

## Werk

**Jahr:** 1938

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:14

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

**Werk Id:** PPN101433392X\_0014

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0014](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0014)

**LOG Id:** LOG\_0009

**LOG Titel:** Über die Verwendung langperiodischer Seismometer

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

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

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

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

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

## Contact

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

lichkeit des piezoelektrischen Beschleunigungsmessers seismischen Bodenerschütterungen gegenüber beträchtlich. Die Wellenfronten haben im Untergrund Tonstein (Obere Kreide) durchlaufen \*).

Gegenüber der unvermeidlichen rauhen und stoßartigen Beanspruchung bei Feldarbeiten erwies sich das Gerät als recht unempfindlich, was insbesondere auf die geringe Dimensionierung der Schwingungsmasse zurückzuführen ist. Bodenunruhe und Wind hatten selten störende Einwirkung. Das Vertikalseismometer ist von einem allseitig umschließenden Gehäuse luftdicht eingeschlossen, so daß ein Eindringen von Feuchtigkeit praktisch ausgeschlossen ist.

Vermöge seines geringen Umfangs und Gewichtes\*\*) kann das Gerät leicht in der Tasche mitgenommen werden und gewährleistet deshalb eine bequeme Handhabung im Gelände.

---

## Über die Verwendung langperiodischer Seismometer

Von G. Krumbach, Jena — (Mit 4 Abbildungen)

Es werden die Gesichtspunkte für die Wirkungsweise langperiodischer Instrumente im Stationsdienst dargestellt und ein praktisches Beispiel für den Aufbau durchgeführt.

In einer früheren Arbeit [1] wurde gezeigt, daß man ein Nahbebeninstrument, wie beispielsweise das 15000-kg-Seismometer in Jena, durch Hinzufügung eines zweiten Registrierwerkes mit geringerer Auflösungsgeschwindigkeit zu einem Universalinstrument für Nah- und Fernbeben ausbilden kann. Diese Parallelregistrierung hatte dann den Zweck, die bei schneller laufenden Uhrwerken sehr flach verlaufenden und daher oft schwer erkennbaren langperiodischen Wellenzüge der Fernbeben in ihren einzelnen Phasengruppen deutlich zu machen.

Ein Vergleich der Aufzeichnungen des 1200-kg-Pendels mit denen des 15000-kg-Pendels zeigt jedoch noch etwas anderes. Die Diagramme des 1200-kg-Seismometers erscheinen „geglättet“ und lassen daher an vielen Stellen die längeren Perioden deutlich hervortreten, die bei der Aufzeichnung des 15000-kg-Pendels durch kurzperiodische Überlagerungen verdeckt sind. Das Fehlen dieser kurzperiodischen Überlagerungen ist dann einfach auf die geringere Empfindlichkeit des astatischen Pendels für kurzperiodische Störungen zurückzuführen. Ebenso wird auch zum Teil beim astatischen Pendel die Ausmessung sehr langer Perioden innerhalb der Hauptphase durch Überlagerung längerer Perioden von etwa 8 bis 10 sec sehr erschwert.

Aus diesem Grunde wurde dann zur weiteren Vervollkommnung des Stationsdienstes schon sehr früh in Göttingen das „Eckpendel“ von E. Wiechert [2]

---

\*) Diese Messung wurde anlässlich von Refraktionsmessungen der Seismos, Hannover, in einem Meßgebiet nordwestlich Nienburg (Hann.) vorgenommen.

\*\*) Etwa 0.3 kg.

