

Werk

Jahr: 1929

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:5

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0005

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005

LOG Id: LOG_0032

LOG Titel: Erhöhung der Beobachtungsgenauigkeit bei relativen Pendelmessungen

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

Erhöhung der Beobachtungsgenauigkeit bei relativen Pendelmessungen.

(Vorgetragen am 26. Mai 1929 auf der Gauvereinstagung der Physikal. Ges. in Jena.)

Es werden zwei einfache photographische Registriermethoden angegeben, mit denen man die Schwingungsdauerdifferenzen von verschiedenen Pendeln innerhalb kurzer Beobachtungszeiten auf einige Einheiten in 10^{-8} sec sicher bestimmen kann.

I. Registrierung von Pendelschwingungen.

Von O. Meisser. — (Mit drei Abbildungen.)

Die bisherige Meßgenauigkeit der Schwere bei relativen Pendelmessungen beträgt ungefähr $1 \cdot 10^{-3} \text{ cm sec}^{-2}$. Um relative Schweremessungen weitgehend für geophysikalische Aufschließungsarbeiten nutzbringend anwenden zu können, reicht für viele Fälle die obige Meßgenauigkeit nicht aus. Ich will diese Tatsache an einem einfachen Beispiel zeigen. Die Schweredifferenz Δg über einer unendlich breiten und langen Platte (siehe Fig. 1) beträgt

$$\Delta g = k(\sigma_2 - \sigma_1) \left\{ d(\pi - 2\alpha_2) - 2h(\alpha_1 - \alpha_2) - 2x \ln \frac{r_2}{r_1} \right\},$$

wobei k die Gravitationskonstante, σ_i das spezifische Gewicht der einzelnen Schichten, h die Tiefe der Platte und d die Plattendicke bedeutet. Der Koordinatenursprung O liegt über dem Plattenrand. Die Kurven für Δg sind in

$$x = 0, \quad \Delta g_0 = k(\sigma_2 - \sigma_1) \cdot \pi d,$$

$$x = \infty, \quad \Delta g_\infty = 2k(\sigma_2 - \sigma_1) \pi d$$

unabhängig von der Tiefe h der Platte. Unter Zugrundelegung

einer Meßgenauigkeit von $0.001 \text{ cm sec}^{-2}$ ergeben sich bei einer Dichtedifferenz $(\sigma_2 - \sigma_1)$ folgende Werte für die Schichtdicken:

$\Delta \sigma$. .	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	2.0
d in m .	477.5	238.7	119.4	79.6	59.7	47.8	31.8	23.9	11.9

Die Tabelle zeigt deutlich, daß für kleine Dichteunterschiede die meisten Probleme sich mit relativen Pendelmessungen nicht hinreichend genau behandeln lassen. Um den praktischen Anforderungen gerecht zu werden, ohne dabei die Grenzen der relativen Pendelmessungen zu überschreiten, die durch die physikalischen Korrekturen gegeben sind, ist eine Erhöhung der Genauigkeit in Δg

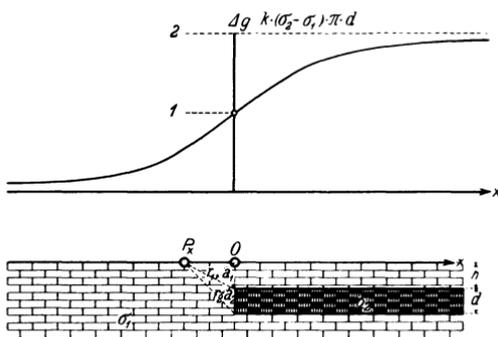


Fig. 1.

auf $2 \cdot 10^{-4} \text{ cm sec}^{-2}$ anzustreben. Auch bei der Kombination der Pendelmessungen mit den anderen Verfahren der angewandten Geophysik ist diese größere Genauigkeit erforderlich. Schließlich möchte ich noch darauf hinweisen, daß es auch sehr erwünscht ist, die Genauigkeit der relativen Schwingungsdauerbeobachtung bei Pendeluntersuchungen mehr durch eine gesteigerte physikalische Beobachtungsgenauigkeit zu verbessern, als nur mittels Häufung der Beobachtungen. Aus diesen Erwägungen heraus ergibt sich die Forderung, die Genauigkeit der bisherigen Pendelmessungen zu verfeinern.

