

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_0012

LOG Titel: Ein neuer Erschütterungsmesser und die Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen

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

Ein neuer Erschütterungsmesser und die Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen

Von H. Martin, Jena. — (Mit 6 Abbildungen)

Es wird ein neuer Erschütterungsmesser beschrieben, mit dem man gleichzeitig die Bewegung der Masse direkt über ein Spiegelsystem und induktiv über eine im Magnetfeld sich bewegende Spule aufzeichnen kann. Dadurch ergeben sich die verschiedensten Möglichkeiten, Bodenschwingungen aufzuzeichnen. Dies erläutern Beispiele der gleichzeitigen Aufzeichnung nichtsinusförmiger Bewegungen durch verschiedene Apparate. Weiter wird auf die Möglichkeit der Klärung theoretischer Fragen beim Galitzinpendel mit Hilfe der neuen einfachen Apparatur hingewiesen.

Einleitung. Vor drei Jahren hatte ich in einer Arbeit [1] darauf hingewiesen, daß es zur Beurteilung einer stoßähnlichen Erschütterung und damit einer nichtsinusförmigen Bewegung nötig ist, daß man die gleichzeitigen Aufzeichnungen von einem Schwingweg- und einem Beschleunigungsmesser zur Verfügung hat. In einer weiteren Veröffentlichung [2] zeigte ich an zwei gleichzeitigen Registrierungen der Wiedergabe von Erschütterungen durch einen Schwingweg- und Beschleunigungsmesser, unter welchen Voraussetzungen man aus einer Schwingwegkurve richtige Beschleunigungswerte ermitteln kann. In der vorliegenden Mitteilung wird eine neue Apparatur beschrieben, mit der man *gleichzeitig* den Schwingweg, die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und den Ruck einer Erschütterung aufzeichnen kann.

Die Apparatur. Bei den Versuchen benutzte ich ein neues Instrument, welches sich bei entsprechendem Umbau als Schwingweg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Ruckmesser verwenden läßt. Das Instrument ist in Fig. 1 schematisch

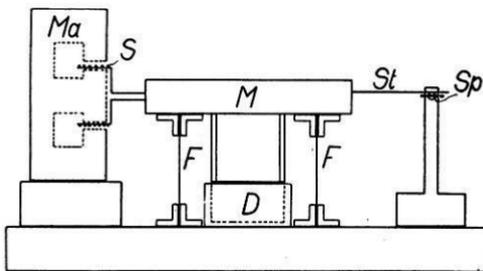


Fig. 1. Schematische Versuchsanordnung

dargestellt. In seiner Form als Schwingwegmesser habe ich es erstmalig in [1] beschrieben. Gibt man dem Instrument durch entsprechende Federn F (Breite 20 mm, Dicke 0.2 mm) mit der Masse M (etwa 0.5 kg) eine kleine Schwingzahl (2 bis 0.5 Hz), so hat man es für größere Schwingzahlen der Bodenbewegung mit einem Schwingwegmesser zu tun. Die

Übertragung der Schwingungen der Masse M erfolgt über die Stoßstange St (Stahldraht etwa 0.5 mm), welche auf der Spiegelachse Sp abrollt. Beim Schwingwegmesser wird von mir zur Zeit noch Öldämpfung (Dämpfer D) verwendet. Die Vergrößerung ist abhängig vom Radius der Spiegelachse (Durchmesser 4 mm,

Abstand 1m, Vergrößerung 1000fach). Befestigt man an der Masse M außerdem eine Spule S , die im Feld des Magneten Ma schwingt, so ist der in der Spule induzierte Strom proportional der Geschwindigkeit*). Ich benutzte Ringspaldauermagnete, deren Verwendung für Stations- und Geländeapparate wegen der damit erreichbaren hohen Empfindlichkeit *ohne Verstärkung* noch große Bedeutung verspricht. Außerdem tritt keine zusätzliche Direktionskraft des Schwingwegmessers auf.

Durch entsprechende Federn F kann man dem Instrument eine hohe Eigenschwingzahl geben. Man erhält bei starker Dämpfung ($\alpha \sim 0.5$) einen Beschleunigungsmesser mit einer in einem weiten Gebiete konstanten Empfindlichkeit [2]. Eine am Beschleunigungsmesser angebrachte Spule gibt die Möglichkeit, den dritten Differentialquotienten einer Bewegung (Ruck) zu ermitteln.