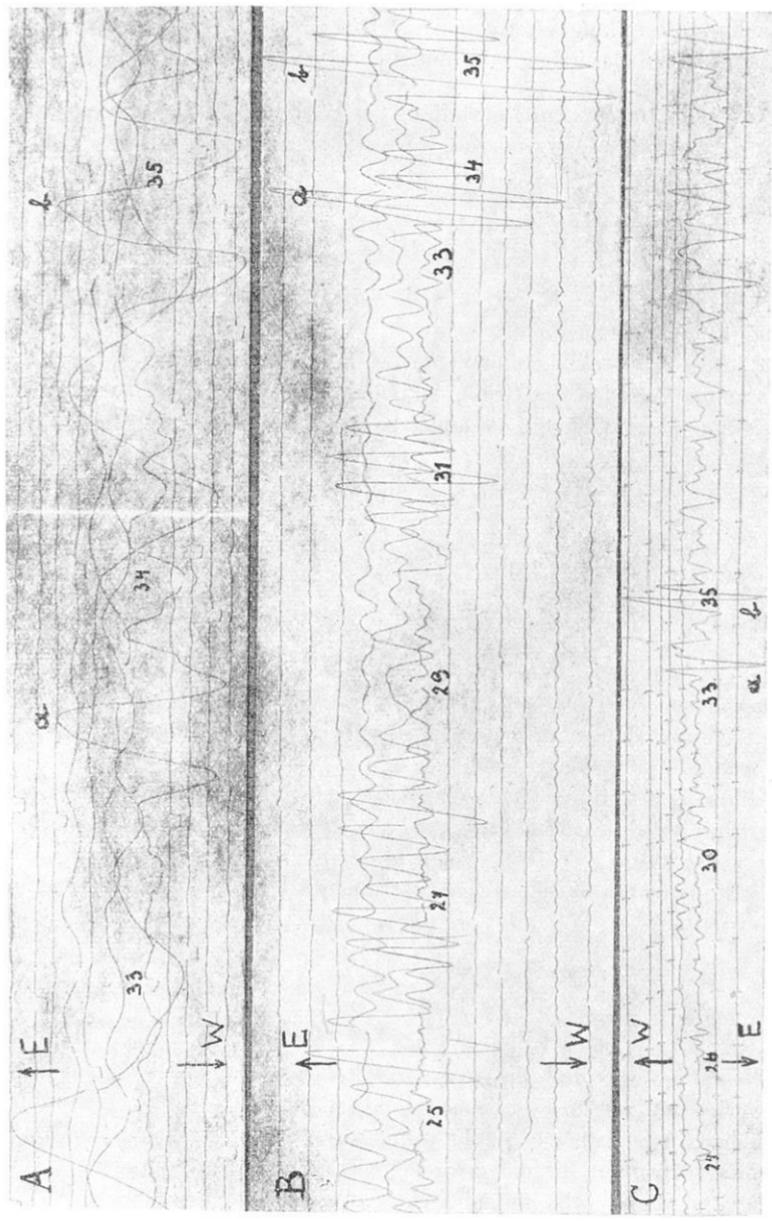


Fig. 1. Vergleich von Seismogrammen verschiedener Instrumente.  
A. 15000-kg-Pendel ( $T_0 = 2$  sec); B. 1200-kg-Pendel ( $T_0 = 10$  sec); C. 200-kg-Pendel ( $T_0 = 30$  sec).  
Die entsprechenden Phasen sind durch kleine Buchstaben  $\alpha$ ,  $\beta$  bezeichnet

entwickelt. Dieses Kegelpendel mit einer Masse von 100 kg, der Eigenperiode  $T = 60$  sec und der Vergrößerung  $V = 10$  bildete eine wertvolle Ergänzung für die Untersuchung der langperiodischen Wellengruppen. Trotz ihrer großen Zweckmäßigkeit haben derartige Instrumente nur wenig Verbreitung gefunden.

*Theoretische Unterlagen.* Zur Beurteilung der Wirksamkeit dieser Instrumente geht man von der bekannten Vergrößerungsformel [3] für periodische Störungen aus:

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

Für  $T \ll T_0$  ist  $\mathfrak{B} = V$ , d. h. für schnelle Schwingungen ist die mechanische Vergrößerung  $V$  maßgebend.

Die graphische Darstellung dieser Formel läßt erkennen, daß für die Aufzeichnung längerer Perioden die Größe der Dämpfung keine nennenswerte Rolle spielt. Man kann also in diesem besonderen Falle mit Dämpfungsfreiheit, also  $\tau = \infty$  rechnen.

Für langsame Schwingungen ergibt sich dann der Ansatz:

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 - 1}$$

Für  $T \gg T_0$  ist:

$$\mathfrak{B} = \frac{VT_0^2}{T^2} = \frac{V \cdot 4\pi^2 \cdot L}{g} \cdot \frac{T}{T^2} = \frac{4\pi^2}{g} \frac{I}{T^2}$$

Für die Aufzeichnung langer Perioden ist also bei den Instrumenten die Größe der Indikatorlänge  $I$  ausschlaggebend.

Zur Prüfung der Empfindlichkeit verschiedener Instrumente für lange Perioden sei zu einem Vergleich die Indikatorlänge  $I$  des 1200-kg-Seismometers zugrunde gelegt. Aus  $V = 200$ ,  $T_0 = 10$  sec folgt  $I = 5000$  m.

Man erhält dann für die einzelnen Instrumente verschiedener Eigenperiode folgende Konstanten:

$T_0$ :	2	5	10	20	25	30	60 sec
$L$ :	1	6.25	25	100	155	225	900 m
$V$ :	5000	800	200	50	32	22.5	5.5

Man erkennt sofort, daß die kurzperiodischen Nahbebeninstrumente zur gleichzeitigen Verwendung für Fernbeben mindestens auf die doppelte Empfindlichkeit der üblichen Instrumente gebracht werden müßten. Dagegen ist bei langperiodischen Instrumenten für die geforderte Empfindlichkeit nur ganz geringe Vergrößerung und damit sehr einfacher Aufbau erforderlich.

