

Werk

Jahr: 1933

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:9

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0009

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0009

LOG Id: LOG_0022

LOG Titel: Die Genauigkeit von Pendelkontakten und der Einfluß des Steigrades einer Pendeluhr auf die Schwingungsdauer des Pendels

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

häufig erst nach Wochen ausgeführt werden können. Es fragt sich also, wie es sich mit der Konstanz der Nullage des statischen Schweremessers verhält. Eine völlige Konstanz ist noch nicht vorhanden, doch ist diese Frage noch nicht eingehend untersucht, so daß ich darüber noch wenig Sicheres mitteilen kann.

Zusammengefaßt lassen die Ergebnisse der bisherigen Messungen es als wahrscheinlich erscheinen, daß der statische Schweremesser in dem jetzigen Stadium der Entwicklung bereits die bestmögliche Meßgenauigkeit für die Messungen auf See — diesbezügliche Versuche sind für das kommende Frühjahr in Aussicht genommen — besitzt. Eine Steigerung der Meßgenauigkeit des Instrumentes über ± 3 bis 4 mgal hinaus ist für solche Messungen unnötig, da die außerhalb des Instrumentes liegenden Fehlerquellen (Strömungsgeschwindigkeit, Höhe des Meeresspiegels über normalem Wasserstand usw.) keine größere Meßgenauigkeit gestatten. Die Versuche werden mit Unterstützung aus den Mitteln der Deutschen Notgemeinschaft fortgesetzt.

(Geophysikalische Forschungsarbeiten an der Reichsanstalt für Erdbebenforschung, unterstützt von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.)

Die Genauigkeit von Pendelkontakten und der Einfluß des Steigrades einer Pendeluhr auf die Schwingungsdauer des Pendels

Von **H. Martin**, Jena — (Mit 3 Abbildungen)

Es wird eine Methode angegeben, die es gestattet, periodische Vorgänge mit einer Genauigkeit von einigen Millionstel Sekunden zu messen, und es wird deren Verwendbarkeit an einigen Meßbeispielen gezeigt.

Schon früher*) wurden Messungen über die Genauigkeit von Pendelkontakten mit Hilfe von freischwingenden Pendeln gemacht. Diese frühere Methode hatte den Nachteil, daß man nur eine beschränkte Anzahl von aufeinanderfolgenden Kontakten untersuchen konnte. Bei der Bestimmung der Schwingungsdauer von ungedämpften Schwingungen (z. B. von Stimmgabeln) ist der oben erwähnte Nachteil nicht vorhanden und es sollten deshalb die Frage der erreichbaren Genauigkeit grundsätzlich geklärt und die Fehlerquellen untersucht werden.

Die Versuchsanordnung ist wieder dieselbe, wie sie früher**) angegeben wurde. Die Kontaktstimmgabel konnte durch eine Röhrenstimmgabel ersetzt werden. Zum Antrieb wurde in einer Selbsterregungsschaltung ein Siemensscher

*) H. Martin: Das photographische Koinzidenzverfahren und das schwingende Pendel als Zeitmesser. Veröff. d. Reichsanstalt f. Erdbebenf., Heft 17, S. 127, Jena 1931 und Gerl. Beitr. z. Geophysik, Erg.-H. f. angew. Geophysik **2**, 257, 1932.

) Derselbe: Die allgemeine Koinzidenzkurve. Zeitschr. f. Geophys. **8, 209, 1932.

Volksverstärker benutzt. Die Röhrenstimmgabel hat den Vorteil, daß man in einfacher Weise durch Änderung der Anodenspannung während des Betriebes die Amplitude der Stimmgabelschwingungen und damit auch in geringem Maße die Schwingungsdauer der Stimmgabel verändern kann. Bei den Untersuchungen wurden drei Röhrenstimmgabeln zwischen 46 und 62 Schwingungen/Sekunde aus Stahl mit geringem Temperaturkoeffizienten verwendet. In Fig. 1 ist die Frequenz in Abhängigkeit von der Amplitude wiedergegeben.