Schaltet man in den Stromkreis des Geschwindigkeitsmessers noch einen Transformator, so hat man damit eine weitere Möglichkeit, die Beschleunigung einer Erschütterung aufzuzeichnen. Selbstverständlich ist dabei, daß bei der Aufzeichnung von Schwingungen auf elektrodynamischem Wege die Frequenzcharakteristik des dabei notwendigen Registriergalvanometers eingeht.

Fig. 2 a

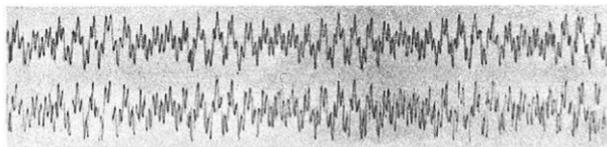


Fig. 2 b

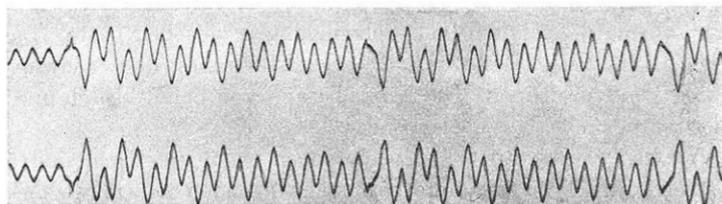


Fig. 2. Registrierungen auf dem Schütteltisch

Die gleichzeitige Aufzeichnung einer nichtsinusförmigen Bewegung durch verschiedenartige Instrumente. Der in Fig. 1 dargestellte Schwingwegmesser**) hat nach den Eichungen auf dem Schütteltisch eine vollkommen der Theorie entsprechende Schwingzahlcharakteristik, und seine Leistungsfähigkeit zeigt Fig. 2. Fig. 2 stellt zwei Registrierungen auf dem horizontalen Schütteltisch dar. Die obere Kurve ist in beiden Fällen die der Schütteltischbewegung, während die

*) Das an die Spule S anzuschließende Galvanometer ist in Fig. 1 nicht eingezeichnet.

**) Einen Vertikalschwingwegmesser ganz ähnlicher Bauart verwende ich auch seit längerer Zeit mit dem besten Erfolg.

untere die durch den Schwingwegmesser aufgezeichnete Bewegung des Schütteltisches wiedergibt. Die Vergrößerungen sind gleich. Dazu seien noch folgende Angaben gemacht:

Schwingwegmesser: Schwach gedämpft, Eigenschwingzahl 1.7 Hz.

Oberes Kurvenpaar: Schwingzahl 83 Hz überlagert sich einer langsameren Schwebungskurve.

Unteres Kurvenpaar: Dreimaliges Anreißen einer den schwach gedämpften Schütteltisch erregenden Schwingung von etwa 22 Hz.

Daß Einschwingvorgänge keinen störenden Einfluß auszuüben brauchen, habe ich in [3] nachgewiesen.

Der große Vorteil der in Fig. 1 dargestellten Versuchsapparatur besteht darin, daß man mit ein und demselben Instrument beliebige Kombinationen der Aufzeichnungselemente vornehmen kann. Mir stand ein Schwingweg- und ein Beschleunigungsmesser zur Verfügung, die ich beide mit Spulen zur elektro-

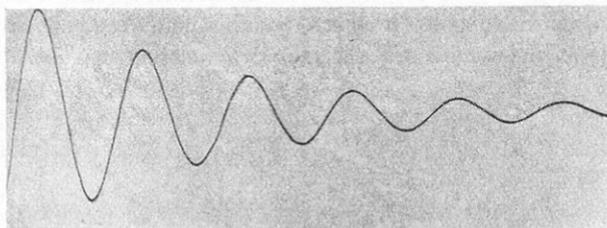


Fig. 3. Ausschwingender Schwingwegmesser

dynamischen Aufzeichnung von Schwingungen versehen hatte. Dadurch war es möglich, außer der Bewegung des Schütteltisches drei Schwingungselemente *gleichzeitig* aufzuzeichnen. Die Vergrößerung von Schütteltisch und Schwingwegmesser wurden ebenfalls gleich gewählt.