*Praktische Ausführung.* Die zweckmäßigste Anordnung für ein langperiodisches Seismometer ist das Horizontalpendel. Bestimmend für die Eigenperiode

des Instrumentes ist die Neigung der Schwingungsachse gegen die Senkrechte. Die Schwingungsdauer ist dann gegeben durch:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sin i \cdot g}},$$

wobei  $l$  die Pendellänge bei Schwingungen um eine horizontale Achse und  $i$  den Neigungswinkel gegen die Vertikale bedeuten.

Verwendet man beispielsweise eine Pendelmasse von einem Durchmesser  $2r = 40$  cm und legt den Drehpunkt 4 cm vom Massenrand entfernt, so ergibt sich für diese Anordnung folgende Schwingungsdauer:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Direktionskraft}}} = 2\pi \sqrt{\frac{1/2 m r^2 + m d^2}{m \cdot d \cdot g}},$$

$$T_0 = 3.5 \text{ sec.}$$

Es besteht dann folgender Zusammenhang zwischen Neigung und Eigenperiode des Instrumentes:

Aus

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sin i \cdot g}} \text{ folgt } T = T_0 \sqrt{\frac{1}{\sin i}},$$

also

$i:$	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.25 Grad
$T:$	13.2	14.1	15.3	16.7	18.5	21.5	26.4	37.4	52.9 sec

Diese Aufstellung zeigt deutlich, daß anfänglich der Anstieg der Eigenperiode mit der Verringerung der Neigung sehr langsam erfolgt, daß aber im Bereich längerer Perioden schon geringe Neigungsänderungen erhebliche Periodenvergrößerungen verursachen, bzw. leicht zur Unstabilität des Instrumentes führen. Hierbei ist noch nicht der Einfluß der elastischen Gelenkverbindungen berücksichtigt.

Um also bei der Aufstellung große Stabilität zu erreichen, ist es ratsam, nicht über eine Eigenperiode von 30 sec hinauszugehen. Die erforderliche Vergrößerung ist dann nach obiger Tabelle etwa 25fach.

*Der Aufbau des 200-kg-Seismometers.* Die nachstehenden Ausführungen sollen zeigen, daß es möglich ist, aus etwa vorhandenen Instrumententeilen mit verhältnismäßig einfachen Mitteln ein wertvolles Ergänzungsinstrument für die Erweiterung einer seismischen Station herzustellen. Für das vorliegende Instrument bildeten den Grundstock Teile eines veralteten und daher seit Jahren nicht mehr in Betrieb befindlichen Bosch-Mainka-Pendels. Die Aufhängung der Pendelmasse geht aus der schematischen Zeichnung hervor. Die aus acht Platten von 40 cm Durchmesser gebildete Masse hat ein Gewicht von 200 kg. Der in der Pendelachse liegende Hebel  $H_1$  vergrößert an seiner Spitze die Bewegung des Schwerpunktes zweimal. Daran setzt sich ein Hebel *Schr* mit dem Übersetzungsverhältnis  $1:12\frac{1}{2}$ . Es ist daher die Gesamtvergrößerung des Instrumentes

