

Werk

Jahr: 1936

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:12

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0012

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012

LOG Id: LOG_0044

LOG Titel: Barometrische Höhenmessung bei statischen Schweremessungen mit Hilfe einer praktischen Form des Luftbarometers

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

Diese Apparatur registriert seit Januar 1936 im Geophysikalischen Institut Göttingen. Die Kontrolle der Registrierungen erfolgte durch täglich dreimaligen Vergleich mit den Ablesungen des Stationsbarometers. Die größten dabei beobachteten Differenzen von ± 0.7 mm Hg traten nach starken Strahlungsfrösten ein, in 90% der Fälle blieben die Abweichungen unter 0.2 mm Hg. Diese Fehler beziehen sich auf die Differenz zwischen registriertem und gemessenem Luftdruck nach 24 Stunden Registrierdauer. D. h. es trat im ungünstigsten Falle eine Nullpunktwanderung von 0.7 mm Hg in 24 Stunden ein. Die relative Genauigkeit über 2 bis 3 Stunden war stets größer als 0.1 mm Hg. Die Fig. 2, 3 und 4 zeigen Beispiele von Registrierungen. Fig. 2 ist eine Originalregistrierung, Fig. 3 der daraus zusammengestellte gesamte Druckverlauf des Tages. Fig. 4, die nachträglich zugefügt wurde, zeigt den Druckverlauf beim Vorüberzug von zwei Gewittern am 7. und 8. Juli 1936, darüber die Registrierung des Stationsbarographen mit normaler Empfindlichkeit.

Es ist beabsichtigt, den Druckschreiber noch durch eine bewegliche Skala zur Ablesung des Luftdrucks zu vervollständigen. Zu Beginn der Registrierung wird die Skala solange verschoben, bis der am Quecksilberbarometer abgelesene Druck auch vom Druckschreiber angezeigt wird. Wird durch Schließen der Randkontakt der Zeiger zurückgeschaltet, so wird im gleichen Sinne auch die Skala durch Schrittschalter zurückgeschaltet. Da die benutzten technischen Druckschreiber bis zu einer Empfindlichkeit von 20 mm Ausschlag für 1 mm Druckänderung gesteigert werden können, ist es möglich, noch Druckschwankungen von 0.02 mm gut sichtbar mechanisch aufzuzeichnen.

Göttingen, Geophysikalisches Institut, Mai 1936.

Barometrische Höhenmessung bei statischen Schweremessungen mit Hilfe einer praktischen Form des Luftbarometers

Von **H. Haalek** — (Mit 1 Abbildung)

Um bei den statischen Schwerkraftmessungen die Höhen der einzelnen Meßpunkte mit einer entsprechenden Schnelligkeit und der ausreichenden Genauigkeit von ± 0.5 m bestimmen zu können, werden die Höhenunterschiede barometrisch gemessen mit Hilfe einer Form des Luftbarometers, welche sich für die Messung kleiner Luftdruckunterschiede besonders gut eignet.

Die Messungen der Schwerkraft erfordern, um die Messungswerte auf gleiches Niveau reduzieren zu können, die Kenntnis der Meereshöhe der einzelnen Beobachtungspunkte bzw. ihre gegenseitigen Höhenunterschiede. Wird die Pendelmethode benutzt, so ist an den einzelnen Stationen genügend Zeit vorhanden, um den Aufstellungsort des Pendels durch ein Nivellement an den

nächsten Höhenbolzen anzuschließen. Bei den sehr schnell auszuführenden *statischen Schweremessungen*, bei welchen der Aufenthalt an einer Station nur etwa 3 bis 4 Minuten dauert, sind solche Höhenbestimmungen aber sehr hinderlich. Zwar findet man im allgemeinen aus den Meßtischblättern an den Hauptstraßen genügend Punkte mit Höhenangabe, an welchen man die Schweremessungen ausführen kann; aber doch nicht in allen Gebieten und häufig ergeben sich Unsicherheiten, z. B. bei hügeligem Terrain, wenn man sich auf die Genauigkeit der Höhenlinien nicht genügend verlassen kann. Unmöglich ist es ohne Höhenmessungen auszukommen bei Detailvermessungen mit engen Punktabständen, besonders wenn man sich auf Nebenstraßen befindet oder in unbekanntem unebenen Meßgebieten. Da ein Höhenunterschied von 4 m eine Korrektur des Meßwertes um fast 1 mgal bedingt, die Genauigkeit der statischen Schweremessungen sich aber auf einige Zehntel Milligal steigern läßt, so ist es, um diese Genauigkeit nun auch wirklich auszunutzen, nötig, die Höhen der Beobachtungspunkte bis auf mindestens 0.5 bis 1 m genau zu messen. Die Durchführung eines Nivellements bis zum nächsten Höhenpunkt nimmt aber, obwohl es eine ziemlich einfache geodätische Operation ist, doch zuviel Zeit in Anspruch, als daß sie gleichzeitig mit den Schweremessungen ausgeführt werden kann, und würde daher eine erhebliche Verlangsamung und Verteuerung der statischen Meßmethode bedeuten.

