

## **Werk**

**Jahr:** 1941

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:17

**Werk Id:** PPN101433392X\_0017

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X\\_0017](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0017) | LOG\_0053

## **Terms and Conditions**

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## **Contact**

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

mehr als  $3 E$  für Gradient und Krümmungswert wird an der Erdoberfläche über eine Entfernung von etwa 70 m auf der  $X$ -Achse erhalten.

Fig. 1B zeigt den gleichen Fall, nur ist die wassertragende Linse jetzt in einer Tiefe von 30 m angenommen worden. Die maximale Störwirkung auf den Krümmungswert beträgt rund  $3 E$  und könnte, da die Fehlergrenze der Messung etwa die gleiche Größenordnung besitzt, vernachlässigt werden. Die maximale Gradientenwirkung beträgt jedoch immer noch fast  $6 E$ .

Diesen einfachen Beispielen entnehmen wir, daß unter geeigneten Verhältnissen stärkere Grundwasserschwankungen die Drehwaage beeinflussen können. Es lassen sich noch viele ähnlich gelagerte (oder auch andere) Fälle vorstellen, die ebenfalls merkbare Schwerstörungen, die an den Grundwasserstand geknüpft sind, hervorrufen. Es soll aber nicht Zweck des vorliegenden kleinen Beitrages sein, auf solche Möglichkeiten näher einzugehen. Für die Meßpraxis bedeutet dieses immerhin, daß zeitlich bedingte Störwirkungen vorkommen können und die Reproduzierbarkeit einzelner Meßergebnisse deshalb bis zu einem gewissen Grade in Frage gestellt werden. Eine Erfassung und Eliminierung solcher Störwirkungen wird im allgemeinen kaum möglich sein, was eine zusätzliche Unsicherheit von Drehwaagemessungen in manchen Gebieten bedeuten mag. Nur die Geologie des Meßgebietes könnte einige Anhaltspunkte darüber geben, inwiefern sich Grundwasserverhältnisse vielleicht störend bemerkbar machen können.

---

## Grundlagen und Aufbau eines Ortsbebenseismometers mit mechanischer Registrierung

Von Gerhard Krumbach, Jena. — (Mit 7 Abbildungen)

Nach einem Vergleich verschiedener Nah- und Ortsbebenseismometer werden ganz allgemein Richtlinien für den Aufbau derartiger Instrumente entwickelt und unter Berücksichtigung der gewonnenen Unterlagen eine praktische Ausführung zur Aufzeichnung von zwei Horizontalkomponenten beschrieben

### Inhaltsübersicht

*Einleitung.* Vergleich verschiedener Nah- und Ortsbebenseismometer. — *I. Theoretische Unterlagen.* Eigenperiode und Vergrößerung. Zur Theorie des Horizontalpendels. Folgerungen für die Aufhängung von Horizontalpendeln. — *II. Praktische Ausführung.* Aufbau und Aufhängung der Pendelmasse. Anordnung für zwei Komponenten. Der Übertragungsmechanismus. Die Dämpfung. Die Zeitmarkierung. Bestimmung der Vergrößerung. Die Registriereinrichtung

**Einleitung.** Allgemeine Untersuchungen über die Seismizität in Erdbebengebieten in Verbindung mit der Erforschung von Vorgängen im Herdgebiet, die heute immer mehr in den Vordergrund tritt, erfordern vielfach eine Erweiterung des Stationsnetzes in Erdbebengebieten und damit eine vermehrte Anwendung

von Nah- und Ortsbebenseismometern. Jedoch sind ausgesprochene Nahbeben-seismometer im allgemeinen verhältnismäßig wenig gebaut worden bzw. haben die von den einzelnen Stationen für eigene Bedürfnisse entwickelten Typen wenig Verbreitung gefunden.