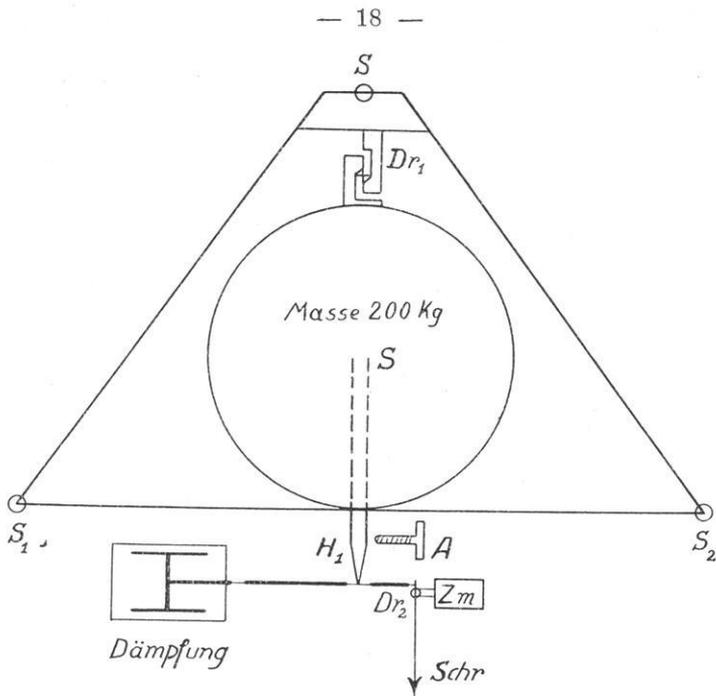


Fig. 2. Prinzip des 200-kg-Pendels

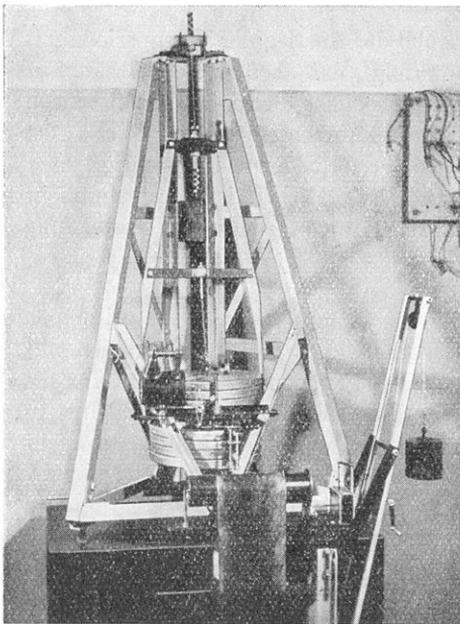


Fig. 3. Das 200-kg-Pendel

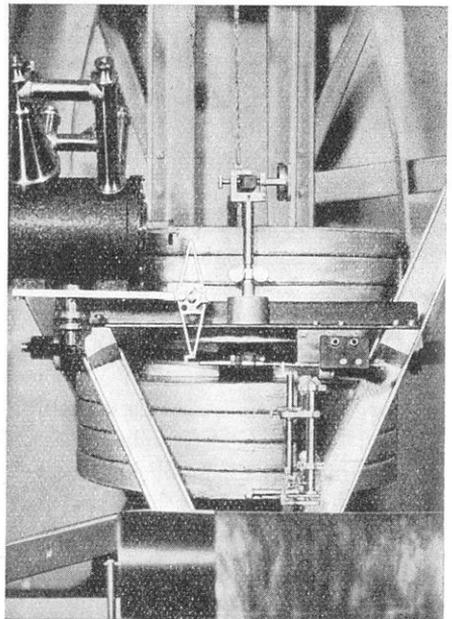


Fig. 4. Hebelwerk des 200-kg-Pendels

25fach, also der Theorie entsprechend. Als Dämpfung wird die bei allen Wiechert-Instrumenten übliche Luftdämpfung verwendet. Diese sowohl wie die Einzelteile des Hebelmechanismus und der Registriereinrichtung wurden in eigener Werkstatt hergestellt. Sie können aber, soweit es sich um die normalen Einzelteile handelt, bei den Herstellerfirmen der Wiechert-Seismometer fertig bezogen werden.

*Aufhängung der Pendelmasse.* Die untere Pendelachse  $Dr_1$  bildet an Stelle der gebräuchlichen, auf Zug beanspruchten Blattfeder ein Kreuzgelenk. Hierdurch ist die Drehachse besser definiert. Auch hatte sich durch Versuche gezeigt, daß sich bei einer einfachen Feder die Pendelmasse leicht in ihrer Eigenschwingung von 3.5 sec anregen läßt. Diese Vorsorge ist bei der vorliegenden Anordnung besonders wichtig, da der Übertragungsmechanismus nicht unmittelbar im Schwerpunkt angreift. Als oberer Drehpunkt wurde die einfache Drahtaufhängung beibehalten. Im allgemeinen besteht hierbei die Gefahr, daß infolge der Länge des Drahtes bei Nahbeben der ganze Aufhängungsbügel kurzperiodische Eigenschwingungen ausführen kann. Jedoch ist diese Fehlerquelle bei der Lage der Station Jena bedeutungslos.

*Einstellung von Nullpunkt und Eigenperiode.* Die Einstellung der Eigenperiode erfolgt durch gleichzeitiges Drehen der Stellschrauben  $S_1$  und  $S_2$ , die Einstellung des Nullpunktes durch Drehen von  $S_1$  oder  $S_2$ . Da aber die Verbindungen  $S_1S$  und  $S_2S$  keinen rechten Winkel miteinander bilden, lassen sich Perioden- und Nullpunktseinstellung nicht unabhängig voneinander ausführen. Es ist daher mit jeder Nullpunktseinstellung auch eine Änderung der Eigenperiode verbunden. Für einen völligen Neubau des Instrumentes erscheint daher die Abänderung der oberen Aufhängung, sowie die rechtwinklige Anordnung der Fußpunkte zweckmäßig.

