

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_0018

LOG Titel: Über die Bestimmung der Gravimeterkonstante bei einem frei hängenden Federsystem

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

4. Ausgeprägte Schwereanomalien bleiben in ihren großen Zügen erhalten, einerlei nach welcher isostatischen oder angenähert isostatischen Methode man reduziert, und es werden die qualitativen Folgerungen über die Massenverteilung, die man aus ihnen ableiten kann, unabhängig von den Einzelheiten der Reduktionsmethode ihre Gültigkeit haben. Hiermit sind aber die Schweremessungen nicht voll ausgewertet. Sie sind in verschiedenen Gebieten der Erde schon jetzt so genau und so zahlreich, daß sie zu quantitativen Berechnungen über die Massen-anomalien und die an den Erdkrustenschollen angreifenden Kräfte geeignet sind. Solche Untersuchungen sind jedoch erst möglich, wenn Ausgleichstiefen und Dichteunterschiede mit einiger Sicherheit bekannt sind.

Schon wegen der bekannten mathematischen Vieldeutigkeit der Massenbestimmung aus dem Schwerfeld können die Schweremessungen allein nicht dazu ausreichen, Ausgleichstiefen und Dichteunterschiede zu bestimmen. Sie reichen auch dann noch nicht aus, wenn man die üblichen, stark schematisierenden Annahmen über die Form der Ausgleichsfläche einführt. Bei den bisherigen Bestimmungen hat man den Beobachtungswerten das Ausgleichsprinzip beigefügt. Nur Heiskanen greift bei einer seiner Reduktionen auf Ergebnisse der Erdbebenkunde zurück*). Auf diesem Wege wird man am ehesten weiter kommen; aber auch nur dann, wenn es gelingt, Angaben über die möglichen und wahrscheinlichen Dichteunterschiede zu erhalten, ohne bei ihrer Ableitung die Schwerewerte zu benutzen.

Über die Bestimmung der Gravimeterkonstante bei einem frei hängenden Federsystem

Von **A. Graf**, Berlin-Friedenau. — (Mit 5 Abbildungen)

Es wird untersucht, wie genau und auf welche Weise der Skalenwert eines nichtastasierten Gravimeters mit frei hängender Feder physikalisch bestimmt werden kann. Der auf solche Weise ermittelte Eichwert wurde auf einer Pendeleichstrecke nachgeprüft und bestätigt.

An die Genauigkeit der Bestimmung des Eichwertes eines Gravimeters werden nur geringe Anforderungen gestellt, wenn es sich um Schweremessungen lokaler Natur im ebenen Gelände handelt, beispielsweise um die Vermessung eines Salzdomes oder einer anderen, nur wenige Kilometer ausgedehnten Struktur. In solchen Fällen genügt die Angabe des Skalenwertes auf einige Prozent. Anders sieht es aber aus, wenn bei Regionaluntersuchungen, besonders im Gelände mit starkem Höhenunterschied, auf ± 0.1 mgl genau Schwerkräftsmessungen verlangt

*) W. Heiskanen: Die Erdkrustendicke nach den Schwereanomalien. Zeitschr. f. Geophys. 3, 217 (1927); Handb. d. Geophys. 1, 915.

werden. Dann setzt sich nämlich der Fehler einer Messung aus zwei Teilen zusammen, dem inneren Fehler des Meßinstrumentes und dem äußeren Fehler des ungenügend genau bestimmten Eichwertes. Beide Fehler sind insofern voneinander abhängig, als es sinnlos ist, den äußeren Fehler weitgehend herabzudrücken, wenn der innere es nicht gestattet. Umgekehrt ist es zweckmäßig und notwendig, den äußeren Fehler zu verkleinern, wenn der innere sehr gering ist, da erst dann die große Meßgenauigkeit eines Gerätes voll ausgenutzt wird.

Bei regionalen Landesvermessungen wird angestrebt, daß keine der Hauptstationen einen größeren Fehler als ± 1 mgI aufweist. In Deutschland würde das heißen, daß eine Schweredifferenz von rund 1000 mgI auf 1 mgI genau gemessen werden, also der Skalenwert auf 10^0_{00} bekannt sein muß, wenn man sich lediglich auf Gravimetermessungen stützen will.