Das bekannteste Instrument dieser Art ist das 17-t-Pendel von E. Wiechert [1], das infolge seiner 2200fachen Vergrößerung geeignet ist, auch schwache Nahbeben, selbst in größerer Entfernung vom Herd gut aufzuzeichnen. Andererseits aber wird es infolge seiner hohen Empfindlichkeit bei stärkeren Beben sehr leicht außer Betrieb gesetzt. Für diese Fälle und auch für Stationen in unmittelbarer Nähe bekannter Schüttergebiete ist daher ein Ergänzungsinstrument geringerer Empfindlichkeit erforderlich, das infolge seines besonderen Aufbaues auch starke, kurzperiodische Bebenvorgänge gut wiedergibt.

Instrumente für diesen Zweck wurden auch bereits von V. Conrad [2], De Quervain-Piccard [3] und N. A. Critikos [4] vorgeschlagen, jedoch verhältnismäßig wenig in Anwendung gebracht.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die konstruktiven Daten dieser Instrumente.

Es zeigt sich, daß die meisten dieser Instrumente immer nur für eine Horizontal-komponente gebaut sind, so daß zur vollständigen Aufzeichnung der Bodenbewegung dann zwei Seismometer und zwei Registriereinrichtungen, also höhere Kosten und größere Aufstellungsräume erforderlich sind. Bei einem Universalinstrument, wie von De Quervain-Piccard, besteht die Gefahr, daß die Unab-

Tabelle 1. Übersicht über Nahbeben-seismometer

Bauart	Masse	$T_0$	$r$	Registrier- geschwindigkeit	Art
Conrad . . . . .	20 kg	4 sec	10	12 mm/min	1 Horizontalkomponente
De Quervain- Piccard . . . . .	25 „	2 „	50	30 „	Universalinstrument
Critikos . . . . .	40 „	2.5 „	etwa 10	15 „	1 Horizontalkomponente
Krumbach [5]	4 „	2—20 „	30—120	20 „	1 Horizontalkomponente f. optische Registrierungen

hängigkeit der Komponenten schwer zu erreichen ist und daher das Bild der Aufzeichnung hierdurch verfälscht werden kann.

Wichtig bei der Aufstellung ist außerdem noch die richtige Wahl der Registriergeschwindigkeit.

Für die Registriergeschwindigkeit  $v$  gilt bekanntlich die Beziehung

$$v \geq \frac{2d}{T} \text{ cm sec}^{-1},$$

wenn  $d$  die Strichstärke der Aufzeichnung,  $T$  die Periode der noch aufzulösenden Bodenbewegung bedeutet. D. h. bei einer schon sehr günstigen Strichstärke von 0.1 mm und einer Registriergeschwindigkeit von 30 mm/min werden nur Perioden, die länger als 0.4 sec sind, im Diagramm aufgelöst. Es sind daher die bei obigen Instrumenten verwendeten Registriergeschwindigkeiten zum Teil zu niedrig gewählt.

Versuche mit dem optischen Seismometer nach Krumbach (s. oben), das längere Zeit unmittelbar in einem mitteldeutschen Schüttergebiet eingesetzt war, haben gezeigt, daß selbst bei fühlbaren Beben bis zu einem Stärkegrad 5 bis 6 die wirklichen Bodenbewegungen verhältnismäßig gering sind, so daß die Vergrößerung der Instrumente nicht zu klein zu wählen ist. Dies ist auch schon mit Rücksicht auf Erfassung schwächerer Nachstöße eines Bebens zweckmäßig.

Aus diesen Erfahrungen heraus ergeben sich folgende allgemeine Gesichtspunkte für die Konstruktion eines Nah- und Ortsbebenseismometers:

1. Die Eigenperiode des Instrumentes muß so gewählt werden, daß auch längere Perioden der Bodenbewegung noch gut aufgezeichnet werden.
2. Die Vergrößerung muß etwa 50- bis 100fach betragen.
3. Zur Aufzeichnung beider Komponenten der Bodenbewegung sind getrennte Instrumente bzw. Massen anzuwenden.
4. Die Anordnung des Aufbaues ist so zu treffen, daß zur Kosten- und Raumerparnis für beide Komponenten ein gemeinsames Registriergerät zu verwenden ist.
5. Die Registriergeschwindigkeit muß mindestens 30 mm/min betragen.

