung der gespürten Erdbeben über die verschiedenen Monate des Jahres bzw. Tagesstunden. (Die Zahlen in den Klammern geben die an einer der drei Stationen registrierten Stösse.)

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
6 (5)	1 (0)	—	—	8 (3)	1 (1)	—	3 (1)	—	4 (4)	—	1 (1)
0-2 ^h	2-4 ^h	4-6 ^h	6-8 ^h	8-10 ^h	10-12 ^h	12-14 ^h	14-16 ^h	16-18 ^h	18-20 ^h	20-22 ^h	22-24 ^h
5 (3)	—	3 (1)	3 (1)	1 (0)	1 (0)	—	1 (1)	3 (3)	—	5 (5)	2 (1)

Es fallen also 50% (67%) in das Winterhalbjahr und 63% (67%) in die Zeit der Ruhe (18-6^h).

2. Tabellarische Zusammenstellung der in der Schweiz verspürten und der an den Erdbebenstationen Zürich, Chur und Neuchâtel registrierten Erdbeben.

In Tabelle I sind sämtliche zur Kenntnis des Erdbebendienstes gelangten Meldungen aus der Schweiz, über wirkliche oder vermeintlich gespürte Erdbeben angeführt. Die wahren Erdbeben, sowie Erschütterungen mit höchst wahrscheinlich seismischem Ursprung, finden sich darin nummeriert, während die zweifelhaften Fälle durch kleinen Druck gekennzeichnet sind. Die Tabellen II und III enthalten alle auf einer der drei schweizer. Stationen registrierten Beben und zwar geschah die Einteilung wie bisher in Nahebeben mit einer Epizentraldistanz von höchstens 1000 km in Tabelle II und Fernbeben mit einer Herddistanz von mindestens 1000 km in Tabelle III.

Tabelle I. In der Schweiz verspürte Erdbeben 1930.

Z = Erdbebenwarte Zürich. C = Erdbebenstation Chur. N = Observatoire Neuchâtel.

Nr.	Datum	M.-E. Zeit 0—24 ^h	Epizentralgebiet (gesperrt gedruckt) und erschütterte Gebiete	Grad Forel-Klassi	Grösste Ausdehnung	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in	Bemerkungen über Charakter, Zahl der Stösse und Wirkungen
	1930	h m			km				
1	Januar 5.	15.56	Umgebung von Zürich (vergl. Tab. II, Nr. 1)	II	—	1	—	Z,N	Zittern des Bodens, dumpfes Klopfen
2	" 9.	6.30	Ofenpass Buffalora (vergl. Tabelle II, Nr. 6)	IV-V	—	1	—	Z,C	Lokaler Erdstoss, allgemein verspürt.
3	" 14.	22.47	Liestal Waldenburg IV-V, vorwiegend in einem schmalen Streifen, Richtung Nord-Süd, zwischen Rheinfelden u. Olten (vergl. Tab. II, Nr. 11)	IV-V	50	30	7	Z,N	Meistens als stossartige Erschütterung wahrgenommen, begleitet von dumpfem Rollen
4	" 19.	0.19	Sitten Wallis, lokal (vergl. Tabelle II, Nr. 12)	IV	—	1	—	Z	Kurzer Stoss, vorherrschend vertikal. E-W Schwingen der elektr. Lampen
5	" 19.	1.00	Sitten lokal	III	—	1	—	—	Leichter Stoss, von zwei Zeugen bestätigt
	" 19.	3.30	Sitten	II	—	1	—	—	Ganz schwacher Stoss von einem Beobachter wahrgenommen
6	" 31.	20.54	Dodtnau Schwarzwald, gespürt in Schleithem Schaffhausen (vergl. Tabelle II, Nr. 14)	II	—	1	—	Z,N,O	Schwaches, aber bestimmtes Zittern, in den oberen Stockwerken beobachtet
7	Febr. 4.	5.24	Sitten lokal	III-IV	—	1	—	—	Vertikalstoss mit leichter N-S Komponente, beobachtet von 40 Personen
	April 3.	8.02	St. Niklausen (Luzern) lokal	III	—	1	—	—	Erdstoss von einigen Sekunden Dauer, Fensterklirren beobachtet von einer Person
	" 10.	4.36	Grenchen (Kt. Solothurn)	II	—	1	—	—	3 getrennte schwache Stösse und leichtes Schaukeln
	" 18.	0.45	Zürich 1, Pelikanstrasse	III	—	1	—	—	Stoss von unten, Krachen in den Wänden

Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Datum	M.-E. Zeit 0-24h	Epizentralgebiet (gesperrt gedruckt) und erschütterte Gebiete	Grad Focel-Rossi	Grösste Ausdehnung	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in	Bemerkungen über Charakter, Zahl der Stösse und Wirkungen
	1930	m			km				
	April 27.	—	Horgen	II	—	1	—	—	Erdstoss gespürt von einer Person
8	Mai 11.	1.15	Ponte Tresa (Tessin)	IV	—	1	1	—	Erdstoss von vielen verspürt; Zittern von Gegenständen
9	" 22.	5.56	Sitten lokal (Tabelle II, Nr. 29)	IV	—	1	—	Z,N,0	Vertikalstoss allgemein verspürt
10	" 22.	20.33	Sitten lokal (Tabelle II, Nr. 30)	IV	—	1	—	Z,N,0	Seitlicher Stoss, gut verspürt, Richtung SW-NE
11	" 22.	21.10	Sitten	II-III	—	1	—	—	Schwacher Stoss, nur in obern Stockwerken wahrgenommen.
12	" 24.	7.07	Sitten	III	—	1	—	—	Vertikalstoss, schwach
13	" 24.	7.35	Sitten	IV	—	1	—	—	Von allen Hausbewohnern als Vertikalstoss wahrgenommen
14	" 24.	10.38	Sitten	IV	—	1	—	?	Starker Stoss, von vielen gut verspürt
	" 25.	4.56-59	Olten (lokal)	II	—	1	—	—	Mehrere schwache Beben
	" 26.	1.00	Olten	III	—	1	—	—	Zwei Personen wurden durch eine Erschütterung aus dem Schlafe geweckt
15	" 31.	16.14	Umgebung von Zürich (vergl. Tab. II, Nr. 34)	II-III	—	2	—	Z,N,0	Spontane Meldung, schwache Erschütterung, bemerkt in obern Stockwerken
	Juni 4.	19.00	Olten	—	—	1	—	—	Zittern einer Antenne, Ursache unbekannt
16	" 9.	17.07	Cortailod-Bevaix (Neuchâtel), (vergl. Tabelle II, Nr. 38)	IV-V	—	3	3	N,Z	Stellenweise, starker Stoss
	" 14.	14.25	Zürich?	III	—	1	—	—	Stoss beobachtet von einer ruhenden Person, zittern von Pflanzen und Bildern
17	August 3.	4.03	Neuhausen (lokal)	III	—	1	—	—	Zirka 3 Sek. dauernde Erschütterung, von mehreren Personen gut beobachtet
18	" 5.	21.36	Kaiserstuhl Kt. Obwalden, Giswil, Lungern (vergl. Tabelle II, Nr. 49)	—	5	3	—	Z,C	Dumpfe Detonation aus dem Erdinnern
	" 14.	13.22	Zürich, Scheuchzerstrasse	III	—	1	—	—	Schwaches Zittern des ganzen Hauses
19	" 25.	9.00	Rorschach (Bodensee)	III-IV	—	1	—	—	Von vielen ein Erdstoss verspürt. Rauschen, Erschütterung auch im Erdgeschoss wahrgenommen.
20	Okt. 8.	0.30	Herd Lechtal, in der Schweiz verspürt St. Gallen, Thurgau V, Schaffhausen, Zürich, Schwyz III-IV, westl. Grenze der Wahrnehmung: Biel, Langnau (Bern), Göschenen, Locarno (vergl. Tabelle II, Nr. 60)	V	170	260	40	Z,N,0	Stellenweise recht starke Erschütterung, besonders im St. Gallischen Rheintal (vergl. E. Kraus: Die Bewegung des Erdbebens am 8. Oktober 1930 im süddeutschen Bau)
21	" 8.	1.30	Nachstoss zu Nr. 20, verspürt in Erlen (vergl. Tabelle 2, Nr. 61)	III	—	1	—	Z,N,0	Schwache Erschütterung
22	" 15.	23.19	Kandern Schwarzwald, in der Schweiz verspürt in: Unterhallau III, Schleithelm IV, Bülach III, Obfelden III, Zofingen III, Schaffhausen III (vergl. Tabelle II, Nr. 63)	III-IV	—	6	—	Z,N,0	Schwächere Erschütterung
23	" 31.	16.06	Kaiserstuhl V, Reckingen III, Baldingen IV (vergl. Tabelle II, Nr. 74)	III-V	10	6	3	Z,N,0	Lokales Beben, stellenweise starke Stösse, Umwerfen von Gegenständen
	Nov. 9.	23.30	Linthal (Glarus)	III	—	—	2	—	Starkes Rumpeln am Kilchenstock, Zittern in Linthal bemerkt von mehreren Personen

Tabelle I (Schluss).

Nr.	Datum	M.-E. Zeit 0-24 h	Epizentralgebiet (gesperrt gedruckt) und erschütterte Gebiete	Grad Forel-Rossi	Grösste Ausdehnung	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in	Bemerkungen über Charakter, Zahl der Stösse und Wirkungen
	1930	h m							
	Nov. 2.	22.00	Wädenswil	II	—	1	—	—	12000 m ³ i. d. See abgestürzt, zittern der Umgebung
	" 18.	3.10	Grenchen	II-III	—	1	—	—	Schwacher Stoss
	" 19.	1.30	Olivons	III	—	1	—	—	Von mehreren Personen eine schwache Erschütterung wahrgenommen
	" 19.	8.30	Zürich-Enge	—	—	—	—	—	Zittern des ganzen Hauses, bemerkt von einer Person
	" 19.	17.12	Weinfelden	III	—	1	—	—	2 oder 3 Stösse aus dem Erdinnern, wellenförmige Bewegung, bemerkt von einer Person
	" 23.	22.30	Zürich	II	—	1	—	—	Erdstoss
	" 25.	9.41	Siebnen	II-III	—	1	—	—	Leichtes Vibrieren der Türen
24	Dez. 22.	20.56	Boudry-Cortailod (vergl. Tab. II, Nr. 86)	IV	—	2	—	N	Stoss W-E von vielen verspürt

Bemerkung: Vom 18. bis 23. November herrschte in der ganzen Schweiz ein stürmischer Wind, der wahrscheinlich die gemeldeten Erschütterungen verursacht hat.

Tabelle II. In der Schweiz 1930 registrierte Nahebeben.

Mittlere Zeit Greenwich; { Erdbebenwarte Zürich; H = 604 m; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassesandstein
Länge: 8° 34' 49.5" E; und Mergel, wechsellagernd.
Erdbebenstation Chur; H = 630 m; Breite: 46° 50' 59.5" N; Untergrund: Bündnerschiefer
Länge: 9° 32' 12.1" E; der penninischen Decke.
Observatoire Neuchâtel; H = 487; Breite: 46° 59' 50.6" N; Untergrund: Gewachsener
Länge: 6° 57' 26.2" E; Kalkfels.

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Max. Ampli- tude	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen	
						Wo nichts weiteres bemerkt ist, beziehen sich die Ablesungen auf die Apparate Quervain-Piccard der drei Stationen.	
1930			km	μ	Min.		
1	Jan. 5.	Z	9	5.9	0.5	iP̄ 11 ^h 56 ^m 27.9 ^s , iS̄ 11 ^h 56 ^m 29.1 ^s .	} Herd bei Zürich (vergl. Tab. I, Nr. 1)
		N	114	0.1	0.5	eP̄ 11 ^h 56 ^m 48.4 ^s , eS̄ 11 ^h 57 ^m 04.0 ^s , sehr schwach	
2	" 5.	N	200?	0.6	2.5	ePn 12 ^h 12 ^m 50.3 ^s , eP̄ 12 ^h 12 ^m 59.4 ^s , eS̄ 12 ^h 13 ^m 31.1 ^s	} Herd unbekannt
		Ch	400	—	2.0	ePn 12 ^h 12 ^m 56.2 ^s , iS̄ 12 ^h 13 ^m 47.0 ^s	
		Z	—	1.0	2.0	eP̄ 12 ^h 13 ^m 01.8 ^s	
3	" 6.	Z	—	<0.1	0.2	iP̄ 1 ^h 3 ^m 39.9 ^s , i 1 ^h 3 ^m 41.8 ^s	
		N	67	<0.1	0.3	eP̄ 1 ^h 4 ^m 00.4 ^s , eS̄ 1 ^h 4 ^m 09.1 ^s	
4	" 6.	Z	96	2.0	2.0	iP̄ 13 ^h 43 ^m 54.1 ^s , iS̄ 13 ^h 44 ^m 6.5 ^s	} Herd Schwäbische Alb nach Stuttgart S-E Ende des Hohenzollerngrabens.
		N	194	0.2	0.6	eP̄ 13 ^h 44 ^m 11.0 ^s , eS̄ 13 ^h 44 ^m 35.3 ^s	
5	" 7.	Z	—	0.1	0.5	e 0 ^h 23 ^m 46.2 ^s	
6	" 9.	Ch	54	—	<1.0	eP̄ 5 ^h 38 ^m 52.3 ^s , S̄ Min.-Lücke 5 ^h 39 ^m 00 ^s	} Herd in der Gegend des Ofenpasses (vergl. Tab. I, Nr. 2)
		Z	?	1.0	0.6	eP? 5 ^h 39 ^m 13.0 ^s , S̄ 5 ^h 39 ^m 27 ^s	
		N	260	0.1	0.6	eP̄ 5 ^h 39 ^m 27.0 ^s , eS̄ 5 ^h 39 ^m 59.1 ^s	
7	" 9.	N	680	20.0	9.0	ePn 19 ^h 39 ^m 59.9 ^s , eP̄ 19 ^h 40 ^m 33 ^s , eSn 19 ^h 41 ^m 11.7 ^s , eS̄ 19 ^h 41 ^m 37.1 ^s	
		Z	—	20.0	9.0	ePn 19 ^h 40 ^m 13.9 ^s , S̄ 19 ^h 42 ^m 23.3 ^s	
		Ch	—	—	5.0	eP? 19 ^h 40 ^m 24.0 ^s , e 19 ^h 43 ^m 01 ^s	
						Nach Strasbourg: Herd in der Bretagne.	

Tabelle II (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Max. Ampli- tude	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	μ	Min.	
8	Jan. 10.	Ch	266	—	3.0	eP 21 ^h 53 ^m 53.8 ^s , eS 21 ^h 54 ^m 27.4 ^s
		Z	340	4.0	3.0	ePn 21 ^h 54 ^m 2.4 ^s , eS 21 ^h 54 ^m 52.7 ^s
		N	440	2.0	3.0	ePn 21 ^h 54 ^m 16.6, eS 21 ^h 55 ^m 24.6 ^s
9	" 12.	Ch	680	—	5.0	ePn 12 ^h 49 ^m 50.2 ^s , iS 12 ^h 51 ^m 40 ^s
		Z	—	—	—	eP 12 ^h 49 ^m 32.0 ^s , durch starke Mikroseismen gestört.
10	" 14.	N	72	0.1	0.3	eP 21 ^h 32 ^m 35.3 ^s , eS 21 ^h 32 ^m 44.8 ^s
		Z	—	—	0.2	Ganz schwache Registrierung.
11	" 14.	Z	—	3.0	1.0	iP 21 ^h 47 ^m 21.8 ^s , iS 21 ^h 47 ^m 28.9 ^s
		N	72	2.6	1.0	iP 21 ^h 47 ^m 26.7 ^s , iS 21 ^h 47 ^m 36.7 ^s Seismoskop Basel 18 ^h 43 ^m 42.3 ^s .
12	" 18.	N	95	0.3	0.5	eP 23 ^h 18 ^m 59.4 ^s , iS 23 ^h 19 ^m 11.7 ^s
		Z	—	0.1	0.5	e 23 ^h 19 ^m 18.8 ^s
13	" 22.	N	330	0.2	2.0	ePn 20 ^h 45 ^m 43.0 ^s , eP 20 ^h 45 ^m 55.3 ^s , eSn 20 ^h 46 ^m 23.6 ^s Herd Unteres Lahntal, Deutschland.
14	" 31.	Z	58	4.0	1.0	iP 19 ^h 54 ^m 43.1 ^s , iS 19 ^h 54 ^m 50.3 ^s
		N	120	1.0	0.8	eP 19 ^h 54 ^m 50.1 ^s , eS 19 ^h 55 ^m 5.1 ^s
		Ch	—	—	—	e 19 ^h 55 ^m 15.5 ^s
15	Febr. 25.	Ch	340	—	4.0	ePn 13 ^h 36 ^m 40.1 ^s , iP 13 ^h 36 ^m 47.5 ^s , iS 13 ^h 37 ^m 31 ^s
		Z	440—460	8.0	4.0	ePn 13 ^h 36 ^m 50.4 ^s , iP 13 ^h 37 ^m 3.3 ^s , iS 13 ^h 37 ^m 54.6 ^s
		N	460	2.0	4.0	ePn 13 ^h 37 ^m 03.3 ^s , iP 13 ^h 37 ^m 20.6 ^s , eSn 13 ^h 37 ^m 57.6 ^s
16	März 5.	N	—	0.9	4.0	ePn 5 ^h 15 ^m 21.5 ^s , e 5 ^h 16 ^m 58.4 ^s
		Ch	—	—	—	eP? 5 ^h 15 ^m 0.0 ^s
17	" 5.	Ch	890	—	8.0	ePn 23 ^h 57 ^m 10.4 ^s , iSn 23 ^h 58 ^m 50 ^s
		Z	—	7.0	8.0	iP 23 ^h 57 ^m 16.1 ^s , e 23 ^h 58 ^m 28 ^s
		N	—	6.0	8.0	ePn 23 ^h 57 ^m 32.4 ^s , e ₁ 23 ^h 58 ^m 9.7 ^s , e ₂ 23 ^h 59 ^m 2.5 ^s , e ₃ 23 ^h 59 ^m 47.5 ^s
18	" 8.	N	80?	<0.1	0.4	eP 12 ^h 37 ^m 12.5 ^s , eS 12 ^h 37 ^m 22.8 ^s
19	" 10.	Z	—	1.0	2.0	eP 20 ^h 37 ^m 28.7 ^s
		N	—	—	3.0	eP 20 ^h 37 ^m 29.9 ^s
20	April 7.	Ch	500	—	4.0	eP 18 ^h 18 ^m 26.0 ^s , iS 18 ^h 19 ^m 20.0 ^s
		Z	590	2.0	4.0	eP 18 ^h 18 ^m 34.4 ^s , eS 18 ^h 19 ^m 39.2 ^s
		N	—	0.7	4.0	eP 18 ^h 18 ^m 41.9 ^s
21	" 23.	Ch	—	—	1.0	e 23 ^h 01 ^m 30.0 ^s
22	" 26.	N	—	<0.5	—	e 15 ^h 56 ^m 24 ^s
		Z	—	0.1	—	e 15 ^h 58 ^m
23	" 27.	Z	—	—	1.0	e 1 ^h 50 ^m Herd vermutlich Italien.
24	Mai 14.	Ch	240	—	5.0	eP 0 ^h 1 ^m 47.4 ^s , eS? 0 ^h 2 ^m 17 ^s
		Z	320	20.0	5.0	ePn 0 ^h 1 ^m 56.9 ^s , eP 0 ^h 2 ^m 3.2 ^s , eSn 0 ^h 2 ^m 31.1 ^s , Mainka
		N	360	8.3	7.0	ePn 0 ^h 2 ^m 10.6 ^s , eP 00 ^h 2 ^m 20.3 ^s , eSn 0 ^h 2 ^m 52.6 ^s , eS 0 ^h 3 ^m 9.5 ^s Azimut 110° Herd Italien, nach Rom Cadore. Grad VI.
25	" 18.	Ch	270	—	2.0	ePn 4 ^h 14 ^m 38.3 ^s , iP 4 ^h 14 ^m 42.5 ^s , eSn 4 ^h 15 ^m 16 ^s
		Z	—?	3.0	2.0	iPn 4 ^h 14 ^m 42.8 ^s , iP 4 ^h 14 ^m 53.3 ^s , iSn 4 ^h 15 ^m 19.4 ^s
		N	460	0.9	3.0	iPn 4 ^h 14 ^m 58.8 ^s , eP 4 ^h 15 ^m 14.2 ^s , iSn 4 ^h 15 ^m 46 ^s
26	" 20.	Ch	55	—	1.0	iP 7 ^h 25 ^m 36.5 ^s , iS 7 ^h 25 ^m 44.4 ^s
		Z	—	1.0	2.0	e 7 ^h 26 ^m 09.7 ^s

Tabelle II (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Max. Ampli- tude	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	μ	Min.	
27	Mai 21.	Ch	380	—	5.0	eP 8 ^h 10 ^m 00.0 ^s , eS 8 ^h 10 ^m 58.0 ^s } Herd Italien, nach Rom in Umbrien verspürt.
		Z	—	1.5	5.0	eP? 8 ^h 10 ^m 14.0 ^s }
		N	—	0.6	4.0	eP 8 ^h 10 ^m 21.2 ^s , e 8 ^h 11 ^m 28.4 ^s }
28	, 21.	Z	—	—	—	e 13 ^h 24 ^m
29	, 22.	Z	155	1.0	0.3	iP 4 ^h 57 ^m 04.0 ^s , iS 4 ^h 57 ^m 23.0 ^s } Herd Wallis bei Sitten (vergl. Tab. I, Nr. 9).
		Ch	—	1.0	0.5	e 4 ^h 57 ^m 29.0 ^s }
30	, 22.	N	92	1.5	0.7	eP 19 ^h 34 ^m 19.6 ^s , eP 19 ^h 34 ^m 22.4 ^s , eS 1 ^h 34 ^m 34.9 ^s } Herd bei Sitten wie Nr. 29 (vergl. Tab. I, Nr. 10).
		Z	165	1.2	1.0	eP 19 ^h 34 ^m 30.7 ^s , eS 19 ^h 34 ^m 51.9 ^s }
		Ch	—	—	<1.0	e 19 ^h 34 ^m 50.0 ^s }
31	, 24.	N	31	3.8	2.0	eP 15 ^h 17 ^m 43.1 ^s , eS 15 ^h 17 ^m 46.9 ^s Azimut 100° } Herd nach diesen drei Stationen Kt. Freiburg, südlich Neuenegg (nicht erspürt).
		Z	117	2.0	2.0	eP 15 ^h 17 ^m 58.1 ^s , eS 15 ^h 18 ^m 13.0 ^s }
		Ch	167	—	1.0	eP 15 ^h 18 ^m 9.5 ^s , iS 15 ^h 18 ^m 30.6 ^s }
32	, 24.	Ch	235	—	6.0	eP 22 ^h 02 ^m 41.6 ^s , iS 22 ^h 03 ^m 13.4 ^s , } Herd Norditalien, nach Rom erspürt im Apennin, südlich Modena.
		Z	370	40.0	10.0	ePn 22 ^h 02 ^m 50.7 ^s , eP 22 ^h 02 ^m 59.6 ^s , iSn 22 ^h 03 ^m 33.0 ^s }
		N	420	19.2	15.0	ePn 22 ^h 02 ^m 54.4 ^s , eP 22 ^h 02 ^m 7.8 ^s , eSn 22 ^h 03 ^m 43.4 ^s }
						Distanz von Chur 270, von Zürich 380 und von Neuchâtel 421 km.
33	, 26.	N	80	1.0	0.5	eP 1 ^h 51 ^m 24.9 ^s , eS 1 ^h 51 ^m 32.0 ^s Phasen sehr schwach.
		Z	153	1.0	1.0	iP 1 ^h 50 ^m 36.1 ^s , eS 1 ^h 50 ^m 56.9 ^s
34	, 31.	Z	47	10.0	0.5	iP 15 ^h 15 ^m 0.4 ^s , iS 15 ^h 15 ^m 6.4 ^s Emergenzwinkel zirka 70°, Azimut 230°
		N	88	1.0	1.1	eP 15 ^h 15 ^m 6.0 ^s , eS 15 ^h 15 ^m 17.5 ^s , e 15 ^h 15 ^m 15.8 ^s
		Ch	110	—	1.0	iP 15 ^h 15 ^m 12.5 ^s , eS 15 ^h 15 ^m 26.6 ^s
						Epizentraldistanzen zu kurz. Herd nach Zürich, westlich von Zürich (Tab. II, Nr. 15).
35	Juni 2.	N	—	0.9	4.0	eP 1 ^h 54 ^m 8.5 ^s Herd nach Toledo Südspanien.
36	, 5.	Ch	60	—	1.0	iP 12 ^h 28 ^m 29.4 ^s iS 12 ^h 28 ^m 37.4 ^s } Herd vermutlich Engadin.
		Z	—	0.2	0.5	i 12 ^h 28 ^m 44.1 ^s }
37	, 9.	Ch	600	—	5.0	ePn 4 ^h 42 ^m 56.2 ^s , eSn 4 ^h 44 ^m 08.0 ^s } Herd nach Zagreb Dalmatien, in Spalato verspürt.
		Z	—	4.0	6.0	ePn 4 ^h 43 ^m 05.0 ^s }
		N	720	1.2	6.0	ePn 4 ^h 43 ^m 15.8 ^s , eSn 4 ^h 44 ^m 37.5 ^s }
						Distanz von Chur 640, von Neuchâtel 800 km.
38	, 9.	N	12	29.4	2.0	iP 16 ^h 7 ^m 54.5 ^s , iS 16 ^h 7 ^m 56.1 ^s Azimut 220° } Herd bei Cortailod, Boudry (vergl. Tab. I, Nr. 16).
		Z	132	1.0	1.0	iP 16 ^h 8 ^m 17.6 ^s , iS 16 ^h 8 ^m 35.5 ^s }
39	, 21.	N	—	—	—	iP 9 ^h 13 ^m 23.9 ^s sehr schwach.
40	Juli 4.	N	180	0.2	2.0	ePn 21 ^h 5 ^m 51.8 ^s , eP 21 ^h 5 ^m 54.9 ^s , eS 21 ^h 6 ^m 13.0 ^s Distanz aus P-Pn 222 km
		Z	—	0.5	2.0	eP 21 ^h 5 ^m 6.4 ^s
		Ch	250	—	1.0	eP 21 ^h 6 ^m 8.5 ^s , eSn 21 ^h 6 ^m 44.0 ^s
						Herd Westalpen, Gegend von Susa-Modane.
41	, 4.	N	170	10.3	5.0	ePn 21 ^h 7 ^m 13.2 ^s , eP 20 ^h 7 ^m , 16.1 ^s , eS 21 ^h 7 ^m , 35.3 ^s } Nachstoss zu Nr. 40.
		Z	?	9.0	4.0	eP 21 ^h 7 ^m 29.8 ^s }
		Ch	250	—	4.0	ePn 21 ^h 7 ^m 30.1 ^s , iP 21 ^h 7 ^m 33.7 ^s , eS 21 ^h 8 ^m 05.0 ^s }
42	, 6.	N	175	1.4	2.5	ePn 0 ^h 12 ^m 38.7 ^s , eP 0 ^h 12 ^m 41.5 ^s , eS 0 ^h 13 ^m 4.0 ^s } Herd wie Nr. 40?
		Z	280	0.5	2.0	ePn 0 ^h 12 ^m 50.2 ^s , eP 0 ^h 02 ^m 54.9 ^s , eS 0 ^h 13 ^m 29.6 ^s }
		Ch	—	—	2.0	eP 0 ^h 12 ^m 58.3 ^s }
43	, 10.	Ch	—	—	1.0	eP 3 ^h 29 ^m 37.4 ^s , e Min.-Lücke 30 ^m 06 ^s .

Tabelle II (Fortsetzung)

Nr.	Datum	Station	Epizentral-Entfernung nach S-P	Max. Amplitude	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	μ	Min.	
44	Juli 10.	Ch	430	—	3.0	eP 13 ^h 02 ^m 25.6 ^s , eS 13 ^h 03 ^m 31 ^s } Nach Zagreb Herd kroatische Küstengegenden.
		Z	—	2.0	4.0	eP 13 ^h 02 ^m 35.9 ^s
45	, 18.	Z	95	1.0	1.0	eP 16 ^h 40 ^m 43.7 ^s , eS 16 ^h 40 ^m 56.0 ^s Herd nach Stuttgart schwäb. Alb, verspürt in Hechingen mit Grad III-IV.
46	, 22.	N	160	0.7	1.0	ePn 9 ^h 29 ^m 11.3 ^s , eP 9 ^h 29 ^m 12.4 ^s , eS 9 ^h 29 ^m 32.8 ^s } Herd Norditalien.
		Z	200	1.0	1.0	ePn 9 ^h 29 ^m 15.9 ^s , eP 9 ^h 29 ^m 18.9 ^s , eS 9 ^h 29 ^m 41.2 ^s
47	, 23.	Ch	760	—	60	iP 0 ^h 10 ^m 24.4 ^s , eS 0 ^h 11 ^m 49.0 ^s } Katastrophe in Melfi Benevento.
		Z	910	—	60	iP 0 ^h 10 ^m 34.7 ^s , eS 0 ^h 12 ^m 17.0 ^s
		N	1100	—	60	eP 0 ^h 10 ^m 40.4 ^s , eS 0 ^h 12 ^m 33.0 ^s
48	Aug. 4.	Ch	440	—	3.0	eP? 15 ^h 3 ^m 35.1 ^s , eSn 15 ^h 4 ^m 27 ^s } Herd Italien.
		Z	—	1.0	4.0	eP 15 ^h 3 ^m 46.9 ^s
49	, 5.	Z	—	0.2	0.3	eP 20 ^h 35 ^m 54.7 ^s , i 20 ^h 35 ^m 59.5 ^s } Herd Kt. Obwalden (vergl. Tab. I, Nr. 18).
		N	—	0.1	0.4	e ₁ 20 ^h 36 ^m 4.6 ^s , e ₂ 20 ^h 36 ^m 6.1 ^s sehr schwach
		Ch	—	—	—	iS 20 ^h 36 ^m 8.4 ^s
50	, 18.	Ch	—	—	0.5	eP 15 ^h 12 ^m 26.0 ^s
51	, 29.	Ch	23	—	0.2	eP 21 ^h 17 ^m 5.9 ^s , iS 21 ^h 17 ^m 8.7 ^s
		Z	—	—	0.2	e 21 ^h 17 ^m 38.7 ^s
52	Sept. 5.	Z	330	1.0	1.0	eP 22 ^h 36 ^m 53.7 ^s , eS? 22 ^h 37 ^m 43.1 ^s Herd Friaul.
53	, 7.	Ch	63	—	0.5	eP 13 ^h 24 ^m 45.0 ^s , iS 12 ^h 24 ^m 54.0 ^s } Nicht verspürt. Herd Reussthal bei Amsteg oder Bodenseegegend.
		Z	67	2.0	0.5	iP 13 ^h 24 ^m 40.3 ^s , iS 13 ^h 24 ^m 48.7 ^s
54	, 13.	Ch	—	—	2.0	eP Min.-Lücke 23 ^h 37 ^m 07.5 ^s } Möglicherweise von Fernbeben?
55	, 14.	Ch	—	—	2.0	P 3 ^h 21 ^m 00.0 ^s
56	, 19.	Z	38	0.9	0.5	iP 17 ^h 29 ^m 52.3 ^s , iS 17 ^h 29 ^m 58.0 ^s , Daten widersprechen sich.
		N	100	0.1	0.4	iP 17 ^h 30 ^m 14.9 ^s , iS 17 ^h 30 ^m 28.3 ^s
57	, 25.	Ch	—	—	6.0	eP 4 ^h 04 ^m 25.8 ^s , e 05 ^m 06 ^s
58	, 25.	Ch	—	—	2.0	eP 21 ^h 43 ^m 04.4 ^s
59	, 29.	Ch	220	—	1.0	iP 21 ^h 45 ^m 06.0 ^s , iS 21 ^h 45 ^m 32 ^s
		Z	—	0.2	1.0	e 21 ^h 45 ^m sehr schwach.
60	Okt. 7.	Ch	110	—	—	iP 23 ^h 27 ^m 25.1 ^s , iS 23 ^h 27 ^m 40.5 ^s
		Z	160	100	—	i 23 ^h 27 ^m 35.3 ^s , iP 23 ^h 27 ^m 36.7 ^s , iS 23 ^h 27 ^m 56.9 ^s
		N	260	52.0	10.0	ePn 23 ^h 27 ^m 50.3 ^s , iP 23 ^h 27 ^m 56.3 ^s , eSn 23 ^h 28 ^m 22.7 ^s , eS 28 ^m 31.5 ^s Herd in der Gegend von Namlos, Tirol (vergl. Tab. I, Nr. 20).
61	, 8.	Ch	110	—	2.0	iP 0 ^h 29 ^m 00.1 ^s , iS 0 ^h 29 ^m 14.4 ^s
		Z	160	3.5	2.0	iP 0 ^h 29 ^m 6.9 ^s , iS 0 ^h 29 ^m 28.4 ^s
		N	260	2.0	2.0	ePn 0 ^h 29 ^m 22.0 ^s , eP 0 ^h 29 ^m 28.1 ^s , eSn 0 ^h 29 ^m 54.1 ^s , eS 0 ^h 30 ^m 00.8 ^s Nachstoss zu Nr. 61 (vergl. Tab. I, Nr. 21).
62	, 9.	Z	—	1.0	3.0	e 4 ^h 30 ^m 00.0 ^s Herd Italien.
63	, 15.	Z	80	16.0	2.0	iP 22 ^h 19 ^m 16.2 ^s , iS 22 ^h 19 ^m 26.2 ^s Azimut 300°
		N	88	8.1	1.5	iP 22 ^h 19 ^m 17.4 ^s , iS 22 ^h 19 ^m 29.0 ^s Azimut 30°
		Ch	172	—	3.0	iP 22 ^h 19 ^m 31.3 ^s , iS 22 ^h 19 ^m 53.0 ^s , ePn 22 ^h 19 ^m 29.2 ^s Herd nach diesen Stationen Gegend von Kandern im südl. Schwarzwald (vergl. Tab. I, Nr. 22).
64	, 12.	Ch	240	—	2.0	eP 3 ^h 09 ^m 41.6 ^s , iS 3 ^h 10 ^m 15.0 ^s
		Z	—	1.3	2.0	e ₁ 3 ^h 09 ^m 50.6 ^s , e ₂ 3 ^h 10 ^m 54.3 ^s
		N	410	0.3	2.0	ePn 3 ^h 10 ^m 5.4 ^s , eP 3 ^h 10 ^m 18.0 ^s , eSn 3 ^h 10 ^m 53.9 ^s } Herd Norditalien.