Die erste Bedingung, die für die Erreichung einer größeren Genauigkeit in Betracht kommt, ist, die Beobachtungsmethode der Schwingungsdauerdifferenzen zu verbessern. Die Meßgenauigkeit des Sterneckschen Koinzidenz-

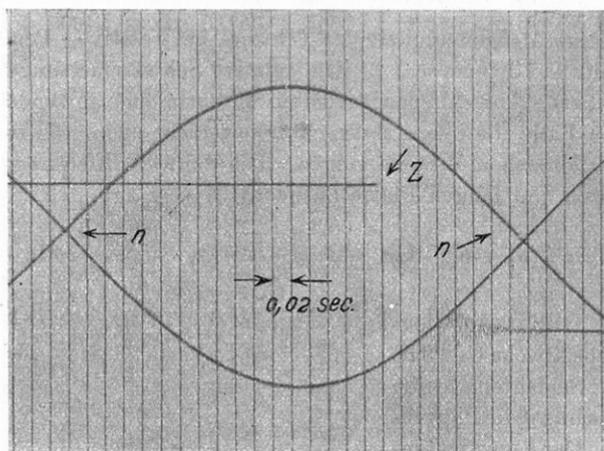


Fig. 2.

n = Nullmarke, Z = Zeitsignalmarke.

verfahrens bei visueller Beobachtung in praktisch kurzen Zeiträumen ist für unsere Untersuchungen nicht ausreichend. Außerdem soll für beide Pendelstationen stets das gleiche momentane Zeitzeichen für die Auswertung herangezogen werden, so daß der Gang der drahtlosen Sekundenmarken und kleine Unregelmäßigkeiten im Senden der Zeitpunkte sich bei der Auswertung für die obige Genauigkeit herausheben. Aus diesem Grunde wird die Registrierung der Pendelschwingungen selbst vorgenommen. Um bei Halbsekundenpendeln innerhalb 40 bis 60 Minuten die vorgeschriebene Genauigkeit von 2 bis $4 \cdot 10^{-8} \text{ sec}$ zu erhalten, muß man den Anfang bzw. das Ende einer einzelnen Halbperiode (0.5 sec) auf etwa $2 \cdot 10^{-4} \text{ sec}$ genau zu einem drahtlosen Zeichen bestimmen können. Die experimentelle Anordnung ist sehr einfach. Die Pendelschwingung wird optisch registriert. Von einer 4-Volteinfadenlampe (0.5 Amp . Verbrauch) fällt das Licht auf den Pendelspiegel, vor dem sich eine chromatisch und sphärisch gut korrigierte Linse befindet. Das reflektierte Bild wird von

dem bereits beschriebenen Registrierapparat*) mit einer Papiergeschwindigkeit von 15 bis 20 cm aufgezeichnet. Obwohl man bei einem Abstand Spiegel-Film = 2m noch mit etwa $\frac{30 \text{ cm Papier}}{\text{sec}}$ arbeiten kann, habe ich die obige Geschwindigkeit bei den Versuchen beibehalten. Der Nullpunkt der Pendelkurve (siehe Fig. 2) *N* wird durch eine Marke vor dem photographischen Papier ausgeblendet. Ist der eingezeichnete Nullpunkt um einige Prozent unsymmetrisch, so läßt sich wegen der Dämpfung der Kurve leicht die entsprechende Schwingungsdauerkorrektur berechnen. Die Registrierung wird stets über einige Sekunden erstreckt, so daß man eine mehrfache Kontrolle hat. Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einer solchen Registrierung von zwei gegeneinander

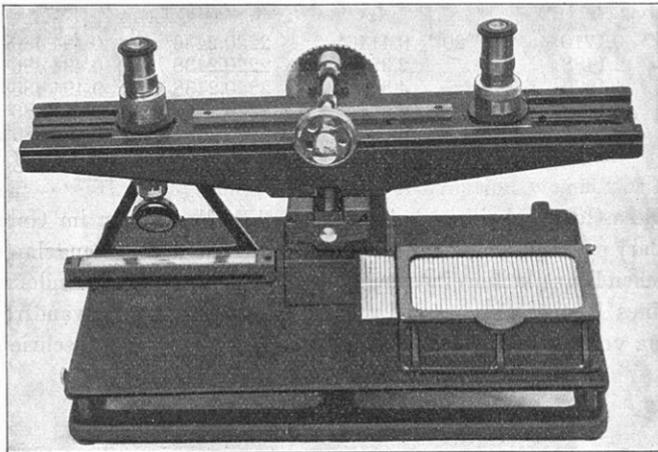


Fig. 3. Größe 1:5.