**I. Theoretische Unterlagen.** Da im allgemeinen in Herdnähe sehr kurze Perioden der Bodenbewegung zu erwarten sind, so liegt es zunächst nahe, die Eigenperiode des Instrumentes sehr niedrig zu halten. Zur Untersuchung der zweckmäßigsten Einregulierung sei die Empfindlichkeit eines Instrumentes mit konstanter Vergrößerung  $V$  für verschiedene Eigenperioden  $T_0$  gemäß Formel [6]

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

berechnet und graphisch dargestellt.

Tabelle 2.

Abhängigkeit der dynamischen Vergrößerung von der Einregulierung des Instrumentes.

$$\mathfrak{B} = V \cdot f(T_0); \quad \varepsilon : 1 = 5 : 1$$

Periode der Bodenbewegung	Eigenperiode des Instrumentes				
	1.3 sec	2 sec	2.5 sec	3 sec	5 sec
0.4 sec	1.06 $V$	1.02 $V$	1.01 $V$	1.01 $V$	1.00 $V$
0.6	1.12	1.06	1.04	1.02	1.01
0.8	1.20	1.08	1.06	1.04	1.01
1.0	1.24	1.14	1.08	1.06	1.02
1.5	0.90	1.24	1.18	1.14	1.05
2.0	0.50	1.10	1.22	1.22	1.08
3	0.21	0.54	0.84	1.10	1.20
4	0.11	0.28	0.46	0.70	1.24
5	0.07	0.17	0.28	0.43	1.10
6	0.06	0.12	0.19	0.28	0.84
7	0.04	0.08	0.14	0.20	0.62
8	0.03	0.06	0.10	0.15	0.46
9	0.02	0.04	0.08	0.12	0.34
10	0.02	0.03	0.06	0.10	0.28

Die Empfindlichkeitsdiagramme lassen erkennen, daß für Einregulierung des Seismometers auf kürzere Perioden die Resonanzkurve spitz verläuft und damit die Empfindlichkeit für längere Eigenperioden schnell herabsinkt. Beispielsweise ergibt sich für die Eigenperiode von 1.3 sec wie bei dem 17-t-Pendel von E. Wiechert bereits für Bodenbewegungen von 2-sec-Periode nur noch die halbe Empfindlichkeit. Um daher auch die vorkommenden längeren Perioden noch gut zu erhalten, ist die Eigenperiode höher, und zwar, wie die Diagramme erkennen lassen, zweckmäßig auf 3 bis 4-sec zu legen. Gleichzeitig wird damit der Bereich

der getreuen Abbildung der Bodenbewegung wesentlich verbreitert.

Zur Erzielung dieser höheren Eigenperiode kommt dann als Aufhängung statt der gewöhnlichen Pendelanordnung das hierfür besonders zweckmäßige Horizontalpendel in Frage.

Zur Theorie des Horizontalpendels. Die Schwingungsdauer eines Horizontalpendels mit der Pendellänge  $l$  ist bekanntlich gegeben durch die Beziehung

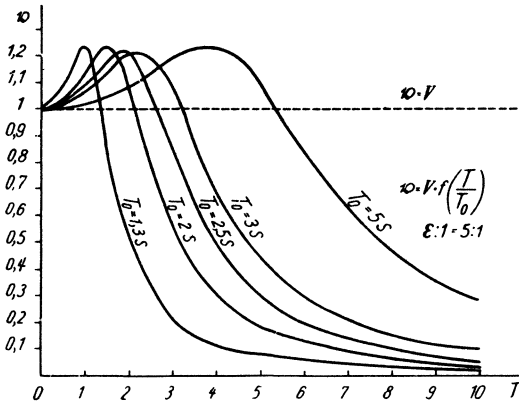


Fig. 1. Die Vergrößerung in Abhängigkeit von der Einregulierung des Instrumentes

wobei  $i$  den Neigungswinkel der Pendelachse gegen die Senkrechte bedeutet.