Tabelle II (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Max. Ampli- tude	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	μ	Min.	
65	Okt. 23.	Ch	—	—	1.0	eP 19 ^h 55 ^m 46.6 ^s
66	„ 23.	Ch	220	—	2.0	eP 21 ^h 38 ^m 38.2 ^s , eS? 21 ^h 39 ^m 10.0 ^s
		Z	—	0.1	2.0	e 21 ^h 38 ^m 50.0 ^s
		N	480	0.5	4.0	ePn 21 ^h 38 ^m 57.8 ^s , eP̄ 21 ^h 39 ^m 12.6 ^s , eSn 21 ^h 39 ^m 38.9 ^s
						} Herd südl. Bologna, in Bologna mit Grad III verspürt.
67	„ 24.	Ch	280	—	12.0	ePn 0 ^h 52 ^m 09.6 ^s , eS 0 ^h 52 ^m 51.0 ^s
		Z	360	20.0	6.0	ePn 0 ^h 52 ^m 19.2 ^s , eP̄ 0 ^h 52 ^m 33.2 ^s , eSn 0 ^h 53 ^m 13.9 ^s
		N	430	10.8	6.0	ePn 0 ^h 52 ^m 25.3 ^s , eP̄ 0 ^h 52 ^m 39.4 ^s , eSn 0 ^h 53 ^m 12.6 ^s
						} Herd wie Nr. 66.
68	„ 24.	Ch	—	—	1.0	eP 1 ^h 5 ^m 26.0 Herd wie Nr. 66.
69	„ 26.	Ch	—	—	4.0	eP 2 ^h 52 ^m 30.2 ^s Herd Apennin, südl. Modena.
70	„ 26.	Ch	—	—	8.0	eP 7 ^h 14 ^m 45.4 ^s
		Z	—	20.0	6.0	eP? 7 ^h 15 ^m 0.4 ^s , e ₁ 7 ^h 15 ^m 7.9 ^s , e ₂ 7 ^h 15 ^m 37.0 ^s
		N	390	14.3	7.0	ePn 7 ^h 15 ^m 1.0 ^s , eP 7 ^h 15 ^m 13.9 ^s , eSn 7 ^h 15 ^m 45.7 ^s , e 7 ^h 16 ^m 41 ^s Azimut 135°
						} Herd wie Nr. 69.
71	„ 26.	Ch	—	—	8.0	eP 7 ^h 31 ^m 17.7 ^s
		Z	—	20.0	8.0	iPn 7 ^h 31 ^m 21.1 ^s , e ₁ 7 ^h 31 ^m 41.0 ^s , e ₂ 7 ^h 32 ^m 07.2 ^s
		N	360	15.7	8.0	iPn 7 ^h 31 ^m 34.0 ^s , eP̄ 7 ^h 31 ^m 48.5 ^s , eSn 7 ^h 32 ^m 17.0 ^s Azimut 135°
						} Herd wie Nr. 69.
72	„ 30.	Ch	—	—	30.0	eP 7 ^h 13 ^m 56.9 ^s , i 7 ^h 15 ^m 24 ^s
		Z	560	—	30.0	eP 7 ^h 14 ^m 17.3 ^s , eSn 7 ^h 15 ^m 21 ^s
		N	670	37.7	30.0	ePn 7 ^h 14 ^m 25.9 ^s , eP̄ 7 ^h 14 ^m 54.0 ^s , e ₁ 7 ^h 15 ^m 25.4 ^s , e ₂ 7 ^h 15 ^m 48.7 ^s Azimut 135°
						Herd in den Marken Italien, besonders zerstörend in Senigallia.
73	„ 30.	Ch	—	—	8.0	eP 8 ^h 13 ^m 37.3 ^s , e 8 ^h 15 ^m 54 ^s
		Z	—	4.0	6.0	eP 8 ^h 13 ^m 45.4 ^s
		N	690	1.2	9.0	ePn 8 ^h 13 ^m 55.8 ^s , eP̄ 8 ^h 14 ^m 24.5 ^s , e ₁ 8 ^h 14 ^m 25.5 ^s , e ₂ 8 ^h 15 ^m 22.7 ^s Azimut 135°
						Nachstoss zu Nr. 72, weitere Nachstösse schwach registriert um e 10 ^h 38 ^m , e 10 ^h 39 ^m , e 12 ^h 14 ^m , e 15 ^h 14 ^m , e 15 ^h 33 ^m , e 15 ^h 36 ^m , e 23 ^h 59 ^m , e 9 ^h 55 ^m (Neuchâtel).
74	„ 31.	Z	31	1.5	1.0	eP̄ 15 ^h 5 ^m 32.3 ^s , eS 15 ^h 5 ^m 36.2 ^s
		Ch	—	—	—	eP 15 ^h 5 ^m 5.5 ^s
						} Herd Kaiserstuhl Baldingen Kt. Aargau (vergl. Tab. I, Nr. 23).
75	„ 31.	Z	—	0.5	2.0	e 15 ^h 59 ^m 30 ^s nach dem Seismogrammhabitus Nachstoss zu Nr. 74.
76	„ 31.	Z	—	1.0	2.0	e 18 ^h 59 ^m 30 ^s
77	Nov. 1.	Ch	120	—	1.0	iP̄ 12 ^h 16 ^m 27.5 ^s , iS 12 ^h 10 ^m 43 ^s
		Z	138	0.5	1.0	eP̄ 12 ^h 16 ^m 36.6 ^s , eS 12 ^h 16 ^m 54.3 ^s
78	„ 1.-3.	Ch	—	—	—	Schwache Nachstösse zu Nr. 72, mehr oder weniger deutlich an den drei Stationen registriert.
		Z	—	—	—	Nov. 1. e 8 ^h 44 ^m , e 8 ^h 51 ^m , e 9 ^h 42 ^m , e 9 ^h 52 ^m , e 10 ^h 20 ^m , e 22 ^h 11 ^m . Nov. 2. e 1 ^h 29 ^m , e 3 ^h 22 ^m , e 5 ^h 24 ^m , e 7 ^h 26 ^m , e 8 ^h 20 ^m , e 10 ^h 7 ^m , i 16 ^h 50 ^m , Nov. 3. eP 17 ^h 35 ^m .
		N	—	—	—	
79	„ 11.	N	610	0.4	5.0	ePn 19 ^h 27 ^m 52.4 ^s , eP̄ 19 ^h 28 ^m 18.3 ^s , eSn 19 ^h 29 ^m 31 ^s
		Z	—	0.6	3.0	e 18 ^h 27 ^m 31 ^s
						} Herd in Jersey, England.
80	„ 12.	Ch	—	—	4.0	eP 6 ^h 7 ^m 40.5 ^s
		N	370	0.8	4.0	ePn 6 ^h 7 ^m 56.7 ^s , eP̄ 6 ^h 8 ^m 10.9 ^s , eSn 6 ^h 8 ^m 41.6 ^s
		Z	—	2.0	3.0	eP 6 ^h 8 ^m 1.5 ^s , e 6 ^h 10 ^m 00.0 ^s
						} Herd Apennin, südl. Bologna.
81	„ 16.	N	650	1.0	5.0	ePn 15 ^h 53 ^m 8.3 ^s , eP̄ 15 ^h 53 ^m 34.9 ^s , e ₁ 15 ^h 54 ^m 12.7 ^s , e ₂ 15 ^h 54 ^m 54.4 ^s
		Z	—	—	4.0	eP 15 ^h 53 ^m 57 ^s
82	„ 20.	Ch	—	—	10.0	eP 6 ^h 57 ^m 11.1 ^s
		Z	—	1.0	3.0	e 6 ^h 57 ^m 20.0 ^s
		N	500	0.1	—	eP 6 ^h 57 ^m 28.2 ^s , eS 6 ^h 58 ^m 26.0 ^s
						} Herd Marken Italien, Pesaro, Grad V.
83	„ 24.	Ch	240	—	2.0	eP 19 ^h 43 ^m 49.5 ^s , eS 19 ^h 44 ^m 19.0 ^s
		Z	320	1.0	2.0	eP 19 ^h 43 ^m 57.4 ^s , eS 19 ^h 44 ^m 43.6 ^s
		N	—	0.3	2.0	eP 19 ^h 44 ^m 12.0 ^s , eS 19 ^h 44 ^m 57.0 ^s
						} Herd Friaul.
84	Dez. 16.	N	130	1.1	1.0	eP 18 ^h 52 ^m 10.4 ^s , eP̄ 18 ^h 52 ^m 12.4 ^s , e ₂ 18 ^h 52 ^m 25.8 ^s , e ₁ 18 ^h 52 ^m 29.1 ^s , Azimut 150°
		Z	170	0.6	1.0	eP 18 ^h 52 ^m 11.8 ^s , eS 18 ^h 52 ^m 33.7 ^s
						Herd im Wallis.
85	„ 22.	N	11	24.6	0.5	iP 19 ^h 56 ^m 23.3 ^s , iS 19 ^h 56 ^m 24.6 ^s , Azimut 220°
						Herd Boudry Cortaillod (vergl. Tab. I, Nr. 24).

Tabelle III. In der Schweiz 1930 registrierte Fernbeben.

Mittlere Zeit Greenwich.

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen	
					(Wo nichts weiteres bemerkt ist, beziehen sich die Ablesungen auf die Apparate Quervain-Piccard der drei Stationen.)	
	1930		km	Std.		
1	Jan. 5.	Z	—	0.1	eP 1 ^h 31 ^m 37.2 ^s	} Nach dem russischen Bulletin Herd 51.5° N, 152° E.
		Ch	—	0.1	eP 1 ^h 31 ^m 38.4 ^s	
		N	—	0.1	eP 1 ^h 31 ^m 39.7 ^s	
2	" 5.	Z	—	0.5	iP 19 ^h 4 ^m 35.6 ^s	} eS 19 ^h 14 ^m 47 ^s Herd nach russischem Bulletin 44° N, 148° E.
		Ch	9000	0.7	eP 19 ^h 4 ^m 36.6 ^s	
		N	—	0.5	iP 19 ^h 4 ^m 40.8 ^s	
3	" 9.	Z	—	0.1	eP 3 ^h 55 ^m 49.2 ^s	
4	" 14.	Z	—	0.1	e 22 ^h 20 ^m 54 ^s	} Herd nach russischem Bulletin 19° S, 185° E.
		N	—	0.1	e 22 ^h 21 ^m 03.1 ^s	
5	" 16.	N	—	0.1	eP 0 ^h 02 ^m 35.7 ^h	
6	" 21.	N	—	0.0	eP 0 ^h 00 ^m 13.6 ^s	
7	" 23.	N	—	0.0	eP 10 ^h 58 ^m 42.9 ^s , Herd Mittelmeer.	
8	Febr. 2.	N	8900	1.0	iP 15 ^h 08 ^m 17.6 ^s , eS 15 ^h 18 ^m 28 ^s , Herd nach ostasiatischen Stationen Aläuten, russisches Bulletin gibt 52° N, 182° E.	
9	" 5.	N	—	0.0	eP 0 ^h 42 ^m 13.9 ^s	
10	" 14.	Ch	1730	0.7	iP 18 ^h 41 ^m 50.4 ^s , iS 18 ^h 44 ^m 48.4 ^s	} Nach Strasbourg Herd 36° N, 25° E, 0 = 18 ^h 37 ^m 59 ^s
		Z	1790	0.6	iP 18 ^h 42 ^m 01.6 ^s , iS 18 ^h 45 ^m 05.6 ^s Azimut 120°	
		N	1910	0.7	eP 18 ^h 42 ^m 10.0 ^s , eS 18 ^h 45 ^m 06.6 ^s Azimut 130°	
11	" 23.	Ch	—	0.5	eP 18 ^h 22 ^m 06.2 ^s	} Nach Strasbourg Herd 38° N, 24.5° E 0 = 18 ^h 18 ^m 46 ^s
		Z	1750	0.5	eP 18 ^h 22 ^m 19.2 ^s , eS 18 ^h 25 ^m 18.6 ^s	
		N	1750	0.5	eP 18 ^h 22 ^m 27.9 ^s , eS? 18 ^h 26 ^m 27.5 ^s Azimut 90°	
12	" 24.	N	—	0.1	eP 21 ^h 08 ^m 55.4 ^s	} Nach Manila Herd 3° N, 118° E. 0 = 20 ^h 51 ^m 14 ^s
		Z	—	0.1	e 21 ^h 09 ^m 00 ^s	
		Ch	—	0.1	eP? 21 ^h 09 ^m 7.2 ^s	
13	" 27.	Ch	—	0.4	eP 2 ^h 27 ^m 39.6 ^s , ML 2 ^h 38 ^m 01 ^s	} Herd nach russischem Bulletin 5° N, 96° E.
		Z	—	0.1	eP 2 ^h 28 ^m 00 ^s	
14	" 28.	N	—	0.3	eP 1 ^h 7 ^m 21.1 ^s , eS?	
15	März 6.	Ch	2000	0.2	eP? 8 ^h 25 ^m 40.0 ^s , eS? 8 ^h 29 ^m 14 ^s	} Herd östl. Mittelmeer.
		Z	2000	0.2	eP 8 ^h 25 ^m 47.5 ^s , eS 8 ^h 29 ^m 21.5 ^s	
		N	2060	0.2	eP 8 ^h 25 ^m 54.3 ^s , eS 8 ^h 29 ^m 19.9 ^s	
16	" 6.	Ch	1860	0.2	eP 9 ^h 22 ^m 14.1 ^s , iS 9 ^h 25 ^m 25 ^s	} Herd wie Nr. 15
		Z	1930	0.2	eP 9 ^h 22 ^m 25.4 ^s , ePP 9 ^h 22 ^m 43 ^s , eS 9 ^h 25 ^m 41.7 ^s	
		N	1800	0.2	eP 9 ^h 22 ^m 32.2 ^s , eS? 9 ^h 25 ^m 35.7 ^s Azimut 120°	
17	" 6.	N	—	2.0	eP 15 ^h 52 ^m 51.2 ^s , e 15 ^h 55 ^m 10 ^s , ML 17 ^h 12 ^m	} Nach Wellington Herd 40° S, 180° E.
		Ch	—	0.2	eP 15 ^h 55 ^m 01.0 ^s	
		Z	—	1.0	e 15 ^h 56 ^m 59 ^s	
18	" 7.	N	2400	0.4	iP 6 ^h 45 ^m 39.7 ^s , eS? 6 ^h 49 ^m 33 ^s	} Herd Atlantischer Ozean, gespürt in Madeira, nach Toledo 35° N, 14° W.
		Ch	2420	0.4	eP 6 ^h 45 ^m 53.0 ^s , eS 6 ^h 50 ^m 00 ^s	
		Z	2450	0.4	iP 6 ^h 45 ^m 53.2 ^s , eS 6 ^h 50 ^m 02 ^s	
19	" 8.	N	—	0.1	eP 3 ^h 57 ^m 38.5 ^s	} Herd Zentralamerika, gespürt in Panama.
		Z	—	0.2	eP 3 ^h 57 ^m 45.7 ^s	
		Ch	—	0.1	eP 3 ^h 57 ^m 47.9 ^s , e 3 ^h 8 ^m 08 ^s	
20	" 10.	Z	7700	0.6	eP 16 ^h 38 ^m 20.3 ^s , ePP 16 ^h 40 ^m 33.3 ^s , eS 16 ^h 47 ^m 17.2 ^s	} Herd nach Manila 44° N, 147° E 0 = 16 ^h 27 ^m 20 ^s russ. Blt. 55° N, 138.5° E
		N	7740	0.6	eP 16 ^h 38 ^m 23.9 ^s , eS 16 ^h 47 ^m 23 ^s	
21	" 10.	N	—	—	eP 16 ^h 40 ^m 32.6 ^s	
22	" 10.	N	—	—	eP 20 ^h 37 ^m 29.8 ^s	
23	" 26.	Ch	—	1.0	eP 7 ^h 30 ^m 43.0 ^s , e 7 ^h 31 ^m 12.7 ^s	} Nach J. S. A. Herd 7.6° S, 124.5° E, 0 = 7 ^h 12 ^m 0.5 ^s , Manila gibt 8° S, 127° E, Distanz v. Zürich ca. 12000 km.
		N	8400	1.0	e 7 ^h 30 ^m 51.5 ^s , eS 7 ^h 41 ^m 36.6 ^s	
		Z	9700	1.0	eP? 7 ^h 30 ^m 46.4 ^s , eS? 7 ^h 39 ^m 36.1 ^s	

Tabelle III (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Min.	
24	März 31.	Ch Z N	1900 1580 1560	0.3 0.3 0.4	eP 12 ^h 36 ^m 46.5 ^s , eS 12 ^h 40 ^m 00.6 ^s eP 12 ^h 36 ^m 57.9 ^s , eS? 12 ^h 39 ^m 37.3 ^s eP 12 ^h 37 ^m 7.1 ^s , eS 12 ^h 39 ^m 49.6 ^s Azimut S-E Nach Strasbourg Herd 39.5° N, 23° E, 0 = 12 ^h 33 ^m 39 ^s , stark gespürt in Volo, Griechenland.
25	April 9.	N	—	—	eP 5 ^h 33 ^m 4.9 ^s
26	" 17.	Ch Z N	1500 1600 1770	0.4 0.3 0.4	eP 20 ^h 09 ^m 57.4 ^s , eS 20 ^h 12 ^m 34 ^s eP 20 ^h 10 ^m 03.1 ^s , eS 20 ^h 12 ^m 52.0 ^s Azimut 126° eP 20 ^h 10 ^m 12.6 ^s , iS 20 ^h 13 ^m 13.8 ^s Herd nach Strasbourg 37.5° N, 23.5° E, Griechenland.
27	" 20.	N Z	— —	0.1 0.1	eP 2 ^h 3 ^m 24.1 ^s eP 2 ^h 3 ^m 25.5 ^s
28	" 20.	Z N Ch	— — —	0.1 0.1 0.1	eP 16 ^h 41 ^m 38.1 ^s eP 16 ^h 41 ^m 39.7 ^s eP 16 ^h 41 ^m 40.0 ^s Herd nach Manila 16° S, 165° E.
29	" 21.	Z N	9200 —	0.2 0.1	eP 10 ^h 31 ^m 30.5 ^s , eS 10 ^h 41 ^m 51.0 ^s iP 10 ^h 31 ^m 34.7 ^s , ML 12 ^h 12 ^m Nach Manila Herd Kamtchatka, nach Kobe Herd Hokkaido.
30	" 22.	Z Ch N	9100 9080 9150	1.0 1.0 1.2	iP 22 ^h 01 ^m 13.0 ^s , eS 22 ^h 11 ^m 29.0 ^s iP 22 ^h 01 ^m 17.0 ^s , eS 22 ^h 11 ^m 40.4 ^s eP 22 ^h 01 ^m 14.4 ^s , eS 22 ^h 11 ^m 26 ^s Herd nach Strasbourg Kurilen, nach Kobe S-E der Kunaziri Insel.
31	" 23.	Ch	—	0.1	e 23 ^h 01 ^m 30.0 ^s
32	" 24.	Ch N	— —	0.1 0.1	e 00 ^h 35 ^m 51.0 ^s eP 00 ^h 35 ^m 59.5 ^s
33	" 25.	Z Ch	— 9100	0.1 0.1	eP 15 ^h 16 ^m 59.5 ^s eP 15 ^h 17 ^m 00.2 ^s , eS 15 ^h 27 ^m 15 ^s Nach russischem Bulletin Herd 35.5° N, 132° E.
34	" 26.	N	—	0.0	eP 15 ^h 56 ^m 23.8 ^s
35	" 26.	Z Ch N	9000 9040 8850	1.2 1.2 1.1	eP 16 ^h 30 ^m 29 ^s , eS 16 ^h 40 ^m 39.8 ^s eP 16 ^h 30 ^m 31.7 ^s , eS 16 ^h 40 ^m 46 ^s eP 16 ^h 30 ^m 31.8 ^s , eS 16 ^h 40 ^m 40.5 ^s Herd Aläuten nach U. S. G. G. S'. 50° N, 179.5° E, nach J. S. A. 50° N, 179.5° E.
36	" 27.	Z	—	0.0	eP 14 ^h 39 ^m 33.4 ^s Nach russischem Bulletin Indischer Ozean.
37	" 28.	Ch Z N	7870 — 7800	1.0 1.0 1.2	eP 18 ^h 45 ^m 56.6 ^s , eS 18 ^h 55 ^m 07 ^s eP 18 ^h 46 ^m 00.0 ^s eP 18 ^h 46 ^m 04.6 ^s , eS 18 ^h 55 ^m 23.2 ^s Herd Burma, nach Manila 26° N, 98° E, russisches Bulletin 25.5° N. 99.0 E.
38	" 30.	Ch Z N	— — —	0.1 0.1 0.1	eP 16 ^h 25 ^m 03.3 ^s eP 16 ^h 25 ^m 39.9 ^s eP 16 ^h 25 ^m 40.1 ^s Nach dem russischen Bulletin Herd 173° W, 19° S, Tonga Graben.
39	" 30.	Ch Z	— —	0.1 0.1	e 23 ^h 22 ^m 41.5 ^s e 23 ^h 23 ^m 6.0 ^s
40	Mai 1.	Z Ch N	— — —	1.2 1.0 1.5	eP 1 ^h 10 ^m 33.4 ^s eP 1 ^h 10 ^m 36.4 ^s eP 1 ^h 10 ^m 41.3 ^s , ML 2 ^h 45 ^m Herd Aläuten? oder Nord-Japan, nach Kobe 35.9 N, 141 E.
41	" 11.	Z N Ch	— — —	0.1 0.2 0.1	eP 6 ^h 21 ^m 11.3 ^s eP 6 ^h 21 ^m 15.3 ^s , ePP 6 ^h 24 ^m 33.5 ^s eP 6 ^h 21 ^m 15.5 ^s

Tabelle III (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Std.	
42	Mai 5.	Ch	8260	2.2	eP 13 ^h 57 ^m 39.5 ^s , eS 14 ^h 07 ^m 13.0 ^s
		Z	8360	2.0	eP 13 ^h 57 ^m 42.5 ^s , eS 14 ^h 07 ^m 20.7 ^s
		N	8400	2.0	eP 13 ^h 57 ^m 46.8 ^s , eS 14 ^h 07 ^m 35.5 ^s
					Herd Burma, zerstörend in Rangoon und Pegu. J. S. A. gibt 19° N, 96.5° E.
43	" 6.	Ch	3330	1.5	eP 22 ^h 40 ^m 5.8 ^s , eS? 22 ^h 45 ^m 11.8 ^s
		Z	3300	1.5	eP 22 ^h 40 ^m 13.1 ^s , eS 22 ^h 45 ^m 17.5 ^s Azimut 90°
		N	3270	1.5	eP 22 ^h 40 ^m 22.4 ^s , eS 22 ^h 45 ^m 16.0 ^s
					Herd westliches Persien.
44	" 6.	Z	—	0.1	iP 14 ^h 37 ^m 18 ^s
45	" 8.	N	—	0.0	eP 13 ^h 54 ^m 48.5 ^s
		Z	—	0.1	eP 13 ^h 54 ^m 47.1 ^s
46	" 8.	N	—	0.1	e 15 ^h 11 ^m 6.3 ^s
		Z	—	0.1	e 15 ^h 12 ^m 10.5 ^s
47	" 8.	Ch	3190	0.6	eP 15 ^h 41 ^m 09.1 ^s , eS 15 ^h 46 ^m 06 ^s
		Z	3010	0.7	eP 15 ^h 41 ^m 13.1 ^s , eS 15 ^h 45 ^m 57 ^s
		N	3180	0.7	iP 15 ^h 41 ^m 25.5 ^s , eS 15 ^h 46 ^m 12 ^s Azimut 90°
					Herd westliches Persien.
48	" 9.	Ch	2460	0.4	eP 7 ^h 12 ^m 03.8 ^s , eS 7 ^h 16 ^m 06 ^s
		Z	2460	0.4	eP 7 ^h 12 ^m 10.8 ^s , eS 7 ^h 16 ^m 13.4 ^s
		N	2730	0.3	eP 7 ^h 12 ^m 19.8 ^s , eS 7 ^h 16 ^m 36.5 ^s
					Herd Kleinasien.
49	" 11.	Ch	4300	0.5	eP 22 ^h 43 ^m 24.0 ^s , eS 22 ^h 49 ^m 28 ^s
		Z	4390	0.5	eP 22 ^h 43 ^m 30.3 ^s , eS 22 ^h 39 ^m 39.5 ^s
		N	4630	0.5	eP 22 ^h 43 ^m 38.5 ^s , eS 22 ^h 49 ^m 55.4 ^s
					Nach Strasbourg Golf von Persien.
50	" 12.	Ch	4640	0.2	eP 0 ^h 28 ^m 36.2 ^s , eS 0 ^h 34 ^m 59 ^s
		Z	4640	0.2	eP 0 ^h 28 ^m 42.0 ^s , eS 0 ^h 35 ^m 5.5 ^s
		N	—	0.1	eP 0 ^h 28 ^m 49.3 ^s
					Herd Persien.
51	" 12.	Ch	—	0.1	eP 2 ^h 56 ^m 54.9 ^s , i 2 ^h 55 ^m 59.9 ^s
		Z	—	0.1	eP 2 ^h 56 ^m 55.0 ^s , i 2 ^h 56 ^m 59.8 ^s
		N	—	0.1	eP 2 ^h 56 ^m 55.5 ^s , i 2 ^h 57 ^m 2.0 ^s
52	" 13.	N	—	0.0	eP 20 ^h 41 ^m 59.7 ^s
53	" 13.	Z	—	0.1	eP 22 ^h 13 ^m 6.9 ^s
		N	—	0.1	eP 22 ^h 13 ^m 17.5 ^s
54	" 15.	Ch	—	0.3	eP 22 ^h 02 ^m 41.5 ^s
		Z	—	0.3	eP 22 ^h 02 ^m 50.8 ^s
55	" 19.	Z	—	0.1	eP 15 ^h 26 ^m 37.0 ^s
		Ch	—	0.1	eP 15 ^h 26 ^m 47.0 ^s
					Nach Kobe Formosa, nach dem russischen Bulletin Riou-Kiou.
56	" 20.	Z	9230	1.0	eP 11 ^h 27 ^m 11.4 ^s , eS 11 ^h 37 ^m 34.0 ^s
		N	9300	1.2	iP 11 ^h 27 ^m 13.8 ^s , eS 11 ^h 37 ^m 42.6 ^s
		Ch	9030	1.0	eP 11 ^h 27 ^m 15.4 ^s , eS? 11 ^h 37 ^m 26 ^s
					Herd nach J. S. A. 51° N, 180° W.
57	" 21.	N	6500	0.4	eP 22 ^h 14 ^m 50.0 ^s , eS 22 ^h 14 ^m 49.6 ^s
		Z	—	0.5	eP 22 ^h 14 ^m 56.0 ^s
		Ch	—	0.5	eP 22 ^h 14 ^m 50.0 ^s
					Herd südatlantische Schwelle.
58	" 23.	N	—	0.4	eP 9 ^h 54 ^m 18.9 ^s
59	" 23.	Ch	—	0.5	eP 16 ^h 50 ^m 43.6 ^s , iS 17 ^h 00 ^m 5.6 ^s
		Z	—	0.5	e 16 ^h 50 ^m 57.5 ^s
		N	—	0.6	auch registriert, keine Zeitmarken.
					} Nach Kobe Herd Japan, Izu-Provinz.