Diese Forderung ist für astasierte Geräte nur schwer erfüllbar; denn einerseits ist der Eichwert nicht über den ganzen Meßbereich konstant, sondern hängt vom Meßausschlag selbst ab, andererseits kann er physikalisch überhaupt nicht direkt mit der erwähnten Genauigkeit bestimmt werden. Es geht nämlich im Nenner des Ausdrucks, der die Empfindlichkeit angibt:

$$dx = f \left(\frac{A}{N' - N} \right) dg$$

stets eine Differenz zweier Größen ein, die nahezu Null werden soll — denn erst dann tritt der Fall der Astasierung ein. Nimmt man beispielsweise an:

$$N' - N = 1 - 0.999 = 0.001,$$

so würde eine Genauigkeitsangabe des Ausdrucks $f \left(\frac{A}{N' - N} \right)$, also der Gravimeterkonstante, auf 10^0_{00} heißen, daß N' und N auf 10^{-6} ihrer Größe ermittelt werden müssen, was physikalisch nicht möglich ist. N' und N enthalten Dimensionsangaben, den Elastizitätskoeffizienten, die Masse usw. der Feder, also Größen, deren gleichmäßige Verteilung auf die ganze Federlänge gar nicht in einem so hohen Maße gewährleistet werden kann.

Man ist bei astasierten Geräten daher auf eine indirekte Bestimmung des Skalenwertes angewiesen, etwa auf eine Eichung an Punkten bekannter Schwere oder bekanntem Höhenunterschied oder durch Veränderung des Luftdruckes. Erstere Methoden sind physikalisch nicht ganz einwandfrei, da sie ja als bekannt voraussetzen, was eigentlich erst überprüft werden soll, letztere aus verschiedenen Gründen höchstens auf 1% genau. [Adiabatische Abkühlung beim Evakuieren, Kondensieren von Wasserdampf, Auftreten von Oberflächenkräften an der Feder*]).

Erheblich einfacher und genauer ist die Ermittlung der Gravimeterkonstante bei einem nichtastasierten Gerät, insbesondere bei einem Gravimeter mit einem

*) Nach Diskussionsbemerkungen von Thomaschek und Schleusner.

frei hängenden Federsystem nach Fig. 1 (Askania-Gravimeter nach Graf). In diesem Falle gilt streng für den Federhub einer Schraubenfeder mit beliebiger Vorspannung

$$x = g \left(FM + \int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy \right) \dots \dots \dots (1)$$

wo x den gesamten Hub einschließlich der Vorspannung, g die Schwerebeschleunigung, F die Federkonstante der ganzen Feder, M die am unteren freien Federende hängende Masse, m die Masse eines beliebigen Federelementes, l die gesamte Länge der Feder (ungewickelt), f die Federkonstante eines

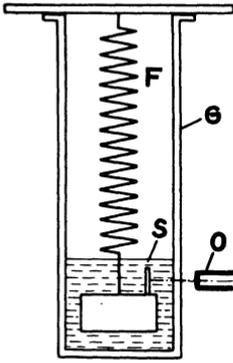


Fig. 1. Glasgefäß mit Feder und Masse, wobei nur die Masse dem Auftrieb unterworfen wird

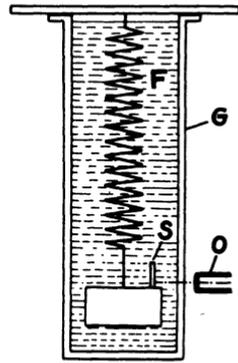


Fig. 2. Glasgefäß mit Feder und Masse, wobei sowohl Feder wie Masse dem Auftrieb unterworfen sind

Federelementes mit der Länge dy und der Masse m an der Stelle y bedeuten. Sind m und f über die ganze Federlänge konstant, so gilt die von Thomaschek abgeleitete Beziehung:

$$x = g \cdot F \left(M + \frac{M'}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

hierbei stellt M' die Masse der Feder dar. Bei gut gewickelten Federn aus einer sauber erschmolzenen Metallegierung ist m und f praktisch so gleichmäßig, daß mit der Masse $M + \frac{M'}{2}$ gerechnet werden darf, wenn 1⁰/₁₀₀ Genauigkeit für den Skalenwert gefordert wird.