Die Empfindlichkeit ist dann charakterisiert durch

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^2.$$

Dabei bedeutet  $\varphi$  den Winkelausschlag des Horizontalpendels bei einer seitlichen Neigung des Instrumentes um den Winkel  $\varphi_0$ ,  $T$  die einregulierte Schwingungsperiode und  $T_0$  die Schwingungsperiode um eine horizontale Achse.

Um also eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu erzielen, muß man daher die Eigenperiode  $T_0$  bei dem gewählten Aufbau möglichst klein halten, d. h. der Abstand  $a$  des Schwerpunktes der Pendelmasse von der Drehachse muß so gering wie möglich werden.

Die auf diese Art erreichte hohe Eigenvergrößerung des schwingenden Systems ist für den weiteren Aufbau des Instrumentes sehr wichtig. Sie trägt dazu bei, die stets erforderliche zusätzliche Hebelvergrößerung herabzusetzen und damit Fehlerquellen, wie Eigenschwingungen einzelner Hebel oder Reibungswiderstände auszuschalten.

*Bestimmung des günstigsten Aufhängepunktes.* Die Pendelmasse sei, wie meist in der Praxis, zylindrisch, d. h. aus Kreisplatten vom Radius  $r$  zusammengesetzt. Der Abstand vom Schwerpunkt  $S$  vom Drehpunkt  $Dr$  sei  $a$ . Dann ergibt sich für die Schwingungsdauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Direktionskraft}}} \\ = 2\pi \sqrt{\frac{1/2 m r^2 + m a^2}{m \cdot a \cdot g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

wobei  $l$  die Länge des mathematischen Pendels gleicher Schwingungsdauer ist. Hieraus folgt

$$l = \frac{1/2 r^2 + a^2}{a}.$$

Die Schwingungsdauer dieses Pendels wird ein Minimum, wenn der Abstand  $a$  so bestimmt wird, daß  $l$  ein Minimum,

also  $\frac{dl}{da} = 0$  wird. Dann ist

$$\frac{r^2}{2a^2} = 1 \quad \text{oder} \quad a_0 = \frac{r}{2} \sqrt{2}; \quad l_0 = r \sqrt{2}.$$

Die kürzeste Schwingungsdauer wird also für einen Drehpunktabstand  $a_0 = \frac{r}{2} \sqrt{2}$  erreicht, wobei die Schwin-

gungsdauer dann der einem mathematischen Pendel mit der doppelten Länge des Drehpunktabstandes vom Schwerpunkt entspricht.

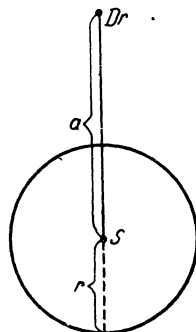


Fig. 2

**II. Praktische Ausführung.** *Aufbau und Aufhängung der Pendelmasse.* Entsprechend einer Vergrößerung von 50- bis 100fach ist eine Pendelmasse von 100 kg vorgesehen. Diese Masse wird aus neun Gußeisenplatten von 27 cm Durchmesser und 3 cm Dicke aufgebaut. Dann muß die Drehachse entsprechend der berechneten Minimumbedingung im Abstand  $a_0 = \frac{d}{4} \sqrt{2} = 9,75$  cm, also im Innern liegen.

Hierfür ist  $l_0 = 19,5$  cm und  $T_0 = 0,9$  sec. Für die geforderte Schwingungsdauer des Horizontalpendels ist dann ein Neigungswinkel von  $5^\circ$  einzustellen.

Diese Masse wird als Horizontalpendel in der Anordnung (Fig. 3) an zwei auf Zug beanspruchten Blattfedern (Bl) an einer etwa 75 cm hohen Trägersäule aufgehängt. Die Einstellung der Eigenperiode, also die Neigung der Drehachse, wird durch Verschiebung der Aufhängung im oberen Lagerbock erreicht.