Tabelle III (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Std.	
60	Mai 29.	Ch N	— —	0.4 0.4	eP 17 ^h 20 ^m 36.6 ^s iP 17 ^h 20 ^m 46.1 ^s , eS 17 ^h 27 ^m 16 ^s Nach dem russischen Bulletin Herd Armenien 37.5° N, 44.0° E.
61	" 31.	Z	—	0.1	eP 3 ^h 46 ^m 31.5 ^s
62	" 31.	Z N Ch	— — 9550	0.7 0.1 0.2	eP 18 ^h 10 ^m 58.7 ^s eP 18 ^h 11 ^m 03.4 ^s eP 18 ^h 11 ^m 06.4 ^s , eS? 18 ^h 21 ^m 44 ^s Herd nach Kobe Nakafluss, Japan.
63	Juni 1.	N Z	— —	0.1 0.1	eP 13 ^h 24 ^m eP 13 ^h 24 ^m 5.7 ^s Herd nach Wellington 18° S, 170° E.
64	" 1.	Z N	— 7300	1.0 1.5	e 13 ^h 34 ^m 13.2 ^s e 13 ^h 34 ^m 15.6 ^s , eS 15 ^h 43 ^m 5.0 ^s Interpretation unsicher.
65	" 1.	Z Ch N	— — —	0.1 0.1 0.0	iP 18 ^h 20 ^m 12.7 ^s iP 18 ^h 20 ^m 14.5 ^s iP 18 ^h 20 ^m 17.5 ^s Azimut 0°, nach russischem Bulletin Herd Meer von Ochotsk.
66	" 4.	Ch Z N	— — —	0.4 0.4 0.4	eP 7 ^h 33 ^m 51.0 ^s eP 7 ^h 33 ^m 57.6 ^s eP 7 ^h 34 ^m 07.3 ^s Nach dem russischen Bulletin Persien 38.0° N, 45.0° E.
67	" 4.	N Z	7400 —	0.2 0.5	iP 10 ^h 9 ^m 37.4 ^s , eS 10 ^h 18 ^m 33 ^s e ₁ 10 ^h 9 ^m 40 ^s , e ₂ 10 ^h 14 ^m 40 ^s Herd Moluken.
68	" 5.	N Ch Z	— — —	0.2 0.5 0.5	iP 12 ^h 02 ^m 26.2 ^s eP 12 ^h 02 ^m 29.1 ^s eP 12 ^h 02 ^m 30.0 ^s Herd nach Wellington 17° S, 175° E.
69	" 11.	Ch Z	— —	1.0 1.0	eP 1 ^h 08 ^m 42.8 ^s iP 1 ^h 08 ^m 44.0 ^s Herd nach Wellington 6° S, 144° E.
70	" 11.	N	—	1.0	eP 14 ^h 08 ^m 40.1 ^s , ePP 19 ^h 13 ^m 50 ^s
71	" 13.	N Z Ch	— 9150 9150	1.0 1.0 1.0	eP 1 ^h 06 ^m 00 ^s , Azimut 45° eP 1 ^h 06 ^m 15.5 ^s , eS 1 ^h 16 ^m 32.5 ^s eP 1 ^h 06 ^m 17.8 ^s , eS 1 ^h 16 ^m 35.0 ^s Nach J. S. A. Herd 52° N, 172° W.
72	" 25.	N Z Ch	9400 — —	1.3 1.0 1.0	iP 10 ^h 31 ^m 9.8 ^s , eS 10 ^h 41 ^m 47 ^s Azimut 270° eP 10 ^h 31 ^m 14.7 ^s eP 10 ^h 31 ^m 15.0 ^s Herd nach U. S. G. S. 16° S, 79° W.
73	" 25.	N Z Ch	8200 7400 —	0.3 0.4 0.4	eP 12 ^h 16 ^m 31.8 ^s , eS 12 ^h 25 ^m 7.6 ^s eP 12 ^h 16 ^m 35.7 ^s eP 12 ^h 16 ^m 44.7 ^s , eS 12 ^h 25 ^m 34 ^s U. S. G. S. Herd 19° N, 63° W, Distanz von Zürich 7000 km.
74	" 25.	Z Ch N	— — —	0.1 0.1 0.1	eP 21 ^h 27 ^m 44.5 ^s eP 21 ^h 27 ^m 45.9 ^s eP 21 ^h 27 ^m 47.3 ^s
75	" 25.	N Z Ch	9400 9590 —	1.0 1.0 1.0	iP 21 ^h 35 ^m 09.3 ^s , eS 21 ^h 45 ^m 42.0 ^s eP 21 ^h 35 ^m 13.0 ^s , eS 21 ^h 45 ^m 52.0 ^s eP 21 ^h 35 ^m 17.3 ^s Nach La Plata Herd Peru.
76	" 31.	Z	—	0.3	eL 4 ^h 02 ^m

Tabelle III (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Std.	
77	Juli 2.	Ch	—	1.2	eP 21 ^h 14 ^m 23.5 ^s
		Z	7320	1.5	eP 21 ^h 14 ^m 27.3 ^s , eS 21 ^h 23 ^m 13.5 ^s
		N	7300	1.7	eP 21 ^h 14 ^m 34.4 ^s , eS 21 ^h 23 ^m 22.4 ^s
					Nach Strassbourg Herd Assam, 27.5° N, 90° E.
78	" 5.	N	1250	0.2	eP 23 ^h 14 ^m 46.2 ^s , eS 23 ^h 17 ^m 0.1 ^s
		Ch	—	0.4	eP 23 ^h 15 ^m 00.0 ^s , e 23 ^h 19 ^m 14 ^s
		Z	—	0.4	eP 23 ^h 15 ^m 1.0 ^s
					Herd nach Toledo Mantilla, Spanien.
79	" 13.	Ch	—	0.0	iP 14 ^h 10 ^m 59.3 ^s
		N	—	0.0	iP 14 ^h 11 ^m 00.8 ^s
80	" 13.	Ch	6800	1.0	eP 19 ^h 37 ^m 42.6 ^s , eS 19 ^h 46 ^m 03 ^s
		Z	7050	1.0	iP 19 ^h 37 ^m 45.0 ^s , eS 19 ^h 46 ^m 17.0 ^s
		N	7200	1.0	iP 19 ^h 37 ^m 52.7 ^s
					Herd nach Strassbourg 38° N, 98° E, Kan-Sou-Provinz, China.
81	" 14.	N	9200	1.5	eP 22 ^h 53 ^m 9.6 ^s , ePP 22 ^h 56 ^m 23.0 ^s , eS 23 ^h 03 ^m 35.8 ^s
		Z	9200	1.5	eP 22 ^h 53 ^m 19.6 ^s , eS 23 ^h 03 ^m 38.8 ^s
		Ch	9330	1.5	eP 22 ^h 53 ^m 20.8 ^s , eS 23 ^h 03 ^m 47.2 ^s
					Herd Zentralamerika.
82	" 17.	Ch	9020	0.3	eP 14 ^h 46 ^m 49.3 ^s , eS 14 ^h 56 ^m 52 ^s
83	" 6.	Z	8860	1.0	eP 19 ^h 37 ^m 58.0 ^s , eS 19 ^h 48 ^m 00.0 ^s
		Ch	8830	1.0	eP 19 ^h 37 ^m 59.0 ^s , eS 19 ^h 48 ^m 00.0 ^s
		N	8700	1.0	eP 19 ^h 38 ^m 01.0 ^s , eS 19 ^h 48 ^m 04.4 ^s
					Herd Kurilen.
84	" 23.	Ch	—	0.1	P 13 ^h 55 ^m 04.0 ^s
		Z	—	0.1	e 13 ^h 55 ^m 12.7 ^s
		N	—	0.1	iP 13 ^h 55 ^m 17.4 ^s , eS? 13 ^h 56 ^m 52 ^s
85	" 25.	N	—	0.1	eP 19 ^h 50 ^m 33.9 ^s , eS 19 ^h 55 ^m 44.3 ^s
		Ch	2500	0.1	eP 19 ^h 51 ^m 18.9 ^s , eS 19 ^h 55 ^m 22 ^s
		Z	—	0.1	eP 19 ^h 51 ^m 26.7 ^s
86	August 3.	Ch	—	0.1	eP 22 ^h 11 ^m 35.0 ^s
		Z	—	0.1	eP 22 ^h 11 ^m 41.5 ^s
					Herd nach russischem Bulletin Armenien.
87	" 4.	N	7950?	0.5	eP 5 ^h 16 ^m 20.8 ^s , eS? 5 ^h 25 ^m 45.9 ^s
		Z	—	0.5	eP 5 ^h 16 ^m 26.8 ^s , e ₁ 5 ^h 18 ^m 43.0 ^s , e ₂ 5 ^h 26 ^m 21.5 ^s
		Ch	—	0.5	eP 5 ^h 16 ^m 28.9 ^s , eS? 5 ^h 26 ^m 00 ^s
					Nach Strassbourg Herd Peru, gespürt in Lima.
88	" 4.	N	—	0.1	eP 5 ^h 18 ^m 37.4 ^s unsicher!
89	" 5.	Ch	2150	0.2	eP 23 ^h 27 ^m 12.0 ^s , eS? 23 ^h 30 ^m 46.0 ^s
		Z	—	0.2	eP 23 ^h 27 ^m 20.5 ^s
		N	2200	0.2	eP 23 ^h 27 ^m 27.1 ^s , eS 23 ^h 31 ^m 2.0 ^s
					Herd Aegäisches Meer.
90	" 9.	N	5700	0.3	eP 18 ^h 13 ^m 2.7 ^s , eS 18 ^h 20 ^m 18.9 ^s
91	" 17.	Z	4370	0.5	eP 12 ^h 37 ^m 8.3 ^s , iS 12 ^h 43 ^m 17 ^s
		N	—	0.5	eP 12 ^h 37 ^m 16.2 ^s
					Herd nach Strassbourg Golf von Persien.
92	" 18.	N	4750?	1.1	eP' 10 ^h 12 ^m 3.4 ^s , eS? 10 ^h 18 ^m 26.6 ^s
		Ch	—	1.0	eP' 10 ^h 42 ^m 18.0 ^s , e ₁ 10 ^h 22 ^m 00 ^s , e ₂ 10 ^h 27 ^m 00 ^s
		Z	—	1.0	eP' 10 ^h 12 ^m 23.2 ^s , e ₁ 10 ^h 22 ^m 19.2 ^s
					Nach Strassbourg Herd 52° S, 25 W, J. S. A. 57° S, 26° W, Atlantischer Ozean.
93	" 20.	Ch	—	0.6	eP 21 ^h 06 ^m 48.0 ^s , eL 21 ^h 38 ^m 40 ^s
		N	—	1.3	eP 21 ^h 07 ^m 00.6 ^s , ML 21 ^h 41 ^m
		Z	—	1.0	eL 21 ^h 30 ^m
					Nach Kobe: Ryukyu-Inseln.
94	" 22.	Ch	—	0.1	eP 00 ^h 49 ^m 04.9 ^s , e 00 ^h 52 ^m 32 ^s
		N	—	0.1	eP 00 ^h 49 ^m 20 ^s

Tabelle III (Fortsetzung).

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Std.	
95	August 23.	Ch	4400	0.5	eP 11 ^h 00 ^m 47.4 ^s , eS 11 ^h 06 ^m 57 ^s
		Z	4470	0.5	iP 11 ^h 00 ^m 53.8 ^s , eS 11 ^h 07 ^m 06.3 ^s
		N	4670	0.5	iP 11 ^h 01 ^m 0.8 ^s , iS 11 ^h 07 ^m 19.0 ^s Azimut 90°
Herd nach russischem Bulletin 28.5° N, 54.0° E, Persien.					
96	Sept. 2.	Ch	3860	0.5	eP 19 ^h 05 ^m 53.5 ^s , iS 19 ^h 11 ^m 33 ^s
		Z	4000	0.5	eP 19 ^h 05 ^m 56.7 ^s , eS 19 ^h 11 ^m 43.8 ^s } Herd westliches Persien.
97	" 5.	Z	4270	0.1	iP 16 ^h 28 ^m 14.2 ^s , eS 16 ^h 34 ^m 23.7 ^s (Persien).
98	" 11.	Ch	2160	0.4	eP 12 ^h 41 ^m 04.1 ^s , eS 12 ^h 44 ^m 41 ^s
		Z	2100	0.4	eP 12 ^h 41 ^m 10 ^s , eS 12 ^h 44 ^m 41.2 ^s
		N	2330	0.4	iP 12 ^h 41 ^m 20.1 ^s , iS 12 ^h 45 ^m 08 ^s
Herd Aegäisches Meer oder Klein-Asien.					
99	" 12.	Z	—	0.2	eP 8 ^h 21 ^m 59.1 ^s , e 8 ^h 25 ^m 54.8 ^s
100	" 13.	Ch	—	0.2	eP 20 ^h 09 ^m 01.0 ^s
		Z	—	0.3	eP 20 ^h 09 ^m 10.0 ^s } Herd östliches Mittelmeer.
101	" 14.	Z	—	0.2	eP 17 ^h 32 ^m 21 ^s
		N	2000	0.2	eP 17 ^h 32 ^m 27.0 ^s , eS 17 ^h 35 ^m 46.9 ^s , S unsicher
Herd nach dem russischen Bulletin Neue Hebriden.					
102	" 21.	Ch	7840	1.5	eP 23 ^h 15 ^m 33.4 ^s , eS 23 ^h 24 ^m 45 ^s
		Z	8090	1.5	eP 23 ^h 15 ^m 35.4 ^s , eS 23 ^h 25 ^m 00 ^s
		N	7960	1.5	eP 23 ^h 15 ^m 42.1 ^s , eS 23 ^h 25 ^m 08.1 ^s
Herd nach Strasbourg 27° N, 98° E, nach Manila 26° N, 92° E, 0 = 23 ^h 04 ^m 01 ^s (Burmaa).					
103	" 22.	Ch	—	2.0	e 1 ^h 51 ^m 22.3 ^s
		N	—	2.0	e 1 ^h 51 ^m 23.4 ^s
		Z	—	2.0	e 1 ^h 51 ^m 25.9 ^s } Wellington gibt als Herd 32° S, 178° W.
104	" 22.	Ch	7600	0.7	iP 14 ^h 30 ^m 09.5 ^s , eS? 14 ^h 39 ^m 07.0 ^s
		Z	8100	0.6	eP 14 ^h 30 ^m 12.1 ^s , iS 14 ^h 39 ^m 36.5 ^s
		N	7700	0.7	eP 14 ^h 30 ^m 19.8 ^s , S? 14 ^h 39 ^m 29 ^s
Herd nach Manila 26° N, 92° E, Burma.					
105	" 22.	Ch	—	0.5	eP 16 ^h 34 ^m 46.6 ^s
		Z	—	0.5	iP 16 ^h 34 ^m 51.8 ^s
		N	—	0.5	eP 16 ^h 35 ^m 00.0 ^s
Nach dem russischen Bulletin Turkestan, zerstörend in Yanghi-Bazar à l'Ede Duchambé.					
106	" 23.	Ch	—	0.1	eP 20 ^h 38 ^m 44.1 ^s
		Z	—	0.1	iP 20 ^h 38 ^m 53.6 ^s
		N	—	0.0	eP 20 ^h 39 ^m 2.1 ^s
107	" 24.	Ch	—	0.1	eP 11 ^h 08 ^m 54.6 ^s
		N	—	0.1	eP 11 ^h 09 ^m 1.8 ^s
		Z	—	0.1	eP 11 ^h 09 ^m 4.0 ^s
108	" 24.	Ch	—	0.1	eP 19 ^h 11 ^m 32.8 ^s
		Z	—	0.1	e 19 ^h 11 ^m 35.5 ^s
		N	—	0.1	eP 19 ^h 11 ^m 43.2 ^s
109	" 30.	Ch	—	1.0	eP 21 ^h 39 ^m 46.9 ^s
		Z	—	0.0	eL 21 ^h 40 ^m
Herd nach Manila 148° E, 2.5° S, nach New Zealand 144° E, 3° S.					
110	Okt. 7.	N	—	0.0	iP 20 ^h 59 ^m 53.6 ^s
111	" 8.	N	—	1.0	eP 10 ^h 38 ^m 51.3 Herd Neue Hebriden.
112	" 9.	N	—	0.0	eP 5 ^h 19 ^m 53.6 ^s
113	" 11.	N	2970	0.4	eP 3 ^h 12 ^m 0.3 ^s , iS 3 ^h 16 ^m 35.0 ^s
		Z	3000	0.3	eP 3 ^h 12 ^m 1.4 ^s , eS 3 ^h 16 ^m 44.6 ^s
		Ch	—	0.3	eP 3 ^h 12 ^m 7.0 ^s
Herd Jan Mayen nach Kew 73° N, 0.0° W.					

Tabelle III (Schluss)

Nr.	Datum	Station	Epizentral- entfernung nach S-P	Ungefähre Dauer der Registr.	Phasen, Bemerkungen
	1930		km	Min.	
114	Okt. 22.	N	—	0.1	eP 18 ^h 25 ^m 10.3 ^s
		Ch	—	0.1	eP 18 ^h 25 ^m 13.8 ^s
		Z	—	0.1	eP 18 ^h 25 ^m 18.4 ^s
					} Möglicherweise nach Manila Herd 4° S, 147° E.
115	" 24.	Ch	12000	1.5	eP 20 ^h 29 ^m 10.5 ^s , ePP 20 ^h 33 ^m 32.0 ^s , eSS 20 ^h 48 ^m 20 ^s
		Z	12000	1.5	eP 20 ^h 29 ^m 13.1 ^s , ePP 20 ^h 33 ^m 31.0 ^s , eSS 20 ^h 48 ^m 21.2 ^s , eP' 20 ^h 32 ^m 33.5 ^s
		N	11700	1.5	eP 20 ^h 29 ^m 17.7 ^s , ePP 20 ^h 33 ^m 42.6 ^s , eSS 20 ^h 48 ^m 34.6 ^s
					Herd pazifischer Ozean. nach U. S. G. S. 24° N, 145° E, nach Manila 22° N, 153° E.
116	" 25.	Z	—	0.1	iP 12 ^h 14 ^m 26.5 ^s
		N	—	0.0	iP 12 ^h 14 ^m 28.2 ^s
		Ch	—	0.1	iP 12 ^h 14 ^m 31.5 ^s
					} Nach J. S. A. Herd 58° N, 154° W, nach U. S. G. S. 58° N, 154° W.
117	" 28.	Z	—	1.0	eP 21 ^h 28 ^m 10 ^s Nach Manila Herd 15° N, 150° E, 0 = 21 ^h 09 ^m 37 ^s .
118	Nov. 2.	N	—	0.0	iP 9 ^h 56 ^m 24.4 ^s
119	" 2.	N	—	0.0	iP 16 ^h 50 ^m 0.9 ^s
120	" 8.	Ch	4840	0.4	eP 3 ^h 38 ^m 32.4 ^s , iS 3 ^h 45 ^m 06 ^s
		Z	4100	0.4	eP 3 ^h 39 ^m 16.0 ^s , eS 3 ^h 45 ^m 9.7 ^s
		N	3900	0.4	eP 3 ^h 39 ^m 41.0 ^s , eS 3 ^h 45 ^m 14 ^s
					} Herd Persien.
121	" 9.	Ch	—	0.5	eP 19 ^h 27 ^m 12.2 ^s ,
		N	6800?	1.0	eP 19 ^h 27 ^m 14.4 ^s , eS? 19 ^h 35 ^m 32.4 ^s
		Z	8300?	1.0	eP 19 ^h 27 ^m 30.0 ^s , eS? 19 ^h 37 ^m 29.3 ^s
					Herd nach Wellington 0° N, 130° E, nach Strasbourg 1° S, 129° E.
122	" 10.	N	—	1.0	eP 14 ^h 03 ^m 2.6 ^s , eL 15 ^h 00 ^m
		Z	—	1.0	eL 15 ^h 00 ^m
					Herd nach Manila 2° N, 145° E, nach Wellington 1° S, 138° E.
123	" 16.	Ch	—	0.0	eP 20 ^h 51 ^m 11.5 ^s , e 20 ^h 55 ^m 2 ^s
		Z	—	0.1	iP 20 ^h 51 ^m 18.8 ^s
		N	—	0.1	eP 20 ^h 51 ^m 24.5 ^s
124	" 17.	N	—	0.0	eP 12 ^h 22 ^m 25.1 ^s
125	" 21.	Ch	—	0.5	eP 2 ^h 02 ^m 46.9 ^s
		Z	1260	0.5	eP 2 ^h 02 ^m 59.7 ^s , eS 2 ^h 05 ^m 13.7 ^s
		N	1200	0.5	eP 2 ^h 03 ^m 5.8 ^s , eS 2 ^h 05 ^m 7.1 ^s , e 2 ^h 05 ^m 37.5 ^s
					} Herd Albanien, nach Strasbourg 40.5° N, 19.5° E.
126	" 21.	Ch	—	0.1	e ₁ 4 ^h 04 ^m , e ₂ 4 ^h 06 ^m
		Z	—	0.1	e 4 ^h 07 ^m
					} Nachstösse zu Nr. 125
127	" 25.	Ch	9280	1.5	eP? 19 ^h 15 ^m 32.7 ^s , eS 19 ^h 25 ^m 57 ^s
		N	9400	1.5	eP 19 ^h 15 ^m 38.1 ^s , iS 19 ^h 26 ^m 14 ^s , ePP 19 ^h 19 ^m 4.4 ^s
		Z	9320	1.5	eP 19 ^h 15 ^m 41.5 ^s , eS 19 ^h 26 ^m 8.3 ^s
					} Herd Japan, nach Kōti 35.1° N, 139° E, zerstörende Wirkungen.
128	Dez. 2.	Ch	—	0.1	eP 13 ^h 31 ^m 7.9 ^s
		N	—	0.1	iP 13 ^h 31 ^m 26.5 ^s , e 13 ^h 33 ^m 25 ^s
		Z	—	0.1	eP 13 ^h 31 ^m 40.0 ^s
					} Nachstösse zu Nr. 125.
129	" 3.	Ch	8400	1.5	eP 19 ^h 03 ^m 20.4 ^s , eS 19 ^h 12 ^m 58 ^s
		Z	8400	1.5	eP 19 ^h 03 ^m 28.2 ^s , eS 19 ^h 13 ^m 07 ^s
		N	8400	1.5	eP 19 ^h 03 ^m 32.3 ^s , eS 19 ^h 13 ^m 18 ^s
					} Herd nach Strasbourg 96° E, 18° N, 0 = 18 ^h 51 ^m 32 ^s .
130	" 5.	N	—	0.0	eP 17 ^h 04 ^m 11.2 ^s
131	" 10.	Ch	2580	0.5	eP 10 ^h 36 ^m 26.6 ^s , eS 10 ^h 40 ^m 38 ^s
		Z	2900	0.5	eP 10 ^h 36 ^m 29.8 ^s , eS 10 ^h 40 ^m 45.6 ^s
		N	2800	0.5	eP 10 ^h 36 ^m 42.6 ^s , eS 10 ^h 41 ^m 06.0 ^s , Azimut 90°
					} Klein-Asien
132	" 13.	N	—	0.0	eP 14 ^h 35 ^m 00 ^s Nach Kobe vermutlich Hokkaido, Japan.
133	" 21.	Ch	—	0.7	iP 15 ^h 04 ^m 6.7 ^s , iS 15 ^h 14 ^m 40 ^s
		Z	9500	0.7	iP 15 ^h 04 ^m 7.6 ^s , iS 15 ^h 14 ^m 44 ^s
		N	—	0.5	iP 15 ^h 04 ^m 13.1 ^s , eS 15 ^h 14 ^m 51.8 ^s , iPP 15 ^h 7 ^m 52 ^s
					} Herd Fornosa.
134	" 25.	N	—	0.1	eP 23 ^h 47 ^m

Table 11

Station	Latitude	Longitude	Depth (km)	Magnitude	Year	Notes
101	32° N	132° E	10	2.5	1960	
102	32° N	132° E	10	2.5	1960	
103	32° N	132° E	10	2.5	1960	
104	32° N	132° E	10	2.5	1960	
105	32° N	132° E	10	2.5	1960	
106	32° N	132° E	10	2.5	1960	
107	32° N	132° E	10	2.5	1960	
108	32° N	132° E	10	2.5	1960	
109	32° N	132° E	10	2.5	1960	
110	32° N	132° E	10	2.5	1960	
111	32° N	132° E	10	2.5	1960	
112	32° N	132° E	10	2.5	1960	
113	32° N	132° E	10	2.5	1960	
114	32° N	132° E	10	2.5	1960	
115	32° N	132° E	10	2.5	1960	
116	32° N	132° E	10	2.5	1960	
117	32° N	132° E	10	2.5	1960	
118	32° N	132° E	10	2.5	1960	
119	32° N	132° E	10	2.5	1960	
120	32° N	132° E	10	2.5	1960	
121	32° N	132° E	10	2.5	1960	
122	32° N	132° E	10	2.5	1960	
123	32° N	132° E	10	2.5	1960	
124	32° N	132° E	10	2.5	1960	
125	32° N	132° E	10	2.5	1960	
126	32° N	132° E	10	2.5	1960	
127	32° N	132° E	10	2.5	1960	
128	32° N	132° E	10	2.5	1960	
129	32° N	132° E	10	2.5	1960	
130	32° N	132° E	10	2.5	1960	
131	32° N	132° E	10	2.5	1960	
132	32° N	132° E	10	2.5	1960	
133	32° N	132° E	10	2.5	1960	
134	32° N	132° E	10	2.5	1960	
135	32° N	132° E	10	2.5	1960	
136	32° N	132° E	10	2.5	1960	
137	32° N	132° E	10	2.5	1960	
138	32° N	132° E	10	2.5	1960	
139	32° N	132° E	10	2.5	1960	
140	32° N	132° E	10	2.5	1960	
141	32° N	132° E	10	2.5	1960	
142	32° N	132° E	10	2.5	1960	
143	32° N	132° E	10	2.5	1960	
144	32° N	132° E	10	2.5	1960	
145	32° N	132° E	10	2.5	1960	
146	32° N	132° E	10	2.5	1960	
147	32° N	132° E	10	2.5	1960	
148	32° N	132° E	10	2.5	1960	
149	32° N	132° E	10	2.5	1960	
150	32° N	132° E	10	2.5	1960	

(c) Vergleichende Betrachtungen.

Wenn man sich das Pendel des Seismographen starr denkt, findet man als äquivalente Pendellänge 496 cm. Es hätte somit eine Periode von 4,47 Sek. Die Periode des mathematischen Pendels von der Länge $l + h = 470$ cm. wäre dagegen 4.35 Sek.

Wir haben deshalb folgende Zusammenstellung:

Das Pendel unelastisch	$T = 4.47$ Sek.
elastisch, Tragstange beweglich	4.39 „
mathematisch	4.35 „
elastisch, Tragstange eingespannt	4.18 „

Die Tragfedern verkürzen die Periode des Pendels um etwa 0.1 Sekunde. Uebrigens möge besonders darauf hingewiesen werden, wie unwichtig in Bezug auf die Länge der Periode die Art der oberen Befestigung des Pendels ist, um so mehr, als die Registriervorrichtung, wie wir später sehen werden, die Periode auf etwa 3 Sekunden herabdrückt. Die Art der Befestigung ist daher vollkommen gleichgültig.

(d) Die Amplitudenverhältnisse.

Interessanter ist die Frage, in welchem Verhältnisse die Amplituden der beiden Schwingungsarten zueinander stehen. Wir wollen die Rechnung auf Abschnitt (a) beziehen. Es ist klar, dass dabei nur ein untergeordneter Unterschied mit den Resultaten für (b) und mit dem wahren Sachverhalt überhaupt vorliegt. Wir wollen annehmen, dass die Masse einen horizontalen Anstoss mit der Anfangsgeschwindigkeit x_0' erhält. Das Beispiel zweier gekoppelter Bewegungsgleichungen, welches in Abschnitt V ausgearbeitet wurde, erlaubt uns sofort die Bewegungsgleichungen in beiden Freiheitsgraden niederzuschreiben. Man findet:

$$\left. \begin{aligned} x &= X_2 \sin 5,24 t + \frac{x_0' - 5,24 X_2}{1,43} \sin 1,43 t \\ \varphi &= \Phi_2 \sin 5,21 t - \frac{5,24}{1,43} \Phi_2 \sin 1,43 t \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

Durch Einsetzen in die zweite der Gleichungen (6) ergeben sich die beiden Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} X_2 + 44 \Phi_2 &= 0 \\ 3,67 X_2 - 1580 \Phi_2 &= \frac{x_0'}{1,43} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

Damit erhalten wir:

$$X_2 = \frac{x_0'}{56,5} \text{ und } \Phi_2 = - \frac{x_0'}{2490} \dots \dots \dots (13)$$

d.h.:

$$x = \frac{x_0'}{56,5} \sin 5,24 t + \frac{x_0'}{1,48} \sin 1,43 t \dots \dots \dots (14)$$

und

$$\varphi = - \frac{x_0'}{2490} \sin 5,24 t + \frac{x_0'}{680} \sin 1,43 t. \dots \dots \dots (15)$$

In der Aufzeichnung der Horizontalkomponente werden wir also die beiden Schwingungsarten vertreten finden mit Amplituden, welche in dem Verhältnisse

$$\frac{1,48}{56,5} = \frac{1}{38} \dots \dots \dots (16)$$

stehen.

Dies bezieht sich auf die Eigenschwingungen des Apparates. Wenn aber die Horizontalschwingung erzwungen ist, können ganz andere Erscheinungen eintreten, theoretisch bis zum Grenzfalle der Resonanz. Nun glaube ich aber, dass wir Resonanzerscheinungen aus praktischen Gründen nicht sehr zu befürchten haben. Es treten nur hie und da in der Maximalphase eines Bebens Wellen auf, welche einigermaassen reinen Sinuscharakter tragen, und wenn solche auftreten, liegt ihre Periode meistens weit oberhalb der Resonanzperiode, welche in unserm Falle etwa eine Sekunde beträgt. In den übrigen Phasen, wo Perioden von einer solchen Grössenordnung häufig sind, besteht dagegen meistens eine derartige Inhomogenität der Schwingung, dass die Resonanz wiederum nie zu grosser Bedeutung gelangen kann.

Wo übrigens die Schaukelung sich bei erzwungener, inhomogener Horizontalschwingung ungefähr in gleichem Maasse wie bei der Stosserregung bemerkbar machen dürfte, fühlen wir uns zu folgendem Schlusse berechtigt:

Es ist jede Horizontalschwingung von einer Nebenschwingung überlagert, welche wesentlich den Takt der Schaukelbewegung und etwa 3% der Amplitude der Primärschwingung besitzt. Wenn eine Folge von Sinuswellen eintritt, deren Periode sich der Nebenschwingungsperiode nähert, ist ein bedeutender Resonanzeffekt möglich. Dies ist aber praktisch auch in Annäherung kaum zu befürchten.

XIII. Verwertung der numerischen Angaben für die Vertikalschwingung und die Schaukelung.

Um ein ebenes Problem zu erhalten, haben wir die diesbezüglichen Bewegungsverhältnisse abgeleitet für den Fall, dass nur zwei Tragfedern da sind. Nun sei zuerst der ungünstigste Fall in Betracht gezogen, dass nämlich diese beiden Federn die zwei Extremalwerte unter den Federkonstanten der wirklich ausgeführten Federn besitzen. Es seien daher:

$$f_1 = \frac{10000 \cdot 981}{11.04} = 889\,000 \quad f_2 = \frac{10000 \cdot 981}{11.39} = 861\,000 \quad \dots \quad (1)$$

und also:

$$f_1 + f_2 = 1\,750\,000 \quad f_1 - f_2 = 28\,000 \quad \dots \quad (2)$$

Damit erhalten wir:

$$p = 52,1 \cdot 10^{14} \quad q = 21,7 \cdot 10^{13} \quad r = 1,81 \cdot 10^{12} \quad \dots \quad (3)$$

oder für die beiden überlagerten Schwingungsfrequenzen:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{q \pm \sqrt{q^2 - 4pr}}{2r}} \quad \dots \quad (4)$$

$$\omega_1 = 9,30 \quad \omega_2 = 5,77 \quad \dots \quad (5)$$

Es müssen sich also in den Aufzeichnungen die beiden Perioden

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 0,68 \text{ Sek} \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 1,09 \text{ Sek} \quad \dots \quad (6)$$

vorfinden.

