

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_0025

LOG Titel: Ein neuer Schwingungsmesser

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 Schwingungsmesser

Von G. Fanselau, Berlin-Charlottenburg — (Mit 6 Abbildungen)

Es wird ein Gerät zum Messen von Schwingungsdauern beschrieben. Die Durchgänge des schwingenden Körpers betätigen mit Hilfe einer Photozelle ein Zählwerk, das zusammen mit dem Zifferblatt einer stimmgabelgesteuerten Synchronuhr zu Beginn und am Ende der Messung photographiert wird. Die Genauigkeit einer einfachen Zeitbestimmung beträgt 10^{-3} sec, so daß also 10^n Schwingungen genau bestimmt sind bis auf $10^{-(3+n)}$ sec. Der Apparat eignet sich besonders — Eisenfreiheit — für magnetische Meßzwecke, vor allem aber auch für Pendelmessungen, wo mit seiner Hilfe die Meßzeit ganz außerordentlich — bis auf den 100. Teil — herabgedrückt werden kann.

Der im folgenden kurz zu beschreibende Schwingungsmesser verdankt seinen Ursprung den Bedürfnissen der erdmagnetischen Meßtechnik. Die Forderung nach einer Grundgenauigkeit bei den Intensitätsbestimmungen des Erdfeldes von 10^{-5} cgs, 10^{-5} Gauß führt nämlich bei der Horizontalintensität, die durch Kombination von Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen gewonnen wird, auf eine entsprechende Genauigkeit der Winkelmessungen bei den Ablenkungen von $0.1'$, der Zeitmessung bei den Schwingungen von 10^{-4} sec. Zur Beurteilung, inwieweit diese Genauigkeit in der Praxis tatsächlich erreicht ist, möge ein Blick auf Fig. 1 dienen. Sie zeigt die im Jahresdurchschnitt von 1923 bis 1930 am Potsdamer Observatorium erzielte Genauigkeit. Man erkennt sofort, daß, während bei den Ablenkungsbeobachtungen mit einer erheblichen Genauigkeitsreserve gearbeitet, der Grenzfehler nur einmal erreicht, niemals aber überschritten wird, bei den Schwingungsbeobachtungen gerade das Gegenteil der Fall ist. Die erstrebte Genauigkeit ist praktisch in keinem einzigen Falle erreicht. Es zeigt sich also, daß die sogenannte „Aug- und Ohrmethode“, d. h. das Schätzen der Durchgänge des Magneten nach den Halbsekundenschlägen eines Chronometers nicht zu der vollen

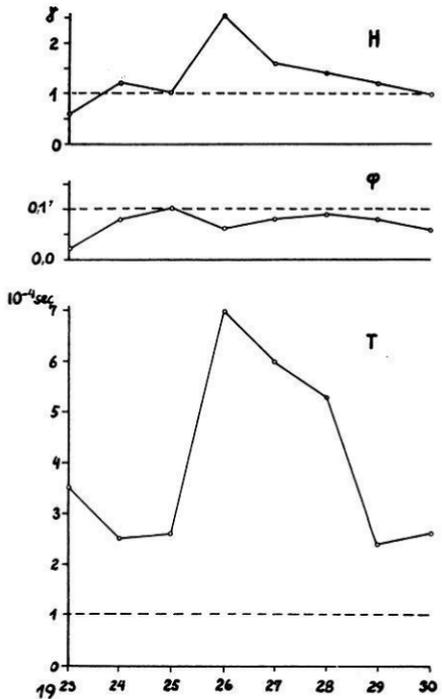


Fig. 1

Übersicht über die am Magnetischen Observatorium Potsdam erzielte Genauigkeit bei den Horizontalintensitätsmessungen im Jahresdurchschnitt 1923—1930

Genauigkeit führt; denn man kann ja auch die Meßzeit nicht beliebig lang ausdehnen, wie etwa bei Pendelmessungen, da kann die Reduktion auf die Variationen des Erdfeldes und auf die Temperatur, wenn nicht praktisch unmöglich, so doch so kompliziert wird, daß damit kaum ein Vorteil erzielt werden kann. Auch eine häufigere Wiederholung der Schwingungsmessungen ist wegen der Ermüdung des Beobachters kaum durchführbar, ganz abgesehen davon, daß dann die Gesamtbeobachtungsdauer einer vollständigen Messung wesentlich in die Länge gezogen wird, was wegen der Inkonstanz des magnetischen Momentes des Magneten unbedingt vermieden werden muß.

Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, die Schwingungsmessungen zu mechanisieren, jedoch würde es zu weit führen, hier auf Vor- und Nachteile aller

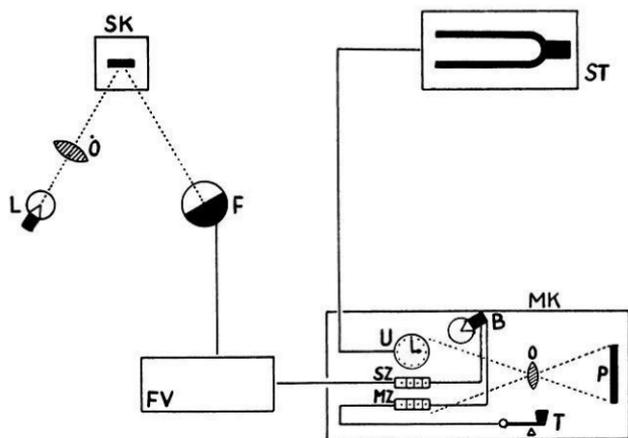


Fig. 2. Schematische Darstellung der gesamten Meßanordnung

dieser Apparaturen näher einzugehen. Es mag genügen, kurz darauf hinzuweisen, daß alle die Methoden, die irgendein bewegtes Band zur Zeitmessung benutzen (Chronograph, photographische Registrierung), bei der Beschränkung auf 100 Schwingungen eine Konstanz des Bandtransports von 0.01 sec garantieren müssen. Diese Genauigkeit stellt an die zu verwendenden Uhrwerke große Anforderungen, die bei der photographischen Registrierung noch durch die Forderung nach Eisenfreiheit kompliziert werden. Fernerhin ist diesen Methoden noch der Umstand charakteristisch, daß mehr Band verbraucht als nachher zur Auswertung herangezogen wird.

Zur Vermeidung all dieser Dinge entstand so der Plan, einen mechanischen Schwingungszähler mit einer Stoppuhr zu verbinden, um so nur die Zahl der vom Magneten ausgeführten Schwingungen und die Zeit zu Beginn (0. Durchgang) und am Ende der Messung (etwa 100. Durchgang) sicher zu messen, womit ja dann die Schwingungsdauer selbst gegeben ist. Wie bereits erwähnt, muß die Meßgenauigkeit 10^{-4} sec betragen. Es wurde nun vorausgesetzt, daß 100 Schwin-

gungen gemessen werden; dann muß die Zeitmessung also auf 10^{-2} sec sicher sein, d. h. es müssen die 10^{-3} sec noch gut geschätzt werden können. Zur Erfüllung dieser Forderungen wurde nach einigen wenig befriedigenden Vorversuchen mit dem Lichtnetz als Zeitmaß und mit mechanischem Lösen und Stoppen der Uhr schließlich folgende voll befriedigende Lösung gefunden und praktisch verwendet. Die Durchgänge des im Schwingungskasten (*SK*) (Fig. 2) schwingenden Magneten werden mit Hilfe einer Lichtquelle (*L*) nebst Optik (*O*) und Photozelle (*F*) in Stromimpulse verwandelt, die dann nach entsprechender Verstärkung (*FV*) in dem eigentlichen Meßapparat (*MK*) das Schrittschaltwerk eines Telephonzählers (*SZ*) betätigen. Neben diesem Schwingungszähler (*SZ*) enthält der Apparat noch eine durch Stimmgabelverstärker (*ST*) gesteuerte Synchronuhr (*U*), die am

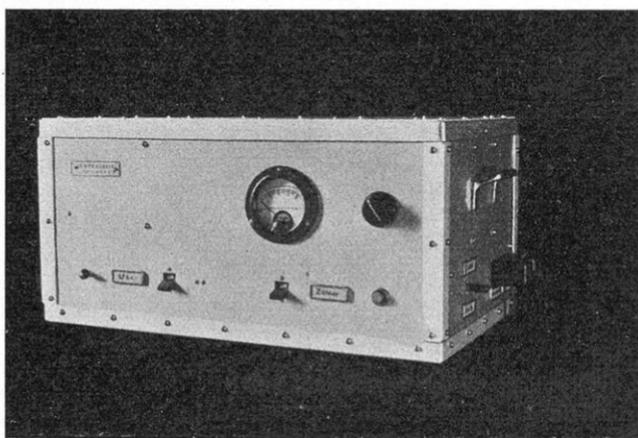


Fig. 3. Gesamtansicht des Meßgerätes

Anfang und Ende der Messung masselos abgestoppt, d. h. photographiert wird. Mit der photographischen Aufnahme (*B* Belichtung, *O* Optik, *P* Platte), die durch eine geeignete Schaltung von jedem gewünschten Durchgang des Magneten (z. B. 0. und 100.) betätigt werden kann, ist nicht nur die Stellung der Uhr fixiert, sondern auch gleichzeitig die Stellung des Schwingungszählers selbst und noch die eines zweiten Zählers (*MZ*), der die Belichtungen zählt und so zum leichten zeitlichen Ordnen des gesamten Plattenmaterials dient. Fig. 3 zeigt eine Gesamtansicht des Meßgeräts.