*Anordnung des 2-Komponenteninstrumentes.* Gerade für die Erfassung der Nahbeben und Herdvorgänge ist es wichtig, beide Komponenten der Bodenbewegung einwandfrei und daher möglichst unabhängig voneinander, d. h. also mit zwei getrennten Massen aufzuzeichnen. Um aber trotzdem einen gedrängten

Aufbau zu erzielen, werden die beiden Massen an einem einzigen starken gußeisernen Träger, der auf einem rechtwinkligen Rahmen von 80 cm Kantenlänge sitzt, befestigt (Fig. 4). Die Schwingungsrichtungen der beiden Massen liegen senkrecht zueinander. Die beiden Fußschrauben *FS* dienen lediglich zur Einstellung der Nulllage, während die Einstellung der Schwingungsperiode durch Verschiebung der oberen Blattfeder vorgenommen wird.

Zum Ausgleich kleinerer Nullpunktschwankungen befindet sich am Zwischenhebel *ZH* ein kleiner Waagebalken, an dem kleinere Gewichte verschiebbar sind.

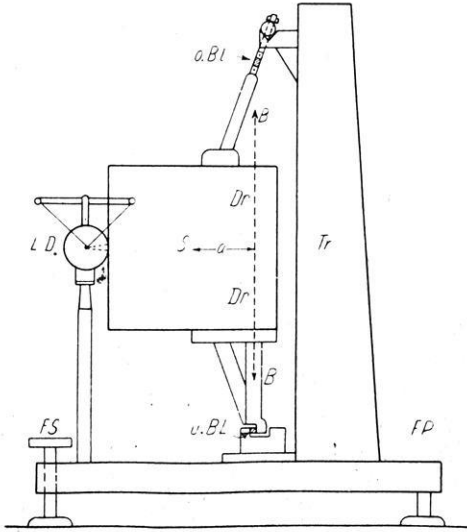


Fig. 3. Die Aufhängung der Pendelmasse

*Der Übertragungsmechanismus.*  
Die Pendelmasse trägt in der Verlängerung der Achse *S**Dr* einen etwa 5 cm langen Zapfen. An der Zapfenspitze wird die Bewegung des Schwerpunktes infolge der Aufhängung der Masse im Minimalabstand bereits etwa  $2\frac{1}{2}$ mal vergrößert. Dieser Zeigerausschlag wird mit Hilfe eines Zwischenhebels *ZH*, der wieder zweimal vergrößert, sowohl auf den Dämpfer *LD* und auf das Schreibfedersystem *Schr* übertragen.

Dieser Zeigerausschlag wird mit Hilfe eines Zwischenhebels *ZH*, der wieder zweimal vergrößert, sowohl auf den Dämpfer *LD* und auf das Schreibfedersystem *Schr* übertragen.

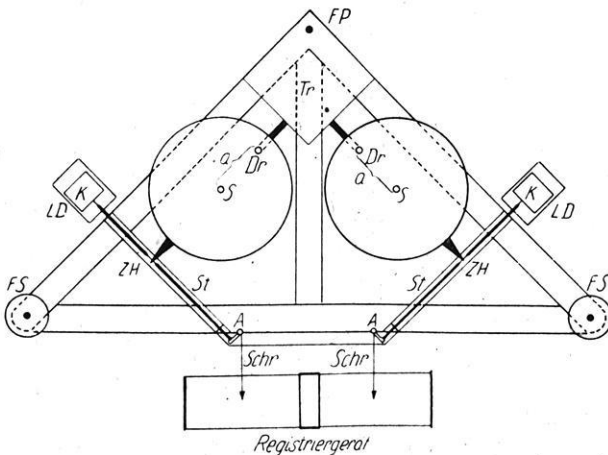


Fig. 4. Schema des 2-Komponenteninstrumentes

Nachdem also die Anfangsvergrößerung des Instrumentes durch die besondere Aufhängung der Pendelmasse gegeben war, wird die zusätzliche Vergrößerung durch Hintereinanderschaltung mehrerer kleiner Übersetzungshebel erreicht. Infolgedessen sind die einzelnen Trägheitsmomente dieser Teile klein. Die Eigenschwingungen der Hebel liegen daher immer unterhalb der Periode der zu erwartenden Bodenbewegung. Selbst bei schnellen Bodenschwingungen wird damit ein „Zurückbleiben“ der Hebel vermieden und das hierdurch verursachte Abheben der Stahlspitzen von den Achatlagern. Dadurch wird dann die Möglichkeit einer Störung des Instrumentes bei starken Beben wesentlich herabgesetzt.