schwingenden Pendeln. Die Zeitmarkierung *Z* ist hier mit einem Pendelkontakt vorgenommen. Die Hauptsache für die Auswertung ist eine sehr große Regelmäßigkeit der Papiergeschwindigkeit, ein sicherer Zeitmarkenschreiber und eine scharfe Abbildung. Die Einzelheiten des Registrierapparates sind bereits früher beschrieben. Für die relative Konstanz der 50-periodigen Stimmgabel gebe ich die Anzahl der Strichintervalle für 10sec an:

Zeit	Strichintervalle	Zeit	Strichintervalle
8 ^h 43 ^m 0.0 — 2.0 ^s	100.05	9 ^h 20 ^m 0.0 — 2.0 ^s	100.02
<i>t</i> ₁ 2.0 — 4.0	100.10	<i>t</i> ₂ 2.0 — 4.0	100.00
4.0 — 6.0	100.04	4.0 — 6.0	100.06
6.0 — 8.0	100.06	6.0 — 8.0	100.04
Mittel für 2 sec . .	100.06	Mittel für 2 sec . .	100.03

*) O. Meisser und H. Martin: Diese Zeitschr. 2, 269—271 (1926); O. Meisser: Beiträge zu einer experimentellen Seismik. Veröffentl. d. Reichsanst. f. Erdbebenforsch. (herausgegeben vom Direktor O. Hecker), Jena 1929.

Da stets eine Interpolation der Zeitmarken nur über ein Intervall < 0.25 sec stattfindet, ist der Zeitmarkenfehler durch die Stimmgabelmarken zu vernachlässigen. Bei einer Filmgeschwindigkeit von 15 cm wird ein Einsatz der Sekundensignale (Z) und der Pendelnulldunkte (N) auf etwa 0.02 mm mittels Komparators (siehe Fig. 3) genau vermessen, so daß man $2 \cdot 10^{-4}$ sec bequem erreicht. Die Abbildung der Kurven und Zeitmarken mittels eines Aggregats von drei Zylinderlinsen ist entsprechend scharf, um diese Ausmeßgenauigkeit zu gestatten. In der folgenden Tabelle gebe ich die gemessenen Werte für ein Pendel ohne jede Korrektion, nur um zu zeigen, daß sich selbst mit einem guten Uhrkontakt diese Genauigkeit erreichen läßt und die Apparatur einwandfrei arbeitet.

Invarpendel A , 14. Mai 1929.

Nulldurchgang	t_1		t_2	$t_2 - t_1 = 4490 \cdot T_A$	T_A
8 ^h 43 ^m	0.1710 ^s	9 ^h 20 ^m	0.4146 ^s	2220.2436 ^s	0.494 486 33 ^s
	2.1488		2.3926	2220.2438	0.494 486 37
	4.1270		4.3708	2220.2438	0.494 486 37
	6.1050		6.3484	2220.2434	0.494 486 28
	8.0834		8.3268	2220.2434	0.494 486 28
					0.494 486 33 $\pm 2 \cdot 10^{-5}$

Um diese Genauigkeit auch bei praktischen Messungen im Gelände auszunutzen, bedarf es noch eingehender Verbesserungen an dem Pendelapparat selbst. Die technischen Einzelheiten eines neuen Pendelapparates mit besonders invariablen Pendeln, eines Registrierapparates und einer Anlage für einwandfreie Parallelregistrierung von drahtlosen Zeitmarken sollen später näher beschrieben werden.

II. Das photographische Koinzidenzverfahren.

Von **H. Martin**. — (Mit drei Abbildungen.)

Das Bestreben, die bisherige Meßgenauigkeit zu steigern, führte dazu, auch die Beobachtungsgenauigkeit der Koinzidenzen zu verbessern. Die Methode wurde provisorisch mit der folgenden Versuchsanordnung erprobt (siehe Fig. 1).

Der Glühfaden einer Einfadenlampe von 4 Volt wurde mit Hilfe einer Linse auf einen verstellbaren Spalt Sp abgebildet. Von diesem Spalt fiel das Licht auf den Pendelspiegel und von da durch die Zylinderlinse ZL auf die photographische Platte Pl . Diese wurde an einem Ausmeßmikroskop befestigt und konnte mit dessen Spindel senkrecht zur Schwingungsebene des Spaltbildes fortbewegt werden. Die Bewegung besorgte das Uhrwerk eines alten Telegraphenapparates. Der Spiegel S wurde durch einen Telephonklappmagnet abgelenkt, der mit Hilfe eines Pendelkontaktes betrieben wurde. Außerdem betätigte der Klappmagnet noch einen Kontakt, so daß die Lampe nur dann brannte, wenn der Pendelkontakt geöffnet wurde. Somit wurden die Schließungsblitze ausgeschaltet, und die Aufnahme der Koinzidenzen ging voll-

kommen automatisch vor sich. Fig. 2 zeigt eine mit der beschriebenen Apparatur aufgenommene Platte.