Wenn man eine größere Anzahl von aufeinanderfolgenden Kontaktschlüssen oder Kontaktöffnungen untersuchen will, so braucht man nur dafür zu sorgen, daß der Stromschluß bzw. das Öffnen des Stromes streng periodisch erfolgt. Exakt gewährleistet ist diese Periodizität bei Pendelkontakten, die wir zunächst unseren Untersuchungen zugrunde legten.

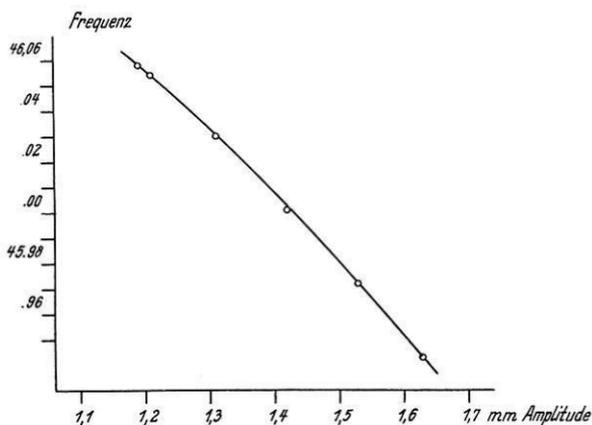


Fig. 1

Abhängigkeit der Frequenz einer Stimmgabel von der Amplitude

Die Genauigkeit von Pendelkontakten ist schon des öfteren untersucht worden. Allein hatten dabei die Registrierapparate größere Fehler, als die der Pendelkontakte waren. So streuen die von Wanach*) gemessenen Werte sehr schön um den Wert ± 0.01 sec, der den Fehler des benutzten Chronographen darstellt. Trotzdem errechnet Wanach aus dem Mittel von 30 Werten als mittleren Fehler ± 0.0024 sec.

Wenn die Frequenz der Stimmgabel genau ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Uhr und damit der des Pendelkontaktes ist, dann ist die resultierende Koinzidenzkurve eine Gerade. Nun hat man noch dafür zu sorgen, daß die Phasenverschiebung zwischen den beiden Schwingungen 0 beträgt. Denn dann erfolgt die Beleuchtung des Spaltes gerade in dem Moment, wenn die Stimmgabel ihre größte Geschwindigkeit hat, also in der Umgebung ihrer Nulllinie. Die nötige

*) B. Wanach: Astron. Nachr. **172**, 146—158, 1906.

Phasenverschiebung verschafft man sich dadurch, daß man mit Hilfe eines kürzeren Koinzidenzintervalles die Koinzidenzpunkte zunächst in die Mitte der Koinzidenzkurve wandern läßt. Wenn man dann durch Änderung des Anodenstromes eine genau ganzzahlige Frequenz der Stimmgabelschwingungen einschaltet, dann erhält man eine zur Plattenfortpflanzungsrichtung parallele Koinzidenzkurve. Dies ist in Fig. 2 annähernd erreicht worden, die eine Registrierung des Öffnungsblitzes des Pendelkontaktes einer Uhr von Strasser und Rohde darstellt.

Dabei erfolgte die Beleuchtung des Spaltes durch diffuses Nebenlicht 1 sec, um dann 1 sec durch Verlöschen der Lampe unterbrochen zu werden. Während der Zeit von 1 Sekunde machte die Stimmgabel je 46 Schwingungen. Und während eines Bruchteiles einer dieser 46 Schwingungen erfolgte die Beleuchtung des Spaltes und wurde als schwarzer Punkt registriert.