Die erstere ist sehr wenig verschieden von der Periode der reinen Vertikalschwingung:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{s}{g}} = 0,68 \text{ Sek} \quad \dots \quad (7)$$

Die darüber gelagerte Schwingung ist eine Schaukelungserscheinung, die von der Ungleichheit der Federkonstanten herrührt.

Interessant ist in erster Linie das Amplitudenverhältnis der beiden Schwingungen. Wir denken uns, dass zur Zeit $t = 0$ der Masse ein vertikaler Stoss mit der Anfangsgeschwindigkeit z_0' erteilt wird und ziehen die Formeln (16) von Abschnitt VI zur Berechnung heran. Man findet jetzt:

$$Z_2 = \frac{z_0'}{9,6} \quad \Phi_2 = \frac{z_0'}{89} \quad \dots \quad (8)$$

weiter aus (40):

$$\left. \begin{aligned} z &= \frac{z_0'}{9,6} \sin 9,30 t + \frac{z_0'}{297} \sin 5,77 t \\ \varphi &= \frac{z_0'}{89,5} \sin 9,30 t - \frac{z_0'}{55,6} \sin 5,77 t \end{aligned} \right\} \dots \quad (9)$$

In der Aufzeichnung der Vertikalkomponente würden wir also die beiden Schwingungsarten vertreten finden mit Amplituden, welche in dem Verhältnis

$$\frac{2.60}{297} = \frac{1}{31} \quad \dots \quad (10)$$

stehen. Dieser extreme Fall ist aber nicht realisiert, weil wir auf beiden Seiten zwei Federn haben, von deren Konstanten wir etwa den Mittelwert in Rechnung bringen müssen. Ferner würde man durch Vertauschung der Federn untereinander den Einfluss der Verschiedenheit ihrer Konstanten sicher so weit verringern können, dass wir uns zu folgendem Schlusse berechtigt fühlen:

Es ist jede Vertikalschwingung von einer Nebenschwingung überlagert, welche wesentlich den Takt der Schaukelbewegung und etwa 1% der Amplitude der Primärschwingung besitzt. Wenn eine Folge von Sinuswellen eintritt, deren Periode sich der Nebenschwingungsperiode nähert, ist ein bedeutender Resonanzeffekt möglich. Dies ist aber praktisch auch in Annäherung kaum zu befürchten.

Obschon man von einer selbständigen Schaukelungsperiode genau genommen nicht reden kann, rührt die Tatsache, dass wir hier eine kürzere Schaukelungsperiode finden, als im vorhergehenden Abschnitte, hauptsächlich davon

her, dass wir von anderen Voraussetzungen in Bezug auf die Starrheit der Tragstange ausgegangen sind. Es ist dies von geringer Bedeutung, wir werden aber später, an Hand von Versuchen, noch einmal darauf zurückkommen. Von viel grösserer Wichtigkeit ist die Frage der Amplituden.

XIV. Verwertung der numerischen Angaben für die Eigenschwingung des Betongerüstes.

Wir greifen zurück auf die Gleichung (33) Abschnitt IX zur Bestimmung der Schwingungsperiode des Betongerüstes. Wenn wir schreiben:

$$\lambda = n k \alpha \dots \dots \dots (1)$$

erhalten wir anstatt (33):

$$2 n S h \left(h \sqrt{\alpha} \sqrt{-\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 4 n^2}} \right) \sin \left(h \sqrt{\alpha} \sqrt{-\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 4 n^2}} \right) - (1 + 8 n^2) C h \left(h \sqrt{\alpha} \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 4 n^2}} \right) \cos \left(h \sqrt{\alpha} \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 4 n^2}} \right) = 8 n^2 \dots (2)$$

Durch abschätzen erhält man:

$$h \sqrt{\alpha} = 0,04 \dots \dots \dots (3)$$

Diesem kleinen Wert entspricht ein grosses n . Es können dann $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ neben n vernachlässigt werden. Dies will heissen, dass die schwere senkrechte Belastung der Pfeiler immerhin zu gering ist um einen merklichen Einfluss auf die Schwingungsperiode des Betongerüstes zu haben. Wir dürfen also die Gleichung (2) reduzieren auf:

$$S h (h \sqrt{2 \alpha n}) \sin (h \sqrt{2 \alpha n}) - 4 n C h (h \sqrt{2 \alpha n}) \cos (h \sqrt{2 \alpha n}) = 4 n \dots \dots \dots (4)$$

und sogar auf:

$$C h (h \sqrt{2 \alpha n}) \cos (h \sqrt{2 \alpha n}) \cong -1 \dots \dots \dots (5)$$

oder

$$C h \left(h \sqrt{\frac{2 \lambda}{k}} \right) \cos \left(h \sqrt{\frac{2 \lambda}{h}} \right) \cong -1 \dots \dots \dots (6)$$

Diese Gleichung liefert zur Bestimmung der Grundschwingung eines Pfeilers die erste Wurzel:

$$h \sqrt{\frac{2 \lambda}{k}} \cong 1,88 \text{ oder } n = 1105 \dots \dots \dots (7)$$

Weiter ist:

$$\frac{2 \lambda}{k} = \left(\frac{1,88}{410} \right)^2$$

und mit einer angenäherten Bestimmung von

$$k = 17 \text{ cm} \dots \dots \dots (8)$$

ergibt sich:

$$\lambda = 1,8 \cdot 10^{-4} \dots \dots \dots (9)$$

Es ist aber:

$$\omega = a \lambda$$

und wenn wir E wiederum zu 500000 Kg/cm² annehmen, finden wir:

$$a = 5 \cdot 10^5 \text{ cm/sec} \dots \dots \dots (10)$$

und

$$\omega = 90 \dots \dots \dots (11)$$

Daher ist die Schwingungsperiode:

$$T = \frac{2 \pi}{90} = 0,07 \text{ Sekunde} \dots \dots \dots (12)$$

Es ist somit diese Periode so kurz, dass die Schwingungen der Betonpfeiler bei normalen Erdbebenwellen nicht durch Resonanzerscheinung auf die Seismogramme einwirken können.

Allerdings muss man vorsichtig sein bei der Beurteilung der Amplituden sehr kurzer Wellen. Gerade die Registrierungen dieses Apparates haben gezeigt, dass bei Nahebeben Perioden bis zu 0,2 Sek. herab vorkommen. Da aber bei solchen Wellen eine harmonische Bewegung wohl kaum je auftritt, genügt die Abschätzung des ungünstigsten Effektes der Gerüstschwingung nach der maximalen Bodenbeschleunigung:

$$\frac{4 \pi^2 a}{T^2} \dots \dots \dots (13)$$

wenn a die Amplitude der Bodenbewegung, T ihre Periode bedeutet. Eine solche Beschleunigung ergibt eine Verschiebung ξ des Tragbalkens und somit des Aufhängepunktes des Pendels von der Grösse:

$$\xi = \frac{P l^3}{8 I E} \cdot \frac{4 \pi^2 a}{T^2} \dots \dots \dots (14)$$

wo P das Gewicht eines Pfeilers bedeutet. Dieses Gewicht beträgt etwa 10000 Kg, also wäre:

$$\xi = \frac{1}{400} \frac{a}{T^2} \dots \dots \dots (15)$$

im Falle $T = 0,2$ also:

$$\xi = 0,06 a \dots \dots \dots (16)$$

eine nicht zu vernachlässigende Korrektur. Für normale Perioden verschwindet sie aber.

XV. Das Schema der Registriervorrichtung.

Die Nord-Süd, die Ost-West und die Vertikalkomponente der Bewegungen des Schwerpunktes der Masse relativ zur Erde werden von drei Stossstangen vom Zentrum des Eisenklotzes aus auf Hebelsysteme übertragen. Wie in dem kleinen Referate, welches Prof. de Quervain und Prof. Piccard der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft vorlegten¹⁾, schon ausgeführt ist, wurden die Hebelsysteme auf Starrheit, Trägheitsmoment und Beschleunigung so durchgerechnet, dass bei grösster zulässiger Amplitude und kleinster vorkommender Periode der Erdbebenwellen die Deformation nicht mehr als 1% der aufgeschriebenen Amplituden ausmacht. Diese Vorschrift führte auf 10 Kg. schwere massive Stossstangen. Alle Drehpunkte der Hebelsysteme sind womöglich mit Lamellen versehen; und da die Lamellen an beiden Enden der Stossstangen zu schwach sind, um auch die schwere Last der Stangen zu tragen, mussten diese letzteren mit besonderen Tragfedern ausgerüstet werden. Diese Tragfedern sind an der Peripherie der Masse befestigt. Figur 10 zeigt einen Schnitt durch eine dieser Anordnungen.

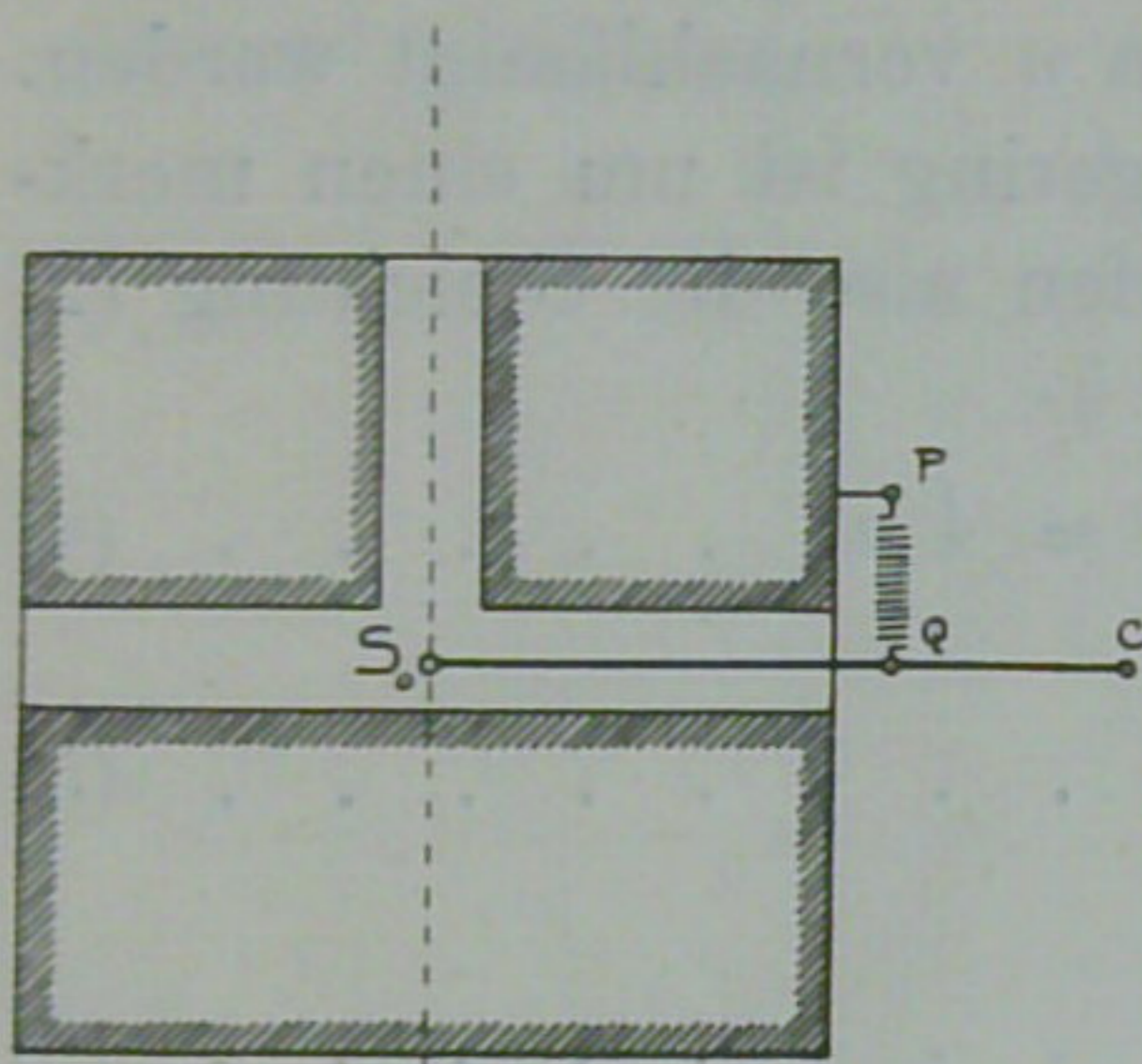


Fig. 10.

Die Hebelsysteme bewirken eine 1500 fache Vergrößerung. Die letzte Stossstange aller Systeme, welche die Schreibfeder bewegt, musste auf beiden Seiten mit Spitzenlagerung versehen werden. Damit aber die

Schreibstifte auch bei stärkster Beschleunigung die Bewegungen des Systems mitmachen, wurden „Gegenfedern“ angeordnet, welche die Spitzen in die Schalen pressen. Eine schematische Zeichnung dieser Registriervorrichtung möge hier beigefügt werden (Figur 11). Zwischen den beiden nicht-verbundenen Drehpunkten muss man sich ein Hebelsystem mit 100 facher Uebersetzung hinein konstruiert denken (ü).

Die Gegenfedern sind nicht so angeordnet, wie in der Zeichnung deullichkeitshalber ausgeführt wurde. Sie werden tordiert statt gestreckt. Ein prinzipieller Unterschied liegt aber nicht vor. Der Einfluss dieser Gegenfedern ist ganz bedeutend, und wir werden daher diesen Einfluss in den folgenden Abschnitten zu betrachten haben.

Die drei Schreibfedern schreiben auf einem und demselben Russbogen, zur Vermeidung aller relativer Zeitfehler. Die Dämpfung ist magnetisch und wird auf das vielgebrauchte Amplitudenverhältnis 1 : 5 eingestellt.

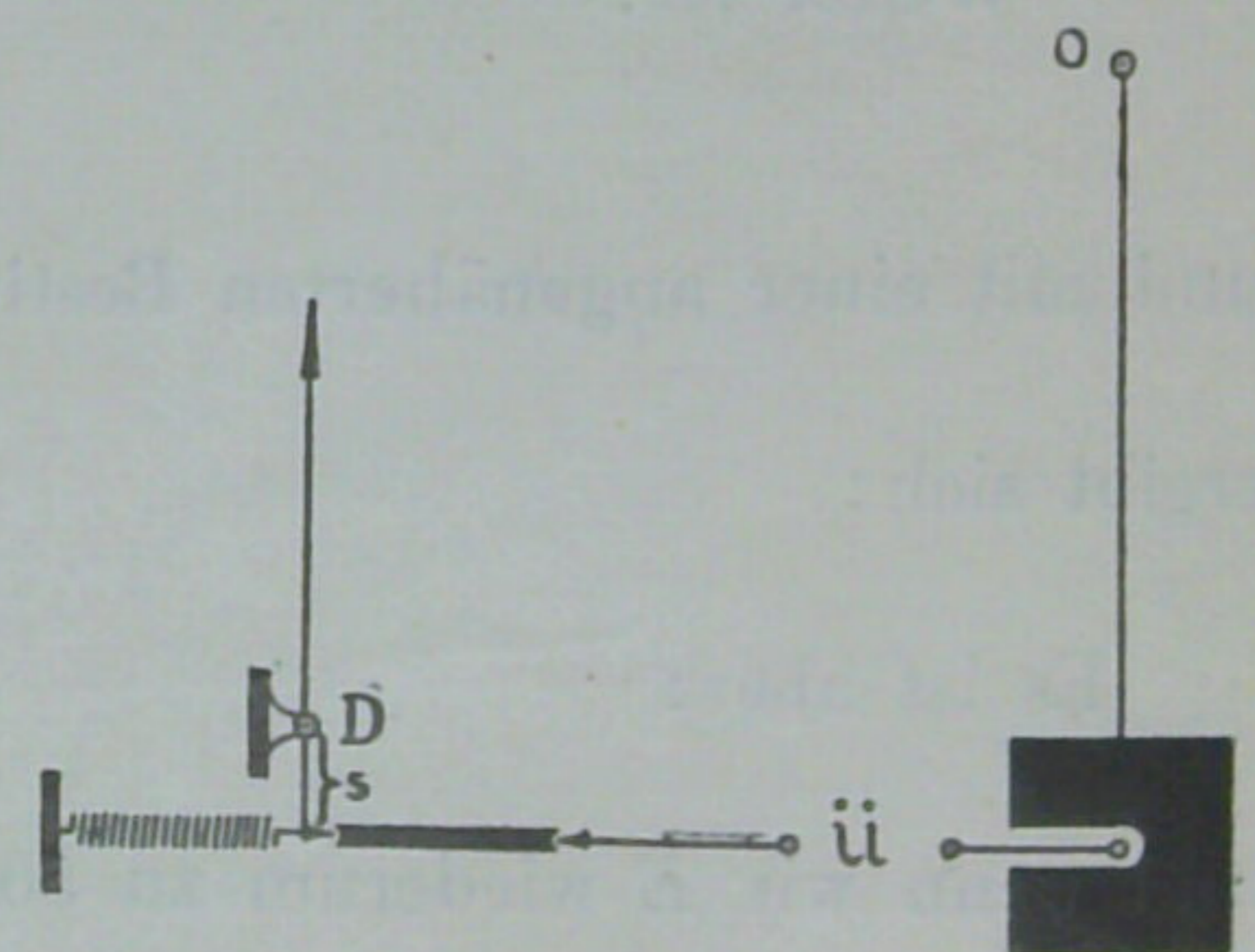


Fig. 11.

XVI. Der Einfluss der Gegenfedern auf die verschiedenen Perioden.

Die Periode der Horizontalschwingungen des Apparates, wie er im Betriebe ist, bleibt sehr wesentlich unter der Periode, welche nach Abschnitt XII zu erwarten wäre, wo wir annahmen, dass das Pendel an keine Registriervorrichtung gekoppelt ist. Zu allererst wird die Periode um einen kleinen Betrag verlängert, weil bei der Pendelung alle Hebel der Registriervorrichtung beschleunigt werden müssen (Wiechert'sches Prinzip). Aber viel wesentlicher ist in diesem Falle der Einfluss der Kräfte, welche die Gegenfedern durch die Uebersetzung auf das System ausüben. Die Richtkraft der Schwere wird durch diejenige der Federn bedeutend vermehrt.

Die Kraft K dieser Gegenfedern, welche in dem Ruhezustande der Masse im jetzigen Betriebe ungefähr 5 Gramm beträgt, drängt die Masse etwas aus der Lotlinie durch den Aufhängepunkt. Diese Abweichung bleibt aber von der Grössenordnung eines Zehntel Millimeters und hat daher keine weitere Bedeutung.

¹⁾ Verhandlungen der Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft. Bern 1922 II Seite 186-187.

Die Betriebsperiode des Apparates hängt übrigens nicht von der Federkraft der Gegenfedern ab, welche sich nach Willkür ändern lässt, sondern nur von der Federkonstanten und ist somit immerhin eine instrumentelle Konstante, welche aber für die beiden Horizontalkomponenten um einige Prozente verschiedene Werte aufweist. Dies ist mit Rücksicht auf die Bestimmungen absoluter Amplituden, über welche wir später noch sprechen werden, sehr zu beachten.

Wenn wir mit

l die Pendellänge
 u die Übersetzung

bis zum Angriffspunkte der Gegenfedern;

f die Federkonstante

bezeichnen, findet man leicht für die Horizontalperiode des Apparates:

$$T_h = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{f u^2 l}{M}}} \dots \dots \dots (1)$$

Wo die Beobachtungen eine Horizontalperiode von rund 3 Sekunden zeigen, und ohne Registriervorrichtung diese Periode, wie wir sahen, rund 4.2 Sekunden oder $\sqrt{2}$ mal grösser sein sollte, ist unter dem Einflusse der Gegenfedern die äquivalente Pendellänge auf die Hälfte reduziert. Dies war bei der Konstruktion vorgesehen.

Man sieht also zur Genüge, von wie geringer Bedeutung die Art der Aufhängung des Pendels war.

Je geringer die Pendellänge l , um so geringer der Einfluss der Gegenfedern auf die Periode. Daher ist klar, dass die Vertikalperiode des Apparates, welche einem sehr geringen Werte für l entspricht, kaum von der Gegenfeder (welche für diese Komponente identisch wie für die beiden Horizontalkomponenten ausgeführt wurde) beeinflusst wird.

XVII. Der Einfluss der Gegenfedern auf die Torsionsschwingung.

Wir wollen jetzt einem Umstande Rechnung tragen, durch welchen vielleicht bei der Horizontalschwingung auch die Torsion in bedeutendem Maasse angeregt werden könnte. Wir betrachteten schon die Möglichkeit, dass der Schwerpunkt sich nicht genau senkrecht unter den Aufhängepunkt einstellt. Viel bedeutender könnte aber der Umstand werden, dass der wahre und der berechnete Schwerpunkt der Masse nicht zusammenfallen und der Befestigungspunkt der Stossstangen, welche die Registrierung vermitteln, eine Excentricität aufweist. Gerade bei dem grossen Einflusse, welchen die Gegenfedern haben, wäre zu erwarten, dass eine solche Excentricität zu ganz bedeutenden Drehmomenten führen könnte. Der Angriffspunkt der Stossstangen sei A und liege in einem Abstände e vom Schwerpunkte S_0 . Es soll in der Ruhelage die Strecke $A S_0$ einen Winkel φ mit der x Achse durch den Schwerpunkt einschliessen. Bei einer Ablenkung der Masse, wobei der Schwerpunkt nach S'_0 , der Punkt A nach A' gekommen ist, soll dieser Winkel ψ sein.

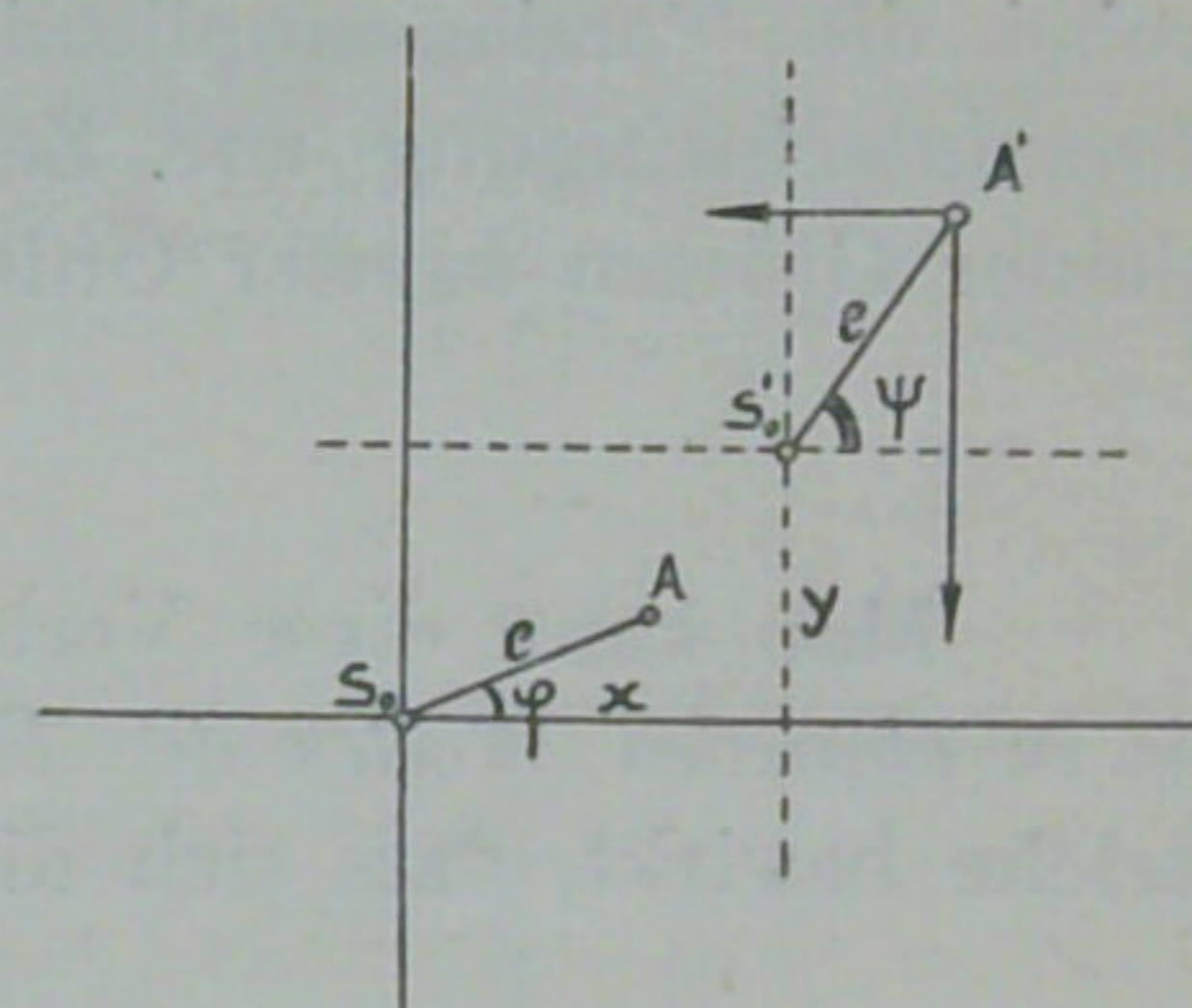


Fig. 12.

Die Bewegungsgleichungen für die Horizontalkomponenten und die Torsion erhalten daher die Form:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 x + \mu_1 (x + e \cos \psi - e \cos \varphi) + M x'' &= 0 \\ \lambda_2 y + \mu_2 (y + e \sin \psi - e \sin \varphi) + M y'' &= 0 \\ - \mu_1 (x + e \cos \psi - e \cos \varphi) e \sin \psi + \\ + \mu_2 (y + e \sin \psi - e \sin \varphi) e \cos \psi + \Theta_t \psi'' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Wenn wir schreiben:

$$\psi = \varphi + \chi \dots \dots \dots (2)$$

und berücksichtigen, dass χ immer sehr klein bleibt, erhalten wir die simultanen Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda_1 + \mu_1) x - \mu_1 e \chi \sin \varphi + M x'' &= 0 \\ (\lambda_2 + \mu_2) y + \mu_2 e \chi \cos \varphi + M y'' &= 0 \\ - \mu_1 x e \sin \varphi + \mu_2 y e \cos \varphi + \\ + [\mu_1 e^2 \sin \varphi + \mu_2 e^2 \cos \varphi + \lambda_3] \chi + \Theta_t \chi'' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Wenn wir zur leichteren Behandlung einen Koordinatenwechsel vornehmen, bei dem etwa φ zu Null wird, können wir uns beschränken auf das Paar:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda_2 + \mu_2) y + \mu_2 e \chi + M y'' &= 0 \\ \mu_2 e y + (\mu_2 e^2 + \lambda_3) \chi + \Theta_t \chi'' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

Wir wollen diese Gleichungen schreiben in der Form:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1^2 y + \frac{\mu_2 e}{M} \chi + y'' &= 0 \\ \frac{\mu_2 e}{\Theta_t} y + \left(\frac{\mu_2 e^2}{\Theta_t} + \omega_2^2 \right) \chi + \chi'' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

und da diese in die allgemein behandelte Kategorie hineinfallen, können wir uns erlauben, die Lösung dieses Paares sofort hinzuschreiben. Es genügt Folgendes:

Es sind

$$\omega_{1,2}' = \sqrt{\left(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \frac{\mu_2 e^2}{\Theta_t} \right) \pm \sqrt{\left(\omega_1^2 - \omega_2^2 + \frac{\mu_2 e^2}{\Theta_t} \right)^2 + 4 \frac{\mu_2^2 e^2}{\Theta_t M}}} \dots \dots \dots (6)$$

die beiden auftretenden Frequenzen, und es ist

$$\frac{\mu_2 e \omega_1'}{M (\omega_2'^2 - \omega_1'^2) \omega_2' y_0'} \left(\chi_0' - \frac{\mu_2 e y_0'}{\Theta_t (\omega_1^2 - \omega_2^2) - \mu_2 e^2} \right) \dots \dots \dots (7)$$

das Amplitudenverhältnis, welches man zwischen den superponierten Schwingungen in den Horizontalaufzeichnungen vorfindet. Dabei wurde vorausgesetzt, dass e klein und ω_2 sehr verschieden von ω_1 sei. Es trifft dies in unserm Falle zu. Es sind weiter χ_0' die zur Zeit $t = 0$ bestehende Winkelgeschwindigkeit der Masse um die z Achse und y_0' die entsprechende anfängliche Horizontalgeschwindigkeit.

War die Torsionsschwingung ursprünglich nicht angeregt, also $\chi_0' = 0$ so reduziert sich (7) auf:

$$- \frac{\mu_2^2 e^2 \omega_1'}{M (\omega_2'^2 - \omega_1'^2) \omega_2' \{ \Theta_t (\omega_1^2 - \omega_2^2) - \mu_2 e^2 \}} \dots \dots \dots (8)$$

einen Bruch, dessen Wert mit e^2 abnimmt. Ist e sehr klein, so kann die Torsionsschwingung also sicher vernachlässigt werden. Bei Erdbeben würde keine Torsionsschwingung im Seismogramm nachweisbar sein. Interessant ist, dass es einen Wert gibt:

$$\chi_0' = \frac{\mu_2 e}{\Theta_t (\omega_1^2 - \omega_2^2) - \mu_2 e^2} y_0' \dots \dots \dots (9)$$

wobei die Torsionsamplitude im Horizontalseismogramm überhaupt verschwindet. Ist aber χ_0' gross, also die Torsionsschwingung zur Zeit $t = 0$ schon kräftig angeregt, dann reduziert sich (7) unter Vernachlässigung kleiner Grössen zweiter Ordnung auf:

$$\frac{\mu e \omega_1' \chi_0'}{M (\omega_2'^2 - \omega_1'^2) \omega_2' y_0'} \dots \dots \dots (10)$$

Man kann diese Verhältnisse durch die Versuche prüfen. Im Abschnitt XIX wird aber gezeigt werden, dass sie zu absurden Werten der Excentricität e führen. Wir sind daher gezwungen nach einer andren Ursache zu suchen, welche bewirkt, dass sich die Torsionsschwingungen bei den Versuchen überraschend stark aufzeichnen.

XVIII. Die Gegenfedern und die maximale Bodenbeschleunigung.

Wenn wir (Figur 11) mit θ das Massenträgheitsmoment einer Schreibfeder in Bezug auf die Drehachse D und mit m die Masse der letzten, einzigen auf Spitzen gelagerten Stossstange bezeichnen und x_m'' die maximale Bodenbeschleunigung darstellt, mit welcher zu rechnen ist, dann haben wir, damit die Gegenfeder den angegebenen Dienst leistet, die Beziehung:

$$K = u x_m'' \left[\frac{\theta}{s^2} + m \right] \dots \dots \dots (1)$$

zur Bestimmung der notwendigen Federkraft. Die Federkraft muss nämlich, damit der Kontakt zwischen den registrierenden Teilen nicht verloren gehe, zweierlei leisten. Sie muss die Schreibfeder drehen und die letzte Stossstange verschieben, entsprechend der maximalen Bodenbeschleunigung.

Die Gegenfeder wird aber, wie schon bemerkt wurde, nicht gedrückt, sondern tordiert. Der mittlere Radius der Spirale sei r , in der Ausführung also gleich s , die Drahtdicke d , die Drahtlänge l_0 . Wenn es darauf ankommt, den Einfluss der Gegenfedern auf die Schwingungsperiode soviel wie möglich zu beschränken, werden wir der Feder die höchste zulässige Beanspruchung geben. Es ist dann:

$$f = \frac{\pi E d^4}{64 s^2 l_0} \quad K = \frac{\pi d^3}{32 s} \cdot k_b \dots \dots \dots (2)$$

wenn k_b die höchste zulässige Biegungsbeanspruchung des Federmaterials darstellt.