Zum Ausmessen der Platten wurde ein Heckersches Ausmeßmikroskop verwendet, wie es zum Auswerten von Drehwaagenplatten benutzt wird.

Die Kurve der Koinzidenzen ist eine Sinuskurve, deren halbe Periode ein Koinzidenzintervall ist. Aus drei bis vier symmetrisch zum Nullpunkt liegen-

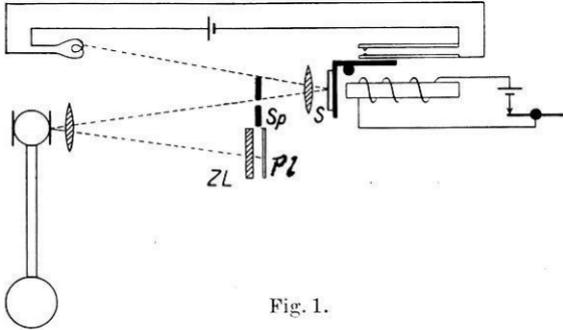


Fig. 1.

den Blitzen — evtl. bringt man noch eine Korrektur wegen der kleinen Abweichung von Sinuskurve und Tangente an, wenn das Koinzidenzintervall klein ist — konstruiert man nach dem Verfahren von Berger*) die Tangenten. Die Meßgenauigkeit beim Ausmessen der Platten ist im allgemeinen ± 0.01 mm.

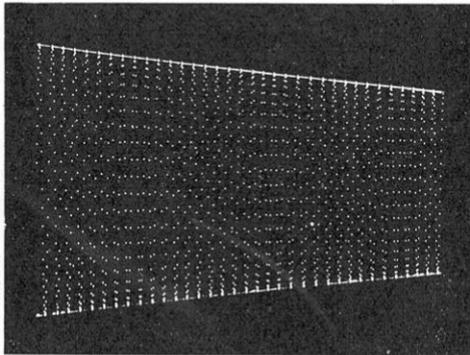


Fig. 2.

Wir müssen hier die Ausmeßgenauigkeit auf ± 0.03 mm ansetzen, da die Ränder der photographierten Blitze noch nicht exakt scharf erhalten werden konnten. In dem unten folgenden Beispiel betrug der Abstand zwischen zwei Blitzen am Anfang 2.4 und am Ende 1.5 mm, d. h. es entsprach im Mittel einer Sekunde ein Millimeter. Der Fehler bei der Bestimmung eines Koinzidenzintervalls betrug also ± 0.03 sec.

*) Zeitschr. f. Instrkde. 48, 373 (1928).

Den Nullpunkt der Kurve erhält man am besten als den Mittelpunkt von zwei Schnittpunkten zweier Tangenten, wie aus Fig. 3 hervorgeht.

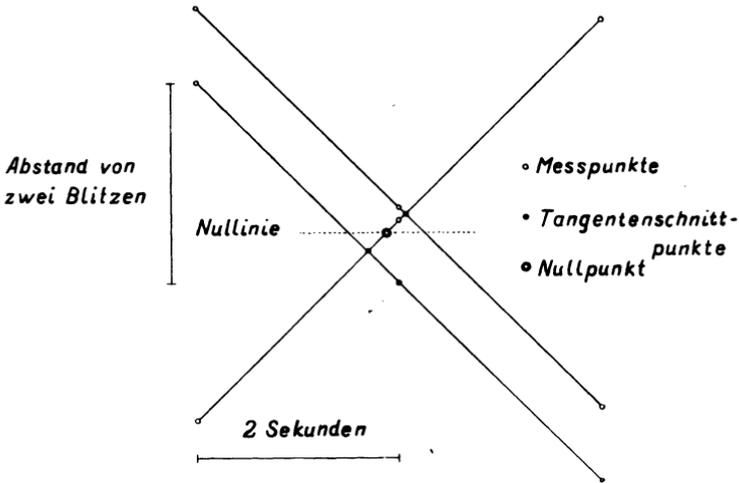


Fig. 3.

