

Werk

Jahr: 1939

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:15

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0015

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0015

LOG Id: LOG_0011

LOG Titel: Über ein Stationsseismometer für optische Registrierung

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

grundsätzlich entspricht, allerdings von anderen Kreisen abgelehnt wird. Vieles spricht dafür, daß Gebirgsschlagforschung im Sinne der Reichsanstalt auch praktisch fruchtbarer sein sollte als die von anderer Seite bevorzugte statistische.

d) Tragfähigkeitsminderung von Gestein durch Erweichen, Schlüpfrigerwerden oder Zermalmen des Baugrundes.

e) Druckänderungen im Grundwasser bringen Lockerböden in Bewegung.

Anschließend sei ausdrücklich die Selbstverständlichkeit hervorgehoben, daß die Reichsanstalt es unter allen Umständen ablehnt, sich, ebenso wie etwa beim Versicherungswesen, so auch beim Bauwesen und beim Bergbau in die Belange dieser Disziplinen einzumischen, die sie nicht zu beherrschen braucht. Vielmehr will die Reichsanstalt den beteiligten Kreisen lediglich die Möglichkeit bieten, auf Grund bodenmechanischer Überlegungen Mittel an die Hand zu bekommen, um ihren weiteren Maßnahmen eine einwandfreiere Untermauerung zu geben als es bisher geschah.

Reichsanstalt für Erdbebenforschung, 21. Oktober 1938.

Über ein Stationsseismometer für optische Registrierung

(Vorläufige Mitteilung)

Von G. Krumbach, Jena. — (Mit 2 Abbildungen)

Eine systematische Durchbildung der Optik am schwingenden System und am Registriergerät ermöglicht es, Seismometer zu konstruieren, bei denen die Bewegungen der schwingenden Masse ohne Zwischenschaltung eines störenden Zwischengliedes unmittelbar auf den Registrierfilm übertragen werden. Infolge der Strichfeinheit läßt sich der Verbrauch an Registrierpapier soweit herabsetzen, daß die Kosten der normalen Rußschreibung auch im Dauerbetrieb nicht wesentlich überschritten werden. Die kleinen Ausmaße von Seismometer und Registriereinrichtung machen die ganze Anlage für seismische Feldversuche, insbesondere auch für schnelle Aufstellung im Herdgebiet eines Erdbebens besonders geeignet.

Inhaltsverzeichnis. A. Einleitung. B. Grundlagen für optische Registrierung. C. Praktische Folgerungen für den Aufbau von Seismometern. D. Anwendungen. a) Das Seismometer als Fernbebeninstrument, b) Das Seismometer als Nahbebeninstrument. E. Weiterer Ausbau des Instrumentes. F. Bemerkungen zur Registriereinrichtung.

A. Einleitung. Bei den instrumentellen Aufzeichnungen der von Erdbeben ausgelösten Bodenschwingungen fordert man, daß ein gewisser Minimalausschlag auf dem Registrierstreifen noch gut ausmeßbar ist. Es müssen daher im allgemeinen die Bewegungen der schwingenden Masse des Seismometers durch mehr oder weniger komplizierte Vergrößerungseinrichtungen, sei es in mechanischer

oder optischer Form, sichtbar gemacht werden. Diese Einrichtungen werden einen gewissen Einfluß auf die freie Beweglichkeit des schwingenden Systems ausüben und damit unter Umständen die Wirksamkeit des Instrumentes beeinträchtigen. Eine weitgehende Ausschaltung dieser Fehlerquellen ist daher eine der Hauptaufgaben der seismischen Instrumentenkunde. Es muß also versucht werden, unter möglicher Vermeidung von störenden Zwischengliedern die Bewegung der schwingenden Masse unmittelbar auf den Registrierstreifen zu übertragen.

Zur Beurteilung der Empfindlichkeit von Seismometern kann man von der Forderung ausgehen, daß beispielsweise der Ausschlag der Schreibspitze für 1'' Neigung des Instrumentes etwa 25 bis 30 mm betragen soll [1].

Man kann jetzt auch die umgekehrte Frage stellen: Welche Bedingung muß die Registriereinrichtung erfüllen, damit eine Aufzeichnung noch für den seismischen Stationsdienst geeignet ist? Dabei wird dann die absolute Größe der Ausschläge im Diagramm keine so große Rolle spielen, sondern eine kleine Aufzeichnung muß nur so deutlich sein, daß es noch möglich ist, das Seismogramm mit Hilfe geeigneter Vergrößerungseinrichtungen mit der erforderlichen Genauigkeit auszumessen.