Gleichung (1) des Abschnittes XVI wird daher unter Berücksichtigung dieser Formeln:

$$T_h = \sqrt{\frac{l}{g + x_m'' \frac{u^3 E l}{2 M s k_b} \left(\frac{\theta}{s^2} + m \right) \frac{d}{l_0} \dots \dots \dots}} \quad (3)$$

Wenn die maximale Bodenbeschleunigung gegeben ist und die letzte Schubstange und die Schreibfeder entsprechend dimensioniert sind (Abschnitt XV), haben wir daher nur noch eine gewisse Freiheit in der Dimensionierung der Gegenfeder. Wenn wir die Periode der Horizontalschwingung möglichst gross haben wollen, muss:

$$\frac{d}{l_0} \dots \dots \dots \quad (4)$$

das Verhältnis der Drahtdicke zur Drahtlänge so klein wie möglich gewählt werden. Die Reduktion dieses Quotienten geht indessen praktisch nur bis zu einer gewissen Grenze. Wir müssen also unter allen Umständen mit einer Verkürzung der Horizontalperiode rechnen. *Wo von Anfang an eine Periode von 3 Sekunden als vorteilhaft mit Rücksicht auf den Zweck des Apparates betrachtet wurde, war man auch bei der angenommenen reichlich hohen maximalen Bodenbeschleunigung relativ frei in der Wahl der Feder.*

XIX. Versuche und Schlussfolgerungen.

Eine Reihe Versuche wurde unternommen, um zu erfahren, wie die Aufzeichnungen bei verschiedener Art des Anstossens der Pendelmasse verlaufen. Es sei gestattet, die wichtigsten Resultate kurz hervorzuheben.

Wenn die Dämpfungsvorrichtung ausgeschaltet ist, zeigen sich keine zwei Komponenten absolut unabhängig von einander. Dies war bei dem komplizierten Instrumente zu erwarten und wird immer ein wesentlicher Uebelstand der Seismographen bleiben, bei welchen ein einziges Pendel mehr als eine Komponente der Erdbewegung registrieren soll. *Die Versuche zeigen aber, dass eine gute Dämpfung die Horizontal- und Vertikalkomponenten praktisch vollkommen unabhängig macht.* Merkwürdig und wichtig war aber Folgendes:

Es zeigte sich, dass die Schaukelschwingungen und Torsionsschwingungen *bei künstlicher Erregung* sich mit Amplituden aufzeichneten, welche unter Umständen von der gleichen Grössenordnung wie die Amplituden der Horizontal- und Vertikalschwingung waren.

Die Torsionsperiode liegt in der Nähe von 5 Sekunden und die Schaukelungsperiode ist bei abwesender Astatisierung durchweg gleich einer Sekunde. Die Torsionsperiode stimmt sehr gut mit den theoretischen Erwartungen überein, die Schaukelungsperiode dagegen weniger. Dass diese Periode für alle Richtungen gleich sei, war von vornherein zu erwarten, aber man beachte, dass die Annahme absoluter Starrheit der Tragstange (Abschnitt XIII) eine Schaukelungsperiode (1.09 Sek.) liefert, die in besserer Uebereinstimmung mit der Beobachtung ist, als bei Annahme absoluter Flexibilität (Abschnitt XII, 1.23 Sek.). Daher ist es angezeigt jene erstere Annahme zu machen, wenn auch sogar bei dieser die Schaukelungsperiode noch zu hoch ausfällt. Denn auch sie entspricht nicht den wahren Verhältnissen. Richtiger wäre es vor allem auch, die Tragfedern in ihren Enden als eingespannt zu betrachten. Aber dann würde die Theorie unverhältnismässig komplizierter. Als erwiesen kann immerhin gelten, dass die auftretende Einsekundenschwingung von dem Schaukelungseffekt herrührt, und darauf kommt es an.

Wir haben früher gezeigt, dass die Schaukelschwingungen in nicht unbedeutendem Maasse mit den Horizontalschwingungen gekoppelt sind. Warum eine geringe Sekundärschwingung in der Horizontalbewegung bei den Versuchen zum Vorschein kommt, ist daher aufgeklärt. Man kann darüber ebenfalls quantitativ Rechenschaft geben aus den Horizontaldiagrammen bei absichtlicher Anregung der Schaukelung.

In ungünstigen Fällen hat man auch eine Koppelung zwischen der Vertikalschwingung und der Schaukelung anzunehmen. Aber durch diese Koppelung das Auftreten der Schaukelung im Vertikalseismogramm quantitativ zu erklären, erschien ausgeschlossen, auch erschien es durchaus unmöglich, mit Hilfe der bis jetzt betrachteten Koppelungen vom Auftreten der Torsionsschwingung im Horizontalseismogramm Rechenschaft zu geben.

Nur eine Excentricität des Angriffspunktes der Stossstangen von der Grössenordnung eines Dezimeters hätte zur Erklärung genügt.

Diese beiden Punkte erforderten daher ganz besondere Beachtung, denn es war ja die Hebelübersetzung so konstruiert worden, dass jede Aufzeichnung einer Schaukelung oder Torsion aus mechanischen Ursachen als ausgeschlossen gelten musste. Es wurde nun nach einem unauffälligen Konstruktionsfehler gesucht, und es zeigte sich, dass die Federn, welche die Stossstangen für die Horizontalkomponenten tragen und an der Masse befestigt sind, die Uebertragung der Schaukelungen und Torsionsschwingungen auf die Vertikalkomponente und die Horizontalkomponente bewirkten. Man betrachte die Figur 10:

a. Wenn eine Schaukelung auftritt, welche nicht gerade um eine Achse stattfindet, welche durch die

abgebildete Stossstange geht, wird die Tragfeder PE abwechselnd ihre Länge und damit ihre Zugkraft ändern. Den Punkt C kann man als festen Drehpunkt betrachten. Die Zusatzkraft wird also mit einer gewissen Uebersetzung (ungefähr 2 : 3) auf den Schwerpunkt S_0 übertragen und bewirkt damit eine Vertikalschwingung im Takt der Schaukelung.

b. Die Spiralfeder PQ ist mit etwa 10 Kg belastet. Wenn nun bei der Torsion der Punkt P sich über eine gewisse Strecke längs der Peripherie eines Kreises um die Vertikale durch S_0 bewegt hat, wirkt in Q eine kleine horizontale Komponente dieser Federkraft proportional jener Auslenkung. Diese Komponente wird ebenfalls im Verhältniss 2 : 3 auf den Schwerpunkt übertragen und bewirkt eine periodische Verschiebung der andern Stossstange im Takt der Torsionsschwingung.

Ueber die Grössenordnung der betrachteten Effekte ist folgendes zu sagen:

a. Die Masse sei um einen kleinen Winkel φ gedreht um eine Achse, welche der Einfachheit wegen durch eine der Stossstangen gelegt ist. Diese Verdrehung gibt in der skizzierten Weise Anlass zu einer im Schwerpunkt der Masse angreifenden vertikalen Kraft:

$$P_v = 58,5 \varphi \text{ Kg.}$$

Dieser Kraft entspricht, *statisch gerechnet*, eine Ablenkung des Schreibstiftes von der Grösse:

$$a_v = 50 \varphi \text{ cm.}$$

b. Die Masse sei um einen kleinen Winkel ψ gedreht um ihre vertikale Achse. Diese Verdrehung gibt Anlass zu zwei in den Richtungen der beiden horizontalen Stossstangen angreifenden Kräfte:

$$P_h = 24,0 \psi \text{ Kg.}$$

Diesen Kräften entsprechen, *statisch gerechnet*, Ablenkungen der Schreibstifte von der Grösse:

$$a_h = 450 \psi \text{ cm.}$$

Man sieht, dass diese Effekte bei künstlicher Erregung der Schaukelung bzw. der Torsionsschwingung von der ersten Ordnung sein können. Der erstere Effekt ist aber weitaus der kleinere, was durch die Versuche bestätigt wurde.

Damit dürften alle Koppelungen zwischen der Schaukelung und Torsionsschwingung einerseits und den übrigen Komponenten andererseits restlos erklärt sein.

Eine andere Frage ist freilich, in wie fern die Aufzeichnung einer Torsionsschwingung oder einer Schaukelung schädlich für die Interpretation der Seismogramme werden kann. Es können selbstverständlich weder die Torsionsschwingung noch die Schaukelung durch Erdbeben angeregt werden, bei denen nach den Versuchen Schlüters die torsionalen Effekte bekanntlich verschwindend klein sind gegenüber den Translationen. Die Schaukelung und die Torsionsschwingung treten immer nur als sekundäre Wirkungen auf. Versuch und Rechnung ergeben, dass sie als solche sehr gering bleiben.

Immerhin würde es sich vorsichtshalber empfehlen, eine kleine Verbesserung an dem Apparate anzubringen, und zwar in der Weise, dass man die Tragfedern der Stossstangen so weit wie möglich verlängert und oben an der Masse befestigt, wie in der Konstruktion vorgesehen war. Eine Befestigung ausserhalb der Masse ist nicht zu empfehlen, weil damit ein gefährlicher Kontakt mit der Erde gegeben wäre, welchen man beim Seismometer ja soviel wie nur möglich vermeiden will. Mit einer fünffachen Verlängerung der Tragfedern der Stossstangen würde man eine fünffache Abschwächung sowohl des Schaukelungs- wie des Torsionseffektes erzielen, und damit könnten diese Schwierigkeiten als erledigt gelten. *Es bleibt daher bei sorgfältiger Konstruktion nur der im Abschnitt XII besprochene störende Effekt bestehen. Alle Horizontalaufzeichnungen werden von einer geringen darübergelagerten Schaukelschwingung gefälscht.*

Bei fortwährender Nachprüfung der Unabhängigkeit der Komponenten, welche nach der Erfahrung durch unbeachtete störende Einflüsse leicht beeinträchtigt werden kann, wird man also den Aufzeichnungen des Züricher Seismographen innerhalb gewisser Grenzen Vertrauen schenken können, und zwar werden diese Grenzen sicher viel mehr von der postulierten mechanischen Registrierung, d. h. von der Reibung der Schreibstifte auf dem Russbogen, als von den Koppelungen zwischen den sechs Freiheitsgraden beeinflusst. Es ist darum sicher zu begrüssen, dass instrumentelle Einzelheiten für eine optische Registrierung vorgesehen wurden. Darauf werden wir noch zu sprechen kommen.

Wir müssen selbstverständlich schliessen, dass man dem System der getrennten Apparate den Vorzug geben muss. Bei dem vorliegenden Instrument konnte es sich aber nicht darum handeln, drei unabhängige Massen zu installieren, sondern nur darum, aus der einen, deren Aufhängung möglich war, den grösstmöglichen Nutzen zu ziehen. Es wird für die Bedürfnisse der praktischen Seismometrie durch die Registrierung von drei Komponenten statt nur einer so sehr viel mehr geleistet, dass im Verhältnis dazu die hier untersuchten Bedenken (die auch den Konstrukteuren grundsätzlich nicht unbekannt waren) zurücktreten.

Es hat sich insbesondere seither in der Praxis gezeigt, dass gerade die Registrierungen der Vertikalkomponente für die sichere Erkennung der *P*-Einsätze von Nahebeben und Fernbeben besonders wichtig sind.

In wie weit die Registrierungen dieses Instrumentes auch wertvoll sind zur Analyse der wahren Bodenbewegung, ist eine Frage, welche weiter unten behandelt werden soll.

Es sei an dieser Stelle an Folgendes erinnert:

Wir dürfen nicht vergessen, dass nach früherem eine direkte Resonanz der Schaukelung möglich ist, die sich auch in der Vertikalkomponente bemerkbar machen könnte. Resonanz mit der Torsionsschwingung dürfte, nach der geplanten Verbesserung, kaum als Störung in Betracht kommen. Der Einfluss der Schwingungen des Gerüsts ist bei normaler Periode der Erdbewegung gleichfalls zu vernachlässigen.

XX. Das Schema der Astatisierung.

Wir möchten hier nicht unterlassen, auch ein Wort über die Astatisierungsvorrichtung zu sagen, welche zur Vergrößerung der vertikalen Periode des Instrumentes konstruiert wurde.

Figur 13 gibt ein Bild der Vorrichtung, welche auf zwei Seiten des grossen Klotzes und zwar in paarweiser Ausführung angebracht wurde. Die Wirkung dieser Astatisierung wird durch diese Figur genügend erläutert.

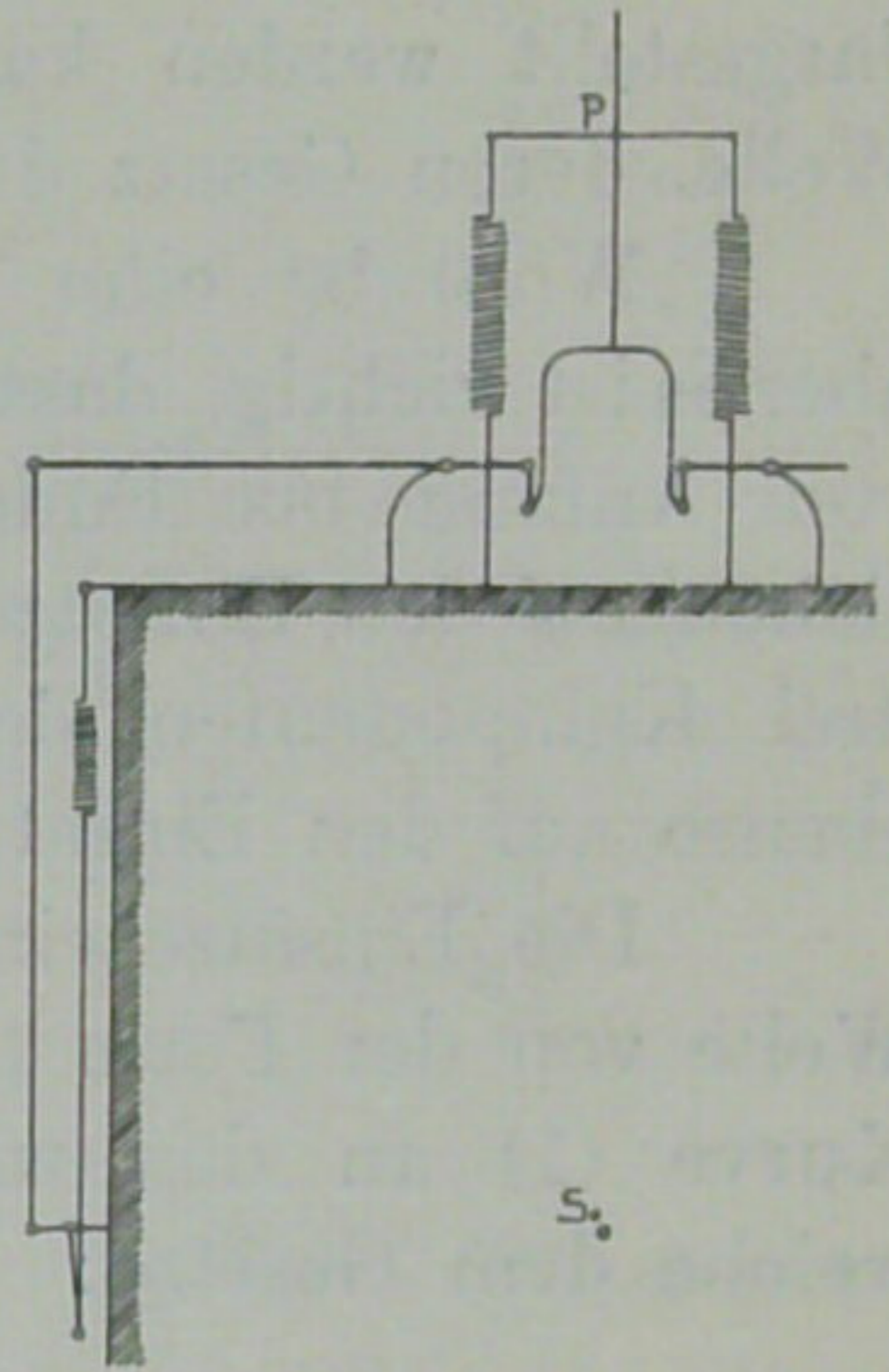


Fig. 13.

Professor de Quervain hofft, dauernd eine vierfache Astatisierung, also eine Vertikalperiode von rund 2,5 Sekunden zu erreichen, bevor der Punkt der Instabilität überschritten wird. ¹⁾ Die Einstellung ist eine sehr heikle Sache und erfordert grosse Geduld und auch genügend Zeit, denn die vollständige Astatisierung wird erst in Etappen erreicht werden können, weil das Instrument sich jedesmal den neuen Verhältnissen anpassen muss, und alle Temperaturdifferenzen ausgeglichen sein müssen, bevor wieder ein kleiner Schritt vorwärts getan werden kann.

Prof. de Quervain konnte bei der ersten groben Einstellung einen gewissen Resonanzeffekt wahrnehmen, welcher sehr wahrscheinlich mit einem theoretisch von mir begründeten identisch war. Es wirkt nämlich die Astatisierung auch auf die Schaukelung zurück und zwar in maximalem Grade in der Ebene, welche man durch die Vorrichtung legen kann. Senkrecht darauf ist die Astatisierung von keinem Einfluss auf die Schaukelung, und diese hat immer noch die Periode von rund 1 Sekunde. Wenn die Astatisierung der Vertikalperiode eine *n* fache ist und die Astatisierung der Schaukelung in der Ebene der Vorrichtung eine *m* fache, findet man mit Rücksicht auf die Konstruktion die Beziehung:

$$\frac{m^2 - 1}{m^2} = 0,78 \frac{n^2 - 1}{n^2} \dots \dots \dots (1)$$

Aus dieser Gleichung kann man ermitteln, dass die Periode der Vertikalschwingung mit der der Schaukelung in der Ebene der Vorrichtung identisch ist, wenn diese
1.7 Sekunden. (2)

beträgt. Wenn die Astatisierung wirksam ist, kann nur um zwei Achsen eine permanente Schaukelung existieren, nämlich um eine Achse, welche in der Ebene der Vorrichtung liegt und um eine Achse senkrecht darauf. Bei jeder anderen Schaukelung besitzt die Masse eine Lissajousbewegung, welche nach den beiden Grenzfrequenzen zerlegt werden kann. Beim Anspannen der Astatisierung sollte also theoretisch zweimal eine Resonanzerscheinung eintreten nämlich ein erstes Mal, wenn die Vertikalperiode auf eine Sekunde ein zweites Mal wenn sie auf 1.7 Sekunden angewachsen ist.

Ein geringer Resonanzeffekt wurde nach Mitteilung Professor de Quervains beim Anspannen der Astatisierung in der Tat ziemlich plötzlich wahrgenommen. Bei stärkerer Anspannung war der Effekt wieder verschwunden. Meiner Ansicht nach bezieht sich diese Wahrnehmung auf die erste Resonanz. Dass die zweite Resonanz nicht aufgefallen ist, liegt wohl daran, dass der zweiten Schwingung, wie Modellversuche lehrten, eine grosse mechanische Dämpfung anhaftet. Es tritt überhaupt die grössere der beiden Schaukelungsperioden wegen des schnellen Abklingens immer nur im ersten Moment in Erscheinung und ist kaum zu erfassen. Mit Rücksicht auf das Vorgehende sei also noch darauf hingewiesen, dass für die Schaukelung praktisch nur eine Resonanzstelle, nämlich $T_p = 1 \text{ Sek.}$ zu befürchten ist.

Bei vierfacher Astatisierung kommt nur $1/16$ der aufwärtstreibenden Federkraft zur Geltung. Legt man ein Gewicht auf die Masse, so wird diese sich 16 mal tiefer senken als ohne Astatisierung.

Auch wenn die Federn sich unter Temperatureinfluss um Δ verlängern, entsteht durch die Astatisierung

¹⁾ Inzwischen nahezu erreicht.

eine abwärtsgerichtete Kraft, die $\frac{15}{16}$ der entsprechenden Federkraft beträgt. Um dies wieder auszugleichen, muss die Masse sich um weitere 15Δ senken, also im ganzen um 16Δ . Die Temperaturempfindlichkeit des astatisierten Apparates ist also ungemein gross, sie wurde aber durch eine symptomatisch arbeitende Kompensation unschädlich gemacht, die sich gut bewährt. Diese geniale, aber etwas heikle, Konstruktion hier zu besprechen, würde zu weit führen. Die Wirkungsweise wurde in dem schon genannten Referate ¹⁾ kurz angedeutet.

XXI. Betrachtungen über die Einsätze eines Bebens.

In der klassischen Theorie der erzwungenen Schwingungen setzt man die äussere Kraft nach dem reinen Sinusgesetz periodisch voraus. Dieses Beispiel ist für die Technik von überwiegender Wichtigkeit. In der Seismologie kann es nur ausnahmsweise bei der Auswertung der Maximalphase besonders geeigneter Beben in Anwendung kommen, bei welchen man hier und da eine ziemlich regelmässige Folge reiner Sinuswellen antrifft. Nach meiner Ansicht lohnt es sich daher, den Fall zu behandeln, wo die äussere Kraft durch eine Funktion von der Form:

$$A t^p e^{-at} \sin \omega t \dots \dots \dots (1)$$

dargestellt werden kann. Wir wollen also untersuchen, wie ein Seismograph reagiert, wenn eine seismische Welle, deren Gesetz durch die Funktion (1) dargestellt wird, das Instrument trifft.

Wohl ist eine Bebenwelle ebensowenig je genau von der Form (1), wie sie eine Sinusschwingung ist; aber es ist wichtig, dass man eine geschlossene Welle, welche einigermaassen eine Phase eines Bebens wiedergibt, von Anfang bis Ende rechnerisch verfolgen kann. Namentlich möchte ich die folgenden Rechnungen beziehen auf den Einsatz der *P* Phase eines Bebens zur Bestimmung der absoluten Werte der ersten Maxima der drei Komponenten der Erdbewegung und damit des Azimuths des Epizentrums und des Emergenzwinkels, ebenso auf den Einsatz der *S* Phase zur Inangriffnahme der Frage nach der Polarisation der transversalen Wellen.

Die Einsätze eines jeden Bebens sind nämlich wohl mit genügender Genauigkeit mit dem Einsätze einer Welle von der Form (1) zu vergleichen. Es stehen drei beliebige Konstanten zur Verfügung zur Anpassung der Kurve (1) an das wirkliche Beben. Im Rahmen dieser Arbeit werde ich mich aber auf Wellen beschränken, welche dem Gesetze:

$$x = A t e^{-at} \sin \omega t \dots \dots \dots (2)$$

folgen, da für Werte $p > 1$, wenn auch keine neuen prinzipiellen Schwierigkeiten auftreten, die Rechnung sich wesentlich kompliziert. Es stehen übrigens in a und ω bei der geringen Präzision, welche die praktische Verwertung der Resultate erfordert, genügend Konstanten zur Verfügung.

Zuerst wollen wir die Resultate der Integration der Gleichung der Schreibstiftbewegung des Seismographen mitteilen, wobei wir anfänglich von der Reibung am Schreibstift absehen.

Die Gleichung, welche zu lösen ist, lautet:

$$\varphi'' + 2 \varepsilon \varphi' + n^2 \varphi = - \frac{d^2}{dt^2} (A t e^{-at} \sin \omega t) \dots \dots \dots (3)$$

Zur Vereinfachung führen wir die neuen Konstanten

$$\frac{\varepsilon}{\omega} = \lambda \quad \frac{n}{\omega} = \mu \quad \frac{a}{\omega} = \nu \dots \dots \dots (4)$$

und die neue Variable

$$\omega t = y \dots \dots \dots (5)$$

ein. μ ist das Verhältnis der Eigenfrequenz des Seismographen zur Frequenz der Erdschwingung. λ und ν haben keine prinzipielle Bedeutung. Da es weiter nicht auf den absoluten Wert der Erdbewegungsamplitude A ankommt, setzen wir:

$$A = \omega \dots \dots \dots (6)$$

und erhalten nach leichter Umformung:

$$\varphi'' + 2 \lambda \varphi' + \mu^2 \varphi = - \frac{d^2}{dy^2} (y e^{-\nu y} \sin y) \dots \dots \dots (7)$$

oder:

$$\varphi'' + 2 \lambda \varphi' + \mu^2 \varphi = (1 - \nu^2) y e^{-\nu y} \sin y + 2 y e^{-\nu y} \cos y - 2 e^{-\nu y} \cos y + 2 \nu e^{-\nu y} \sin y \dots \dots (8)$$

Wir schreiben:

$$\alpha = \nu^2 + \mu^2 - 2 \lambda \nu - 1 \quad \mu = \nu - \lambda \dots \dots \dots (9)$$

$$\left. \begin{aligned} p = \alpha \quad q = 2 \beta \quad r = p^2 + q^2 \quad P = (\alpha^2 - 4 \beta^2) \beta + 4 \alpha \beta \\ Q = -\alpha^2 + 4 \beta^2 + 4 \alpha \beta \quad R = r^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$

¹⁾ Siehe p. 36.

und finden damit für die allgemeine Lösung der Gleichung (7):

$$\begin{aligned} \varphi = & y e^{-\nu y} \left[\cos y \left\{ (1 - \nu^2) \frac{q}{r} + 2\nu \frac{p}{r} \right\} + \sin y \left\{ (1 - \nu^2) \frac{p}{r} - 2\nu \frac{q}{r} \right\} \right] + \\ & + 2 e^{-\nu y} \left[\cos y \left\{ (1 - \nu^2) \frac{Q}{R} + 2\nu \frac{P}{R} - \frac{p}{r} + \nu \frac{q}{r} \right\} + \right. \\ & \left. + \sin y \left\{ (1 - \nu^2) \frac{P}{R} - 2\nu \frac{Q}{R} + \frac{q}{r} + \nu \frac{p}{r} \right\} \right] \\ & + K e^{-\lambda y} \cos (y \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + L e^{-\lambda y} \sin (y \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) (11) \end{aligned}$$

Die beiden willkürlichen Konstanten K und L findet man selbstverständlich aus den Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} |\varphi|_{t=0} &= 0 & |\varphi'|_{t=0} &= 0 \end{aligned} \right\} (12)$$

Man kann nun für eine Reihe von Werten für μ und ν die Kurve (11) berechnen. Ich beschränkte mich auf die Werte

$$\left. \begin{aligned} \mu &= 0 \quad 0,5 \quad 1 \quad 1,5 \quad 2 \\ \nu &= 0,1 \quad 0,2 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,5 \end{aligned} \right\} (13)$$

welche den ersten praktischen Anwendungen genügen dürften. Dass ich mit dem Verhältnis der Bebenperiode zur Eigenperiode des Instrumentes bis auf 2 gegangen bin, hat darin seinen Grund, dass die Eigenperiode des Seismographen, welchen wir hier im besondern studiert haben, sehr kurz ist im Vergleich zu der bei andern Instrumenten gebräuchlichen, nämlich nur 3 Sekunden beträgt, und Einsatzperioden von bedeutend grösserer Dauer, sogar bei der Phase der longitudinalen Wellen, vorkommen. Uebrigens habe ich die ganze Rechnung auch insoweit auf den Züricher Seismographen bezogen, als ich die Dämpfung 1 : 5 angenommen habe, welche Annahme auf

$$\lambda = 0,456 \mu (14)$$

führt. Da diese Art der Dämpfung weit verbreitet ist, werden die Resultate der Rechnung ihren Wert auch für andere Instrumente haben.

Es ist zu bemerken, dass die Rechnungen sich viel einfacher gestalten, wenn man sich auf die Dämpfung beschränken könnte, bei welcher der Apparat an der Grenze der Aperiodicität steht, wie dies bei den Galitzin-Apparaten der Fall ist.

Es ist dann:

$$\lambda = \mu (15)$$

Die beigefügten Figuren 14 zeigen die Kurven, welche der Seismograph aufzeichnen wird, wenn ihn die Wellen treffen, welche durch die punktierten Linien, spiegelbildlich, dargestellt werden.

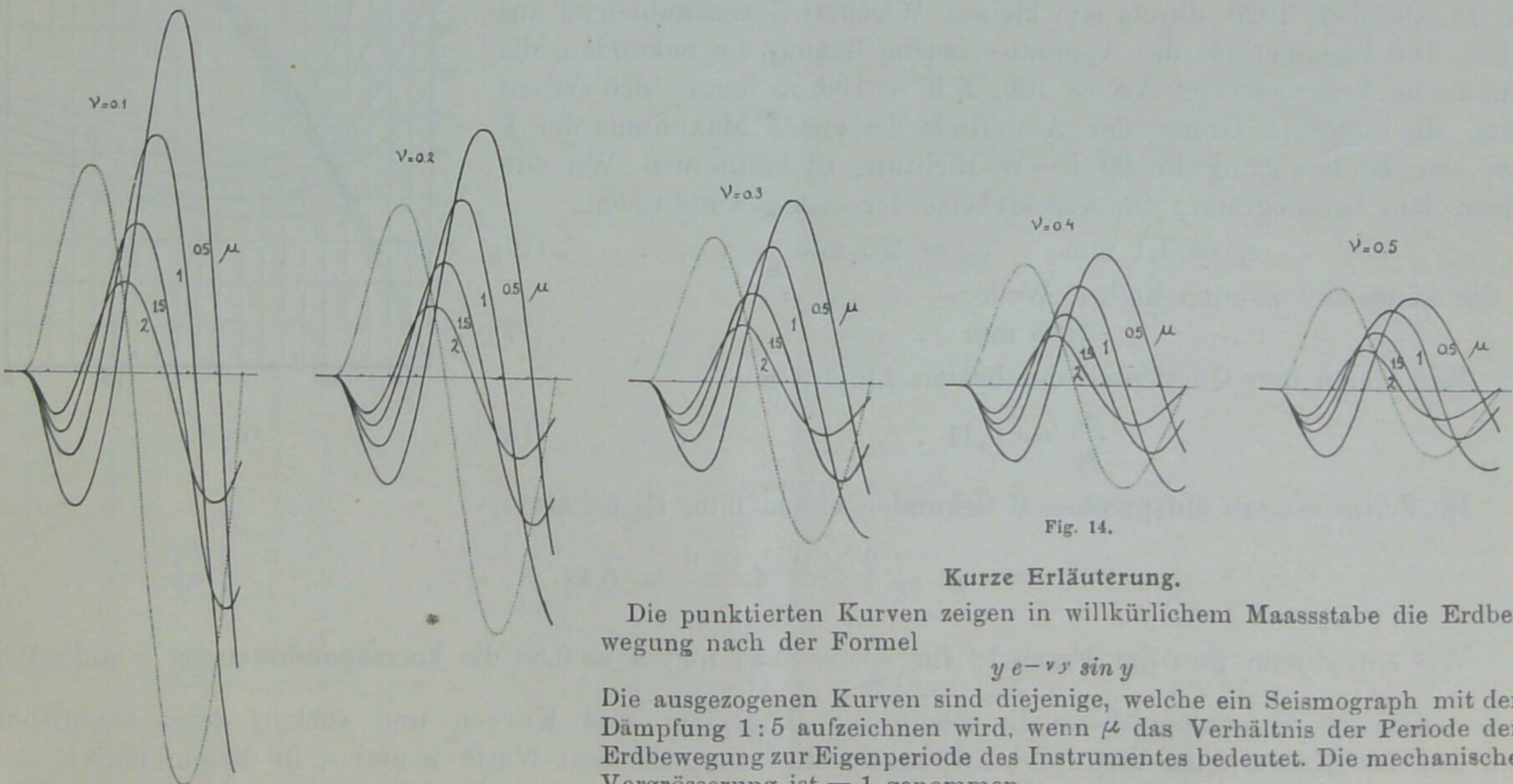


Fig. 14.