Von den gleichzeitigen Aufzeichnungen legen die Fig. 4 und 5 Zeugnis ab. Fig. 3 zeigt den schwachgedämpften ausschwingenden Schwingwegmesser (Schwingzahl 3.6 Hz, Vergrößerung 400), wie er zu den Aufnahmen der in Fig. 4 und 5 wiedergegebenen Kurven diente. Bei sämtlichen Registrierungen der Fig. 4 wurde der schwach gedämpfte Schütteltisch (Eigenschwingzahl 7.2 Hz) plötzlich kurz angestoßen.

Dabei überlagert sich entsprechend der Theorie wegen der geringen Dämpfung des Schwingwegmessers dessen Eigenschwingung der erregenden Schütteltischbewegung.

Im einzelnen stellen Fig. 4a bis d folgendes dar:

Fig. 4a. Kurve 1: Schütteltisch.

Kurve 2: Schwingwegmesser.

Kurve 3: Beschleunigungsmesser, mechanisch.

Kurve 4: Geschwindigkeitsmesser, induktiv, Zeissches Schleifengalvanometer.

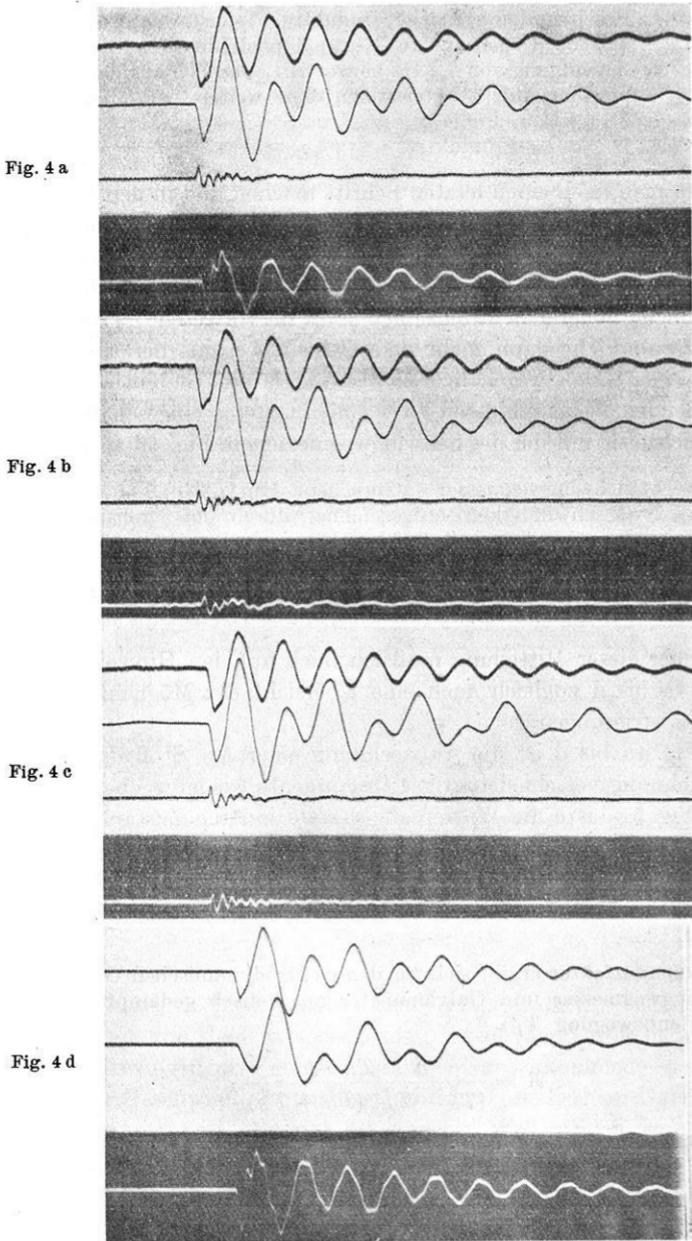


Fig. 4 a—d

Fig. 4b. Kurve 1, 2, 3 wie in Fig. 4a.

Kurve 4: Beschleunigungsmesser, induktiv, Transformator. Man beachte, daß im Gegensatz zu Kurve 3 noch deutlich die Schütteltischschwingung von 7.2 Hz hervortritt, was sich aus den verschiedenen Schwingzahlcharakteristiken ohne weiteres erklären läßt.

Fig. 4c. Kurve 1, 2, 3 wie in Fig. 4a.

Kurve 4: Ruckmesser induktiv.