B. Grundlagen für die optische Registrierung. Die Bedingungen für die Erzielung einer hohen Abbildungsgüte für optische Registriergeräte wurden allgemein von H. Kaiser [2] entwickelt und praktisch erprobt.

Während bei normalen Stationsseismometern bei mechanischer Registrierung im allgemeinen mit Strichdicken von $\frac{1}{10}$ mm und bei Instrumenten mit optischer Registrierung unter Umständen mit noch stärkeren Linien zu rechnen ist, zeigen die neueren Untersuchungen, daß durch die Anwendung einer geeigneten Optik eine Strichdicke bzw. eine Strichfeinheit von 0.02 mm noch zu erreichen ist. Für die Erzielung dieser hohen Abbildungsgüte spielt nicht nur die Optik im Registriergerät, sondern gerade auch die bisher oft vernachlässigte Optik am schwingenden System eine ausschlaggebende Rolle.

Die Bedingungen für die Ausbildung der Optik sind dabei nach H. Kaiser folgende:

Die Strichdicke d der Aufzeichnung ist gegeben durch:

$$d = \frac{H \cdot s}{\varrho} \dots \dots \dots (1)$$

wobei H die Höhe bzw. Ausblendung des beweglichen Spiegels, s die Brennweite der Zylinderlinse am Registriergerät und ϱ der Abstand zwischen Registriergerät und Spiegel bedeuten.

Ein kleiner Ausschlag Φ des beweglichen Spiegels wird noch ausmeßbar, wenn

$$\Phi \cong \frac{\lambda}{B} \dots \dots \dots (2)$$

ist, wobei λ die Lichtwellenlänge und B die Spiegelbreite bedeuten. Die Größe des verlangten Minimalausschlages, d. h. die geforderte Empfindlichkeit, bestimmt also die Breite des Registrierspiegels. Die volle Ablesegenauigkeit einer Registriereinrichtung wird dann erreicht, wenn

$$\frac{B}{\rho} \leq \frac{1}{20} \dots \dots \dots (3)$$

d. h. der Registrierabstand muß das 20fache der Spiegelbreite betragen*).

C. Praktische Folgerungen für den Aufbau von Seismometern. Durch diese Bedingungen sind die Richtlinien gegeben, die für den zweckmäßigen Aufbau von optisch registrierenden Seismometern berücksichtigt werden müssen.

Als Maß für die Bestimmung der Empfindlichkeit eines Seismometers diene der Ausschlag bei Neigung des Instrumentes um 1". Nimmt man beispielsweise als einfachste Seismometerform ein Stabpendel an, in dessen Drehachse sich ein Registrierspiegel befindet, so wird dieser Ausschlag von 1" noch deutlich aufgezeichnet werden. Da $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ cm und $1'' = 5 \cdot 10^{-6}$, ist nur nach Formel (2) ein Spiegel von 10 cm Breite und nach Formel (3) ein Registrierabstand von 2 m anzuwenden.

Schon dieses einfache Beispiel zeigt, daß es ohne weiteres möglich sein muß, mit den viel empfindlicheren Seismometeranordnungen auch ohne die Verwendung von Vergrößerungshebeln sehr kleine Ausschläge noch deutlich sichtbar zu machen. Der einzige Unterschied gegenüber den gebräuchlichen Formen besteht in der Anwendung viel größerer Spiegel, die erst die volle Ausnutzung der Apparatur ermöglichen.

Für die praktische Durchführung der Versuche wurde ein Horizontalpendel verwendet. Neben anderen Vorzügen ermöglicht dieses infolge der leichten Einstellung verschiedener Eigenperioden eine universelle Verwendung. Ist φ_0 der Winkel, um den das Instrument geneigt wird, so ist der Ausschlag des Pendels für kleine Winkel bestimmt aus der Beziehung:

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

wobei T_0 die Schwingungsdauer des Pendels bei horizontaler Achse und T die Schwingungsdauer bei geneigter Achse bedeuten. Um daher eine möglichst hohe Neigungsempfindlichkeit des Instrumentes zu erzielen, ist es erforderlich, T_0 möglichst klein zu halten. Das Versuchsinstrument ist ein Kegelpendel von 4 kg Masse. Diese besteht aus einem mit Blei gefüllten Messingzylinder von

*) Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß bereits E. Wiechert [3] im Jahre 1899 bei seiner ältesten Seismometerform, einem Horizontalseismometer mit optischer Registrierung durch entsprechende Ablendung eines großen Registrierspiegels schon grundlegende Versuche zur Erzielung feiner Registrierlinien angab.