Naheliegend ist die *Messung der Höhenunterschiede auf barometrischem Wege*. Doch liegt die Forderung einer so hohen Genauigkeit hart an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Methode. Die Fehlerquellen der barometrischen Höhenmessung liegen einmal in der Genauigkeit der Druckmessung an sich, also in der Apparatur, andererseits außerhalb des Apparates in der Methode, d. h. den Einflüssen der zeitlichen und örtlichen Veränderungen des Luftdrucks. Nun liegen aber hinsichtlich der Methode die Umstände bei den statischen Schweremessungen besonders günstig, da die örtlichen und zeitlichen Abstände der Meßpunkte nur klein und die Höhenunterschiede von geringer Größenordnung sind, und die Messungen sehr oft an bekannte Höhenpunkte angeschlossen werden können. Als genügend einfaches und handliches barometrisches Meßinstrument kommt das *Aneroid* in Frage, aber doch, um die Genauigkeit von ± 0.5 m (d. i. etwa ± 0.04 mm Quecksilberdruck) sicherzustellen, nur erprobte Präzisionsinstrumente. Da die Aneroide häufig eine solche Zuverlässigkeit nicht besitzen, habe ich Versuche angestellt mit einer Barometerkonstruktion, die auf dem *Prinzip des Luftthermometers* beruht. Es ist bekannt, daß man das Luftthermometer auch als Manometer für Änderungen des Luftdrucks benutzen kann, wenn nur die Temperatur der abgesperrten Gasmasse hinreichend konstant gehalten oder genügend genau gemessen wird, um in Rechnung gestellt werden zu können*). Der Temperatureinfluß ist aber sehr groß; um eine Genauigkeit von 30 bis 50 cm in der Höhenmessung zu erreichen, ist es nötig, den Temperatureinfluß bis auf fast 0.01°C sicher zu erfassen. Das ist

*) Vgl. z. B. K. Fischer: Ann. d. Phys. 3, 428ff. (1900); A. Naber: Ebenda 4, 815ff. (1901), und die dort angegebene Literatur.

für ein Instrument, welches im Gelände gebraucht werden soll, eine ziemlich hohe Anforderung.

Um den Temperatureinfluß hinreichend genau zu erfassen, gab ich dem Luftbarometer folgende Form (Fig. 1): Das durch die Meßflüssigkeit (spezifisches Gewicht = σ) gegen den Außenraum abgesperrte Gasvolumen v wurde in ein Flüssigkeitsvolumen v' eingeschachtelt, und zwar unterteilt in mehrere Kammern von möglichst großer Oberfläche und guter wärmeleitender Verbindung. Dadurch wird eine Temperaturgleichheit der Luftmasse v und der Flüssigkeitsmasse v' erreicht, besonders wenn nach außen hin noch ein sehr guter Wärmeschutz vorhanden ist. Die Flüssigkeit v' ragt bis in ein Glasrohr mit dem Querschnitt q' ; die Verschiebung des Meniskus Z_3 in diesem Rohr infolge der Wärmeausdehnung der Flüssigkeitsmasse v' kann daher als ein recht genaues Maß für die Temperaturänderung des abgesperrten Gasvolumens v dienen. Bei den Messungen der Druckunterschiede kann dann die Temperaturänderung t des Gasvolumens v einfach in Rechnung gestellt werden, während die nachteiligen Wirkungen von Temperaturschwankungen durch den Wärmeschutzmantel und die Wärmekapazität

