

Werk

Jahr: 1938

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:14

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0014

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0014

LOG Id: LOG_0017

LOG Titel: Zum Aufsatz von Th. Koulomzine und A. Boesch über die Vertikal-Feldwaage

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 there 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

Zum Aufsatz von Th. Koulomzine und A. Boesch über die Vertikal-Feldwaage*)

Von **Adolf Schmidt**, Gotha

Es wird darauf hingewiesen, daß die von K. u. B. geübte Kritik nicht die nach dem Entwurf des Verfassers von R. Toepfer (i. F. O. Toepfer u. S.) für die Potsdamer Magnetwarte gebaute, kürzlich im Deutschen Museum in München aufgestellte Waage trifft, sondern sich ausschließlich auf die älteren Typen der etwas vereinfachten, von den Askania-Werken serienmäßig hergestellten Instrumente bezieht. Der bei diesen unter Umständen mögliche Fehler wird abgeschätzt und seine sachliche Bedeutung gewürdigt. Diese wird durch die Feststellung vermindert, daß der Wunsch, die einzelnen Z-Werte auf 1 γ genau zu erhalten, wesentlich über das Erreichbare wie auch über das von Anfang an ausdrücklich bezeichnete Ziel hinausgeht.

Zu der unten genannten Abhandlung, die sehr verspätet zu meiner Kenntnis kam, habe ich mich seinerzeit nicht geäußert, weil ich mit den Ausführungen der Verfasser durchaus einverstanden war und die von ihnen daraus gezogene praktische Folgerung nur billigen konnte. Die Abtrennung der eigentlichen Waage von der mit ihrem Konus in den Stativkopf verlegten Schwenkachse hat ja nur einen äußerlichen Nebenzweck und setzt voraus, daß die Verkoppelung der beiden Teile beim Aufstellen des Instruments an verschiedenen Stationen stets genau in derselben gegenseitigen Lage erfolgt. Wenn die Erfahrung zeigt, daß dies (zumal im Alltagsgebrauch durch oft nicht besonders geübte Beobachter) nicht immer mit hinreichender Sicherheit verbürgt ist, muß die Rücksicht auf jenen Nebenzweck zurücktreten.

So hätte ich nur zu sagen gehabt, was mir als bloße Einzelheit zu unwichtig erschien, daß die von K.-B., S. 173 erhobene Beanstandung *keine* Anwendung auf die Feldwaage findet, die Herr Feinmechaniker Reinhold Toepfer nach meinen Anregungen in mehrjährigen Versuchen unter langdauernden Prüfungen im Observatorium gebaut hat, und die ich im Anschluß an eine eingehende Erprobung im Gelände ausführlich beschrieben habe**). Denn diese Versuchswaage, wie ich sie nennen will, obgleich sie in ihrer endgültigen Ausführung ein vollwertiges Instrument ist, bietet in dem um seine Längsachse drehbaren, ein hinreichend empfindliches Niveau ($1^p = 1'$) tragenden Fernrohr das Mittel, um den Fehler zu eliminieren, der im Falle ungenauer Verkoppelung entsteht.

*) Th. Koulomzine und A. Boesch: Abhandlung über die von den Askania-Werken erbaute Vertikal-Feldwaage von Schmidt. Zeitschr. f. Geophys. 8, 166 (1932). Im folgenden kurz K. B. genannt.

**) Ad. Schmidt: Ein Lokalvariometer für die Vertikalintensität. Ber. über d. Tätigkeit d. Pr. Met. Inst. im Jahre 1914, S. (109). 2. Mitteilung. Ebenda im Ber. f. das Jahr 1915, S. (87); im folgenden angeführt als A. S. I und A. S. II.

Durch einen zufälligen Umstand wieder an die Sache erinnert, glaube ich nun doch im Hinblick auf die ungeahnt weite Verbreitung*), die das Instrument gefunden hat, noch nachträglich darauf zurückkommen zu sollen, um eine möglichst vereinfachte Darstellung des Sachverhalts zu geben, die gleichzeitig Gelegenheit zu einigen weiteren Bemerkungen bietet.

Die in der Richtung vom Südpol zum Nordpol (in Lage I also von W nach E, in Lage II von O nach W) beziffert zu denkende Okularskala des Fernrohrs habe ihren Nullpunkt auf dem Striche, dessen Spiegelbild beobachtet wird. Die Ablesungen s_1 und s_2 stimmen dann zahlenmäßig mit denen überein, die man am Einfallslot des Magnetspiegels auf einer Skala vom Strichwert 2.5 und demselben Nullpunkt erhielte. Sie geben somit den am oberen Hauptpunkte des Fernrohr-objektivs vom Nullstrahl und der Spiegelnormalen gebildeten Winkel an, der bis auf eine für die relative Messung (bei der nur der Unterschied der Magnetlage an zwei Stationen in Betracht kommt) gleichgültige Konstante die Abweichung der magnetischen Achse von der Horizontalen mißt.

