

## Werk

**Jahr:** 1927

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:3

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0003

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0003](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0003)

**LOG Id:** LOG\_0018

**LOG Titel:** Die neue magnetische Universalwage

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Die neue magnetische Universalwage.

Von H. Haalck\*). — (Mit drei Abbildungen.)

Es wird ein neues Instrument beschrieben, mit welchem in sehr einfacher und schneller Weise die örtlichen Variationen des erdmagnetischen Feldes vollständig — in der Deklination, der Horizontal- und der Vertikalintensität — aufgenommen werden können mit einer Genauigkeit, welche dem heutigen Stande der Meßgenauigkeit magnetischer Lokalvariometer entspricht.

Das im folgenden beschriebene Instrument entsprang dem Bedürfnis der praktischen Geophysik nach einem Lokalvariometer, welches es gestattet, die lokalen erdmagnetischen Störungen in allen drei Komponenten in einfacher und schneller Weise auszumessen mit einer Genauigkeit, welche etwa derjenigen der Schmidtschen Feldwage für die Vertikalintensität entspricht. Die vollständige Ausmessung einer örtlichen Störung ist wichtig: Einmal in allen Fällen, in welchen die Abweichungen mehrere 100  $\gamma$  übersteigen, andererseits auch bei schwächeren Störungen, wenn es sich nicht um regionale Anomalien, sondern um solche von sehr geringer örtlicher Ausdehnung handelt; und zwar liegt die Bedeutung der Kenntnis der Verteilung sämtlicher Störungskomponenten darin, daß die Schlußfolgerungen in bezug auf die geologischen Ursachen der Störung eine erheblich größere Sicherheit gewinnen, besonders die Beurteilung der Tiefe der magnetisch störenden Masse, und infolgedessen — in Verbindung mit den geologischen Erwägungen — die Schlüsse in bezug auf die Substanz des Störungskörpers. Die älteren magnetischen Universalvariometer werden hinsichtlich der Empfindlichkeit nicht den Erfordernissen gerecht, welche man heute an sie stellt. Da sich von den modernen Lokalvariometern in der Praxis die auf dem Wageprinzip beruhenden Instrumente (die Schmidtsche Feldwage) bis jetzt am besten bewährten, so lag es nahe, dieses Prinzip auch bei der Konstruktion eines Universalvariometers anzuwenden. Eine schematische Darstellung der Universalwage zeigt Fig. 1.

Auf einer horizontalen mit Feineinstellung versehenen Kreisplatte befindet sich, fest mit dieser verbunden, ein Gehäuse, welches ein auf einer Achatschneide balancierendes Wagesystem enthält, das aus je zwei gekreuzten vertikal (*A*) bzw. horizontal (*B*) gerichteten Magnetlamellen besteht; und zwar befindet sich der negative Pol des vertikal stehenden Systems (*A*) oben, und das Wagesystem ist so ausbalanciert, daß der Schwerpunkt ein wenig seitlich vom Unterstützungspunkt, nach dem negativen Pol des horizontalen Magnetsystems (*B*) hin verschoben, liegt. Die Gleichgewichtslage des Wagebalkens wird dann bestimmt durch die Schwerkraft und die auf die Magnetsysteme wirkende erdmagnetische Kraft bzw. die magnetischen Zusatzkräfte. Zum Zwecke der Verkleinerung des Temperaturkoeffizienten sind die Magnetlamellen einseitig — auf der Seite des positiven Pols des horizontalen Magnetsystems — an dem Wagekörper befestigt.

\*) Wissenschaftl. Mitarbeiter der Exploration G. m. b. H.