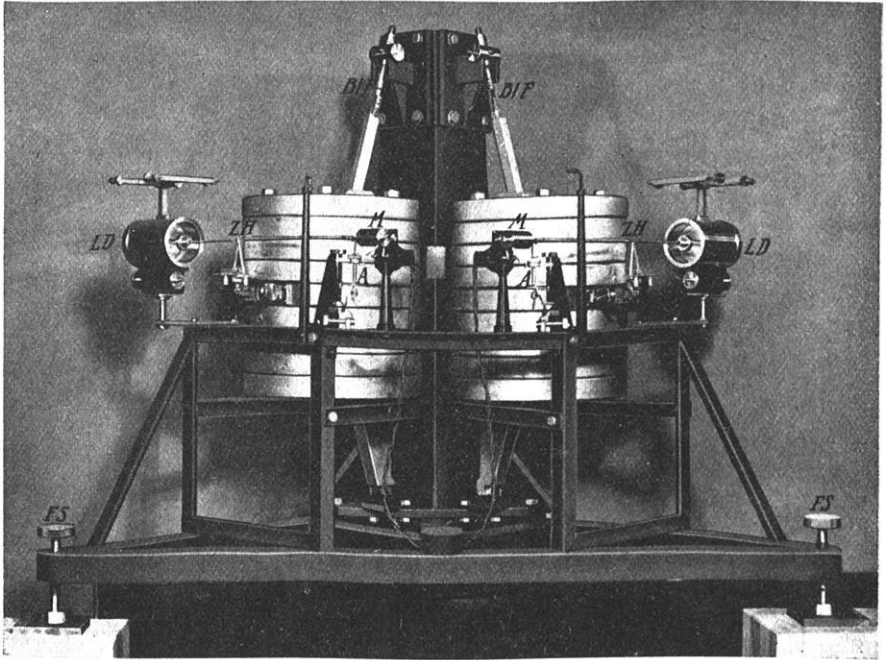


Fig. 5. Praktische Ausführung des Instrumentes

Der Angriffspunkt der Stoßstange *St* am Schreibfedergelenk *A* ist verschiebbar, so daß durch diese Änderung das Übersetzungsverhältnis des letzten Hebels und damit die Gesamtvergrößerung einstellbar ist. Bei einem mittleren Abstand von 12 mm und einer Gesamtlänge der Schreibfeder von 19 cm ergibt sich die statische Vergrößerung des Seismometers zu  $V = 2\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 16 = 80$  fach.

Eine weitere Veränderung der Vergrößerung wird dadurch erreicht, daß Schreibfedern verschiedener Länge benutzt werden können. Dies ist dadurch möglich, daß die Registriereinrichtung nicht fest mit dem Seismometergestell verbunden ist, sondern unabhängig davon in beliebigem Abstand aufstellbar ist.



Der ganze Übertragungsmechanismus für beide Komponenten ist jetzt so angeordnet, daß die Schreibfedern parallel verlaufen und ihr Abstand etwa 25 cm beträgt. Dadurch können beide Komponenten auf einer gemeinsamen Trommel, wie bei dem astatischen Pendel von Wiechert, nebeneinander aufzeichnen, so daß nur ein einziges Laufwerk erforderlich ist.

