

Werk

Jahr: 1937

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:13

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0013

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0013

LOG Id: LOG_0018

LOG Titel: Die absolute Schweremessung

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

Die absolute Schweremessung

Von K. Wegener, Graz. — (Mit 2 Abbildungen)

Es wird vorgeschlagen, das Prinzip der absoluten Schweremessung zu ändern.

Die Dimension der Schwere ist $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$. Es muß also möglich sein, die Schwere, wie überhaupt jede Beschleunigung, durch Längen- und Zeitmessung zu erhalten. Die bisher gebräuchliche Methode, den absoluten Wert der Schwerebeschleunigung zu bestimmen, ist die des Reversionspendels. Dieses ist weit davon entfernt, die genannte Bedingung zu erfüllen. Wir müssen bei ihm die *Dichte* des Materials messen. Diese ist aber in keinem Körper vollständig konstant und über die Verteilung der Dichte können wir höchstens Mutmaßungen aufstellen. Man hilft sich infolgedessen, indem man eine große Zahl verschiedener Schwingungskörper als Reversionspendel verwendet und dann annimmt, daß die Unbestimmtheit in bezug auf die Dichte sich im Mittelwert genähert ausgleicht. Wir müssen ferner beim Reversionspendel die *Volumina* ausmessen. Die Fehler der drei Längen im Raum, die wir bei der Messung von Volumina erhalten, können sich ausgleichen, können aber ebensogut sich summieren und gehen dann beim Raum mit der 3. Potenz in das Resultat ein. Dichte und Raummessung brauchen wir, um das Trägheitsmoment und die effektive Pendellänge zu bestimmen. Diese ist ferner noch von der Temperatur des Pendelkörpers abhängig, die wir ebenfalls nur in einer gewissen Näherung erhalten können, und endlich kommt als letzte und größte Schwierigkeit das Problem der Schneide, das immer nur genähert gelöst werden kann. Infolgedessen hat der absolute Wert der Schwerebeschleunigung bisher auch nach Vergleich aller derjenigen Orte untereinander, an denen absolute Schweremessungen gemacht wurden, nur auf Hunderttausendstel mit Sicherheit bestimmt werden können, während wir Änderungen der Schwere mit relativen Schweremessungen bis auf Zehnmillionstel der Schwere bestimmen könnten. Andererseits handelt es sich bei der absoluten Schwerebeschleunigung um einen Wert, der für einen erheblichen Teil aller physikalischen und chemischen Messungen von Bedeutung ist und den man deshalb anstreben muß, so genau als irgend möglich zu erhalten.

Ich habe gemeinsam mit meinem Assistenten, Dr. Niederdorfer, das Problem durchdacht.

Die Zeitmessung einer Pendelschwingung oder ebenso einer Rotation läßt sich fast beliebig genau ausführen, wenn wir die Zeitdauer, die wir benutzen, etwa bei der Kontrolle eines umlaufenden Uhrwerks, entsprechend von der Stunde auf den Tag, auf Monate und Jahre steigern. Wir können bei der heutigen Genauigkeit der Zeitmessung prinzipiell Änderungen einer Rotation oder einer Schwingungsdauer auf Hundertstel Sekunden feststellen und erhalten aus langen Zeiten den Mittelwert (Zeit-Integral) der Rotation für diese Zeiten. Die einfache Längenmessung andererseits, die ebenfalls unbedingt notwendig ist, kann bei der Schwere-

messung ebenso genau sein wie bei jeder anderen Messung, d. h. prinzipiell bis auf Lichtwellenlängen.

Die Methode des Reversionspendels muß offenbar vollständig verworfen werden*), weil sie Hilfsmessungen enthält, die nicht notwendig sind und die die Meßgenauigkeit begrenzen. Nun können wir aber wenigstens *eine* Art der Beschleunigung, nämlich die Fliehbeschleunigung, mit sehr großer Genauigkeit messen und den Absolutwert der Schwerebeschleunigung durch Vergleich mit dieser Fliehbeschleunigung erhalten. Bezeichnen wir die Winkelgeschwindigkeit mit ω und den Abstand eines Punktes von der Achse mit r , so ist die Fliehbeschleunigung $\omega^2 r^1$. Wie bei jeder Beschleunigung geht die Zeit mit dem Quadrat in die Rechnung ein. Die Schwerebeschleunigung wächst nicht proportional mit der Entfernung (r^{+1}) vom Beschleunigungszentrum, sondern mit r^{-2} .