Die Arretierung geschieht in der Weise, daß der Wagebalken mit Hilfe eines von außen (1) zu betätigenden Hebels gehoben und fest gegen zwei Federn gedrückt wird; bei der Desarretierung setzt die Schneide mit Hilfe einer Führung zwangsläufig immer auf dieselbe Stelle des Lagers auf. Zur Änderung der Empfindlichkeit bzw. der Abstimmung des Systems können unter dem Wagebalkenkörper und an der Seite kleine Schrauben eingeschraubt werden, deren Gewicht entsprechend gewählt wird. Zur Dämpfung der Schwingungen des Wagebalkens dienen Kupferdämpfer (2), welche zu beiden Seiten der Pole der Magnetlamellen angebracht sind. Auf der Rückseite des Gehäuses ist ein

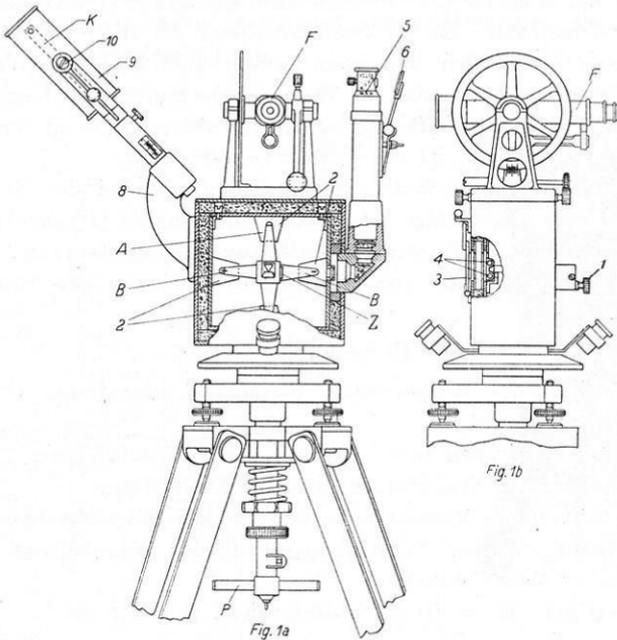


Fig. 1.

verschließbares Fenster (3) angebracht, um den Innenraum beobachten und an den ganz im Innern befindlichen Thermometern (4) die Temperatur ablesen zu können. Zum Schutz gegen schnelle Temperaturänderungen ist das Gehäuse doppelwandig, mit einer 1 cm dicken Korkscheicht als Zwischenschicht, und zwar derart, daß an keiner Stelle eine wärmeleitende Verbindung zwischen Innen- und Außenwand vorhanden ist \*).

\*) Für die Sicherheit der Messungen ist außer der Kleinheit der Temperaturkoeffizienten noch die Sicherheit der Temperaturkorrektion vorteilhaft. Letztere wird aber unsicher, sobald plötzliche Temperatursprünge (z. B. beim Wechsel von Schatten und Sonnenbestrahlung) auftreten. Aus diesem Grunde ist eine sehr gute Wärmeisolation für Präzisionsmessungen von großem Vorteil.

Die Kippung des Wagebalkens wird gemessen mit Hilfe eines Autokollimationsfernrohres; die im Brennpunkt befindliche Strichplatte (5), welche durch den Spiegel (6) beleuchtet wird, wird durch den am Wagebalken befindlichen Spiegel (7) auf sich selbst abgebildet. Das abnehmbare Fernrohr ( $F$ ), welches nur bei Deklinationsmessungen erforderlich ist, dient zum Anvisieren von Geländepunkten bzw. eines zweiten im Gelände messenden Apparats; gegebenenfalls ist es auch zum Nivellement, zur Höhenmessung oder zum Tachymetrieren zu verwenden.

An einem seitlich unter  $45^{\circ}$  nach oben gerichteten abnehmbaren Träger (8) befindet sich ein Gehäuse (9), welches zwei gut gegen Temperatur geschützte Stabmagnete  $K$  enthält. Es ist um eine durch die Mitte des Magnetsystems gehende Achse (10) drehbar und kann mittels einer Einschnappvorrichtung in der auf den Unterstützungspunkt des Wagebalkens gerichteten Lage festgehalten werden. Der Abstand des Magnetsystems  $K$ , welches nur zu den Horizontalintensitätsmessungen dient, ist regulierbar zu verändern.