*Die Dämpfung.* Als Dämpfung wird eine Luftdämpfung, ähnlich wie bei den gebräuchlichen Wiechert-Seismometern, verwandt. Der Dämpfer besteht aus einem Zylinder von 10 cm Länge, in dem ein Kolben von 7 cm Durchmesser an

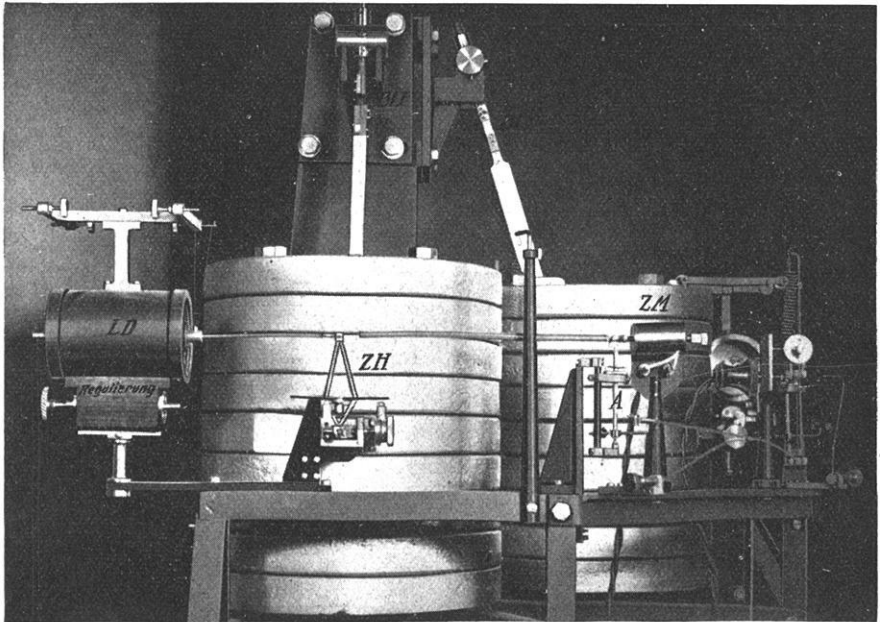


Fig. 6. Die Hebelübertragung

vier Fäden aufgehängt ist. Die Regulierung der Dämpfung geschieht durch einen Nebenkanal, der beide Kammern verbindet, wobei sich die durchgehende Luftmenge durch einen Regulierkonus stetig verändern läßt.

*Die Zeitmarkierung.* Die Zeitzeichen im Diagramm werden mit Hilfe eines Topfmagneten *ZM* erzeugt, der bei Stromstößen der Kontaktuhr ein Schreibfederlager leicht verschiebt. Damit wird die Schreibfederspitze während der Dauer des Kontaktes etwa  $1/2$  bis 1 mm seitlich verschoben. Es findet daher bei den Zeitmarken keine Unterbrechung der Aufzeichnung statt. Ein weiterer Vorteil bei dieser Anordnung liegt darin, daß die Schreibfeder sehr leicht sein kann und die Reibung der Spitze auf dem Papier herabgesetzt wird. Im Gegensatz hierzu müssen die Schreibfedern bei Zeitmarkierungen mit *Wip*-einrichtungen

am Spitzenende ein leichtes Übergewicht besitzen, damit die angehobenen Federn wieder gut auf den Registrierstreifen herunterfallen. Durch den so erzeugten Belastungsdruck wird dann die Reibung der Schreibspitze auf dem Papier entsprechend erhöht.

*Bestimmung der Vergrößerung.* Zur Bestimmung der Vergrößerung ist eine der Arretierschrauben geeicht. Es kann dann damit eine ganz bestimmte Aus-