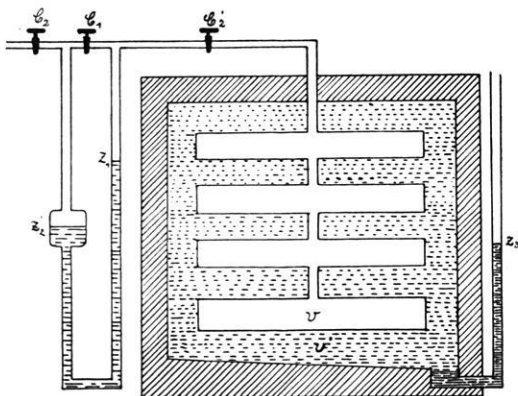


Fig. 1. Prinzip des Luftbarometers

der Flüssigkeitsmasse v' sehr herabgemindert werden. Es ergibt sich $t = \frac{q' \Delta Z_3}{v' (\beta_2 - \gamma)}$ wo β_2 und γ die kubischen Ausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit und des Gefäßes bedeuten.

Für die Flüssigkeit v' wurde wegen seiner großen Wärmekapazität Wasser gewählt, welches gegen die Außenluft durch eine kleine Quecksilbersäule abgetrennt ist. Als Meßflüssigkeit wurde Toluol benutzt. Der größeren Einfachheit der Ablesung wegen wurde die Meßvorrichtung so ausgebildet, daß die eine (Z_2) der beiden Menisken sich in einer gefäßartigen Erweiterung (Querschnitt = F) befindet, damit die Verschiebung des anderen Meniskus (Z_1) um so größer wird und allein abgelesen zu werden braucht.

Die Hähne C_2 und C_2' dienen nur zur Arretierung während des Transports und sind bei den Messungen geöffnet; der Hahn C_1 dient zur Einstellung der Meßmarken und ermöglicht es, das Luftbarometer für jeden beliebigen Luftdruck auf die Nullstellung einzustellen: während der Messungen bleibt er geschlossen.

Ist der Hahn C_1 geöffnet, so ist der Luftdruck b gleich dem Gasdruck p im Volumen v . Bei geschlossenem Verbindungshahn gilt die Beziehung:

$$\Delta b = \Delta p + (\Delta Z_1 - \Delta Z_2)(1 - \beta_1)t \sigma \dots \dots \dots (1)$$

wo β_1 den Ausdehnungskoeffizienten der Meßflüssigkeit bedeutet. Es ist, wenn man den Ausdehnungskoeffizienten der Gase mit α und den Querschnitt des Meßrohres Z_1 mit q bezeichnet:

$$\Delta p = -\frac{b}{v} \Delta v + \alpha b t.$$

$$\Delta v = -q \Delta Z_1 + \gamma v t.$$

$$\Delta Z_2 = -\frac{q}{F} \Delta Z_1 + \frac{v_1}{F} (\beta_1 - \gamma_1) t_1.$$

wobei v_1 das Volumen der Meßflüssigkeit, γ_1 den kubischen Ausdehnungskoeffizienten der Wandung bedeuten. Da wegen des Wärmeschutzes die Meßflüssigkeit sich bei Temperaturänderungen schneller an die umgebende Lufttemperatur angleicht als das Gasvolumen v , so werde ihre Temperaturänderung mit t_1 bezeichnet. Eingesetzt in Gleichung (1) ergibt sich:

$$\Delta b = \frac{1}{19.6} \left\{ \left[\frac{b}{v} q + \left(1 + \frac{q}{F} \right) \sigma \right] \Delta Z_1 + (\alpha - \gamma) t \right\} - \left[\left(1 + \frac{q}{F} \right) \beta_1 \Delta Z_1 + \frac{v_1}{F} (\beta_1 - \gamma_1) t_1 \right] \dots \dots \dots (2)$$

wobei die Luftdruckänderung jetzt in cm Quecksilberdruck ausgedrückt ist.

Experimentell findet man den Skalenwert des Luftbarometers durch Zusammenschluß mit einem Quecksilberbarometer; ebenso kann man die Temperaturkonstanten durch Messungen bei verschiedenen Temperaturen und Vergleich mit einem geeichten Barometer ermitteln. Für die Zwecke, für welche das Luftbarometer bestimmt ist, hat sich eine Temperaturkorrektion als unnötig erwiesen, da infolge des guten Wärmeschutzes und der hohen Wärmekapazität der Flüssigkeitsmasse v' eine Temperaturänderung bei der Schnelligkeit der Messungen unmerklich ist (das Glied mit dem Faktor t_1 kann sowieso vernachlässigt werden). 1 cm Quecksilberdruck entspricht einer Verschiebung des Meniskus z_1 um 19.7 cm: oder 1 cm Abnahme von z_1 entspricht einer Zunahme der Höhe um 8.06 ± 0.10 m.