Steht die Achse, um die die Waage aus der einen in die andere Lage umgelegt wird, vertikal und stimmt ihre Richtung mit derjenigen des Nullstrahles überein, so muß offenbar $s_1 = s_2$ sein.

A. Wird nun das Instrumen. m den Winkel ν nach Osten geneigt, so geht, da der Magnet und deshalb auch die Spiegelnormale ihre Stellung im Raume dabei nicht ändert, s_1 in $s_1 - \nu$, s_2 in $s_2 + \nu$ über. Das Mittel s bleibt also ungeändert.

Es kann überraschen, ja paradox erscheinen, daß man die Neigung der magnetischen Achse gegen die Horizontale erhält, ohne ein Niveau zu benutzen. Die Erklärung liegt darin, daß sich der Magnet und daher auch die Spiegelnormale beiderseits symmetrisch zur Vertikalen einstellt. Die Waage ist daher gewisser-

*) Nach einer Mitteilung von Herrn Prof. Schlomka sind bis Ende 1936 von verschiedenen Firmen insgesamt gegen 1000 Stück in den Verkehr gebracht worden, zuerst (seit 1920) und vorwiegend von den Askania-Werken in Berlin, denen Herr R. Toepfer längere Zeit angehörte, nachdem durch die Dissertationen von Dr. Schuh und Dr. Moll in Rostock die Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden war, daß sich die Waage zur Mutung auf Öl eigne. Ich habe damit nie etwas zu tun gehabt, habe daher auch keinen Anteil und kein Verdienst an der technischen Ausgestaltung und an etwaigen Verbesserungen des Gerätes. Das gilt insbesondere von der für die praktische Verwendung nützlichen Hinzufügung einer Temperaturkompensation, die zuerst von Dr. A. Heiland angebracht und dann von Koulomzine und Boesch weiter entwickelt worden ist. Bei der Versuchswaage war zur Vermeidung unnötiger Komplikationen von einer solchen Kompensation absichtlich Abstand genommen worden. Bei ihrer Konstruktion handelte es sich ja vor allem darum, erst einmal festzustellen, ob es überhaupt technisch möglich sei, eine *transportable* Waage von genügender Empfindlichkeit zu bauen, die ihren Zustand (Nullpunkt und Skalenwert) trotz der bei der Ortsveränderung unvermeidlichen Erschütterungen bei wiederholter Neuaufrichtung unverändert beibehält. Nach den bekannten mit ortsfesten Lloydschen Waagen gemachten ungünstigen Erfahrungen erschien es durchaus nicht von vornherein sicher, daß der Versuch gelingen werde.

maßen selbst ein Niveau, und zwar mit dem Strichwert $1^p = 2'5$. Ist aber hiernach die Hinzufügung einer mit dem Waagekörper fest verbundenen Libelle auch nicht notwendig, so gewährt sie doch den Vorteil einer gegenseitigen Kontrolle der beiden Zeniteinstellungen, ja sie kann sogar sachlichen Wert haben, wenn infolge magnetischer Störung zwischen den beiden Ablesungen s_1 und s_2 bereits eine merkliche Änderung der Vertikalkomponente Z eingetreten ist.

B. Fällt jedoch die Achse, die man sich nach dem oben Gesagten als vertikal vorstellen darf, nicht mit dem Nullstrahl zusammen, sondern weicht dieser in Lage I nach E, in Lage II nach W um den in derselben Einheit wie s gemessenen Winkel λ von ihr ab, so geht s_1 in $s_1 - \lambda$ und s_2 in $s_2 - \lambda$, also das Mittel s in $s - \lambda$, über.

Wenn λ konstant ist, also vor allem bei starrer Verbindung der Achse mit dem Waagekörper und dadurch mit dem Fernrohr, fällt λ beim Vergleich zweier Stationen heraus.

Wird aber die Waage mit dem von ihr beim Transport getrennten Achsenzylinder vor der Messung jedesmal neu verbunden, so entsteht die von K. B. mit Recht betonte Gefahr einer gewissen Kippung und dadurch einer Veränderlichkeit von λ , die um so größer ist, je geringer die Breite a der miteinander fest zu vereinigenden Flächen ist. Diese ist deshalb bei der Versuchswaage möglichst groß ($a = 7$ cm) gewählt worden. Entsteht nun beim Zusammenfügen beider Teile, etwa durch Staub, eine gewisse Verschiedenheit des Abstandes d (gemessen in μ , d. i. 0.001 mm) an den einander diametral entgegengesetzten Stellen, so ergibt das eine Kippung um δ Minuten, und es ist $\delta \text{ arc } 1' = d : 10000 a$, also $\delta = 0.844 d : a$.