In den Vorlesungen über Geophysik benutze ich als einfachste Darstellung einer rohen Messung der Schwerebeschleunigung das nebenstehend gezeichnete Schema. Von einem kleinen Galgen hängen rechts und links zwei gleich lange, gewichtslos gedachte Fäden herab, mit zwei Kugeln. Setzen wir diesen Galgen um die vertikale Achse in Drehung, so werden die Kugeln zentrifugiert. Aus der Umdrehungszahl erhalten wir ω^2 , aus dem Abstand der Kugeln von der Achse (der photographisch gemessen werden könnte) r und der Tangens des halben von den beiden Fäden eingeschlossenen Winkels ist gleich dem Verhältnis $\omega^2 r/g$, wo g die Schwerebeschleunigung ist. Eine Änderung von g um $1/1000$ bringt eine Winkeländerung um etwa 1 Minute bei 45° Neigung des Fadens. Für Meßzwecke kommt dieses Verfahren nicht in Frage aus folgenden Gründen: Einmal ist die Länge der Aufhängefäden abhängig von dem Zug, der mit wachsender Fliehbeschleunigung wächst. Ferner aber bleibt zwar bei der Kugel als einer barozentrischen Form der Angriffspunkt der Schwerebeschleunigung im Mittelpunkt der Kugel liegen. Der Punkt dagegen, in dem wir uns die Gesamtwirkung der Fliehbeschleunigung der zentrifugierten Kugel vereinigt denken können, wandert bei Verkürzung von r nach außen. r kann also nicht durch den Abstand der Kugelmitte von der Drehungsachse gemessen werden. Die theoretische Behandlung des Problems würde hierdurch kompliziert werden und wir würden schließlich auf ähnliche Schwierigkeiten kommen wie beim Pendel. Das Meßverfahren der absoluten Schwerebeschleunigung darf feste Körper nicht verwenden.

Wenn wir aber eine mit einer Flüssigkeit, etwa Quecksilber, gefüllte Schüssel um eine senkrechte Achse rotieren lassen, so bekommen wir ein Rotationsparaboloid,

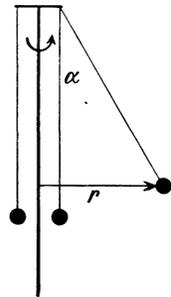


Fig. 1.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{Fliehbeschleunigung}}{\text{Schwerebeschleunigung}}$$

*) Außer als Geduldssübung für diejenigen, die die hoffnungsvollen Jahre des Lebens darauf verwenden wollen, den Turmbau der Physik zu ersteigen.

dessen Eigenschaften unabhängig von Körpereigenschaften und nur durch das Verhältnis von Fliehbeschleunigung zur Schwerebeschleunigung bestimmt sind. Würden wir etwa durch einen Heliostaten die annähernd ebenen Wellenzüge des Sonnenlichtes senkrecht auf diesen Parabolspiegel fallen lassen, so würden wir ein Bild der Sonne im Brennpunkt des Parabolspiegels erhalten und die Höhe des Brennpunktes in der Drehungsachse über dem Quecksilberspiegel ändert sich mit der Rotationsgeschwindigkeit bei konstanter Schwere.

Die Messung mit diesem einfachen Schema wäre indessen ungenau. Liegt nämlich der Brennpunkt 25 cm über dem Spiegel, für $g = 1000 \text{ gal}$, so würde sich bei einer Änderung der Schwerebeschleunigung um 1 gal ($= 1 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$) die Höhenlage nur um 0.25 mm ändern, deren Dezimalen nur mit Mühe durch optische Vergrößerung (Mikroskop) gemessen werden könnten. Wir wollen uns daher darauf beschränken, einen kreisförmigen Kanal, der mit Quecksilber gefüllt wird, um die Drehungsachse rotieren zu lassen, und erhalten dann am einfachsten aus dem Neigungswinkel dieser Quecksilberfläche und dem Abstand des Kanals von der

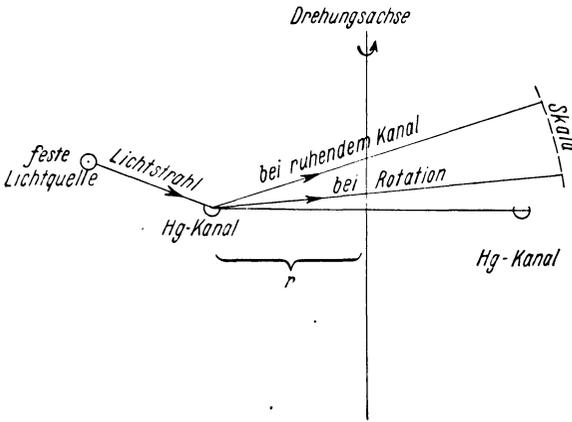


Fig. 2. Messung des Verhältnisses Fliehbeschleunigung: Schwerebeschleunigung $\left(\frac{\omega^2 r}{g}\right) = \text{tg } \Delta$ aus der Neigung einer im Abstand r um eine feste Achse mit ω rotierenden Quecksilberfläche

nur um 0.25 mm ändern, deren Dezimalen nur mit Mühe durch optische Vergrößerung (Mikroskop) gemessen werden könnten. Wir wollen uns daher darauf beschränken, einen kreisförmigen Kanal, der mit Quecksilber gefüllt wird, um die Drehungsachse rotieren zu lassen, und erhalten dann am einfachsten aus dem Neigungswinkel dieser Quecksilberfläche und dem Abstand des Kanals von der Drehungsachse das gewünschte Verhältnis. tg Neigungswinkel $= \omega^2 r/g$.