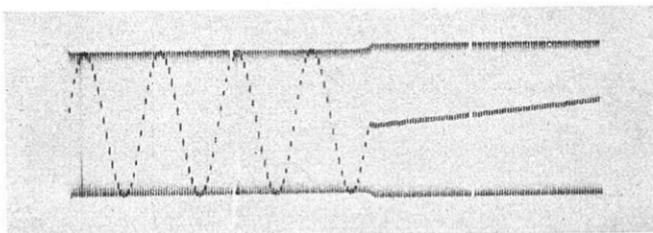


Fig. 2. Übergang zu einem unendlich langen Koinzidenzintervall bei der Phasenverschiebung Null

Die Frequenzen der beiden in Fig. 2 registrierten Schwingungen sind 46.02 und etwa 46.0002 Hertz.

Welche Kontaktgenauigkeit ist mit der vorliegenden Methode meßbar? Wir nehmen dabei an, daß die Beleuchtung der schwingenden Stimmgabel gerade im Moment der größten Geschwindigkeit erfolgte. Die Amplitude der Stimmgabel sei $A = 10$ mm, die Frequenz $n = 50$ Hertz, die der Ausmeßgenauigkeit $dy = \pm 0.01$ mm. Dann erhält man aus der Sinuskurve

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

die noch meßbar mögliche Zeit:

$$dt = \frac{dy}{2\pi \cdot A \cdot n} = \frac{0.01}{2\pi \cdot 50 \cdot 10} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ sec,}$$

d. h., man kann das exakte Arbeiten des Pendelkontaktes mit einer Genauigkeit von einigen Millionstel-Sekunden beobachten.

Über die Leistungsfähigkeit der Methode und über die bei Pendelkontakten erreichbare Genauigkeit legen die beiden in der nächsten Fig. 3 wiedergegebenen Auswertungen Rechenschaft ab.

Vor der Besprechung dieser Kurven seien noch einige Worte über die möglichen Fehlerquellen gesagt. Wenn man von ganz plötzlichen, kurzperiodischen Schwankungen in der Schwingungsdauer der Stimmgabel absieht, macht sich eine kontinuierliche Änderung der Schwingungsdauer der Stimmgabel oder der Uhr in dem Verlauf der Koinzidenzkurve bemerkbar. Plötzliche, unregelmäßige Sprünge im Verlauf der Koinzidenzkurve können natürlich ebenso von einem fehlerhaften Arbeiten des zur Beleuchtung des Spaltes dienenden beweglichen Spiegelsystems herrühren, und die Entscheidung, ob Pendelkontakt oder Spiegelsystem für die Unregelmäßigkeiten in der Koinzidenzkurve verantwortlich zu machen sind, ist aus den beiden Kurven in Fig. 3 zu entnehmen. Das umfangreiche Untersuchungsmaterial über die einwandfreie Arbeitsweise des Spiegelsystems wird an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht werden.

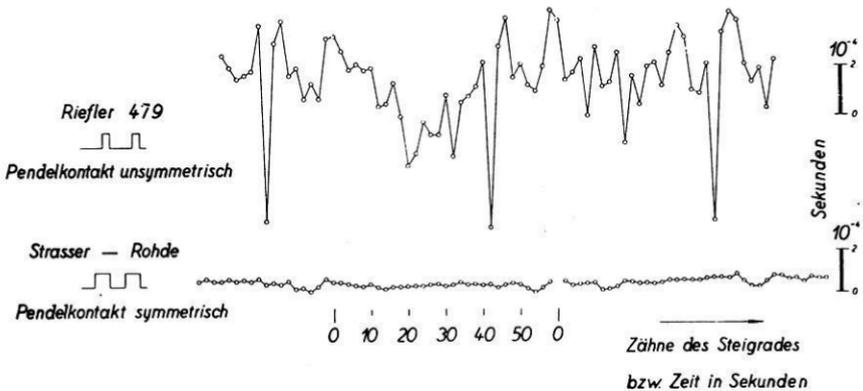


Fig. 3
Einfluß des Steigrades auf die Schwingungsdauer eines Uhrpendels
und damit auf die Genauigkeit des Pendelkontaktes