Nun kann man noch einen letzten Schritt machen und in den Stromkreis des Geschwindigkeitsmessers ein langperiodisches Galvanometer einschalten. Infolge seiner Schwingzahlcharakteristik läßt dieses im Gegensatz zu einem schnell-schwingenden Galvanometer die Schwingungen geringer Schwingzahlen gegenüber den Schwingungen höherer Schwingzahlen stark hervortreten*). Die so erhaltene Aufzeichnung entspricht dann mehr dem Schwingweg als der Geschwindigkeit, wie Fig. 4d zeigt. Dazu waren in den Stromkreis des Geschwindigkeitsmessers bei entsprechenden Nebenschlüssen zwei Galvanometer eingeschaltet, deren Bewegungen gleichzeitig mit der des Schwingwegmessers in Fig. 4d wiedergeben sind.

Fig. 4d. Kurve 1: Schwingwegmesser entsprechend Kurve 2 in Fig. 4a—c.

Kurve 2: Geschwindigkeit aufgezeichnet durch ein Drehspulgalvanometer von Siemens und Halske, Eigenschwingzahl 0.25 Hz, Dämpfung gering.

Kurve 3: Geschwindigkeit aufgezeichnet durch ein Zeissches Schleifengalvanometer, Eigenschwingzahl 35 Hz, Dämpfung aperiodisch.

Im Rahmen dieser Mitteilung muß ich mich auf den Hinweis beschränken, daß die Fig. 4a bis d zugleich auch eine Übersicht der Möglichkeiten galvanometrischer Registrierungen geben.

In den Fig. 4a bis d ist die Aufzeichnung einer Art Stoß durch die gleichzeitige Aufzeichnung verschiedenartiger Instrumente wiedergegeben. Zum Unterschied stellt Fig. 5c bis e die Wiedergabe des stationären Zustandes einer nicht-sinusförmigen Bewegung dar. Fig. 5a und 5b zeigen zunächst die beiden Schwingungen von 13,6 und 22,2 Hz, aus denen die erregende Schwingung in Fig. 5c bis e zusammengesetzt ist. Dabei ist

*) Der Resonanzfaktor ergibt sich für den elektrodynamischen Geschwindigkeitsmesser (Schwingwegmesser und Galvanometer aperiodisch gedämpft, Schwingungsdauer der Bodenbewegung T_B)

$$\mathfrak{R} = \frac{T_S^2 \cdot T_G^2 T_B}{(T_S^2 + T_B^2) (T_G^2 + T_B^2)}.$$

Bei Einschaltung eines Transformators wird der Resonanzfaktor

$$\mathfrak{R} = \frac{T_S^2 \cdot T_G^2}{(T_S^2 + T_B^2) (T_G^2 + T_B^2)}.$$

Danach zeigen ein Galvanometer mit einem Schwingwegmesser bei entsprechend großen Eigenschwingungsdauern in einem bestimmten Schwingzahlbereich bei Verwendung eines Transformators direkt die Bodenbewegung auf. Vgl. auch [4].

Fig. 5a und 5b. Kurve 1: Schwingweg.
 Kurve 2: Beschleunigung, mechanisch.
 Kurve 3: Ruck, induktiv.

Aus Kurve 2 und 3 in Fig. 5a und 5b ist ersichtlich, daß die Schwingung von 13.6 Hz im Gegensatz zu der Schwingung von 22.2 Hz nicht rein sinusförmig war.

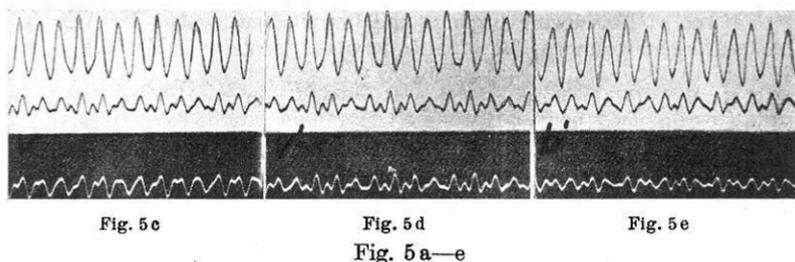
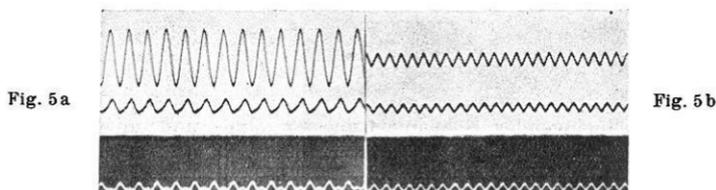
Die Kurven 1 und 2 in Fig. 5c bis e geben die Aufzeichnung der zusammengesetzten Schwingung durch den Schwingweg- und den mechanischen Beschleunigungsmesser wieder. Die Kurve 3 stellt in den Fig. 5c bis e dar:

Fig. 5c. Geschwindigkeit.