Es ist dann

$$dx = dg \cdot F \left(M + \frac{M'}{2} \right),$$

und wenn m' die Masse eines kleinen Eichgewichtes ist,

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{m'}{M + \frac{M'}{2}} = \frac{dg}{g} \dots \dots \dots (3)$$

Da g auf $1^0/_{00}$ bekannt ist und Massen mit einem geeichten Gewichtssatz ohne Schwierigkeit auf $1^0/_{00}$ bestimmbar sind, so ist es eine Arbeit von wenigen Minuten, die Gravimeterkonstante bei der hier behandelten Type mit einer Genauigkeit zu bekommen, wie sie von astasierten Geräten niemals erreichbar ist.

Es kann nun der Fall eintreten, daß eine Feder in bezug auf m und f nicht homogen ist. Man erkennt dies daran, daß sich ein Unterschied in der Konstante ergibt, wenn man die Feder einmal mit dem einen und dann mit dem anderen Federende aufhängt. Um den genauen Skalenwert zu ermitteln, muß dann der Wert des Integrals

$$\int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy$$

experimentell bestimmt werden. Dies geschieht dadurch, daß man m und f qualitativ denselben Einwirkungen aussetzt, die bei einer Änderung des Schwerefeldes auftreten, beispielsweise durch Veränderung des Auftriebes.

Befestigt man die Masse M an einem dünnen Faden an der Feder F und füllt das Glasgefäß G in Fig. 1 mit einer Flüssigkeit der Dichte δ bis zum unteren Federende, so gilt nach (1)

$$x' = g \left[FM \left(1 - \frac{\delta}{\delta_M} \right) + \int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy \right].$$

Gießt man nun die Flüssigkeit nach, bis das Glas voll ist, so erhält man (Fig. 2):

$$x'' = g \left[FM \left(1 - \frac{\delta}{\delta_M} \right) + \left(1 - \frac{\delta}{\delta_m} \right) \int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy \right].$$

Beobachtet man $x'' - x' = \Delta x''$ vermittels eines Ablesemikroskops 0 und einer Skala S , so folgt das gesuchte Integral

$$\int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy = \frac{\delta_m \Delta x''}{\delta g}.$$

Beispiel: $x = 24$ cm, $M = 380$ g, $M' = 40$ g.

Dann ist $\frac{M'}{2}$, also der genauer zu ermittelnde Einfluß der Federmasse, 5% der Gesamtmasse. Bei einer Forderung von $1^0/_{00}$ für den Skalenwert braucht daher $\frac{FM}{2}$ nur auf 2% mit dem Integral

$$\int_0^l m f \left(\frac{l-y}{l} \right) dy$$

übereinzustimmen, oder letzteres braucht nur auf 2% genau bestimmt zu werden. Rechnung wie Beobachtung ergeben für $\Delta x''$ etwa 1.5 mm, also einen Betrag, der meßtechnisch unschwer auf 2%, also auf 30 μ genau gemessen werden kann.

Die beschriebene Methode gestattet demnach auch dann den Federeinfluß und damit den Skalenwert mit genügender Genauigkeit zu ermitteln, wenn die Feder unhomogen ist.

Als Bestätigung für die angegebene Methode soll noch kurz auf eine Überprüfung des Skalenwertes auf der Eichstrecke Harzburg—Torfhaus hingewiesen