Die Meßgenauigkeit hängt nun in erster Linie von dem Gang der Uhr ab, und dieser wieder von den Frequenzschwankungen der Stimmgabel. Diese Frequenzschwankungen werden nun hauptsächlich von zwei Faktoren beeinflusst, nämlich von der Betriebsspannung und der Temperatur. Den Einfluß der Betriebsspannungsschwankungen gelang es durch geeignete Anordnung der Erreger- und Abnehmerspulen an der Stimmgabel innerhalb der erforderlichen Genauigkeit

von $2 \cdot 10^{-5}$ sec pro Sekunde praktisch zu beseitigen. Der Einfluß der Temperatur ist natürlich sehr stark (Fig. 4). Er beträgt pro Sekunde und Grad $2 \cdot 10^{-4}$ sec. Man könnte nun mit Hilfe der Eichkurve alle Messungen auf konstante Temperatur reduzieren. Besser und einfacher ist es, die Stimmgabel in einen Thermostaten einzuschließen, an dessen Leistungsfähigkeit keine allzu großen Anforderungen gestellt zu werden brauchen, da ja nur eine Temperaturkonstanz von $0,1^\circ$ erreicht werden muß. Damit ist eine genügende Genauigkeit des Ganges der Uhr und damit der ganzen Meßanordnung überhaupt garantiert; denn da Photozelle und Photozellenverstärker praktisch trägheitslos arbeiten, können weitere Ungenauigkeiten nur in die Messung hineinkommen durch die mechanische Trägheit der verschiedenen Relais, die optische Trägheit der Belichtungseinrichtung und die photographische Trägheit des Plattenmaterials. Dabei ist aber noch zu bedenken,

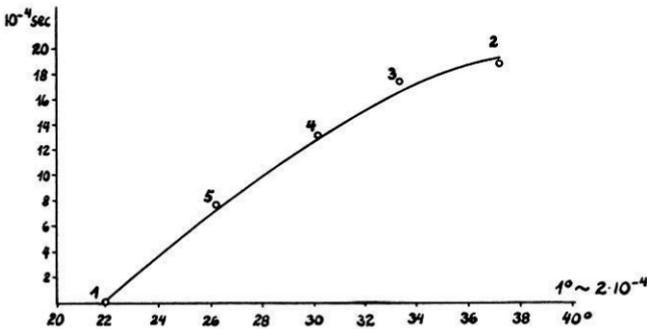


Fig. 4. Temperaturabhängigkeit des Uhranges
(Die Zahlen 1 bis 5 bedeuten die Reihenfolge der Meßpunkte)

daß konstante Verzögerungen dieser Art nichts ausmachen, da sie ja bei der Differenzbildung nachher herausfallen. Es kommt also nur auf die Schwankungen dieser konstanten Verzögerungen an. Es hat sich nun bei den vielen Messungen gezeigt, daß alle diese Einflüsse sicher weit unter der erstrebten Meßgenauigkeit liegen, sofern natürlich nicht während der Messung irgendeine Veränderung vorgenommen wird (Relais, Belichtung). Auf das Entwickeln der Platten wurde großer Wert gelegt. Die beiden zu einer Messung gehörigen Platten wurden stets gleichzeitig und gleich lange entwickelt. Bei dem benutzten sehr harten Entwickler (Rodinal 1 : 10) dauert das Entwickeln nur etwa 1 Minute, das Fixieren im Schnellfixierbad etwa 5 Minuten, so daß schon nach 6 Minuten noch vor dem Wässern die Platten auswertbar sind*).

Eine Aufnahme der stehenden Uhr zeigt Fig. 5. Man erkennt den Schwingungs- und Messungszähler (SZ und MZ in Fig. 2), ferner den Stunden-, Minuten-

*) Hierin liegt ein großer Vorteil gegenüber der Verwendung photographischer Papiere, die man ja, will man vor unangenehmen Überraschungen sicher sein, nur im absolut trockenen Zustand auswerten darf.

und Sekundenzeiger an dem kleinen Zifferblatt. Das große beschriftete Zifferblatt, das in Hundertstelsekunden geteilt ist, um die Tausendstel noch sicher schätzen zu können, ist für den schnellaufenden Zeiger bestimmt, der sich in 1 sec einmal herumdreht. Während bei der langsamen Bewegung der drei kleinen Zeiger eine mattweiße Färbung genügt, um die photographische Platte zu beeinflussen, trägt der schnellaufende Zeiger an einem Ende ein kleines, unter 45° nach oben geneigtes Spiegelchen von 1 mm^2 Fläche, welches das Licht einer im Zentrum befindlichen Erbslampe direkt auf die Platte reflektiert. Eine Aufnahme des Uhrwerkes im bewegten Zustand zeigt Fig. 6, also eine Aufnahme, wie sie in der Praxis auszuwerten ist. Die drei langsamen Zeiger zeichnen sich bei der Kürze der Belichtungszeit — 0.05 sec — als ruhend, der schnelle Zeiger entwirft jedoch