8.5 cm Durchmesser und 8.5 cm Höhe. Wegen des Gewichtes der erforderlichen Optik am schwingenden System und zur Überwindung der letzteren durch die Aufhängung gegebenen Widerstände erschien es ratsam, die Masse nicht zu gering zu wählen. Dadurch wird beispielsweise erreicht, daß eine die Amplitude einer ungedämpften Eigenschwingung von 3 sec bei einer Beobachtungszeit von $\frac{1}{2}$ Std.

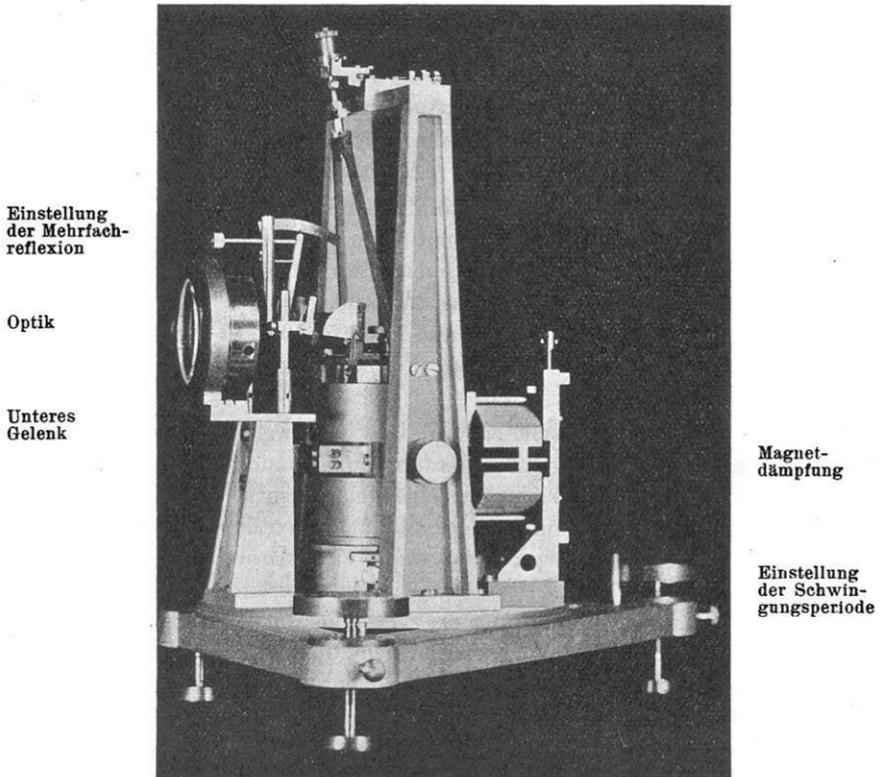


Fig. 1. Horizontalseismometer für optische Registrierung.
Höhe des Instrumentes 30 cm, Grundplatte 30×30 cm

noch nicht auf die Hälfte ihrer Größe herabsinkt. Trotzdem ist der Aufbau des Instrumentes noch immer so klein, daß es sehr bequem tragbar und daher auch besonders für seismische Feldversuche geeignet ist.

Damit die Schwingung der Pendelmasse nach Formel (4) um eine horizontale Achse ein Minimum wird, ist der untere Drehpunkt in das Innere der Masse, und zwar in einem Abstand von 3 cm verlegt. Die Schwingungsdauer T_0 beträgt dann 0,49 sec oder $T_0^2 = 0.24$ sec.

Weitere konstruktive Einzelheiten und Beobachtungsergebnisse werden in einer späteren ausführlichen Darstellung mitgeteilt.