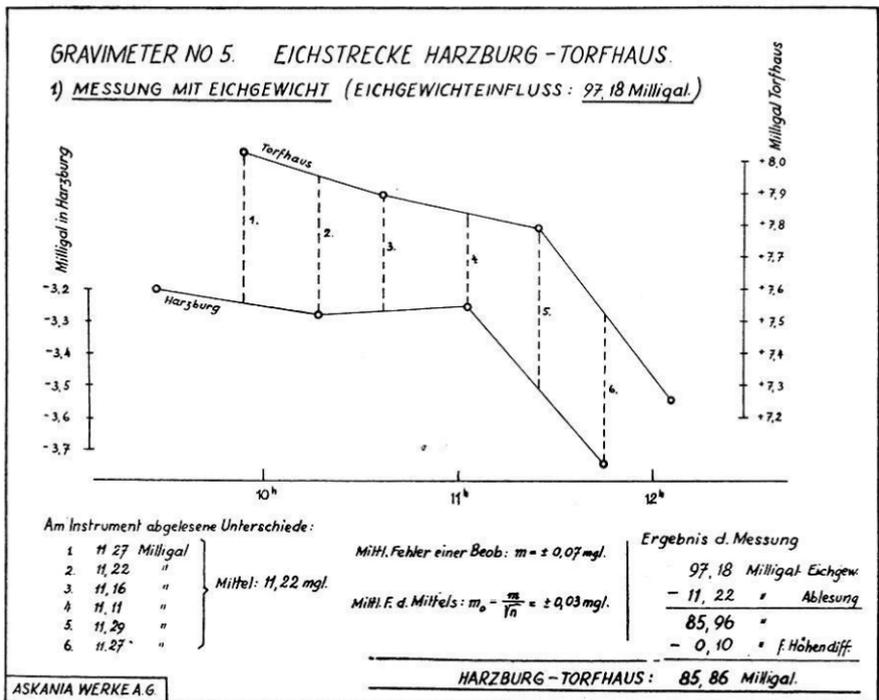


Fig. 3. Konstantenbestimmung auf der Eichstrecke Harzburg—Torfhaus unter Verwendung eines Eichgewichtes

werden. Die beiden Meßpunkte Harzburg und Torfhaus haben einen Höhenunterschied von etwa 500 m und liegen 12 km voneinander entfernt. Sie wurden durch zwei Pendelmeßtrupps des Geodätischen Instituts Potsdam unabhängig voneinander in je 6 Meßreihen vermessen. Der gemittelte Wert betrug 85.63 ± 0.2 mgl, die Schwankungen der Einzelwerte bis zu 2 mgl. Fig. 3 und 4 zeigen die direkten Gravimeterablesungen ohne Korrekturen. Es errechnet sich hieraus ein mittlerer Fehler einer Einzelbeobachtung zu ± 0.05 bzw. 0.075 mgl; die maximale Abweichung betrug 0.2 mgl. Die Gesamtmeßdauer ist aus dem Diagramm ersichtlich; sie betrug $5\frac{1}{2}$ Stunden gegenüber 4 Wochen für die Pendelmessungen.

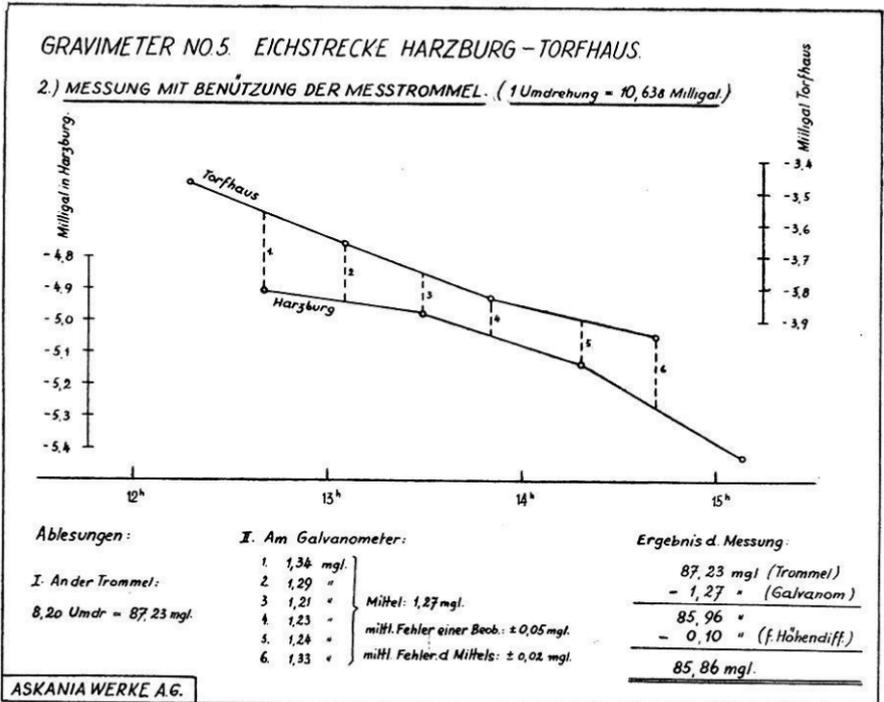


Fig. 4. Konstantenbestimmung auf der Eichstrecke Harzburg—Torfhaus unter Benutzung der Meßtrommel