Wegen der Länge der photographierten Lichtblitze ist es ratsam, die Amplitude aus dem Abstand zweier Koinzidenzmomente zu ermitteln. Ist die Kurve der Koinzidenzmomente gegeben durch

$$y = A \sin \alpha t \dots \dots \dots (1)$$

und hat ein um λ sec später folgender Blitz die Ordinate

$$y = A \sin \alpha (t + \lambda) \dots \dots \dots (2)$$

dann erhält man für $y = 0$ bzw. $y_\lambda = 0$ für $\lambda = 2$ und für $y = y_\lambda$ bei $\lambda = 4$ für die Amplitude

$$A = \frac{y}{\sin \frac{2\pi\lambda}{T}}$$

Daß die Methode tatsächlich die oben angegebene Genauigkeit liefert, zeigt die folgende Meßreihe:

Invarpendel C, 17. Mai 1929.

			50 c	c	Amp.-Korr.	c ₀
20 ^h 21 ^m 6.92 ^s	20 ^h 58 ^m 33.77 ^s		2246.85	44.9370	0.0192	44.9178 sec
	59 18.71		2246.83	44.9366	0.0189	44.9177 "
22 36.82	21 0 3.65		2246.83	44.9366	0.0186	44.9180 "
23 21.75		48.59	2246.84	44.9368	0.0184	44.9184 "
24 6.69	1 33.53		2246.84	44.9368	0.0181	44.9187 "
	2 18.46		2246.81	44.9362	0.0178	44.9184 "
25 36.61	3 3.39		2246.78	44.9356	0.0175	44.9181 "
26 21.54		48.32	2246.78	44.9356	0.0172	44.9184 "
27 6.47	4 33.25		2246.78	44.9356	0.0170	44.9186 "
	5 18.18		2246.75	44.9350	0.0167	44.9183 "
						44.9182 sec

Als mittleren Fehler des Mittelwertes erhalten wir aus der letzten Spalte für $dc = \pm 0.0001$ sec. Als Fehler in der Schwingungsdauer bekommen wir bei einem Koinzidenzintervall von 45 sec für dT somit einen Fehler von $\pm 1.2 \cdot 10^{-8}$ sec, was in dg einem Fehler < 0.1 mgal entspricht. Dabei war die volle Empfindlichkeit der Methode noch gar nicht ausgenutzt, da der Abstand Spalt-Pendelspiegel und Pendelspiegel-photographische Platte nur 83 cm betrug.

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung.

Bericht über den jetzigen Stand der Untersuchungen über die durchdringende Höhenstrahlung.

Von K. Wölken.

Im Nachstehenden soll über die Ergebnisse einiger neuerer Arbeiten über die durchdringende Höhenstrahlung berichtet werden. Seit dem Erscheinen der letzten zusammenfassenden Darstellungen¹⁾ über diesen Gegenstand sind sehr wesentliche Fortschritte erzielt.

I. Natur der durchdringenden Höhenstrahlung. Bis vor kurzem war man noch allgemein geneigt, die durchdringende Höhenstrahlung als Ultra- γ -Strahlung zu betrachten. Nach den Versuchen von Bothe und Kolhörster²⁾ ist die Möglichkeit einer Korpuskularstrahlung wieder mehr in den Vordergrund gerückt. Bothe und Kolhörster untersuchten die Höhenstrahlung mit Hilfe des Elektronenzählrohres nach Geiger und Müller³⁾. Dies besteht aus einem Metallrohr, das durch zwei isolierende Stopfen verschlossen ist, und in dem ein Draht mit einer dünnen Isolierhaut (z. B. Oxydschicht) axial gespannt ist. Die Dimensionen des Rohres variieren: Durchmesser etwa $\frac{1}{2}$ bis 3 cm; Länge 1 oder mehrere Dezimeter. An Draht und Rohr wird eine Spannung gelegt, die über der Durchbruchsspannung bei blankem Draht ohne Isolierschicht liegt. Wird durch eine äußere Strahlung aus dem Metallmantel ein Sekundärelektron ausgelöst, so erfolgt eine Entladung, die aber sofort wieder durch die Wirkung der Isolierhaut in einer bisher noch nicht genügend geklärten Weise abgebremst wird. Es gelingt so, für jedes im Metallrohr ausgelöste Elektron in der Registriervorrichtung einen Impuls zu erhalten. Als auslösende Strahlung wirkt außer der Höhenstrahlung die γ -Strahlung der radioaktiven Beimengungen in der Umgebung (Rohrwände, Luft, Boden, Zimmerwände).

Zur Trennung beider wird meistens die Koinzidenzmethode benutzt, d. h. es wird die Anzahl der gleichzeitigen Impulse gezählt, die von zwei benachbarten, aber getrennt aufgestellten Zählrohren verursacht werden. Als gleichzeitig werden Impulse bezeichnet, die innerhalb 0.01 sec erfolgen. Als Ursache solcher Koinzidenzen neben den anderen zeitlich verschiedenen Impulsen der beiden