Fig. 5. Aufnahme der stehenden Uhr



Fig. 6. Aufnahme der laufenden Uhr

vermöge des Reflexlichtes einen Kreisbogen, dessen scharfer Einsatz für die Zeitablesung maßgebend ist. So gibt z. B. die Zeitauswertung der Aufnahme in Fig. 6 $8^h 34^m 1.501^s$.

Der Apparat ist zunächst für einige Spezialuntersuchungen im Laboratorium des magnetischen Observatoriums Potsdam bestimmt, bei denen Schwingungsbeobachtungen in großer Zahl nötig sind. Dann aber soll er für die laufenden Messungen der Horizontalintensität Verwendung finden. Dabei ist natürlich besonders wichtig, daß sich die fundamentale Forderung nach Eisenfreiheit hier ohne jede Schwierigkeit erfüllen läßt; denn in unmittelbarer Nähe des Schwingungskastens braucht ja nur die Punktlichtlampe, Optik und Photozelle zu sein, Dinge, die, wenn sie nicht schon an sich magnetisch weitgehend unwirksam sind, so doch mit Leichtigkeit so hergestellt werden können. Schon der Photozellenverstärker kann, obwohl im wesentlichen ebenfalls magnetisch nicht störend,

erheblich — bis 8 m und weiter — entfernt sein. Die Entfernung des eigentlichen Meßapparates selbst kann natürlich beliebig groß sein. Es mag noch darauf hingewiesen werden, daß der Apparat bei kleineren Observatorien den erheblich teureren Theodoliten ersetzen kann, besonders dann, wenn man an Stelle der Magnete nach klassischem Vorbild Stromspulen benutzt. Man hat dann, wenn das Moment der Spule einmal genau berechnet oder besser an einem Hauptobservatorium angeschlossen ist, die Möglichkeit, in kurzer Zeit — etwa 15 Minuten — und mit großer Genauigkeit Messungen der Horizontalintensität auszuführen.

Selbstverständlich ist der Anwendungsbereich des Apparates nicht auf das Gebiet des Erdmagnetismus beschränkt. Er kann vielmehr überall da Verwendung finden, wo es sich überhaupt um Messung von Schwingungszeiten handelt, vor allem recht kurzer, wo die Aug- und Ohrmethode überhaupt versagt. Besonders vorteilhaft erscheint seine Benutzung auch bei Pendelmessungen, wo ja die Verhältnisse ganz analog wie bei den magnetischen Schwingungen liegen. Man erstrebt ja bei den Pendelmessungen eine Genauigkeit der Schwingungsdauer von 10^{-8} sec, ist also gezwungen, bei einer Schätzung der Koinzidenzen des Vergleichs- mit dem Beobachtungspendel auf 10^{-1} sec, was einer Genauigkeit der Schwingungsdauer selbst von 10^{-5} sec entspricht, eigentlich 10^3 Koinzidenzen zu beobachten. Das sind bei einer üblichen Koinzidenzdauer von rund 36 sec 36000 sec oder 10 Stunden. In der Praxis begnügt man sich mit etwas kürzeren Beobachtungszeiten, höchstens 7 Stunden. Wenn nun, was ohne weiteres möglich ist, die Koinzidenzen mit dem eben beschriebenen Schwingungsmesser bestimmt werden, so liefert eine Koinzidenz, jetzt auf 10^{-3} sec genau gemessen, schon 10^{-7} sec in der Schwingungsdauer. Man brauchte also streng genommen nur 10 Koinzidenzen zu messen statt bisher 1000, was natürlich auch nur den hundertsten Teil der Zeit in Anspruch nimmt.

Den Bau des Apparates hat die Firma W. Ludenia, Laboratorium für drahtlose Telegraphie in Berlin-Steglitz übernommen, und es ist mir ein Bedürfnis, auch an dieser Stelle der Firma für das verständnisvolle und bereitwillige Eingehen auf alle meine Wünsche meinen besten Dank auszusprechen. Zu großem Dank bin ich außerdem noch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft verpflichtet, die mir durch Bereitstellung der nötigen Mittel die Konstruktion des Apparates ermöglicht und so die Vorbedingung geschaffen hat, im Potsdamer Laboratorium des Magnetischen Observatoriums einige wichtige Untersuchungen auszuführen.

Potsdam, Magnetisches Observatorium.