Kurze Erläuterung.

Die punktierten Kurven zeigen in willkürlichem Maassstabe die Erdbewegung nach der Formel

$$y e^{-\nu y} \sin y$$

Die ausgezogenen Kurven sind diejenige, welche ein Seismograph mit der Dämpfung 1 : 5 aufzeichnen wird, wenn μ das Verhältnis der Periode der Erdbewegung zur Eigenperiode des Instrumentes bedeutet. Die mechanische Vergrösserung ist = 1 genommen.

Wenn wir nun die Werte der ersten maximalen Amplituden der registrierten Kurven und die Phasenverschiebungen dieser Maxima gegenüber denjenigen der Kurven der Bodenbewegung berechnen, bekommen wir die graphische Darstellung Figur 15. Diese zeigt schon einen interessanten Charakter. Die Vergrößerungskurven V zeigen den Verlauf des Quotienten der ersten maximalen Amplitude des Seismogramms und der ersten maximalen Amplitude

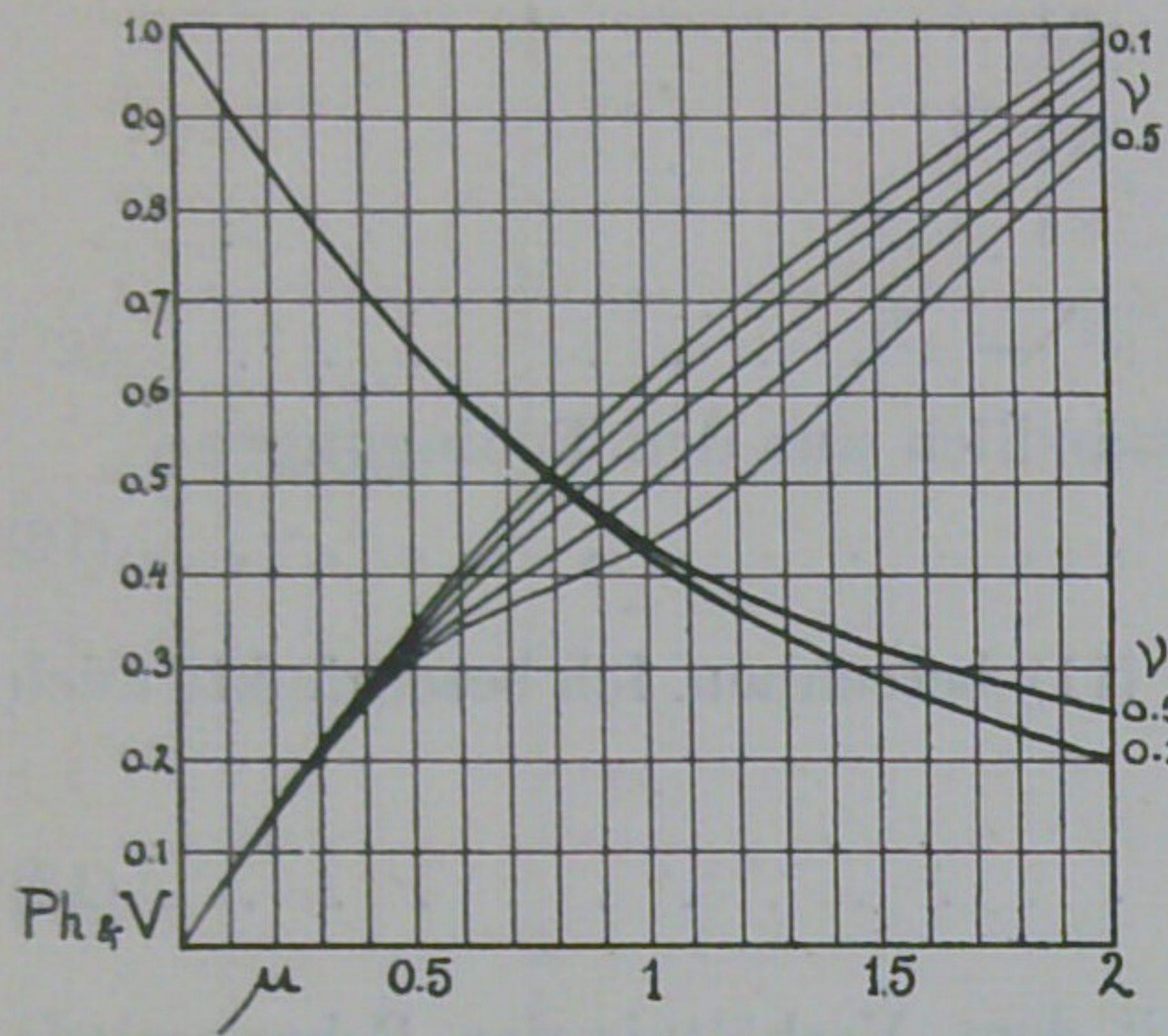


Fig. 15.

der Erdbewegung für die verschiedenen ν Werte, sie fallen regelmässig ab. Dagegen zeigen die Kurven der Phasenverschiebung Ph einen eigenartigen Verlauf. Für geringe μ Werte zusammen gehend, divergieren die Kurven stark zwischen $\mu = 0,5$ und $\mu = 1$, um sich nachher wieder einander allmählich zu nähern. Dieser Effekt ist eine sekundäre Resonanzerscheinung. Will man die Werte der Phasenverschiebung in der Periode der Erdbewegung ausgedrückt haben, so muss man die aus der Figur entnommenen Beträge durch 2π dividieren. Die Phasenverschiebung ist in viel stärkerem Grade von ν abhängig als der Vergrößerungsfaktor. Die wahre Vergrößerung erhält man, indem man den der Figur entnommenen Wert mit dem mechanischen Uebersetzungsfaktor des jeweiligen Instrumentes multipliziert. Die Phasenverschiebung und Vergrößerung des ersten Maximums wollen wir mit Ph_1 und V_1 bezeichnen.

Als Lage des zweiten Maximums einer jeden Kurve wurde die Mitte der beiden Nullstellen zu beiden Seiten dieses Maximums genommen. Daraus berechnete ich die absoluten Werte dieser zweiten Maxima.

Weiter dividierte ich die Abstände der beiden genannten Nullstellen durch π . Dieser Quotient sei mit μ' bezeichnet. Er ist nicht mit μ identisch, aber es gelingt, den korrespondierenden μ Wert aus jedem μ' Wert abzuleiten. Die μ' Werte sind in der Figur 16 graphisch dargestellt, und zwar in den stark ansteigenden Kurven. Merkwürdigerweise überschneiden sich die Linien alle in einem bestimmten Punkte, dessen Koordinaten $\mu = 1,18$ und $\mu' = 0,97$ sind. Diese Werte sind einander also eindeutig zugeordnet. Die übrigen Kurven dieser Figur stellen die Werte der Quotienten der ersten und zweiten Maxima dar. Alle diese Kurven zeigen ein deutliches Minimum, d. h. es wird hier die Resonanzerscheinung sichtbar, indem die zweiten Maxima in der Nähe $\mu = 1$ höher verlaufen als die Maxima für geringere oder grössere μ Werte.

Wie diese Kurven zu benutzen sind, werde ich jetzt an einigen Beispielen zeigen. Es sei vorläufig abgesehen von der Reibung des Schreibstiftes auf dem berussten Bogen, wie das für ein optisches Seismogramm genau zutrifft. Wir wählen die Registrierung des Nordjapanischen Bebens vom 18. Oktober 1920 durch ein kleines Wiechert-Horizontalpendel aus De Bilt. Die Eigenperiode des Apparates betrug damals 4,8 Sekunden, die mechanische Vergrößerung $NS = 166$, $EW = 199$. Es handle sich erstens darum, die absolute Grösse der Amplitude des ersten Maximums der P Phase der Erdbewegung in der E—W Richtung zu bestimmen. Wir entnehmen dem Seismogramm die Absolutwerte der ersten Amplituden:

$$a_1 = 1,1 \text{ mm.} \quad a_2 = 2,5 \text{ mm.} \quad \dots \quad (16)$$

und die Länge der zweiten halben Welle:

$$0,35 \text{ mm} \quad \dots \quad (17)$$

Wir bilden den Quotienten der beiden Amplituden:

$$\frac{a_1}{a_2} = 0,44 \quad \dots \quad (18)$$

Im Zeitmaassstab entsprechen 6 Sekunden einem mm. Es ist also:

$$\mu' = \frac{2 \times 0,35 \times 6}{4,8} = 0,88 \quad \dots \quad (19)$$

Wir entnehmen nun der Figur 16 für $\frac{a_1}{a_2} = 0,44$ und $\mu' = 0,88$ die korrespondierenden ν und μ Werte und konstruieren dementsprechend in einem $\mu\nu$ Diagramm zwei Kurven und suchen deren Schnittpunkt (Figur 17). Die Koordinaten dieses Schnittpunktes sind die gesuchten Werte μ und ν , in diesem Falle:

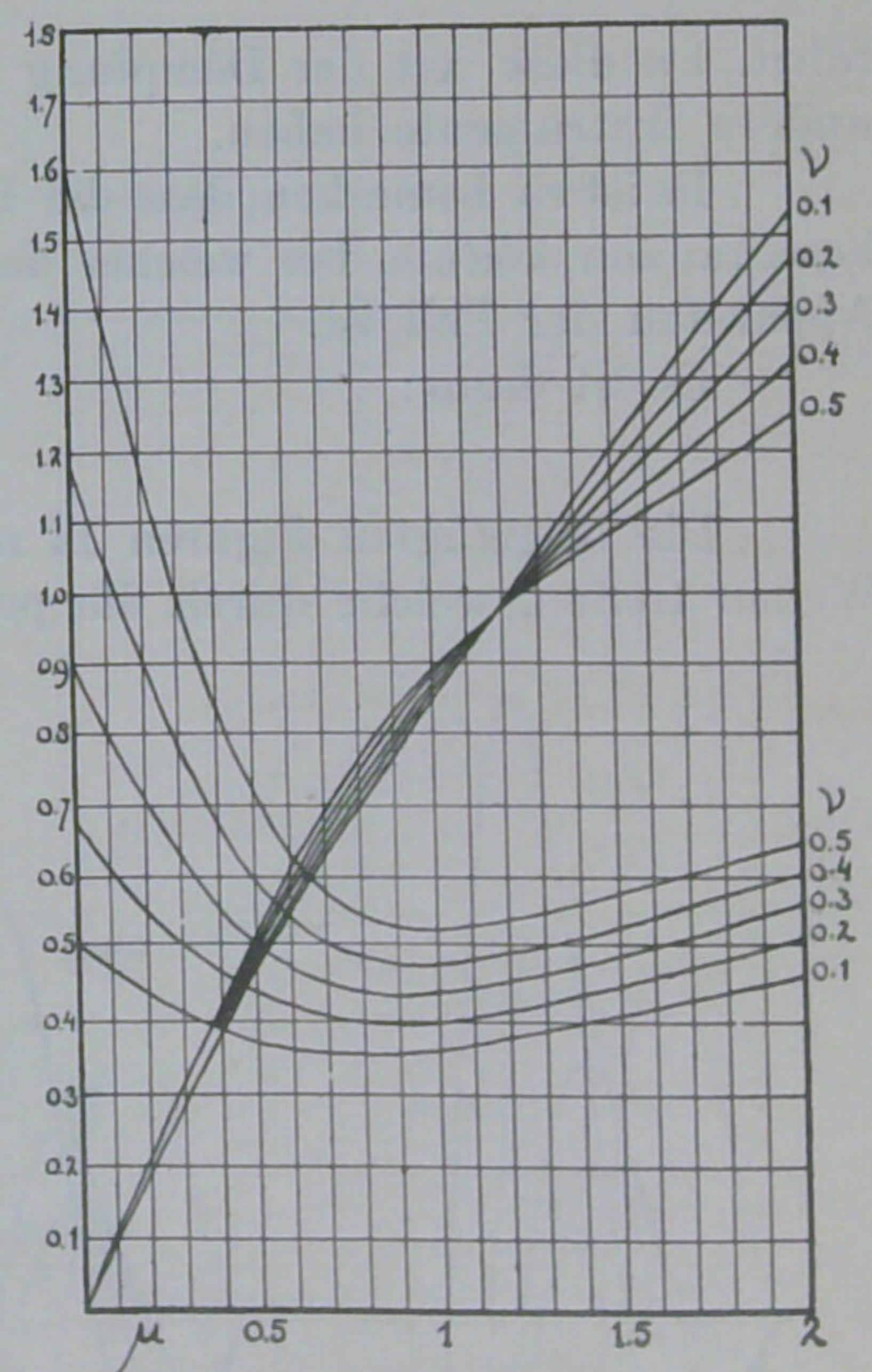


Fig. 16.

$$\mu = 1,08 \quad \nu = 0,295 \dots \dots \dots (20)$$

Nun suchen wir in Figur 15 die entsprechenden Werte für V_1 und Ph_1 und finden:

$$V_1 = 0,42 \quad Ph_1 = 0,55 \dots \dots \dots (21)$$

Die wahre Bodenamplitude des ersten Maximums war also:

$$A_1 = \frac{1,1}{0,42 \times 166} = 0,0158 \text{ mm} = 15,8 \text{ micron} \dots \dots (22)$$

Die Phasenverschiebung in Sekunden ausgedrückt:

$$\frac{0,55}{2\pi} \cdot 1,02 \cdot 4,8 = 0,43 \text{ Sekunde} \dots \dots \dots (23)$$

Drei solcher graphischen Rechnungen nach den Aufzeichnungen dreier Instrumente, mögen ihre Eigenperioden sein wie sie wollen, lassen uns das Azimuth des Epicentrums und den Emergenzwinkel des longitudinalen Erdbebenstrahles finden.

Die Beispiele sind gewählt nach dem Grundsatz, dass die betrachtete Phase scharf ist und vom Ruhezustande des Seismographen aus einsetzt. Bei superponierten Phasen kommt man nicht zum Ziele.

Für die S Phase des gleichen Bebens können wir die analoge Rechnung durchführen. Die ersten Amplituden des transversalen Einsatzes in der E W Richtung sind:

$$a_1 = 2,5 \text{ mm} \quad a_2 = 4,4 \text{ mm} \dots \dots \dots (24)$$

und die zweite halbe Welle hat die Länge:

$$0,5 \text{ mm} \dots \dots \dots (25)$$

Also erhalten wir:

$$\frac{a_1}{a_2} = 0,57 \dots \dots \dots (26)$$

und

$$\mu' = \frac{2 \times 0,5 \times 6}{4,8} = 1,25 \dots \dots \dots (27)$$

Wenn wir der Figur 16 für diese Quotienten die korrespondierenden μ und ν Werte entnehmen, erhalten wir die beiden Kurven der Figur 18, welche sich in dem Punkte

$$\mu = 1,84 \quad \nu = 0,385 \dots \dots \dots (28)$$

schneiden.

Damit erhalten wir aus Figur 15:

$$V_1 = 0,27 \quad Ph_1 = 0,85 \text{ u.s.w.} \dots \dots \dots (29)$$

Wenn wir die Zeitbestimmung im Seismogramm auf die höchste Präzision bringen könnten, wären wir somit einen Schritt weiter auf dem Wege der Untersuchung der wahren Bodenbewegung. Es könnten mit mehr Erfolg als bisher die Fragen nach der Polarisation der transversalen Wellen und andere in Angriff genommen werden.

Hier ist der Verlauf der Rechnung in seiner einfachsten Form dargestellt. Welchen Schwierigkeiten man etwa dabei begegnen kann, werden wir an einem zweiten Beispiele zeigen. Es seien sowohl das NS wie das EW Diagramm des Turkestaner Bebens vom 15 November 1921 zur Analyse vorgenommen und zwar die S Phase. Bei einem kleinen Instrumente, wie dem hierbei gebrauchten Wiechertschen 120 K.G. Pendel, und der geringen

Vergrößerung und Papiergeschwindigkeit ist μ' nie mit grosser Präzision zu messen. In dem vorliegenden Falle findet man für beide Komponenten etwa;

$$\mu' = 1,25 \dots \dots \dots (31)$$

Im $\mu \nu$ Diagramm bekommen wir jetzt zwei Kurven, welche dieselbe Kurve schneiden, und daher zwei Schnittpunkte mit den Koordinaten (Figur 19);

$$\left. \begin{array}{l} \mu_1 = 1,64 \quad \nu_1 = 0,22 \\ \mu_2 = 1,76 \quad \nu_2 = 0,34 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (31)$$

Es sollten, wenn die Quotienten a_1/a_2 verschieden ausfallen, auch die μ' verschieden sein, und zwar so, dass sich für beide Komponenten dasselbe μ ergibt. Man wird in einem derartigen Falle gut tun, den Mittelwert der

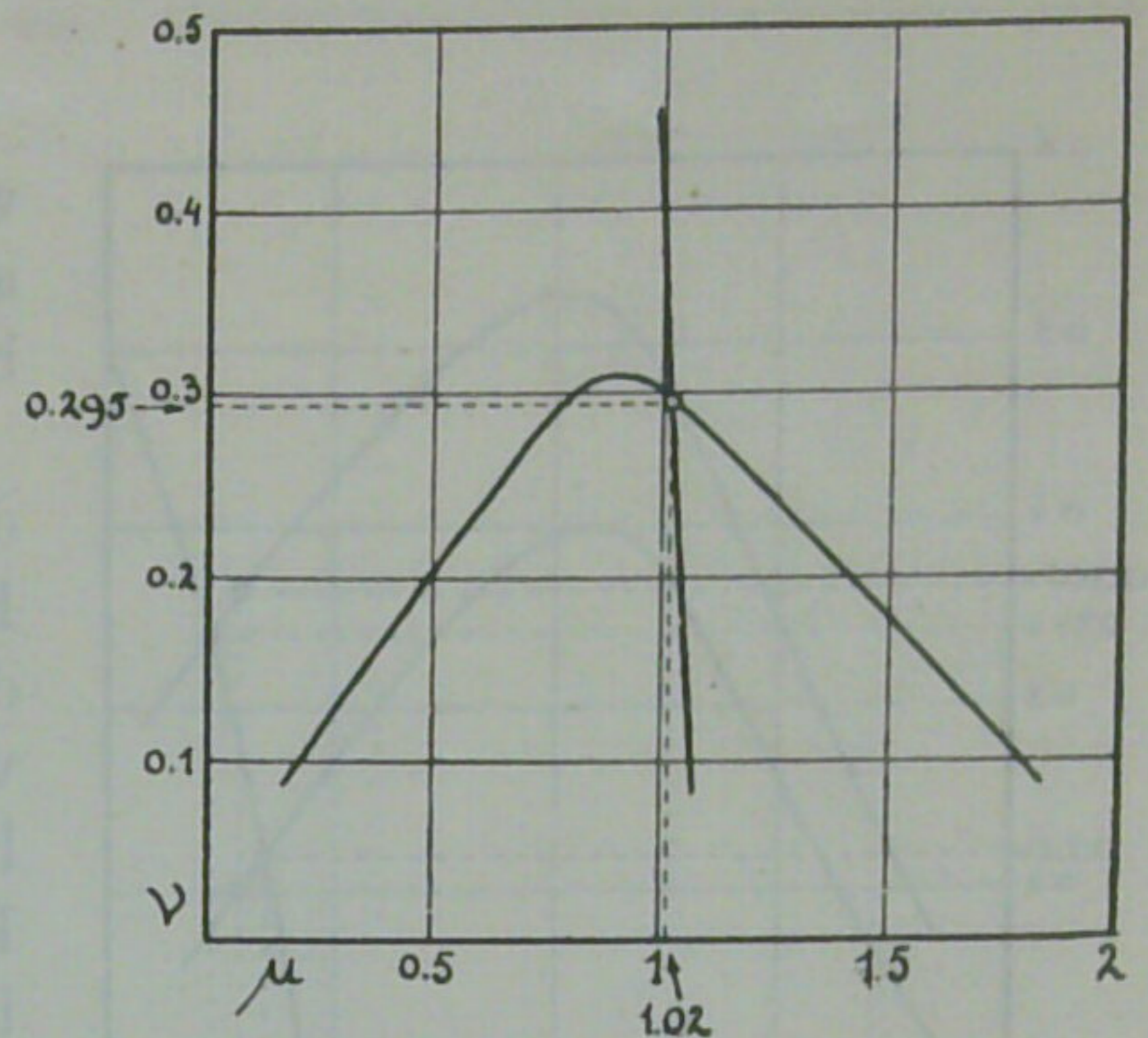


Fig. 17.

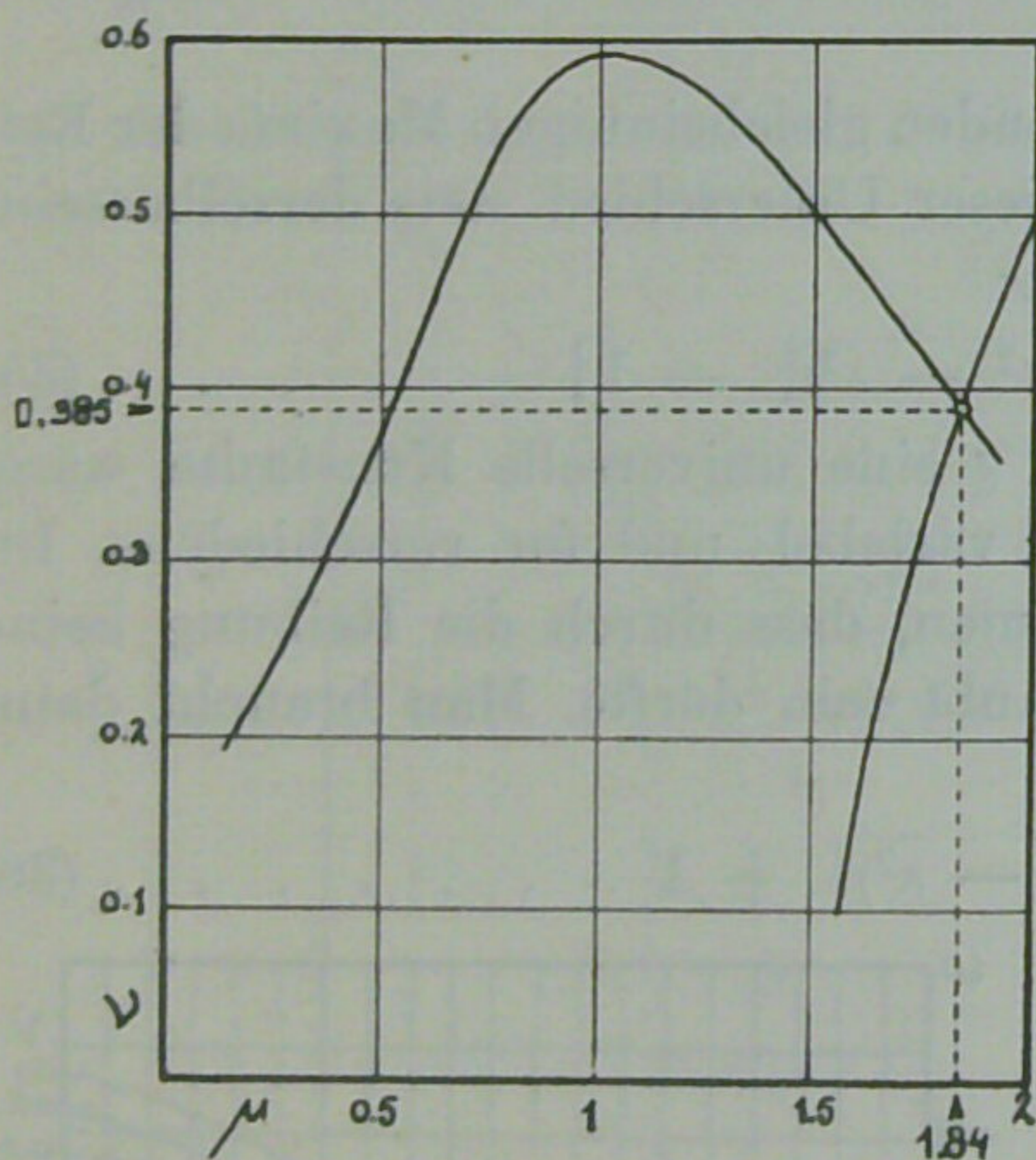


Fig. 18.

beiden μ Werte zu nehmen und aus diesem die beiden ν Werte zu konstruieren, wie es in der Figur 19 geschehen ist. Jetzt finden wir aus Figur 15:

$$\begin{matrix} NS & V_1 = 0,26 & Ph_1 = 0,85 \\ EW & V_1 = 0,28 & Ph_1 = 0,80 \end{matrix} \quad (32)$$

Wenn wir gar die Arbeit über drei Komponenten erstrecken, werden wir oft genötigt sein, einen Mittelwert oder einen wahrscheinlichen Wert aus drei T_p Werten zu bilden und daraus erst die entsprechenden drei μ zu berechnen und weiter die ν zu konstruieren.

Der weitaus grösste Uebelstand, den wir in der praktischen Anwendung dieser Methode zu eliminieren haben, ist der Einfluss der mechanischen Reibung des Schreibstiftes auf dem berussten Bogen. Man kann wohl behaupten, dass für die feinere Anwendung zur wissenschaftlichen Erforschung der verschiedenen Wellenarten im Erdinnern die optische Registrierung unerlässlich ist. Man wird aber immerhin bei Instrumenten, bei welcher die Reibungskraft sich als nahezu konstant erweist, mit einer etwas umständlicheren Rechnung auch zum Ziele kommen oder wenigstens eine gewisse Annäherung an das erwünschte Resultat erreichen. Aber wenn man von einer Konstanz der Reibungskraft weit entfernt ist, wie bei den meisten mechanisch registrierenden Apparaten, wird man von einer Anwendung der Methode, welche ich jetzt beschreiben will, absehen müssen, denn die Fehler wären vielleicht ebenso gross wie die, welche bei Vernachlässigung der Reibung entstehen.

Beim Züricher Apparat sind die Verhältnisse in dieser Hinsicht günstig. Es würde sich lohnen, aus den Registrierungen, welche damit jetzt gemacht werden und welche erst diesen Sommer nach der Einstellung der Astatisierung ihren wahren Wert erhalten haben, eine statistische Untersuchung zu beginnen.

Wir können die Bewegungsgleichung, wenn wir eine konstante Reibungskraft einführen, allgemein schreiben:

$$\varphi'' + 2\lambda\varphi' + \mu^2(\varphi \pm \rho) = f(y) \quad (33)$$

Die Faktoren ρ für die drei Komponenten:

$$\rho_1 \quad \rho_2 \quad \rho_3 \quad \dots \quad (34)$$

entnehmen wir Reibungsfiguren. (Man sollte solche in regelmässigen Zeitabständen aufnehmen, oder wenigstens nach jedem bedeutenden Beben, welches man analysieren will).

ρ ist einfach der vierte Teil des Unterschiedes zweier aufeinander folgenden gleichsinnigen Maxima der Reibungskurve, wobei die Dämpfung auszuschalten ist. Wenn ρ konstant ist, sollte dieser Unterschied stets derselbe sein.

Das Integral von (33) für die Bewegung bis zum ersten Maximum ist:

$$\varphi = \bar{\varphi} + \rho [e^{-\lambda y} \{ \cos(y\sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin(y\sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) \} - 1] \quad (35)$$

wobei $\bar{\varphi}$ nach (11) berechnet wird und positiv sein möge. Wenn der Faktor ρ eine universelle Konstante wäre, könnte man ebenso gut allgemein mit (35) wie mit (11) rechnen. Da aber ρ variabel und für verschiedene Instrumente verschieden ist, muss man ρ unbestimmt lassen. Wir wollen annehmen, dass durch die Reibung keine bedeutende Phasenverschiebung bewirkt wird, was bei kleiner Reibung erlaubt sein dürfte. Man braucht dann nur die Kurven

$$f_1 = -e^{-\lambda y} \{ \cos(y\sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin(y\sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) \} + 1 \quad (36)$$

zu tabellarisieren und graphisch darzustellen. Dies ist in Figur 20 geschehen. Die Kurven nähern sich asymptotisch dem Werte 1. Wenn φ_1 die gemessene Amplitude im Seismogramm für das erste Maximum ist, so ist der Absolutwert der damit korrespondierenden Erdablenkung:

$$A_1 = \frac{\varphi_1 + f_1 \rho}{V_1 k} \quad (37)$$

wobei V_1 den bekannten Vergrößerungsfaktor, k den mechanischen Uebersetzungsfaktor darstellt. Uebrigens gibt es für jedes ω ein A_1' , wobei der Schreibstift überhaupt in Ruhe bleibt. Je länger die Erdperiode T_p ist, um so höher liegt dieser Wert:

$$A_1' = \frac{f_1 \rho}{V_1 k} \quad (38)$$

Dies soll die Schwächen der Methode andeuten. Bei schwachen Einsätzen wird man hie und da das erste Maximum übersehen. Aber dann

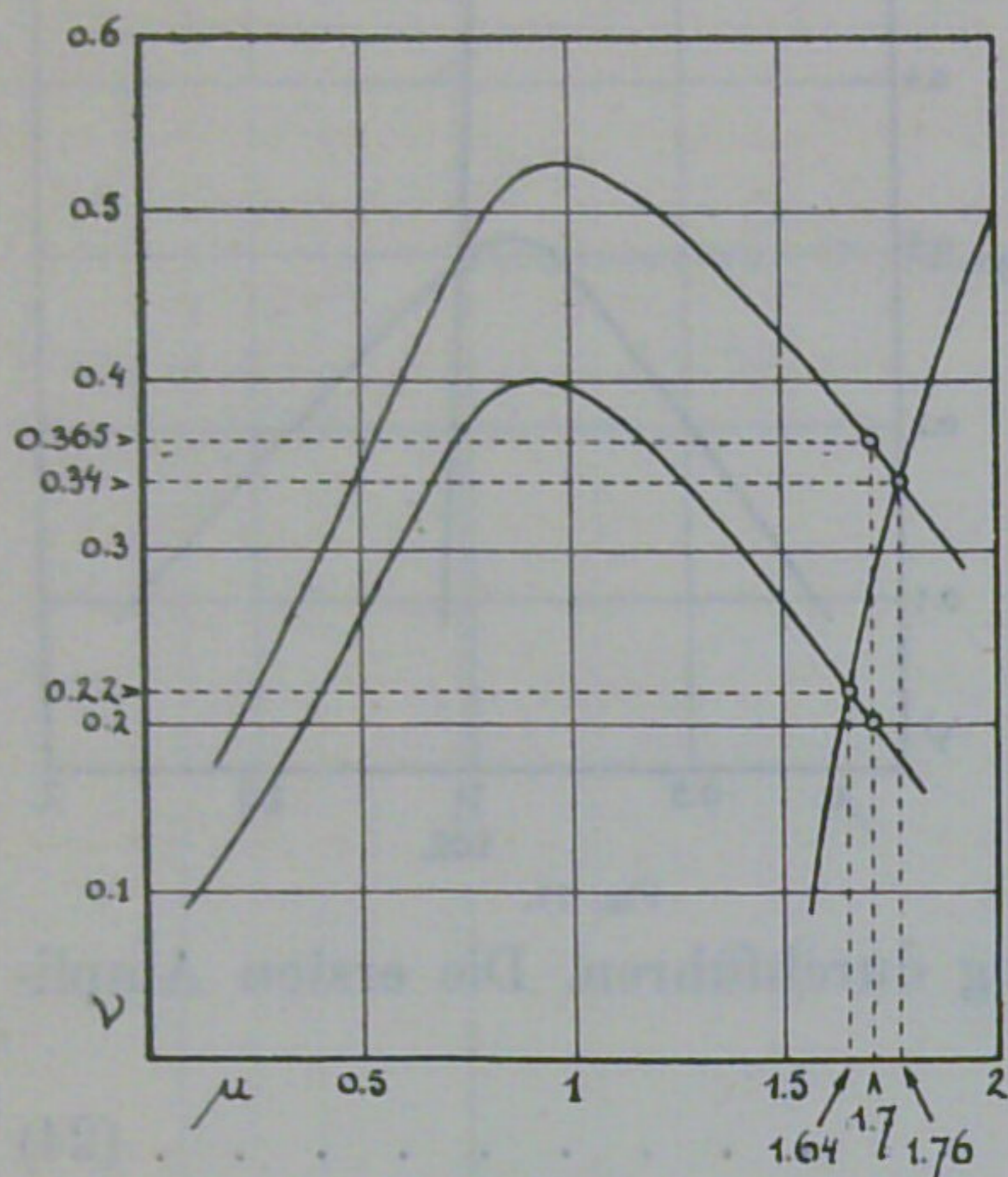


Fig. 19.