Senkrecht unter dem Stativ ist — analog wie bei der Schmidtschen Feldwage — ein in einer Hülse befindlicher Hilfsmagnet ( $P$ ) angebracht, dessen Entfernung in vertikaler Richtung regulierbar zu verändern ist; dieser Kompensationsmagnet dient nur zur eventuellen Änderung der Einstellung des Wagebalkens.

Einfache Theorie\*). Es bedeuten:

$Q$  = Gewicht des Wagesystems,  $G$  sein Schwerpunkt,  $O$  den Unterstützungspunkt,

$\gamma$  = Winkel zwischen  $GO = c$  und der Horizontalebene,

$\alpha$  = Kippung des Wagebalkens aus der Nullstellung,

$M_1, M_2$  bzw.  $M_3$  = Moment der entsprechenden Magnetsysteme  $A, B$  und  $K$ ,

$\varepsilon$  = Winkel zwischen Schwingungsebene des Wagebalkens und magnetischer Westrichtung,

$Z$  = Vertikal-,  $H$  = Horizontalintensität.

Das vom seitlichen Kompensationsmagnet  $K$  auf den Wagebalken ausgeübte Drehmoment ist — außer von Entfernung und Lage — von der (sehr geringen) Kippung des Wagebalkens abhängig. Entwickeln wir in eine Reihe nach  $\alpha$ :

$$M_3 \{f_{(0)} + \alpha f'_{(0)} \dots\},$$

so können wir die Reihe mit hinreichender Annäherung nach dem zweiten Gliede abbrechen.

Für die Gleichgewichtsbedingung des Wagebalkens folgt dann nach Fig. 2:

$$Z(M_2 \cos \alpha - M_1 \sin \alpha) - H \sin \varepsilon (M_1 \cos \alpha + M_2 \sin \alpha) - Qc \cos (\gamma - \alpha) + M_3 \{f_{(0)} + \alpha f'_{(0)}\} = 0.$$

---

\*) Bezüglich der ausführlichen Theorie muß auf die Arbeit verwiesen werden: H. Haalck, Ein neues erdmagnetisches Universalvariometer, Zeitschr. f. Instrkde. 1927, Heft 1.

Bei den Vertikalintensitätsmessungen wird das seitliche Kompensationsmagnetsystem  $K$  abgenommen. Für die Änderung der Vertikalintensität ergibt sich dann (für sehr kleines  $\varepsilon$  und  $\alpha$ ):

$$dZ = H \frac{M_1}{M_2} d\varepsilon + d\alpha \frac{M_1 Z + Qc \sin \gamma}{M_2} = H \frac{M_1}{M_2} d\varepsilon + n \varkappa_1,$$

wobei  $n$  die Ablesung im Autokollimationsfernrohr,  $\varkappa_1$  den Skalenwert bedeutet.

Da für  $\varepsilon$  und  $180 - \varepsilon$  die Gleichgewichtsbedingungen dieselben sind, im Autokollimationsfernrohr also die Ablesung in beiden Fällen die gleiche ist, so folgt, daß man aus den beiden Messungen symmetrisch zum Meridian letztere Richtung sehr genau ermitteln kann.

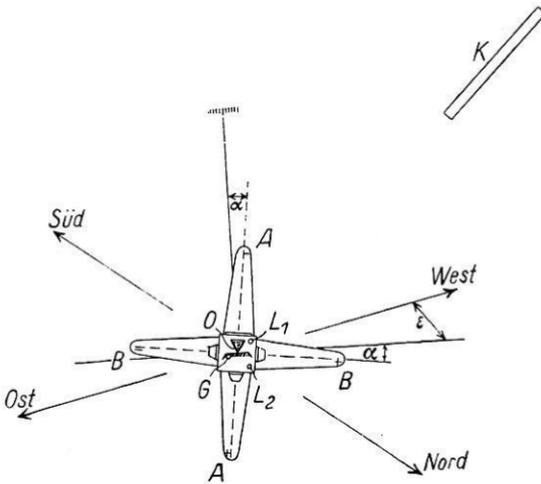


Fig. 2.