Die erste Kurve stellt etwa 90 aufeinanderfolgende Öffnungsmomente des Pendelkontaktes von Riefler 479 dar. Die Schließungszeit des Pendelkontaktes betrug dabei infolge der unsymmetrischen Einstellung 0.5 sec. Besonders charakteristisch ist in dieser Kurve die Folge von fünf (zwei vor und zwei nach dem vollkommen herausfallenden Punkte) Kontaktöffnungsmomenten. Der maximale Fehler liegt dabei in der Größenordnung von rund $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ sec. Dieser Fehler aber geht, wie aus der Fig. 3 infolge der Periodizität von 30 Punkten bzw. 60 sec hervorgeht, auf Kosten des Steigrades. Trotzdem wir es bei der Uhr Riefler 479 mit der sogenannten freien Rieflerhemmung zu tun haben, macht sich jede Unregelmäßigkeit eines Zahnes des Steigrades in einer geringen Änderung der Schwingungsdauer des Uhrpendels und damit des Pendelkontaktes bemerkbar. Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, den Einfluß des gesamten Antriebsmechanismus auf die Schwingungsdauer des Pendels und damit auf die Genauigkeit des Pendelkontaktes festzustellen. Jedoch ist das Bedürfnis für genaue Pendel-

uhren durch die Schaffung der Quarzuhr*), deren Gangschwankungen 10mal kleiner sind, als die der besten astronomischen Uhren, vielleicht etwas in den Hintergrund getreten.

Über die mit mechanischen Hilfsmitteln erreichbare Genauigkeit gibt die zweite Kurve in Fig. 3 Auskunft. Die regelmäßige Ausbuchtung alle 60 sec rührt davon her, daß auf dem Steigrad ein Nippel angebracht war, der dafür sorgte, daß alle Minuten je 3 sec lang ein Stromkreis geschlossen wurde, der zur Zeitmarkierung auf den Seismometerregistrierungen diente. Dadurch aber wurden die Energieverhältnisse des über einen Grahamhaken erfolgenden Pendelantriebes verändert, was sich in einer geringen Änderung der Schwingungsdauer des Pendels bemerkbar machte. Die Abweichungen von dem glatten Kurvenverlauf sind etwa $2 \cdot 10^{-5}$ sec, wenn man zwei aufeinanderfolgende Punkte der ungestörten Kurve ins Auge faßt, d. h. aber auch, die mit dem Pendelkontakt im vorliegenden Falle erreichte Genauigkeit ist von der Größenordnung einiger 100000stel Sekunden.

Mit der beschriebenen Methode wurden eine ganze Reihe von Pendelkontakten untersucht. Bei der Uhr Riefler 478 ließ sich ein Einfluß des Steigrades nicht nachweisen, da der Pendelkontakt selbst schon Fehler von einigen 10000stel Sekunden zeigte.

Eine nicht genau zentrale Lage der Achse des Steigrades macht sich in einem periodischen Schwanken der Punkte bemerkbar, wobei die Periode eine Minute beträgt, wie es bei einer gewöhnlichen Pendeluhr der Fall war.

Auch konnte gezeigt werden, daß der Einschaltmoment genau so exakt erfolgen kann, wie der Ausschaltmoment, jener aber viel empfindlicher auf etwaige Unsauberkeiten in der Konstruktion des Pendelkontaktes reagiert.

Die Frage der Genauigkeit von Pendelkontakten läßt sich somit dahin beantworten: Es ist ohne große mechanische Anforderungen möglich, einen Pendelkontakt herzustellen, der mit einer Genauigkeit von einigen 10^{-5} sec sicher arbeitet. Jedoch sind die Fehler, die durch die Änderung der einzelnen Schwingungsdauern des den Pendelkontakt betätigenden Pendels unter Umständen von einer ganz anderen Größenordnung.

*) A. Scheibe u. U. Adelsberger: Eine Quarzuhr für Zeit- und Frequenzmessung sehr hoher Genauigkeit. Phys. Zeitschr. **33**, 835—841 (1932).