D. Anwendungen. a) *Das Seismometer als Fernbebeninstrument.* Die Einregulierung des Instrumentes auf die übliche Eigenperiode $T_0 = 10$ sec ergibt nach Formel (4) einen Winkelausschlag $\frac{\varphi}{\varphi_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 = 410''$ für eine Neigung des Instrumentes um $1''$. Da der entsprechende Ausschlag bei dem Wiechert-Seismometer 25 mm auf dem Registrierstreifen beträgt und eine Amplitude von 1 mm noch gut abgelesen werden kann, so ist der für das neue Seismometer geforderte Minimalausschlag $410''/25 = 16''$. Um diesen auf dem Registrierstreifen noch ausmessen zu können, müßte dann gemäß der Formel (2) ein Spiegel von 0.6 cm

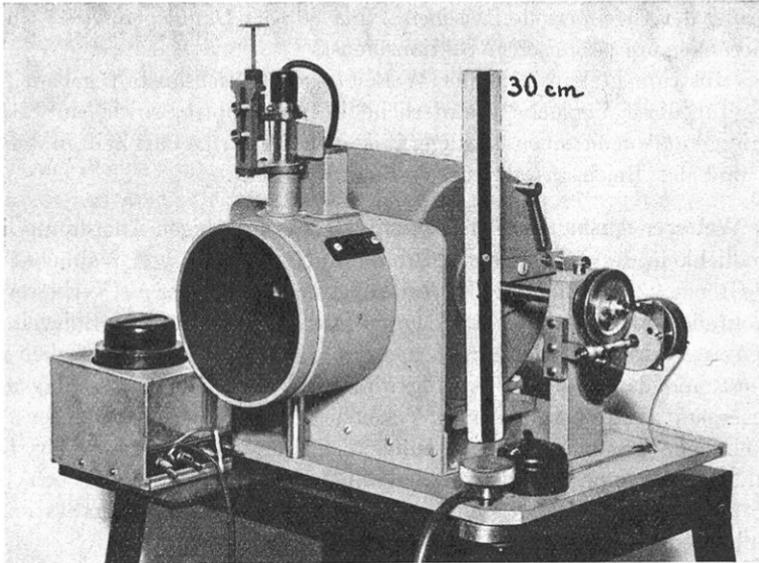


Fig. 2. Registriergerät der Firma Carl Zeiß in Jena, umschaltbar für Papiergeschwindigkeiten von 5 mm/min oder 20 mm/min

Breite verwendet werden. Der dazugehörige Registrierabstand beträgt nach Formel (3) 12 cm, so daß sich die ganze Anordnung auf einem sehr engen Raum unterbringen läßt.

b) *Das Seismometer als Nahbebeninstrument.* Als Vergleichsinstrument sei das Nahbebeninstrument der Station Jena zugrunde gelegt.

Hierfür gelten folgende Konstanten:

$$T_0 = 2 \text{ sec}, \quad V = 2000, \quad \text{also} \quad L = 1 \text{ m} \quad \text{und} \quad I = 2000 \text{ m}, \quad \varepsilon = 10 \text{ mm}.$$

Reguliert man dementsprechend das Kegelpendel auf $T_0 = 2$ sec ein, so ist in diesem Falle der Winkelausschlag für $1''$ Neigung gemäß Formel (4) $\frac{\varphi}{\varphi_0} = 17''$.

Da wiederum bei mechanischer Registrierung ein Ausschlag von 1 mm noch

ablesbar ist, würde der Minimalausschlag, der noch aufgezeichnet werden soll, etwa 2'' betragen. Diese Empfindlichkeit erfordert nach Formel (2) einen Spiegeldurchmesser von 5 cm Breite und einen Registrierabstand von 1 m. Demnach reicht also eine Indikatorvergrößerung von nur 30fach bei voller Ausnutzung der Optik zum Aufbau eines hochwertigen Instrumentes aus. Mit dieser Optik wurde das Versuchsinstrument ausgerüstet. Der verwendete Spiegel, dessen Abbildungsgüte außerordentlich hoch sein muß, besitzt die Größe 20×65 mm und wird auf 5×50 mm gemäß den Formeln (1) und (2) abgeblendet. Die der Spiegelbreite entsprechende Abbildungslinse hat einen Durchmesser von etwa 60 mm. Der konstruktive Aufbau des Instrumentes erlaubt eine bequeme Einregulierung der Eigenperiode zwischen 2 und 30 sec. Damit genügt es sämtlichen Anforderungen im seismischen Stationsdienst.

Das Instrument wurde in der Werkstatt der Reichsanstalt gebaut.