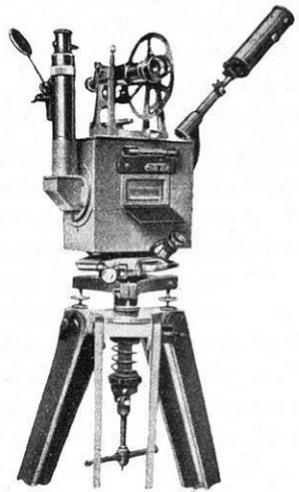


Fig. 3.

Bei den Horizontalintensitätsmessungen wird mit Hilfe des seitlichen Kompensationsmagnets  $K$  die Horizontalintensität in der Lage  $\varepsilon = 90^\circ$  (Nordstellung) und  $\varepsilon = -90^\circ$  (Südstellung) so auskompensiert, daß der Wagebalken wieder ungefähr die Nulllage einnimmt. In diesen beiden Lagen folgt nach der obigen Gleichung für die Änderung der Horizontalintensität:

a) für  $\varepsilon = 90^\circ$ :

$$dH = -d\alpha \frac{M_1 Z + HM_2 + Qc \sin \gamma + M_3 f'_{(0)}}{M_1} = -n \varkappa_2;$$

b) für  $\varepsilon = -90^\circ$  (nach Umkehrung des Magnetsystems  $K$ ):

$$dH = d\alpha \frac{M_1 Z - HM_2 + Qc \sin \gamma - M_3 f'_{(0)}}{M_1} = n \varkappa_3.$$

Die Skalenwerte sind also in den einzelnen Lagen verschieden; durch Addition folgt:

$$dH = \frac{n}{2} \kappa_3 - \frac{n}{2} \kappa_2.$$

Ebenso folgt daraus als Kontrolle für die Skalenwerte  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und  $\kappa_3$ :

$$2 \kappa_1 = \frac{M_1}{M_2} (\kappa_2 + \kappa_3).$$

Als Nullage, d. h. als Ablesung Null, wird die Stellung bezeichnet, in welcher der Mittelstrich der Skala (5) im Autokollimationsfernrohr mit seinem Spiegelbild koinzidiert. Der Ausschlag dieses reflektierten Mittelstriches auf der festen Skala wird nach der einen Seite positiv, nach der anderen Seite negativ gerechnet; zur Markierung ist der Zehnerstrich der festen Skala auf der negativen Seite durch einen Punkt, auf der positiven Seite durch zwei Punkte gekennzeichnet\*). Die Ausführung einer vollständigen Beobachtung geschieht in folgender Weise:

a) Vertikalintensitätsmessung. Das Magnetsystem  $K$  wird bei diesen Messungen abgenommen. Der Wagebalken wird so abgestimmt, daß im Falle der Stellung etwa senkrecht zum magnetischen Meridian die Nullage die Gleichgewichtslage des Wagebalkens ist; das ist genau der Fall, wenn in zwei um  $180^\circ$  verschiedenen Stellungen des Instruments der Wagebalken die Nullage einnimmt. Um dieses für ein Untersuchungsgebiet mit erheblich abweichendem Wert der Vertikalintensität ungefähr zu erreichen, ist der senkrecht unter dem Stativ verstellbare Kompensationsmagnet ( $P$ ) angebracht, wodurch ein kleines magnetisches Zusatzfeld erzeugt wird, mit Hilfe dessen durch Änderung des Abstandes die gewünschte Wirkung erzielt wird, und welches dann während der Messungen konstant bleibt.