Fig. 5d. Beschleunigung (man beachte die Übereinstimmung mit der Aufzeichnung des mechanischen Beschleunigungsmessers).

Fig. 5e. Ruck, induktiv.

Die Fig. 4a bis d und 5c bis e zeigen den großen Vorteil, wenn man zur Beurteilung einer nichtsinusförmigen Bewegung die Aufzeichnungen von mindestens



zwei verschiedenartigen Instrumenten zur Verfügung hat. Welche Instrumente man wählt, hängt von dem entsprechenden Zweck der Untersuchung ab.

Ist man gezwungen, mit einem Instrument auszukommen, so dokumentiert Fig. 4a, daß der Geschwindigkeitsmesser mit kurzperiodischem Galvanometer das geeignetste Instrument ist. Es gibt die längeren Wellen noch genügend deutlich wieder und läßt alle Einzelheiten eines Stoßes hervortreten. Außerdem bietet es alle die großen Vorteile, die mit der Möglichkeit einer Fernregistrierung verbunden sind.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit des neuen Erschütterungsmessers. Die Möglichkeit, gleichzeitig den Schwingweg und die Geschwindigkeit mit ein und

demselben Instrument aufzeichnen zu können, versetzt uns in die Lage, alle Fragen, die mit der Theorie des Galitzin-Pendels hinsichtlich der Rückwirkung von Galvanometer auf das Seismometer zusammenhängen, experimentell mit einfachen Mitteln prüfen zu können. Diese Frage ist in den letzten Jahren Gegenstand umfangreicher theoretischer Erörterungen gewesen (siehe z. B. [5], [6]). So zeigt Fig. 6a den frei ausschlagenden Schwingwegmesser, Fig. 6b dasselbe Ausschlagen unter Einschaltung des schon erwähnten Siemens-Drehschulgalvanometers. Eine Rückwirkung des Galvanometers ist nicht feststellbar. Im vorliegenden Falle ist eine solche Rückwirkung auch nicht zu erwarten, da sich die Schwingzahlen von Schwingwegmesser und Galvanometer wie 3.6 zu 0.25 verhalten.

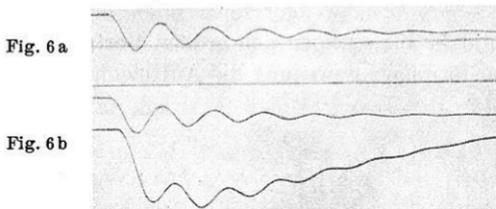


Fig. 6a—b. Ausschlagender Schwingwegmesser ohne und mit eingeschaltetem Galvanometer (unterste Kurve)

Schrifttum

[1] H. Martin: Einschwingvorgänge und ihre Bedeutung bei der Aufzeichnung stoßähnlicher Erschütterungen. Veröffentl. der Reichsanstalt für Erdbebenforschung, Heft 26. Leipzig 1935.

[2] H. Martin: Ein neuer mechanischer Beschleunigungsmesser. Zeitschr. f. Geophys. **13**, 241—250 (1937).

[3] H. Martin: Systematik der Einschwingvorgänge. I. Veröffentl. der Reichsanstalt für Erdbebenforschung, Heft 34. Berlin 1938. S. 7—24.

[4] O. Meisser: Die Empfindlichkeit und Frequenzcharakteristik von seismischen Meßinstrumenten. Phys. Zeitschr. **38**, 668—671 (1937).

[5] G. Schmerwitz: Der Kopplungsfaktor bei galvanometrisch registrierenden Seismographen. Zeitschr. f. Geophys. **12**, 206—220 (1936).

[6] J. Rybner: The determination of the instrumental constants of the Galitzin seismograph in presence of reaction. Gerlands Beitr. **51**, 375—401 (1937).

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung, November 1938.