Die für diese Versuche erforderliche Präzisionsoptik, sowie ein besonderes Registriergerät wurde liebenswürdigerweise von der Firma Carl Zeiß in Jena angefertigt und der Reichsanstalt zur Verfügung gestellt.

E. Weiterer Ausbau des Instrumentes. Bei der obigen Anordnung liegt die Empfindlichkeit des Instrumentes für die Aufzeichnung von Nahbeben gerade an der Grenze. Zur Erhöhung der Vergrößerung wird daher als Verbesserung die Mehrfachreflexion [4] angewandt. Durch Einbau eines zweiten Spiegels in den Strahlengang wird der Lichtstrahl mehrere Male an dem beweglichen Spiegel reflektiert und damit der Ablenkungswinkel, also auch der Ausschlag auf dem Registriergerät vergrößert. Wie die Versuche zeigen, läßt sich bei guten Spiegeln durch einfache Drehung die Empfindlichkeit des Seismometers (Fig. 1) unter Verwendung der normalen Registrierlampe ohne Schwierigkeit noch um das 6- bis 8fache steigern. Damit sind dann auch alle Anforderungen im Stationsdienst zu erfüllen.

F. Bemerkungen zur Registriereinrichtung. Ein Haupthinderungsgrund für die allgemeine Anwendung der optischen Registrierung im Stationsdienst waren bisher die hohen Kosten für das Registrierpapier, da man die gleichen Bogengrößen wie bei der mechanischen Registrierung anwenden mußte.

Berechnet man den Vorschub v einer Registriereinrichtung aus der Forderung, daß eine bestimmte Schwingungsperiode T noch aufgelöst werden muß, so ist die Bedingung hierfür:

$$v \cdot \frac{T}{2} \geq d,$$

wenn T die Periode der Schwingung, v die Vorschubgeschwindigkeit und d die Strichdicke bedeuten.

Also:

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

Damit bestimmt also die Strichdicke der Aufzeichnung den Bedarf an Registrierpapier.

Soll bei Fernbeben als kürzeste Periode $T = 1$ sec noch aufgelöst werden und legen wir die Linienstärke $d = 0.002$ cm zugrunde, so ist die erforderliche Registriergeschwindigkeit 2.4 mm/min. Dementsprechend benötigt man für Nahbebenperioden von 0,2 sec eine Geschwindigkeit von 12 mm/min. Um auch hier mit größerer Sicherheit zu arbeiten, läßt sich das benutzte Registriergerät sowohl auf 5 mm/min und 20 mm/min bequem umschalten. Bei 1 mm Seitentransport je Umdrehung ist dann der tägliche Papierverbrauch für Fernbebenregistrierung einschließlich der freien Seitenränder etwa 100 qcm, also in Postkartengröße. Für Nahbebenbeobachtung ist ein Streifen von 6×60 cm erforderlich. Für diese Streifengröße ist aus Zweckmäßigkeitsgründen das Registriergerät eingerichtet. Der Trommeldurchmesser beträgt etwa 20 cm bei einer Breite von 12 cm. Bei langsamem Gang für Fernbebenaufzeichnungen reicht dann ein Normalstreifen von 6×60 cm 3 bis 4 Tage oder ein Doppelstreifen von 12 cm Breite gerade eine Woche.

Die kleinen Ausmaße von Seismometer wie Registriereinrichtung ermöglichen die Anwendung der Apparatur für seismische Feldversuche. Eine geeignete lichtdichte Kapselung macht die Aufstellung und Kontrolle unabhängig von besonders eingerichteten Registrierräumen (Tageslichtapparat). Zur Erneuerung der Registrierstreifen läßt sich die automatisch verschließbare Registriertrommel einfach abheben und die Auswechslung des Filmes dadurch in einem kleinen geeigneten Raum bequem vornehmen.

Literatur

[1] E. Wiechert: Theorie der automatischen Seismographen, Abhandl. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Berlin 1903; Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen. Phys. Zeitschr. **2**, 593 (1901).

[2] H. Kaiser: Theorie der photographischen Registrierung. Zeitschr. f. techn. Phys. **16**, 303 (1935).

[3] E. Wiechert: Seismometrische Beobachtungen im Göttinger Geophysikalischen Institut. Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1899, Heft 2.

[4] L. Geiger: Steigerung der Empfindlichkeit bei der Gauß-Poggendorffschen Spiegelmethode. Phys. Zeitschr. **12**, 66 (1911).

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, Oktober 1938.