Geprüft wurde das Luftbarometer zunächst im Treppenhaus des Geodätischen Instituts, dann an einer Anzahl von Geländepunkten in der Umgebung Potsdams, deren Höhen bekannt waren. Als mittlerer Fehler einer einzelnen Höhenmessung ergab sich im Institut etwa ± 0.25 bis ± 0.30 m, im Gelände etwa ± 0.50 m. Als Vergleichsinstrument diente ein Präzisionsaneroid, welches mir als besonders zuverlässig und erprobt übergeben worden war. Tatsächlich waren die Differenzen zwischen Luftbarometer und Aneroid nicht erheblich. Jedoch war die Streuung der Einzelwerte bei dem Aneroid erheblich größer, so daß seine Genauigkeit in der Höhenmessung zu knapp ± 1 m angegeben werden konnte.

Naturgemäß ist eine solche Genauigkeit in der barometrischen Höhenmessung nur unter den bei der Methode der statischen Schwerkräftmessungen ganz besonders günstigen Bedingungen möglich. Das Luftbarometer arbeitet für die beschriebene Aufgabe hinreichend genau und ist wegen seiner größeren Zuverlässigkeit (und Billigkeit) dem Aneroid gegenüber vorzuziehen. Die Geschwindigkeit der statischen Schweremessungen wird durch die barometrischen Höhenmessungen nicht beeinträchtigt: Das Luftbarometer hängt neben dem Schweremesser und braucht nur abgelesen zu werden. Arretierungen sind während der Messungen nicht nötig, Erschütterungen und große Neigungen des Instruments oder dergleichen unschädlich. Die mit ihm verbundenen Vorteile (man ist nicht mehr an bestimmte Punkte mit Höhenangabe gebunden, sondern kann die Meßpunkte ganz nach Belieben wählen, was z. B. besonders bei starkem Wind vorteilhaft ist) machen es zu einem unentbehrlichen Hilfsinstrument für die statischen Schweremessungen.

Untersuchungen über die Genauigkeit von Pendelmessungen an fester Station (Reichsvermessung 1935, Basisstation Göttingen)

Von **Werner Patzke** — (Mit 19 Abbildungen)

In Teil I wird die erreichte Genauigkeit der Pendelmessungen an der Basisstation Göttingen 1935 festgestellt. Mit den verwendeten Zeitmessern läßt sich die Genauigkeit der Zeitangabe für die Meßzeit von September bis Dezember 1935 von $4 \cdot 10^{-7}$ bei 93% der Messungen erreichen; dem entspricht ein Fehler der Schweremessung von 0.8 mgal. Durch eine Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit läßt sich dieser Fehler nicht heruntersetzen (§ 2). — In Teil II werden experimentelle Untersuchungen mitgeteilt, die über die Ursachen der Pendelsprünge Aufschluß erteilen sollen. Änderungen des magnetischen Momentes der Invarpendel können nicht zur Erklärung der Pendelsprünge angenommen werden (§ 4). Vielmehr scheinen die unregelmäßigen Pendelsprünge auf Änderungen der Schneidenauflagen zu beruhen: Die Beseitigung der Trockenreibung durch Schmieren der Pendeltische brachte eine Verminderung der Änderung der Schwingungsdauerdifferenzen (Erhöhung der inneren Genauigkeit der Pendel) (§ 5).

Die Erfahrungen der vorletzten Reichsvermessung 1934 hatten gezeigt, daß die erwartete Fehlergrenze der relativen Pendelmessungen von ± 1 mgal nicht erreicht worden war. Der Vergleich unabhängig voneinander, mit Pendel und Gravimeter gewonnener Meßergebnisse hatte außer systematischen Abweichungen mittlere Fehler von 2 bis 3 mgal ergeben.

Es ergab sich daher bei der letzten Reichsvermessung 1935 die Aufgabe, neue, zuverlässige Angaben über die Fehlergrenze der Pendelmessungen zu bekommen. Vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Lösung dieser Aufgabe liefern:

I. wird durch Vergleich verschiedener Uhren und Pendel die erreichte Genauigkeit der Göttinger Basisstation bestimmt.