Die Verbindung der Pendelmasse mit der Dämpfungseinrichtung geschieht durch einen rhombischen Zwischenhebel (Fig. 4). Dieser ist in einem doppelten Kreuzgelenk gelagert, in dem an Stelle von Blattfedern einfache Stahldrähte verwendet werden. Diese Drahtfedergelenke haben den Vorzug, daß sich nicht nur schädliche Spannungen leicht ausschalten lassen, sondern daß sich auch durch Versuche mit verschiedenen Drahtstärken bequem die günstigsten Arbeitsbedingungen herstellen lassen.

Außerdem befindet sich an diesem Hebel ein leichter unterteilter Waagebalken, so daß es durch Verschiebung von Reitergewichten möglich ist, kleinere Nullpunktsverlagerungen ohne die störende Verstellung der Fußschrauben auszugleichen.

*Konstantenbestimmung.* Zur Bestimmung der Indikatorlänge kann infolge der großen Neigungsempfindlichkeit die übliche Methode[4] für Horizontalpendel nicht angewandt werden, da bei Anbringung eines seitlichen Zuggewichtes dessen Masse unterhalb 1 g liegen muß. Damit sind genaue Messungen in dieser Form schlecht durchführbar. Es wurde daher eine der Anschlagsschrauben  $A$  als Meß-

schraube ausgebildet. Dann es ist möglich, den Ablenkungswinkel der Pendelmasse direkt zu bestimmen und aus dem zugehörigen Ausschlag der Zeigerspitze *Schr* die Vergrößerung zu errechnen.

*Zeitmarkierung.* Die Zeitmarkierungseinrichtung wurde nicht, wie üblich, als Kipphebel ausgebildet. Bei diesem Instrument bewirkt ein Topfmagnet (*Zm*) zu jeder vollen Minute einen kleinen seitlichen Ausschlag der Nadel. Diese Anordnung hat den großen Vorteil, daß die Schreibfederspitze sehr leicht gemacht werden kann. Neben einer wesentlichen Herabsetzung der Reibung auf dem Papier finden vor allen Dingen durch die Minutenzeichen keine Unterbrechungen der Registrierungen statt.

Die Registriergeschwindigkeit wurde auf 7.5 mm/Minute wegen der speziellen Beobachtung der längeren Perioden einreguliert.

Zusammenfassend ergibt sich, daß sich mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln ein Horizontalpendel großer Eigenperiode herstellen läßt. Dieses hat seine besondere Bedeutung bei der Untersuchung der in der Hauptsache bei den „langen Wellen“ im Seismogramm vorkommenden großen Perioden. Außerdem ist die Verwendung von Instrumenten verschiedener Indikatorvergrößerung oft sehr zweckmäßig. Denn oftmals werden beispielsweise bei sehr heftigen Beben die Aufzeichnungen der normalen, stark vergrößernden Instrumente unübersichtlich oder die Schreibfedern aus den Lagern geworfen. Schließlich aber läßt sich das Instrument im Bedarfsfalle durch Herabsetzung seiner Eigenperiode, sowie mit Hilfe einer sehr leicht durchführbaren Verlängerung des Schreibfederarmes in ein normales Stationsinstrument mit etwa 80facher Vergrößerung unwandeln.

#### Literatur

- [1] G. Krumbach: Über die Aufzeichnung von Fernbeben mit kurzperiodischen Seismometern. Beitr. z. angew. Geophys. 4, 263 (1934).
- [2] E. Wiechert: Das Institut für Geophysik. Festschrift, Leipzig 1906, S. 177.
- [3] E. Wiechert: Theorie der automatischen Seismographen, S. 76. Berlin 1903.
- [4] A. Sieberg: Erdbebenkunde, S. 469. Jena 1923.

---

## Niveauänderungen im Schüttergebiet der Erdbeben in Südbulgarien am 14. und 18. April 1928

Von K. Jankow, Sofia — (Mit 3 Abbildungen)

Am 14. und 18. April 1928 ereigneten sich im Becken von Maritza (Obertrazien) zwei katastrophale Erdbeben. Das erste von 10 Grad Stärke (Forel-Mercalli) hatte als Hauptschüttergebiet die Städte Čirpan-Borrisovgrad und das zweite mit 11 Grad Stärke die Dörfer Papisli-Duwandja (siehe Karte). Das zweite Erdbeben war die größte seismische Katastrophe in dem bulgarischen Gebiet und