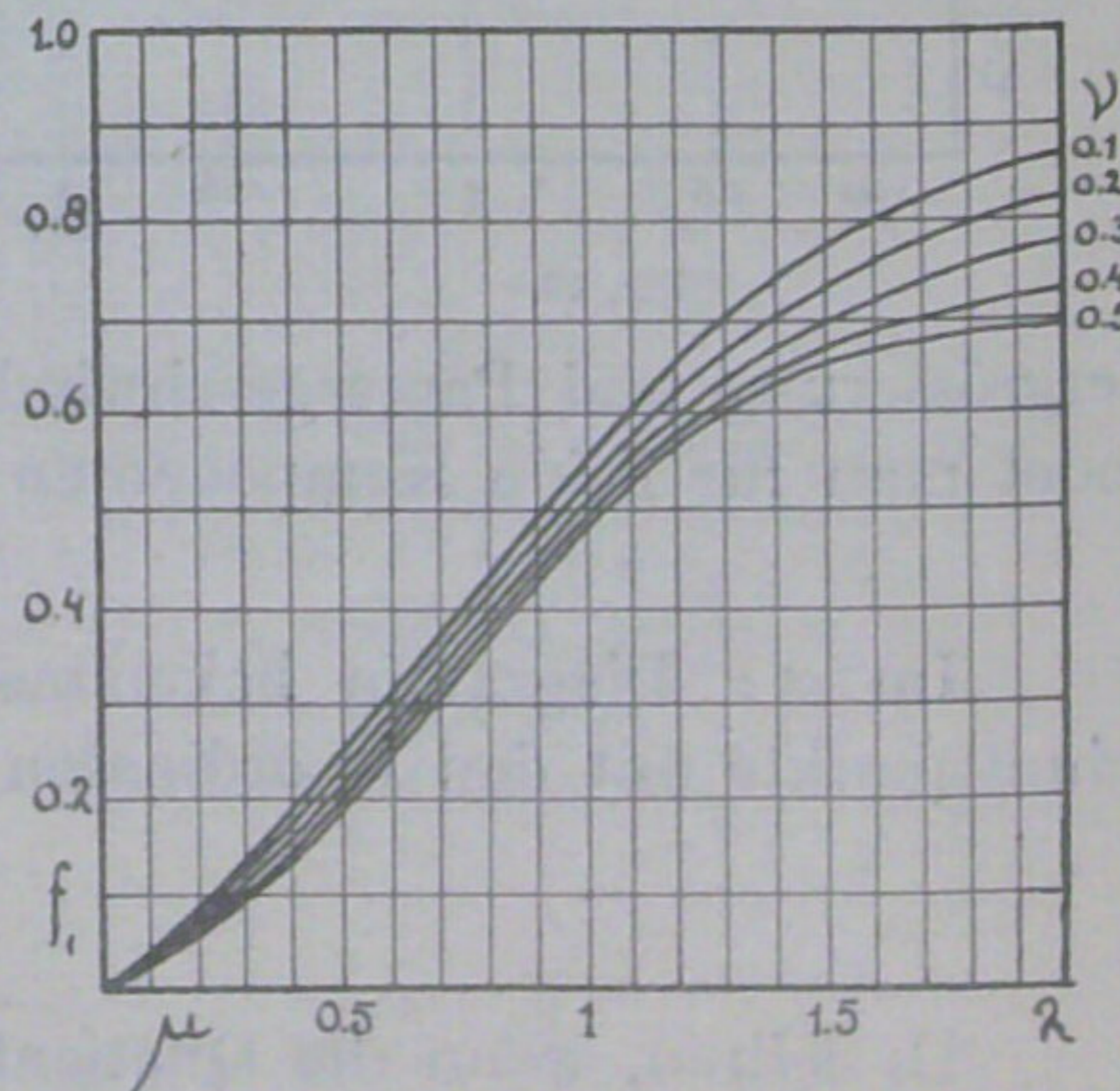


Fig. 20.

ist auch überhaupt nichts genaues zu erreichen. Will man genaue Resultate erzielen, so muss das zweite Glied im Zähler von A_1 klein sein gegen φ_1 .

Wenn μ' genügend klein bleibt, d. h. wenn die Eigenperiode des Seismographen sehr gross ist im Verhältnis zur Bebenperiode, wird man zur Ermittlung des Absolutwertes des ersten Maximums meistens ohne Kenntnis des zweiten auskommen. Wenn $\mu' < 0,5$ ist, ist mit genügender Genauigkeit $\mu' = \mu$, und V_1 und Ph_1 bestimmen sich eindeutig.

Bei der Bestimmung des Faktors f_1 herrscht immerhin eine gewisse Unsicherheit, aber man wird ohne weiteres einen gewissen Mittelwert von f_1 annehmen können. Damit wäre die Frage nach dem Absolutwert des ersten Maximums einer Erdbebenphase gelöst. Es zeigt sich nochmals der grosse Vorteil langperiodischer Instrumente, welche auch im allgemeinen eine viel schärfere Bestimmung von ρ erlauben als die kurzperiodischen. Doch wird selbst in diesem Fall die Bestimmung von ρ kein sehr grosses Vertrauen verdienen. Man kann nicht oft genug wiederholen, dass man, wenn es gilt, absolute Amplituden zu bestimmen, entweder optische Registrierung vorsehen oder die Vergrösserung unter der Grenze halten sollte, innerhalb der man den Einfluss der Reibung vernachlässigen darf. Nur dann sind die Diagramme wissenschaftlich korrekt verwertbar. Was das Züricher Instrument betrifft, könnten wir etwa Folgendes sagen: Wenn wir 2 mm als Mindestwert der Amplitude des ersten Maximums φ_1 annehmen, der sich für genaue Messung eignet, wenn wir ferner die Fehlergrenze auf 0,1 mm ansetzen, werden wir etwa fordern, dass der Wert

$$f_1 \rho \dots \dots \dots (39)$$

auch den Wert 0,1 mm nicht übersteigt, und da

$$f_1 < 1 \dots \dots \dots (40)$$

ist, darf ρ höchstens 0,1 mm sein. Wenn wir die Vergrösserung eines Apparates verringern, wird ρ mit dem Quadrate dieser Vergrösserung abnehmen. Beim betrachteten Seismographen im heutigen Betriebe überschreitet ρ nach den Versuchen sicher nicht den Wert 2 mm. Wenn man also die Vergrösserung auf den

$$\sqrt{\frac{0,1}{2}} \text{ ten} \dots \dots \dots (41)$$

Teil des jetzigen Betrages 1500, also auf rund 350 reduzieren würde, könnte man auch im ungünstigsten Falle den Einfluss der Reibung innerhalb der Messungsungenauigkeit bringen, ohne befürchten zu müssen, dass die Häufigkeit der Beben, welche ein erstes Maximum $> 2 \text{ mm}$ aufweisen, zu sehr heruntergedrückt wäre.

Wenn μ' nicht so gering ist, dass man ein eindeutiges μ bestimmen kann, wird man in folgender Weise zum Ziele gelangen. Es werde wiederum angenommen, dass die Reibung auch im zweiten Maximum keine weitere Phasenverschiebung veranlasst. Dann wird man leicht den Wert bestimmen können, den man zum zweiten Maximum hinzurechnen muss, um die Amplitude zu bekommen, die ohne Reibung aufgezeichnet würde. Der Absolutwert dieser Länge beträgt:

$$\rho [e^{-\lambda y_2} \{ \cos (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) \} \cdot \{ - e^{-\lambda y_1} (\cos (y_1 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin (y_1 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2})) + 2 \} - 1] \dots \dots \dots (42)$$

wobei unter y_2 der Abstand der beiden ersten Maxima zu verstehen ist.

Wir wollen daher einen zweiten Faktor f_2 einführen:

$$f_2 = - e^{-\lambda y_2} \{ \cos (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) \} \cdot \{ - e^{-\lambda y_1} (\cos (y_1 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin (y_1 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2})) + 2 \} - 1 \dots \dots \dots (43)$$

oder:

$$f_2 = - e^{-\lambda y_2} \{ \cos (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) + 0,513 \sin (y_2 \sqrt{\mu^2 - \lambda^2}) \} \{ f_1 + 1 \} + 1 \dots \dots \dots (44)$$

welcher Faktor in Figur 21 graphisch dargestellt ist.

Für $y_2 = 0$ ist $|f_2| = |f_1|$, was ja selbstverständlich ist.

Für den Quotienten der 2 ersten maximalen Ausschläge ist also mit Rücksicht auf die Reibung zu nehmen:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\varphi_1 + f_1 \rho}{\varphi_2 + f_2 \rho} \dots \dots \dots (45)$$

Man wird nun folgenden approximativen Weg einschlagen.

Wir messen:

$$\mu' \quad \varphi_1 \quad \varphi_2.$$

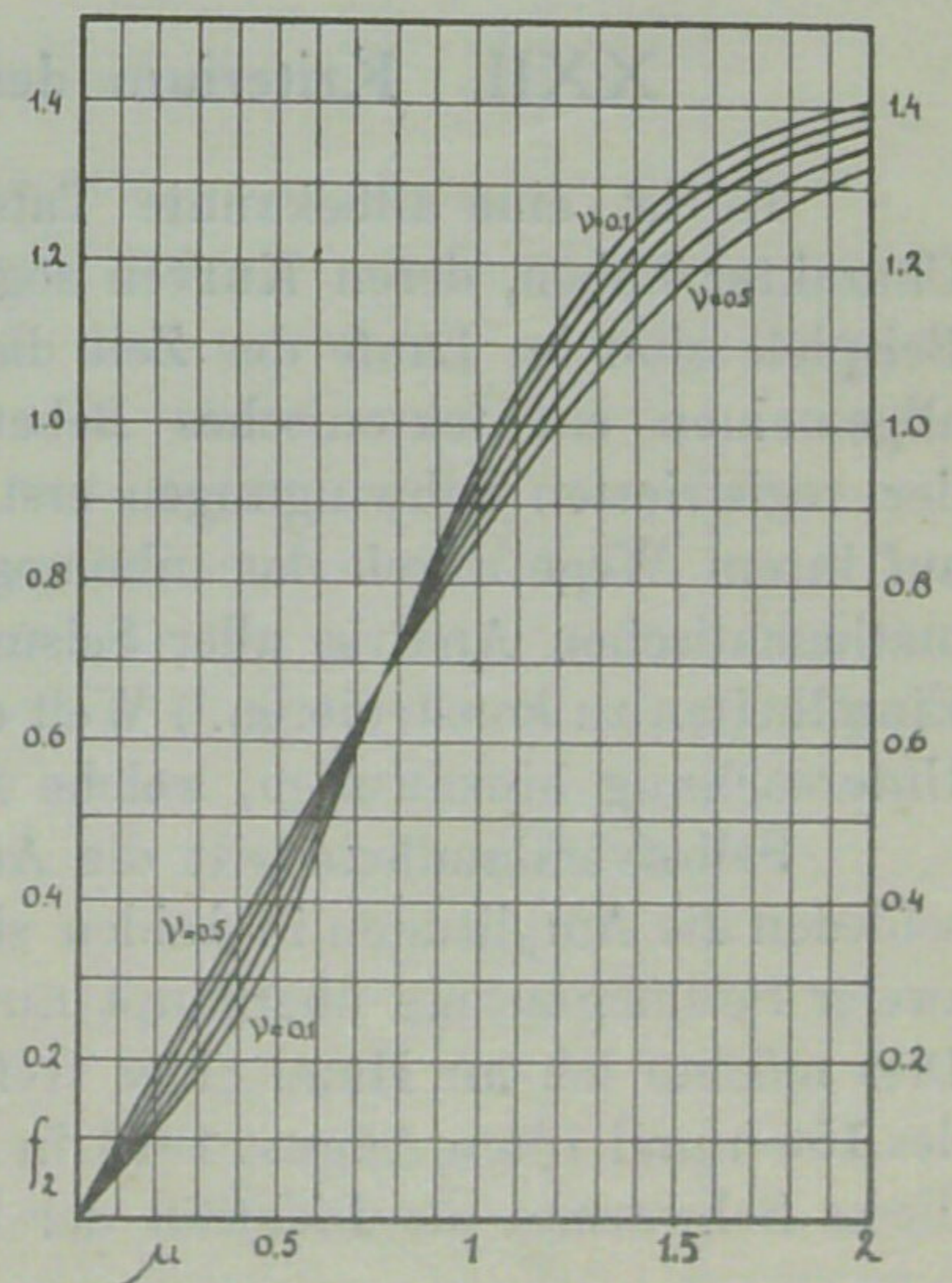


Fig. 21.

Es sei vorläufig der Mittelwert $\nu = 0,3$ angenommen. Damit wird man in erster Annäherung ein μ , f_1 und f_2 finden und weiter ein

$$\frac{a_1}{a_2} \dots \dots \dots (46)$$

Mit Hilfe dieses Quotienten und des μ' bestimmt man jetzt nach der früheren Methode ein neues ν , μ , f_1 und f_2 . Wenn man dieses Verfahren wiederholt, erhält man schliesslich feste Werte für μ und ν , mit welchen V_1 und Ph_1 , die Vergrösserung und die Phasenverschiebung, bestimmt werden können. Die Konvergenz dieser Methode ist meistens sehr gut. Ein Beispiel sei zur Erläuterung gegeben. Wir wollen annehmen, der kleine Wiechertsche Apparat, von dem wir die Seismogramme untersuchen, erlaube eine genügend scharfe Bestimmung von ρ , und zwar sei:

$$\rho \cong 1 \text{ mm} \dots \dots \dots (47)$$

Die *S* Phase des Japanischen Bebens vom 10ten April 1918 setzt sehr scharf ein, und zwar finden wir:

	φ_1	φ_2		
<i>NS</i>	1,3	3,2	<i>mm</i>	} $\mu' = 1,08 \dots \dots \dots (48)$
<i>EW</i>	3,8	10,1	<i>mm</i>	

Wir nehmen $\nu = 0,3$ an und finden $\mu = 1,40$, $f_1 = 0,67$, $f_2 = 1,19$ und weiter mit (45):

	$\frac{a_1}{a_2}$		μ	
<i>NS</i>	0,449	damit	1,38	} \dots \dots \dots (49)
<i>EW</i>	0,396	"	1,34	

Wir nehmen den Mittelwert $\mu = 1,36$ und erhalten:

<i>NS</i>	$f_1 = 0,68$	$f_2 = 1,19$	} \dots \dots \dots (50)
<i>EW</i>	$f_1 = 0,73$	$f_2 = 1,24$	

und damit wiederum:

	$\frac{a_1}{a_2}$		
<i>NS</i>	0,451	} \dots \dots \dots (51)	
<i>EW</i>	0,400		

Diese Werte sind so wenig verschieden von denen der ersten Approximation (49), dass man das Verfahren schon hier abbrechen kann.

Wir erhalten für das erste Maximum der betrachteten *S* Phase

	V_1	Ph_1	A_1	
<i>NS</i>	0,33	0,72	0,035	<i>mm</i>
<i>EW</i>	0,32	0,76	0,071	<i>mm</i>

} \dots \dots \dots (52)

womit das Problem gelöst ist.

XXII. Kriterium der Zuverlässigkeit von Instrumenten verschiedener Bauart.

Es ist eine allbekannte Tatsache, dass oft 2 oder mehr Beben registriert werden, welche identischen Charakter haben, deren Kurven sogar einander zum Verwechseln ähnlich sein können. Verschiedene markante Beispiele sind im Laufe der Zeit diskutiert worden. Sie gaben Veranlassung zu der Schlussfolgerung, dass im allgemeinen ein tektonisches Beben sehr einfacher Natur sein muss, und dass das charakteristische Aussehen der registrierten Schwingungen erst von den Brechungen und Reflexionen herrührt, welche die erregte Welle auf ihrem Wege durch das inhomogene Erdinnere erleidet. Es erscheint freilich noch als fernes Ziel, aus einer mathematischen Analyse aller Seismogramme ein Bild des Erdinnern nicht nur im grossen, sondern auch in Einzelheiten zu konstruieren.¹⁾ Weit entfernt von der Lösung einer solchen Frage ist es angezeigt, auf eine andere Untersuchung hinzuweisen, welche sich an Hand identischer Beben durchführen lässt.

Selbstverständlich tritt die Aehnlichkeit zweier Seismogramme um so deutlicher hervor, je weniger verschieden die Amplituden in beiden sind. Diese Tatsache darf aber nicht so interpretiert werden, als ob Identität zweier Seismogramme überhaupt nur auftrete, wenn die Intensitäten der beiden Beben wenig verschieden sind. Dies möchte ich an Hand eines treffenden Beispieles zeigen, nämlich des Erdbebenschwarmes, welcher im Laufe des 15ten und 16ten August 1916 in Mittel-Italien auftrat. Es tritt dabei besonders in zwei mittelschweren Beben dieses Schwarmes die Identität der Seismogramme in solcher Schärfe hervor, dass man diese nahezu zur Deckung

¹⁾ A. de Quervain: Identische Seismogramme. Schweiz. Erdbebenbericht 1919.

bringen kann. Abgesehen davon, dass alle Beben dieses Schwarmes auf den gleichen Typus zurückführbar sind, scheint man übersehen zu haben, dass das Diagramm des schwersten der Beben mit den beiden schon als identisch erwiesenen Mittelschweren congruent erscheint, wenn man es im Maassstabe 1:10 reduziert. Figur 22 zeigt die drei N.S Galitzindiagramme, welche in de Bilt erhalten wurden. Das mittlere ist das reduzierte.

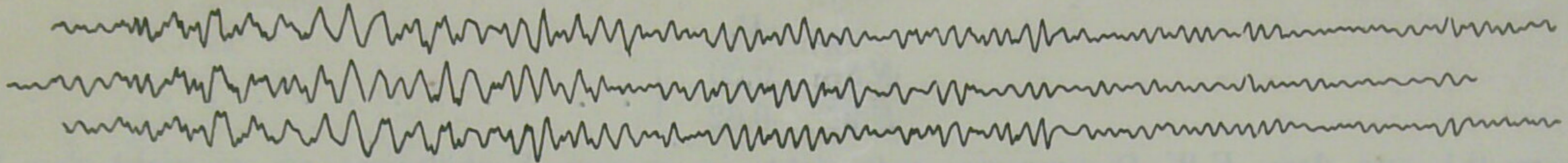


Fig. 22.

Die Aehnlichkeit mit den beiden übrigen springt dermaassen in die Augen, dass wohl niemand bezweifeln wird, dass hier ein Beispiel der Identität, sagen wir zweier Beben aufgedeckt ist, deren Intensitäten, (welche den Quadraten der Amplituden proportional sind,) sich wie 100:1 verhalten. Worauf ich nun aber im besondern aufmerksam machen wollte, ist folgendes. Wenn wir zwei Instrumente verschiedener Bauart besitzen und zwei identische Beben gleicher Intensität eintreffen, so wird jedes Instrument zwei identische Seismogramme entwerfen, welche aber mit Rücksicht auf die verschiedene Bauart unter sich nicht zur Deckung gebracht werden können. Wenn wir nun fragen, welches Instrument die genauere Darstellung der wahren Bodenbewegung gegeben hat, fehlt uns der Anhaltspunkt zur Entscheidung. Wir werden aber im Besitze eines Kriteriums sein, wenn zwei identische Beben verschiedener Intensität eintreffen. Wir können die beiden Seismogramme jedes Instrumentes auf gleichen Maassstab bringen. Bei keinem Instrumente wird es in diesem Falle gelingen, ihre beiden Seismogramme zur Deckung zu bringen, denn es werden nie alle Eigentümlichkeiten proportional mit den Amplituden wachsen. Also wird man ruhig behaupten können, dass dasjenige Instrument die genauere Darstellung der wahren Bodenbewegung gibt, dessen beide Seismogramme am besten zur Deckung gebracht werden können. Wie wir sehen, leistet der Galitzinsche Seismograph in dieser Hinsicht ganz sicher sehr Bedeutendes.

XXIII. Das Japanische Beben vom 1-IX-1923 und die Frage der Herdtiefe.

Meine Hoffnung, dass das grosse japanische Beben, welches Anfangs September Tokyo verwüstete, mir die erste Gelegenheit bieten würde, die skizzierte μ Methode auf die Züricher Seismogramme mit Erfolg anzuwenden, ist leider getäuscht worden. Es waren viele Ursachen dafür vorhanden. Erstens wurden die Schreibfedern zwei Sekunden nach dem Einsatze der *P* Phase, beim Minutenzeichen, abgehoben, womit die ersten schwachen Wellen zur Verwertung verloren gingen. Zweitens zeigte eine Konstantenbestimmung, dass die Vertikalperiode des Apparates im Moment nicht höher lag als 1,5 Sekunden, die Astatisierung also nur etwas mehr als zweifach war und daher Wellen, deren Periode 3 Sekunden überstieg, durch die Beschränkung unserer graphischen Darstellungen nicht zur Behandlung tauglich waren. Es kam nur der Anfang der *P* Phase mit seinen kurzen Wellen für die Theorie in Betracht. Aber die *P* Phase zeigt nur ein chaotisches Gemisch von superponierten Wellen, aus welchen nur eine brauchbare Stelle, einige Sekunden nach dem ersten Minutenzeichen, herausgeschält werden konnte. Gegen Verwendung dieser Stelle kann man mit Recht das grösste Misstrauen hegen. Die Amplituden sind nämlich sehr gering. Deswegen spielt die Reibung eine überwiegende Rolle. Weiter ist ein μ' nur im Vertikal-seismogramm mit einiger Sicherheit zu bestimmen, und die Schreibfedern waren vor dem Einsatz der betreffenden Welle schon nicht in der Nulllage und nicht ganz ruhig. Dagegen hat man den Vorteil, wohl behaupten zu können, dass an der betrachteten Stelle eine neue longitudinale Welle einsetzte. Auch war der Einfluss der microseismischen Bewegung gänzlich zu vernachlässen.

Ungeachtet der vielen Fehler, welche einer Azimuth-und Emergenzwinkelbestimmung unter diesen ungünstigen Umständen anhaften müssen, wollte ich nicht versäumen, dieses Beispiel anzuführen, um zu zeigen, wie man immerhin, tastend, einen Weg finden kann zur Beantwortung der Fragen, welche uns hier beschäftigen.

Es ergab sich:

	<i>T</i>	ρ	μ'	φ_1	φ_2	
<i>NS</i>	3,23	1,21	—	1,8	1,5	} (1)
<i>EW</i>	2,97	1,66	—	1,1	0,1	
<i>V</i>	1,5	2,5	0,94	0,9	1,1	

Mit dem μ' Werte für die Vertikalperiode hängt glücklicherweise eindeutig zusammen $\mu = 1,1$ und daher ist:

$$T_p = 1,65 \text{ Sek.} \dots \dots \dots (2)$$

Daraus entnehmen wir jetzt:

$$\begin{array}{l} \mu \\ NS \quad 0,51 \\ EW \quad 0,56 \end{array} \left\{ \dots \dots \dots (3) \right.$$

und eindeutig:

$$\begin{array}{l} V_1 \\ NS \quad 0,66 \\ EW \quad 0,62 \end{array} \left\{ \dots \dots \dots (4) \right.$$

$\varphi_2 = 0,1$ aus dem *EW* Diagramme entspricht in seinem Verhältnisse zu φ_1 nicht den logischen Erwartungen. Es könnte durch irgendwelche Ursache gefälscht sein. Ob dem so ist, wäre kaum zu entscheiden. Das Rechnen mit $\varphi_2 = 0,1$ geht aber auch nicht. Wir beschäftigen uns darum vorläufig nur mit *NS* und *V*.

Die vorläufige Annahme $\nu = 0,3$ liefert uns:

$$\begin{array}{l} f_1 \quad f_2 \quad \frac{a_1}{a_2} \\ NS \quad 0,22 \quad 0,42 \quad 1,03 \\ V \quad 0,55 \quad 0,99 \quad 0,63 \end{array} \left\{ \dots \dots \dots (5) \right.$$

Der Wert $\nu = 0,3$ erscheint mit den Werten für a_1/a_2 unverträglich. Eine Extrapolation der Figur 16 zeigt vielmehr den Wert $\nu = 0,7$ für beide Komponenten als zweite Annäherung.

Damit erhalten wir:

$$\begin{array}{l} f_1 \quad f_2 \quad \frac{a_1}{a_2} \\ NS \quad 0,17 \quad 0,49 \quad 0,96 \\ EW \quad 0,50 \quad 0,89 \quad 0,64 \end{array} \left\{ \dots \dots \dots (6) \right.$$

Diese Werte für a_1/a_2 erscheinen immer noch sehr wohl mit dem Werte $\nu = 0,7$ verträglich. Wir können uns daher eine weitere Annäherung ersparen. Wo in beiden Komponenten $\nu = 0,7$ erscheint, erlauben wir uns, diesen Wert auch für die *EW* Komponente gültig zu erklären. Die endgültige Zusammenstellung ist daher:

$$\begin{array}{l} \mu \quad \nu \quad V_1 \quad A_1 \\ NS \quad 0,51 \quad 0,7 \quad 0,65 \quad 3,09 : k_1 \\ EW \quad 0,56 \quad 0,7 \quad 0,62 \quad 2,31 : k_2 \\ V \quad 1,1 \quad 0,7 \quad 0,41 \quad 5,25 : k_3 \end{array} \left\{ \dots \dots \dots (7) \right.$$

wo $k_1 \ k_2 \ k_3$ die bezüglichen mechanischen Uebersetzungsfaktoren darstellen. Wenn wir:

$$k_1 = k_2 \dots \dots \dots (8)$$

setzen, was angenähert der Fall ist, erhalten wir für den Tangens des Winkels zwischen der Richtung *NS* und der Richtung nach dem Epicentrum hin:

$$\frac{2,31}{3,09} = 0,75 \dots \dots \dots (9)$$

Der Tangens dieses Winkels betrug in Wirklichkeit 0,78. Das Resultat ist befriedigend; indessen ist zu bedenken, dass möglicherweise bedeutende Fehler sich kompensiert haben. Der Emergenzwinkel kann erst bestimmt werden, wenn wir k_3 kennen, was leider zur Zeit noch nicht mit genügender Genauigkeit der Fall ist.

Es solten jetzt noch einige Bemerkungen angebracht werden, welche ich beim Studium der Züricher Diagramme des besprochenen Bebens zu machen Anlass fand.

Wir betrachten zwei Punkte $H(x_1 y_1)$, $B(x_2 y_2)$ in der Erdkugel, deren Radius r betragen möge (Figur 23). In H sei der Herd eines Bebens, in B sitze ein fiktiver Beobachter. Es mögen die Erdbebenstrahlen gerade Linien sein. Wie viel einmal reflektierte Wellen wird B nach der direkten Welle wahrnehmen? Es ist das Problem des kreisförmigen Billiards. Um die Frage zu entscheiden, ziehen wir einen Radius

$$y = \mu x \dots \dots \dots (10)$$

Der Endpunkt dieses Radius sei $x'' y''$ und der Radius schneide die Verbindungslinie der Punkte $x_1 y_1$ und $x_2 y_2$ im Punkte $x' y'$. Wenn wir nun fordern:

$$\frac{(x_1 - x')^2 + (y_1 - y')^2}{(x_2 - x')^2 + (y_2 - y')^2} = \frac{(x_1 - x'')^2 + (y_1 - y'')^2}{(x_2 - x'')^2 + (y_2 - y'')^2} \dots \dots \dots (11)$$

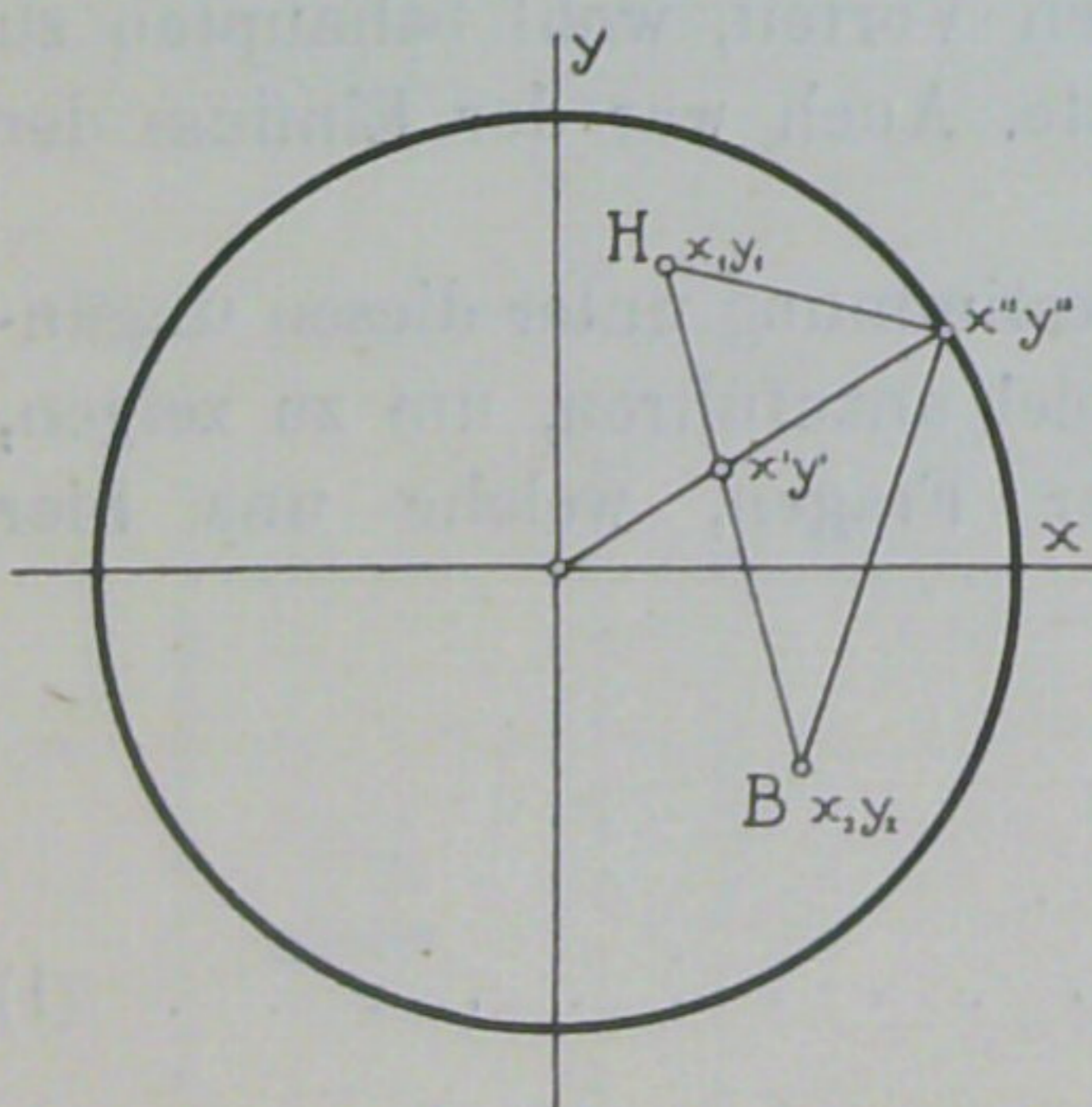


Fig. 23.

ist $x'' y''$ ein einmaliger Reflexionspunkt an der Oberfläche, mit Ausnahme der Schnittpunkte der Geraden durch $x_1 y_1$ und $x_2 y_2$ mit dem Kreisumfange, welche beiden trivialen Fälle in der Forderung (11) mit enthalten sind.