Für $d = 2 \mu$, $a = 7$ cm folgt $\delta = 0.1$. (Damit fast übereinstimmend rechnen K. B. S. 173 δ zu $5''$, ohne aber einzeln anzugeben, welche Beträge sie für d und a ansetzen.)

Diese Erwägungen waren geeignet, die Abtrennung der Waage vom Achsenzylinder, auf dem sie bei der Wiedervereinigung mit ihrem vollen Gewicht ruht, unbedenklich erscheinen zu lassen, denn einerseits ist nach den Erfahrungen mit Anschlägen bei sorgfältiger Handhabung die Annahme $d = 2 \mu$ gewiß nicht zu hoch, andererseits geht die Forderung, daß λ auf 0.1 sicher sein solle, schon über die durch die Schärfe der Ablesung ($0.1^p = 0.25$) gezogene Grenze hinaus.

Das Vorhergehende wird gegenstandslos, wenn mit dem Fernrohr ein Niveau verbunden ist, da dieses genau dieselben Neigungsänderungen erfährt wie der Magnet, also die Verschiedenheit von λ an zwei Stationen direkt anzeigt und zu eliminieren gestattet.

Die Versuchswaage besitzt ein solches, sogar in zwei Stellungen zu gebrauchendes und damit noch eine weitere Kontrolle gewährendes Niveau. Man erhält dadurch nicht nur die etwaige Änderung von λ nach jeder Neuaufstellung

des Geräts, sondern den jedesmaligen absoluten Wert von λ , genauer gesagt, das Mittel von λ für die beiden Fernrohrlagen oder, was dasselbe ist, den Winkel der beiden Achsen. (Durch Umlegen um die eine Achse bei Festhaltung der anderen ergibt sich die absolute Neigung der ersten, und entsprechend gewinnt man die Neigung der zweiten und damit den Winkel zwischen beiden.)

Welche Schwankungen von λ tatsächlich beim normalen Gebrauch des Instruments entstehen und zu befürchten sind, darüber geben die Erfahrungen Aufschluß, die auf der Vermessungsreise vom 18. August bis 15. September 1915 gewonnen worden sind (vgl. A. S. II, S. (98)). Bei 48 Aufstellungen an 44 Stationen (einschließlich Potsdam vor und nach der Reise) ergab sich der mit 2λ identische Unterschied der Werte von ΔZ für die beiden Fernrohrlagen im Mittel zu $0^{\circ}56 \pm 0^{\circ}08$. Im Jahre zuvor war aus einer kleineren Zahl von Messungen an Punkten in der Nähe des Observatoriums der wenig davon verschiedene Wert $0^{\circ}42$ und aus den zugehörigen Niveauablesungen sogar ganz damit übereinstimmend $0^{\circ}56$ gefunden worden. Für λ folgt hieraus $0^{\circ}28$, d. i. 0.7 ± 0.1 , und vereinzelte Werte aus den früheren waren ähnlich [vgl. A. S. I, S. (134)]. Diese Ergebnisse im Verein mit der vorausgehenden Abschätzung von λ rechtfertigte den Schluß, daß die Verkoppelung der beiden Teile des Geräts befriedigend sicher erfolge, und daß daher auf ein dem Magnet paralleles Niveau und vor allem auf die Drehbarkeit des Fernrohrs verzichtet werden dürfe, wie es bei der fabrikmäßigen Herstellung der Askania-Waage anfangs geschehen ist. Bis zu welchem Grade man dem noch zustimmen kann, hängt davon ab, welche Leistungen hinsichtlich der Sicherheit und Genauigkeit man von dem Instrument erwarten und fordern kann. Darüber bleibt noch einiges zu sagen.

Die übliche Angabe der Messungsergebnisse für ΔZ auf Ganze der Einheit γ ist zweckmäßig. Sie liefert auch in Gebieten mit sehr schwachen magnetischen Gesteinflüssen noch eine hinreichende Differenzierung der beobachteten Werte, und sie geht nur wenig über die durch die Ableseschärfe gezogene Grenze hinaus, da man als normalen Skalenwert etwa 25γ ansehen kann. (Unter 10 bis 15γ wird man kaum hinabgehen können, ohne die Konstanz des Wertes zu gefährden.) Man muß sich aber bewußt bleiben, daß der Wunsch, die Werte von Z auf 1γ genau zu erhalten, über das Erreichbare wesentlich hinausgeht.