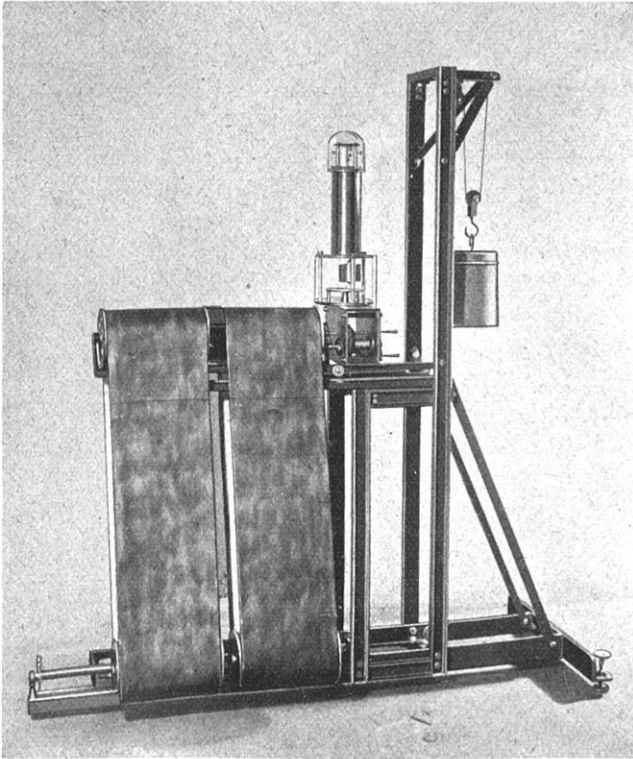


Fig. 7. Die Registriereinrichtung

lenkung der Pendelmasse eingestellt werden. Der zugehörige Ausschlag im Diagramm wird ausgemessen. Das Verhältnis Diagramm-Amplitude zur Schwerpunktsverschiebung ergibt dann die statische Vergrößerung des Instrumentes.

*Die Registriereinrichtung.* Als Registriereinrichtung wird ein neu entwickeltes Vorsatzgerät verwendet. Dieses ist insofern zweckmäßig, als es sich unabhängig von einer bestimmten Seismometerform verwenden läßt. Die Registriergeschwindigkeit beträgt bei einer Trommel von 60 mm Durchmesser 15 mm/min und bei einem Trommeldurchmesser von 120 mm 30 mm/min. In Verbindung mit

dem Ortsbebenseismometer werden 180 cm lange Streifen und eine Registriergeschwindigkeit von 30 mm verwendet. Die erforderliche Gangkonstanz wird durch einen Kegelpendelregulator mit Cardanaufhängung erreicht. Die Zeitmarken im Diagramm liegen auf einer Geraden; es läßt sich sogar durch Abstimmung der Umlaufgeschwindigkeit erreichen, daß die Zeitmarken senkrecht untereinander liegen. Diese Zeitkonstanz ermöglicht eine hohe Ablesegenauigkeit und erleichtert gleichzeitig das Auswerten der Streifen.

Der Seitentransport geschieht zur Vermeidung von zusätzlichen Hemmungen *nicht* durch einen Spindeltrieb, sondern der Wagen wird durch ein zusätzliches Zuggewicht seitlich verschoben, wobei die Vorwärtsbewegung des Wagens auf 5 mm/Stunde seitlichen Vorschub durch den Ablauf einer Schnur reguliert wird. Dieser Schnurlauf ist mit einer Achse des Laufwerkes verbunden und erfordert keine zusätzlichen Kräfte. Zur Vermeidung weiterer Hemmungen sind alle Achsen, sowohl im Laufwerk, wie auch beim Aufzug und Seitentransport mit Kugellagern versehen.

Das Instrument und die Registriereinrichtung wurden nach eigenen Angaben in den Werkstätten der Reichsanstalt gebaut und durch mehrfache Versuche praktisch erprobt.

#### Literatur

[1] E. Wiechert: Das Institut für Geophysik der Universität Göttingen. Festschrift 1906, S. 172.

[2] V. Conrad: Ein einfaches Instrument für seismische Stationen in habituellen Stoßgebieten. Gerlands Beitr. z. Geophys. **10**, 157 (1910); **12**, 41 (1912).

[3] De Quervain: Der transportable Seismograph mit 3-Komponenten, System de Quervain-Piccard. Jahresber. d. Erdbebendienstes der Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt 1922.

[4] N. A. Critikos: Ein Horizontalseismometer für die Aufzeichnung von starken Orts- und Nahbeben. Zeitschr. f. Geophys. **10**, 265 (1934).

[5] G. Krumbach: Über ein Stationsseismometer für optische Registrierung. Ebenda **15**, 17 (1939).

[6] E. Wiechert: Theorie der automatischen Seismographen. Abh. d. kgl. Ges. d. Wiss., Göttingen, Bd. 2, Nr. 1 (1903).

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, im Juni 1942.

---