Wir können $x_1 y_1 x_2 y_2$ noch einer Bedingung unterwerfen, ohne die Allgemeinheit des Resultates zu beeinträchtigen und wählen:

$$x_1 = x_2 = x_0 \dots \dots \dots (12)$$

Dann erhalten wir die folgende Gleichung 6ten Grades in μ :

$$\begin{aligned} & (\mu^2 x_0^2 - r^2 + x_0^2) \{ \mu^4 x_0^2 [4 r^2 - (y_1 + y_2)^2] - 4 \mu^3 x_0 (y_1 + y_2) (x_0^2 - y_1 y_2 + r^2) + \\ & + \mu^2 [(y_1 + y_2)^2 (2 x_0^2 + r^2) - 4 (x_0^2 - y_1 y_2)^2 + 4 r^2 x_0^2] - \\ & - 4 \mu x_0 (y_1 + y_2) (-x_0^2 + y_1 y_2 + r^2) + (r^2 - x_0^2) (y_1 + y_2)^2 \} = 0 \dots \dots (13) \end{aligned}$$

Der erste Faktor der linken Seiten gleich 0 gesetzt, liefert uns die beiden trivialen Schnittpunkte, welche uns nicht beschäftigen. Der zweite Faktor liefert uns 4 weitere Wurzeln, welche, wie man mit einer der bekannten Regeln leicht beweisen kann, alle reell sein können und unserm Problem genügen. Die Möglichkeit der Realität der 4 Wurzeln wird auch augenblicklich klar an dem einfachen Beispiele, wo H und B auf der gleichen Mittellinie im gleichen Abstände vom Centrum liegen. Der Beobachter in B verzeichnet also 4 einmal reflektierte Wellen. Wenn B an der Erdoberfläche beobachtet, wird von den 4 einmal reflektierten Wellen eine mit der direkten Wellen zusammen fallen und aus der Betrachtung verschwinden. Es bleiben also drei einmal reflektierte Wellen übrig. Wenn wir den Herd ebenfalls an die Oberfläche verlegen wird B nur zwei solche Wellen beobachten, mit denen man schon längst immer gerechnet hat. Auf die dritte, welche aber auch durchwegs auftreten muss, weil H immer in gewisser Tiefe unter der Erdoberfläche gelegen ist, möchte ich hier besonders aufmerksam machen. Es wird diese Welle ganz dicht hinter der direkten herlaufen, weil die Herdtiefen nur sehr beschränkt sind, und die Verspätung ist aus demselben Grunde gleich der Zeit, welche die Welle braucht, um zweimal die Herdtiefe zu durchlaufen. Diese Betrachtung behält natürlich ihre Gültigkeit, wenn die Erdbebenwellen sich nicht geradlinig fortpflanzen. Das Durchlaufen der Schichten über dem Herde durch den indirekten Strahl geschieht vor und nach der Reflexion unter dem gleichen Winkel. Da nun aber, wenn H dicht unter der Oberfläche liegt, der reflektierte Strahl nahezu mit dem direkten zusammenfällt, ist dieser Winkel nahezu gleich dem Winkel, unter welchem der direkte Strahl nach rückwärts verlängert die Oberfläche trifft, und aus Symmetriegründen gleich dem Emergenzwinkel bei B .

Es fragt sich, ob wir diese Welle beobachten können. Wenn dem so wäre, hätten wir ein sehr wichtiges Mittel in der Hand, die Herdtiefe aus einem Seismogramm herauszulesen. Wir brauchen nur die halbe Zeitdifferenz des Eintretens der direkten Welle und der reflektierten mit der bekannten Geschwindigkeit der betreffenden Wellen in den äussersten Schichten der Erdrinde und mit dem Sinus des Emergenzwinkels zu multiplizieren.

Wenn wir nun die Figur 24, welche den Einsatz der longitudinalen Wellen des Japanischen Bebens im Vertikalseismogramm des in dieser Arbeit betrachteten Zürcher Instrumentes vergrössert wiedergibt, aufmerksam betrachten, so ist die Wiederholung des Gebildes 1 - 1 in 2 - 2 augenfällig. Ich will vorsichtshalber nicht endgültig behaupten, 1-1 sei die direkte Welle, 2-2 die darüber gelagerte einmal reflektierte Welle, sondern nur die Aufmerksamkeit auf diese Eigentümlichkeit lenken, denn die direkte Bestimmung der Herdtiefe wäre ungemein wertvoll. Wenn wir unsere Vermutung rechnerisch verfolgen, ist zu bemerken, dass die korrespondierenden Wellen einander im Zeitabstande 7.0 Sekunden nacheilen.

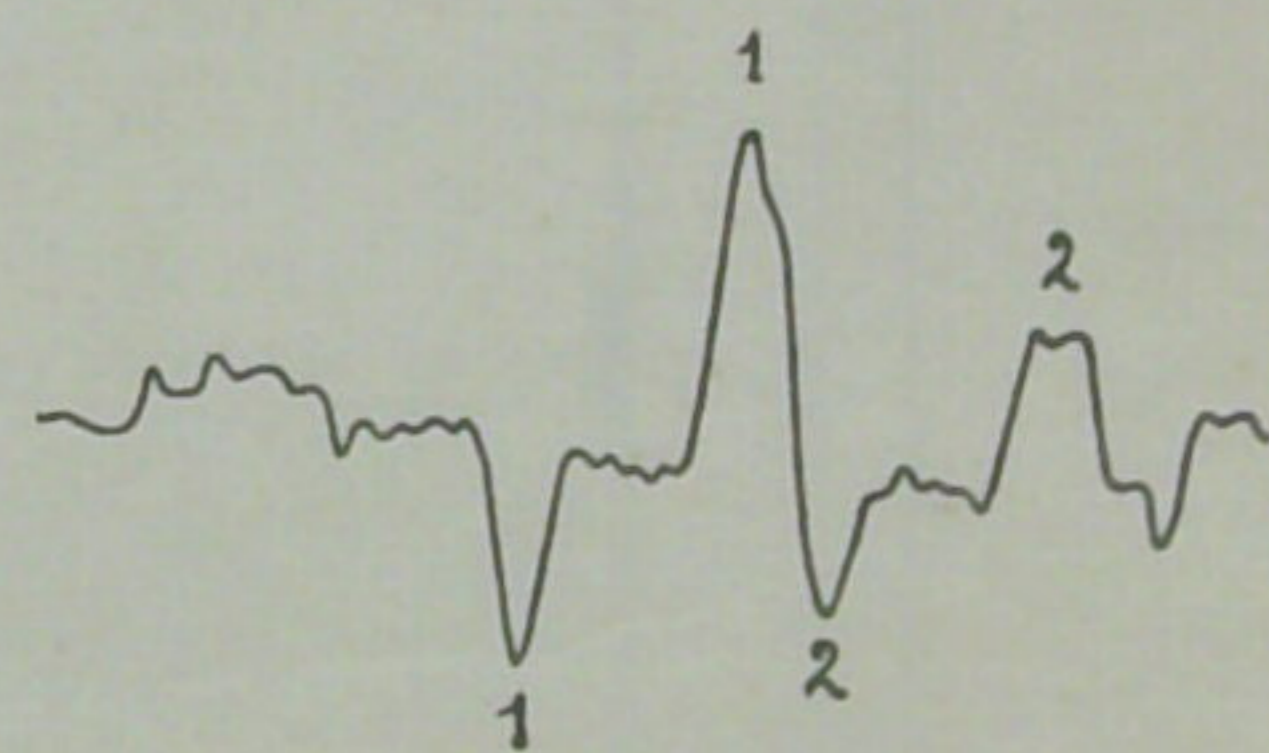


Fig. 24.

Wenn wir dann die Geschwindigkeit der longitudinalen Wellen in den äusseren Erdschichten, neueren Anschauungen entsprechend, etwa mit

$$6 \text{ KM/sek} \dots \dots \dots (14)$$

ansetzen, und den Tabellen den Emergenzwinkel:

$$68^\circ = \text{arc sin } 0.92 \dots \dots \dots (15)$$

entnehmen, erhalten wir für die Herdtiefe $h = 3,5.6.0,92$ oder

$$h = 20 \text{ KM} \dots \dots \dots (16)$$

Die Herdtiefe wäre demnach 20 KM, ein durchaus annehmbares Resultat.

XXIV. Bemerkungen.

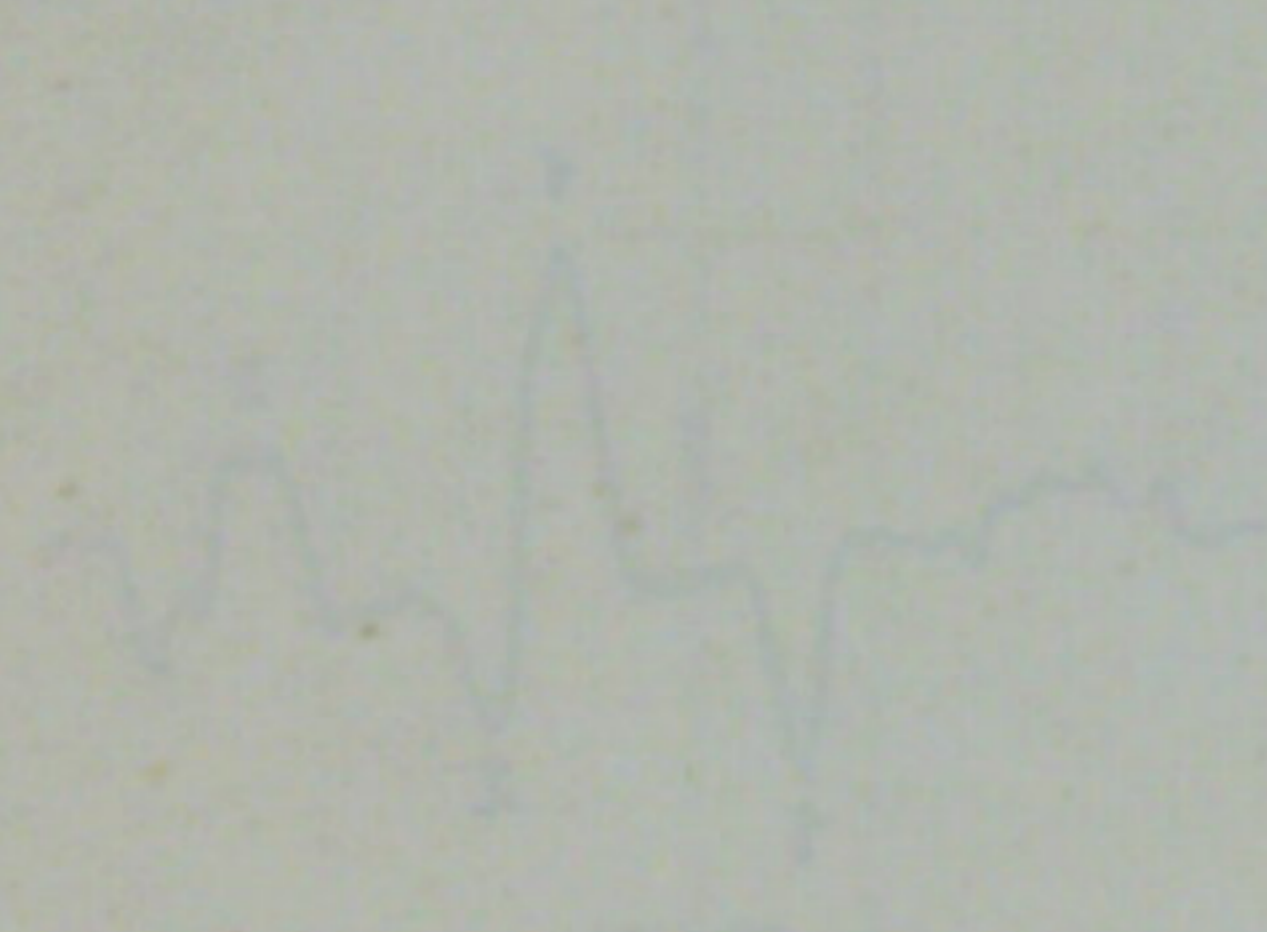
Wir müssen zum Schlusse nochmals darauf hinweisen, dass der grosse Zürcher Seismograph in erster Linie entworfen wurde zur Erzielung genauer Angaben über die Alpenbeben. Die starke Vergrösserung, welche mit diesem Apparate erreicht werden kann, ist also durchaus am Platze und sollte für die Zwecke, zu welchen er gebaut wurde, nicht verringert werden. Selbst schwache Engadiner- und Walliserbeben werden, wie in dem

schon genannten kurzen Referate zu lesen ist, mit einer scharfen *P* Phase registriert. Für Zeitaufgabe und Distanzschätzungen ist der Apparat auch in Bezug auf Fernbeben besonders gut geeignet. Die mechanische Registrierung hat den Vorteil, eine besonders feine Kurve zu liefern, deren geringste Ausbuchtungen mit Schärfe wahrgenommen werden können. Wenn man nun aber ein solches Instrument besitzt, welches nach seiner Ausstattung zu den vorzüglichsten und nach seiner Masse zu den schwersten gehört, wird man sich im Interesse der Wissenschaft bemühen, alle Angaben von dem Instrumente zu fordern, welche es zu liefern im stande ist. Aus diesem Gesichtspunkte heraus sahen wir, dass es besonders wertvoll sein müsste, den Apparat einige Jahre lang Angaben über die Fernbeben sammeln zu lassen, während welcher Zeit man seine Vergrößerung auf 350 herabsetzen sollte, damit man vom Einflusse der mechanischen Reibung abstrahieren kann.

Mit grösserer Sorgfalt, als es bis jetzt geschah, könnte man den Emergenzwinkel eines longitudinalen Strahles bestimmen und die Frage nach der Polarisation des transversalen Strahles in Angriff nehmen, denn mit der entwickelten Methode lässt sich die Phasenverschiebung der Schreibstiftbewegung gegenüber der Erdbewegung schärfer beurteilen, als es möglich ist, wenn man sich auf reine Sinuswellen beschränkt, wie das bisher üblich war.

Was man aber dazu noch vielleicht erreichen könnte, wäre eine Klassifikation der Erdbeben typen nach dem Azimuth oder der Distanz des Epizentrums. Es wäre nicht ausgeschlossen, dass bestimmte Werte für μ oder ν auf eine bestimmte Lage des Epizentrums hindeuten. Wenn eine statistische Untersuchung dies zeigen würde, hätte man eine neue Richtlinie zur Interpretation der Seismogramme. Die Grösse ν hängt unmittelbar zusammen mit dem mehr oder weniger schnellen Abklingen einer Erzittrung, welche sich an der Stelle des Beobachters kund gibt. Vielleicht liegt also darin eher ein Maass für die Härte oder Weichheit des Untergrundes des Observatoriums als für den Charakter des ersten Anstosses im Herde. Es zeigen sich da viele Probleme, die einer Lösung harren.

Möge die hier gegebene $\mu\nu$ Methode der seismologischen Wissenschaft ein kleines Hilfsmittel in die Hand geben, um die wahre Bewegung eines Punktes der bebenden Erdoberfläche zu bestimmen.



XIV. Bemerkungen

1929

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No.18

Datum:	Stationen:	P	S	S - P	d
<u>Januar 14.</u>	Zürich iP	21h47m21s8	iS	7s1	57 km.
	Neuchâtel iP	21 47 26.7	iS	10.0	80
Am stärksten verspürt in Waldenburg (V).Herd südlich Liestal.					
<u>Januar 18.</u>	Zürich e	23 19 18.8			Gespürt in Sitten.
<u>Januar 31.</u>	Zürich iP	19 54 43.1	iS	7.2	58
	Neuchâtel iP	19 54 50.1	iS	15.0	120
	Chur e	19 55 15.5			
Herd zwischen St. Blasien und Todtnau (Schwarzwald).					
<u>Februar 14.</u>	Chur iP	18 41 50.4	iS	178	1720
	Zürich iP	18 42 1.6	iS	184	1790 Az.124°
	Neuchâtel eP	18 42 10	iS	177	1710 Az.130°
Herd nach diesen drei Stationen ca. 36°N 26°E, zerstörend in Kreta.					
<u>Februar 23.</u>	Chur eP	18 22 6.2			
	Zürich eP	18 22 19.3	eS	180	1740
	Neuchâtel iP	18 22 19.3	eS?	268	2800
Herd nördlich Kreta.					
<u>Februar 25.</u>	Chur ePn	13 36 40.1	iS	50.9	340
	Zürich ePn	13 36 50.4	eS	54.2	420
	Neuchâtel iPn	13 37 03.3	eSn	54.7	460 Az.90°
Herd Julische Alpen.					
<u>März 5.</u>	Chur eP	23 57 10.4	iS	100	630
	Zürich iP	23 57 16.9			
	Neuchâtel iP	23 57 32.4			
Herd vermutlich Jugoslawien oder Adriatisches Meer.					
<u>März 6.</u>	Chur eP?	8 25 40.0	eS?	214	2100
	Zürich eP	8 25 47.8	eS	196	1930
	Neuchâtel eP	8 25 54.3	eS	205	2010
Herd Aegaisches Meer oder Kleinasien.					
<u>März 7.</u>	Neuchâtel iP	6 45 39.7	eS?	233	2350
	Chur eP	6 45 53.0	eS?	247	2530
	Zürich iP	6 45 53.2	eS	249	2550

Zürich, den 13. März 1930.

DER SCHWEIZ. ERDBEBENDIENST.

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No.19

Datum:	Stationen:	P	S	S - P	d
April 17.					
-----	Chur	eP 21 ^h 09 ^m 57 ^s .4	eS 157 ^s		1500 km.
	Zürich	eP 21 10 03.1	eS 168		1620
	Neuchâtel	iP 21 10 12.6	iS 168		1620
	Herd Griechenland, Gegend von Corinth?				
April 23.					
-----	Zürich	iP 22 01 13.0	eS 616		9100
	Chur	iP 22 01 14.4	eS 612		9020
	Neuchâtel	iP 22 01 17.0			
April 26.					
-----	Zürich	eP 16 30 29	eS 610		9000
	Chur	eP 16 30 32	eS 614		9000
	Neuchâtel	eP 16 30 32	eS 609		8990
	Herd wahrscheinlich Kurilen.				
April 28.					
-----	Chur	eP 18 45 56.6	eS 551		7830
	Zürich	eP 18 46 00.0			gestört
	Neuchâtel	eP 18 46 4.8	eS 558		7950
Mai 5.					
-----	Chur	eP 13 57 39.5	eS 573		8260
	Zürich	eP 13 57 42.5	eS 579		8360
	Neuchâtel	eP 13 57 46.8	eS 591		8610
	Min.Lücke.				
	Herd: Nach der Presse Rangoon, Britisch-Indien.				
Mai 6.					
-----	Chur	eP 22 40 5.8	e 306		
	Zürich	eP 22 40 13.1	eS 303		3260
	Neuchâtel	eP 22 40 22.4	eS 293.6		3150
	Herd: westl. Provinzen von Persien.				

Zürich, den 7. Mai 1930.

DER SCHWEIZ. ERDBEBENDIENST.

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No.20

 Datum: Stationen: P S S - P d

Mai 8.	Chur	eP	15 ^h 41 ^m 09.1 ^s	eS	297 ^s		3190 km.
-----	Zürich	eP	15 41 13.1	eS	284		3010
	Neuchâtel	eP	15 41 23.5	eS	288		3080

Herd im westl. Persien

Mai 22.	Neuchâtel	eP̄	19 34 19.7	iS̄	11.3		87
-----	Zürich	eP̄	19 34 30.7	iS̄	21.2		167
	Chur	e	19 34 50.0				

Herd im Wallis bei Sitten, dort verspürt mit Intensität IV.
 Weitere Stösse: Mai 22. 4^h56^m, 20^h20^m, Mai 24. 6^h07^m,
 6^h36^m, Mai 29. 23^h 13^m.

Mai 24.	Chur	eP _n	22 02 41.6	iS	31.7		230
-----	Zürich	eP _n	22 02 50.7	iS	40.0		325
	Neuchâtel	eP	22 02 54.5	iS	39.9		325

Herd südl. Kalkalpen Condore Italien

Mai 24.	Neuchâtel	eP	15 17 43.1	iS̄	3.8		30 für h=0
-----	Zürich	eP	15 17 58.1	iS̄	14.9		117
	Chur	eP	15 18 9.5	iS̄	21.1		167

Keine makroseismischen Meldungen. Herd nach obigen Daten
 Kanton Freiburg, südl. von Neuenegg.

Mai 31.	Zürich	iP̄	15 15 0.4	iS̄	6.0	47 km für h=0	Az.220°
-----	Neuchâtel	iP̄	15 15 6.0	iS̄	9.8	79	Az. 45°
	Chur	iP̄	15 15 12.5	iS̄	14.1	110	

Zwei spontane Meldungen aus Zürich. Die Daten der drei Sta-
 tionen widersprechen sich. Herd nach Zürich in beträchtlicher
 Tiefe 20 km S-W von Zürich.

Juni 9.	Neuchâtel	iP	16 07 54.5	iS̄	2.0	18 km für h=0	Az.220°
-----	Zürich	iP*	16 08 16.3	iS̄	19.2	132	

Herd in der Gegend von Cortailod, Boudry, dort verspürt mit
 Intensität IV - V.

Juni 25.	Neuchâtel	iP	21 35 09.3	eS	631	9420 km	Az. 270°
-----	Zürich	eP	21 35 13.0	eS	639	9590	
	Chur	eP	21 35 17.3				

Herd Zentralamerika

=====

Datum :	Stationen	P	S	S - P	d
---------	-----------	---	---	-------	---

=====

Juli 2.	Chur	eP	21 ^h 14 ^m 23.5 ^s		
-----	Zürich	eP	21 14 27.3	eS 526,2	7320 km Az. 90°
	Neuchâtel	eP	21 14 34.4	eS 527.2	7340

Herd: Indien Assam.

Juli 4.	Neuchâtel	eP _n	21 07 13.2	iS̄ 22.1	176 Az. 200°
-----		iP	21 07 16.1		
	Zürich	eP	21 07 29.8		
	Chur	eP	21 07 30.1	iS 34.9	278
		iP _n	21 07 33.7		

Herd Westalpen, wahrscheinlich Gegend von Modane.

Juli 5.	Neuchâtel	eP	23 14 46.2	eS 204	2000?
-----	Zürich	eP	23 15 01.0	Minutenlücke	
	Chur	eP	23 15 00.0		

Herd nach Toledo Cordoba Intensität VII

Zürich, den 8. Juli 1930.

Der schweiz. Erdbebendienst.

Korrektur zum 24. Juni 22^h02 : statt südliche Kalkalpen,
----- Apennin bei Modena.

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No. 21.

Datum:	Stationen:	P	S	S-P	d
Juli 2.	Chur	eP	21 ^h 14 ^m 23 ^s 5		
-----	Zürich	eP	21 14 27.3	eS 526.2	7320 km
					Az. 80°, Herd Indien
	Neuchâtel	eP	21 14 34.4	eS 527.2	7340
Juli 4.	Neuchâtel	eP	21 07 13.2	iS̄ 22.1	175
-----		i	21 07 16.7		
	Zürich	eP	21 07 29.8		
	Chur	eP _n	21 07 30.1	iS̄ 34.9	250
		i	21 07 33.7		
					Herd Gegend von Ivrea, Italien.
Juli 13.	Chur	eP	19 37 42.6	eS 497.7	6800
-----	Zürich	eP	19 37 45.0	eS 512.0	7030 Az. 50°
	Neuchâtel	iP	19 37 52.7	eS 521	7200
					Herd Mongolei
Juli 14.	Zürich	eP	22 53 19.6	eS 619.2	9150
-----	Chur	eP	22 53 20.8	eS 627.2	9330
					Herd Zentralamerika (nach Strasbourg)
Juli 18.	Zürich	eP̄	16 40 43.7	eS̄ 12.3	95
-----					Herd Schwäbische Alb.
Juli 23.	Chur	iP	0 10 24.4	eS 84.6	740
-----	Zürich	eP	0 10 34.7	eS 102.0	900
	Neuchâtel	eP	0 10 40.4	i 0h12m33s	
					Katastrophe in Italien bei Melfi.
Aug. 4.	Zürich	eP	5 16 26.8	eS 569	8200 Az. 270°
-----	Chur	eP	5 16 28.9	eS 571	8230
					Herd wahrscheinlich Westindien.

 Da Stationen: P S S-P d

Aug. 5.

Zürich eP 20h35m54.87 i 20h35m59.95
 Chur iS 20 36 8.4

Herd Kt. Obwalden.

Aug. 17.

Zürich iP 12 37 8.3 eS 369 4370 km.

Aug. 18.

Chur eP 10 12 18.0 eS 582 8420
 Zürich eP 10 12 23.2 eS 595 8690

Aug. 23.

Chur eP 11 00 47.4 eS 370.0 4390
 Zürich iP 11 00 53.8 eS 372.0 4440
 Neuchât. iP 11 03 03.0 iS 319.0 4580 keine
 Minutenmarken.

Herd Persien.

Zürich Ende August 1930.

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No. 22.

Datum:	Stationen:	P	S	S-P	d
Oktober 7.	Chur	iP 23 ^h 27 ^m 25 ^s .1	iS	19 ^s .5	155 km.
	Zürich	e 23 27 35.2			
		iP 23 27 36.5	iS	20.4	161
		Federn abgeworfen! Azimut 85°			
	Neuchâtel	iP _n 23 27 50.2	eS	41.2	280 aus S-P
		300 km aus P-P _n . Azimut 45°			
		iP 23 27 56.2			

Die Daten sind widersprechend, aus Zürich allein provisorisches Epizentrum westl. der Zugspitze (Griesen). In der Schweiz wurde das Beben bis in die Gegend von Solothurn gespürt.

Oktober 8.

Chur	iP	00 ^h 28 ^m 57 ^s .3	iS	17 ^s .1	136 km.
Zürich	eP	00 29 06.4	eS	21.5	170
	iP	00 29 06.9			
Neuchâtel	eP _n	00 29 21.9	iS	33	265
	iP	00 29 27.9			300

Nachstoss zum vorigen Beben, vereinzelt in der Ostschweiz gespürt.

Oktober 11.

Neuchâtel	eP	3 ^h 12 ^m 00 ^s .3	iS	275 ^s	2890 km.
Zürich	eP	3 12 01	eS	283	3000
Chur	eP	3 12 07.0			

Herd vermutlich europäisches Nordmeer?

Oktober 12.

Zürich	iP	22 ^h 19 ^m 16 ^s .2	iS	10 ^s	80 km. Az. 300
Neuchâtel	iP	22 19 17.5	iS	10.8	87 Az. 30
Chur	iP	22 19 29.2	iS	23.8	172
	iP	22 19 31.3			

Herd südlich Schwarzwald bei Kandern.

Zürich, den 20. Oktober 1930.

SCHWEIZERISCHES ERDBEBENBULLETIN

No. 23.

Datum:	Stationen:	P	S	S-P	d
KORREKTUR zu No. 22.	Oktober 7. Chur	iP 23 27 ^h 25 ^m 1	iS	15.4	120 km.
Oktober 26.	Chur	eP _n 7 ^h 14 ^m 45 ^s 4			
-----	Zürich	eP _n 7 14 54.0			
	Neuchâtel	eP _n 7 15 01.0	iS _n	45.0	380
	Herd Appenin bei Bologna, ein starker Nachstoss um 7 ^h 31 ^m .				
Oktober 30.	Chur	eP 7 13 56.9	i 7 ^h 15 ^m 24 ^s		
-----	Zürich	eP 7 14 17.3	eS _n	64.0	560
	Neuchâtel	eP 7 14 25.9			
		i 7 14 54			
	Herd Italien, adriatische Küste in der Gegend von Ancona (noch weitere 20 Nachstösse registriert.)				
Oktober 31.	Zürich	eP 15 05 32.3	eS	3.9	30 km.
-----	Chur	eP 15 06 5.5			
	Herd bei Baldingen, Kt. Aargau.				
November 9.	Chur	eP 19 27 12.2			
-----	Neuchâtel	eP 19 27 14.4	eS	498	6280 km.
	Zürich	eP? 19 27 30.0	eS	600	8790
November 21.	Chur	eP 2 02 46.9			
-----	Zürich	eP 2 02 59.7	eS	134	1260
	Neuchâtel	eP 2 03 5.8			
		i 2 03 39			
	Herd Albanien.				
November 24.	Chur	eP 19 43 49.5	eS	30	240
-----	Zürich	eP 19 43 57.4	eS?	46	316
	Neuchâtel	eP 19 44 12.1	eS	45	313
	Herd wahrscheinlich Venetien.				
November 25.	Chur	eP? 19 15 32.7	eS	624	9270
-----	Neuchâtel	eP 19 15 38.1	eS	636	9510
	Zürich	eP 19 15 41.5	eS	627	9340
	Herd nach der Presse Japan.				
Dezember 3.	Chur	eP 19 03 20.4	eS	577.6	8350
-----	Zürich	eP 19 03 28.4	eS	579.9	8390
	Neuchâtel	eP 19 03 32.3	eS	585.7	8500
	Herd Burma.				
Dezember 10.	Chur	eP 10 36 26.6	eS?	251.8	2590
-----	Zürich	eP 10 36 29.8	eS	256.0	2600
	Herd vermutlich Kleinasien.				
Dezember 16.	Neuchâtel	iP* 18 52 10.4	iS	12.7	132 km.
-----		iP 18 52 12.4			
	Zürich	eP? 18 52 11.8		Azimet 150°	
			eS	21.9	172
	Herd Wallis; nicht gespürt.				
Dezember 21.	Chur	iP 15 04 06.7	iS	634	9480
-----	Zürich	iP 15 04 07.6	iS	638	9570 Az. 40°
	Neuchâtel	iP 15 04 13.1	eS	639	9590
	Herd ca. E 142° N 35°. Japan.				
Nachtrag:	Neuchâtel	eP 10 36 42.6	eS	263.4	2730 km
Dez. 10.	Neuchâtel				

Zürich, den 30. Dezember 1930.