Die bis auf ein Zehntausendstel ihres Betrages genaue Ermittlung einer physikalischen Größe darf im allgemeinen als eine Präzisionsmessung betrachtet werden, und um diese Grenze zu übersteigen oder auch nur zu erreichen, bedarf es selbst im Laboratorium beträchtlicher Zurüstungen. Das gilt u. a. gerade bei den erdmagnetischen Elementen. Man muß zufrieden sein, wenn die Einzelwerte der im Mittel $0.2 I'$ betragenden Horizontalintensität auf 1 bis 2γ sicher erhalten werden.

Nach diesem allgemeinen Maßstab wird man bei der Vertikalintensität, die in mittleren Breiten etwa $0.4 I'$ beträgt, keine schärfere Bestimmung als bis auf 4γ erwarten können. Die Erfahrungen bei der Ausgleichung der absoluten Basiswerte der Waage in den Observatorien zeigen, daß man mit mittleren Fehlern

von dieser Größe zu rechnen hat*). Den aus Lokalvariometer-Beobachtungen erhaltenen absoluten Z -Werten kann man kaum diese Schärfe zuschreiben, ja man wird, da sie Differenzmessungen gegen eine Normalstation darstellen, rein formal mit dem $\sqrt{2}$ -fachen mittleren Fehler zu rechnen haben. Dementsprechend habe ich bei der Planung des Instruments als zu erstrebendes Ziel den Ansatz von $0.0001 F$ gewählt [vgl. A. S. I, S. (120)]. Die Diskussion der auf der schon erwähnten Reise erhaltenen Ergebnisse lieferte auf verschiedenen Wegen mittlere Fehler von 4 bis 8γ [vgl. u. a. A. S. II, S. (98)]. Der darin enthaltene Einfluß der aus ungenügender Verbindung der beiden Geräteteile entspringenden und in der Veränderlichkeit von λ zur Wirkung kommenden Fehlerquelle tritt demgegenüber ziemlich zurück. Trotzdem ist er natürlich auszuschalten, was bei den früher gebauten Askania-Waagen durch Anbringen eines mit dem Magnet gleichlaufenden Niveaus, im übrigen aber entweder auf die von Koulomzine und A. Boesch gewählte Art oder durch Rückkehr zur Einrichtung der Versuchswaage geschehen kann. Bei dieser entfällt die Notwendigkeit eines quer zum Magnet liegenden Niveaus, und es kann zur Beobachtung und Berechnung das eine Kontrolle einschließende Schema in A. S. II, S. (91) zur Anwendung kommen.

Wird man hiernach an den einzelnen Stationspunkten selbst bei gleichzeitigen Variationsbeobachtungen an einer nicht sehr entfernten Hauptstation mit einer mittleren Unsicherheit von 5 bis 10γ zu rechnen haben, so dürfen auch Abweichungen in der Größenordnung von 10γ bei der Rückkehr zum Ausgangspunkt einer Schleife noch nicht als abnorm gelten. Das sind immerhin erst 1 bis 3 Zehntausendstel des Vollwertes, und es handelt sich dabei, was nicht zu vergessen ist, um Ergebnisse von nur wenige Minuten dauernden Einzelmessungen. Und in weitaus den meisten Fällen ist jene Genauigkeit sicher auch sachlich hinreichend. Will man in einzelnen Fällen, etwa zur genaueren Festlegung von Normalstationen, darüber hinausgehen, so hat man dazu ja ein Mittel in wiederholen, streng voneinander unabhängigen Beobachtungen.

Noch ein Punkt sei, obgleich er selten von praktischer Bedeutung sein wird, der Vollständigkeit halber erwähnt. Die Waage stellt das Gleichgewicht zwischen den Wirkungen her, die der Magnet im Schwerfeld und im vertikalen Magnetfeld erfährt. Sie liefert daher unmittelbar die relativen Werte von Z , wenn die erstere in einem gewissen Gebiet überall denselben Wert besitzt. Ist dies nicht der Fall, so hat man an die erhaltenen Werte eine Korrektur anzubringen, um sie auf einen gleichen Wert der Schwerebeschleunigung g zu reduzieren und damit untereinander vergleichbar zu machen. Diese Korrektur beträgt unter den zuvor angenommenen Verhältnissen rund 3 bis 4γ auf 0.1 cm sec^{-2} in g .

*) Vgl. die ausführlichen Angaben darüber in den „Ergebnissen der Magnetischen Beobachtungen in Potsdam“ im Abschnitt: Variationsbeobachtungen. So betrug z. B. im Jahre 1911 (nach S. 25) die mittlere Abweichung vom ausgeglichenen Gange bei H : $\pm 1.2\gamma$ und bei Z : $\pm 3.0\gamma$.