Der Neigungswinkel ist ein reines Zahlenverhältnis und wir können ihn ziemlich leicht beobachten, indem wir von irgendeiner Lichtquelle, die nichts mehr mit dem Brennpunkt zu tun haben braucht, und etwa nach dem beigefügten Schema aufgestellt ist, die Lichtstrahlen von der Quecksilberfläche reflektieren lassen und die Wanderung des erhaltenen Lichtpunktes in derjenigen Entfernung beobachten, die der gewünschten optischen Vergrößerung entspricht.

Für Meßzwecke wird man statt der Lichtquelle ein Fernrohr mit Fadenkreuz verwenden, und eine von der anderen Seite her hineingespiegelte Winkelskala ablesen. Die Flüssigkeitsoberfläche bildet einen sehr schwach gekrümmten Zylinderreflektor, so daß es für Fernrohr und Skala eine von ω abhängige günstigste Entfernung gibt. Aber alles dies sind technische Sorgen der Zukunft.

Bei diesem Schema brauchen wir die Rotation des Kanals um die Achse durch ein stoßfreies Uhrwerk, etwa der Art, wie es Wiechert für sein seismisches Pendel verwendete. Diese Rotation läßt sich, wie schon bemerkt, in Abhängigkeit

von der aufgewendeten Zeitdauer fast beliebig genau messen und ihre Schwankungen lassen sich registrieren. Ebenso können wir die Neigungen der Fläche, im Zusammenhang mit der Rotationsgeschwindigkeit aufzeichnen, so daß auch hier die Messung fast beliebig genau sein kann. Der Abstand des mit dem Fadenkreuz sich deckenden Punktes der Quecksilberoberfläche von der Drehungsachse läßt sich ebenfalls genau bestimmen.

Wir erhalten hier also die Schwere lediglich aus einer *Längenmessung* (Abstand des Kanals von der Drehungsachse), der *Zeitmessung* (Rotation) und der *Winkel-messung* (Verhältnis zweier Längen) und sind unabhängig von den die Genauigkeit stark beschränkenden Eigenschaften festen Materials und von der Unsicherheit über die Schneiden.

Prinzipiell können wir endlich auch auf den Kanal verzichten und durch eine übersensibilisierte Libelle, die wir auf einen Dreharm setzen, und deren angezeigte Neigung wir registrieren, die Messung ausführen.

Auch bei dieser Meßmethode läßt sich die Meßgenauigkeit nicht unbegrenzt steigern, weil bei der Fliehbeschleunigung die Erddrehung mit eingeht und schließlich berücksichtigt werden muß. Würden wir unser Instrument am Drehpol der Erde aufstellen, und es mit $360^{\circ}/24$ Stunden (Sternzeit) entgegengesetzt der Drehung der Erde umlaufen lassen, so daß der Apparat im Raum stillsteht, so würden die Senkrechten auf den einander gegenüberliegenden Quecksilberflächen nach dem Mittelpunkt der Erde weisen, während, wenn wir den Apparat in „Ruhe“ stehen, also mit der Erde rotieren lassen würden, die Senkrechten nach einem von uns aus tieferen Punkt infolge der Zentrifugierung des Quecksilbers durch die Erddrehung weisen würden (Abplattung). Je nach der Drehrichtung erhalten wir also Abweichungen zweiter Größenordnung, können aber offenbar diese Abweichungen benutzen, um die Drehung der Erde zu eliminieren. Die Paraboloidform der Flüssigkeitsoberfläche ist also nicht vollkommen, kann es übrigens auch deswegen nicht sein, weil die Lotlinien nicht streng parallel sind. Aber auch das sind Sorgen ferner Zukunft.

Über die Funkschwierigkeiten bei den Gronau-Flügen über Grönland*)

Von **F. Roßmann**, Berlin. — (Mit 1 Abbildung)

Bei genauem Vergleich der Beobachtungen läßt sich das Schwächerwerden oder Abreißen des Funkverkehrs bei den Flügen W. v. Gronaus im Bereich des Grönländischen Inlandeises (1930—1932) durch Brechung der langen Funkwellen (600 m) in das Eis hinein erklären. Ähnliche Vorgänge spielen bei Peilstörungen durch Eis eine Rolle.

Daran werden einige weiterführende Betrachtungen geknüpft.

Bei seinen drei Flügen mit Dornier-Walen über den Nordatlantischen Ozean von Westen nach Osten benutzte W. v. Gronau stets den nördlichen Weg über

*) Vortrag, gehalten auf der XII. Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 8. bis 10. Oktober 1936 in Berlin.