Die physikalisch bestimmte Gravimeterkonstante ergab den Schwereunterschied zu 85.86 ± 0.06 mgl, oder wenn man einen Fehler der Skalenwertbestimmung von 1‰ zuläßt, zu 85.86 ± 0.15 mgl.

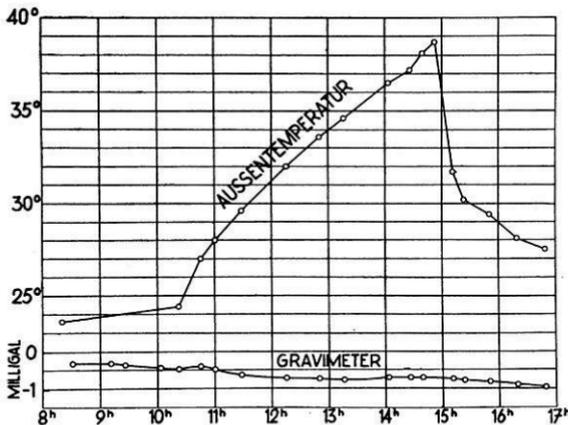


Fig. 5. Verhalten des Gravimeters mit einem Thermostaten bei starken Temperaturänderungen

Damit ist auch experimentell der Beweis erbracht, daß die Konstantenbestimmung der erwähnten Gravimeterart auf physikalischem Wege mit einer Genauigkeit durchführbar ist, die mindestens ebenso groß, wahrscheinlich aber größer ist, als sie auf einer Eichstrecke indirekt erzielt werden kann. Außerdem ist die physikalische Methode schneller, billiger und wissenschaftlich befriedigender.

Fig. 5 zeigt das Verhalten des Gravimeters bei starken Temperaturänderungen.

Zusammenfassung. Es wurde untersucht, wie genau und auf welche Weise der Eichwert eines nichtastasierten Gravimeters mit frei hängender Schraubenfeder physikalisch ermittelt werden kann. Der errechnete Wert wurde experimentell auf einer Pendeleichstrecke nachgeprüft und bestätigt.

Sommaire: Il s'agit de découvrir de quelle manière et de quel degré d'exactitude on peut déterminer par les méthodes de physique la valeur d'échelle d'un gravimètre sans astaticisme et qui est muni d'un ressort à suspension libre. Les indications de l'instrument ainsi que la valeur d'échelle furent examinées plus tard au moyen de mesures effectuées aux stations de pesanteur qui avaient été déterminées le plus précisément par deux équipes de mesures aux appareils à pendule différents de l'Institut de Géodésie à Potsdam. La distance entre les deux points d'examination est de 12 kilomètres, la différence en hauteur, de 500 mètres.

L'erreur maximum était, pour douze séries d'observations à pendule, de 2 mgl., l'erreur maximum pour les valeurs indiquées au gravimètre, de 0.18 mgl.

La différence de pesanteur déterminée à l'aide des observations à pendule était de 85.6 ± 0.2 mgl., la différence obtenue par les mesures au gravimètre de 85.8 ± 0.06 mgl.

Summary: It is investigated in which way and how accurately the scale-value of a gravimeter without astacism and designed with a freely suspended spring can be physically determined. The readings of the instrument and the scale-value were later-on checked by measuring on gravitational stations which were very exactly determined by two different pendulum-parties of the Geodetic Institution of Potsdam. The distance between the two check-points is 12 Kilometers = 7,5 miles; the difference in height is 500 meters = appr. 1500 feet.

The maximum error of twelve series of pendulum-observations was 2 mgal; the maximum error of the gravimeter-readings was 0.18 mgal.

The gravitational difference as determined by the pendulum observations was 85.6 ± 0.2 mgal, the difference obtained by the gravity-meter was 85.8 ± 0.06 mgal.