Man dreht das Instrument so, daß die Trägerseite  $K$  nach Westen zeigt und der Wagebalken sich ungefähr in die Nullage einstellt. Die Ablesung auf dem Horizontalkreis bei Nonius  $A$ \*\*) sei  $N_W$ . In dieser Stellung macht man je nach der Einstellungsgenauigkeit im Ablesefernrohr etwa vier bis acht Ablesungen, indem man nach jeder Ablesung wieder arretiert und desarretiert. Das Mittel aus den Ablesungen sei  $n_W$ . Nach Drehung der Schwingungsebene um etwa  $180^\circ$ , bis der Wagebalken sich wieder ungefähr in die Nullstellung einstellt, liest man in derselben Weise ab, die Horizontalkreisablesung am

---

\*) Die Richtung der Zählung läßt sich durch einen einfachen Versuch feststellen: Nähert man dem Apparat von unten her senkrecht unter dem Stativ eine Kompensationsnadel mit dem negativen Pol nach oben, so bedeutet dieses eine Verstärkung der Vertikalintensität, und der Ausschlag im Autokollimationsfernrohr erfolgt nach der positiven Richtung; oder: Vergrößert man  $N_W$ , so erfolgt der Ausschlag nach der negativen Richtung, bei Vergrößerung von  $N_E$  nach der positiven Richtung.

\*\*) Als Nonius  $A$  wird der Nonius auf der Seite der Arretierung (1) bezeichnet.

Nonius  $B$  sei  $N_E$ , der Mittelwert der Ablesungen im Ablesefernrohr  $n_E$ . Dann ist die Änderung der Vertikalintensität

$$dZ = \left\{ \frac{N_W - N_E}{\lambda} + n_W + n_E \right\} \frac{\alpha_1}{2} + \mu_1 (t - t_0) \dots \dots \dots (1)$$

wobei  $\alpha_1$  den Skalenwert (in  $\gamma$ ),  $\mu_1$  den Temperaturkoeffizienten,  $t$  die Temperatur bedeutet und gesetzt ist:

$$\lambda = \frac{\alpha_1 M_2}{0.000291 M_1 H_0},$$

in welchem  $M_1$  das Moment des vertikalen,  $M_2$  dasjenige des horizontalen Magnetsystems bedeutet und für  $H_0$  der absolute (abgerundete) Wert der Horizontalintensität (in  $\gamma$ ) des Untersuchungsgebietes eingesetzt wird;  $N_W$  und  $N_E$  sind in Minuten auszudrücken. Der Einfachheit der Rechnung wegen empfiehlt es sich (außer bei starken Störungen)  $N_W = N_E$  zu machen, d. h. um genau  $180^\circ$  zu drehen, da in diesem Falle das erste Glied gleich Null wird; bei starken Störungen ist es dagegen vorteilhafter,  $n_W$  und  $n_E$  gleich Null zu machen, d. h. immer die Nullage aufzusuchen.

b) Deklinationsmessung. Das Fernrohr (Libelle unten) ist nach magnetisch Nord gerichtet, wenn die Ablesung  $U$  bei Nonius  $A$  gleich

$$U = \frac{N_W + N_E}{2} + (n_W - n_E) \frac{\lambda}{2} - \nu \dots \dots \dots (2)$$

ist, wobei  $\nu$  eine Apparatkonstante (nahezu Null) bedeutet.

Durch Anvisieren von Fixpunkten (z. B. Kirchtürmen od. dgl.), deren geographische Lage genau bekannt ist, kann man dann die Ablesung auf Nonius  $A$  bestimmen, wenn das Fernrohr nach geographisch Nord gerichtet ist. Werde diese mit  $N$  bezeichnet, so ist die Deklination  $D$ :

$$D = U - N \dots \dots \dots (3)$$

Der Temperatureinfluß fällt bei den Deklinationsmessungen vollkommen heraus.

Soll bei Verwendung zweier Instrumente im Gelände — um die zeitlichen Variationen zu eliminieren — der Deklinationsunterschied zwischen den beiden Meßpunkten festgestellt werden, so visieren sich die beiden Apparate gegenseitig an; ist beim gegenseitigen Anvisieren  $B_1$  die Horizontalkreisablesung bei Apparat I (Nonius  $A$ ),  $B_2$  diejenige bei Apparat II, und sind  $U_1$  bzw.  $U_2$  die entsprechenden magnetischen Nordrichtungen, so folgt:

$$dD = U_1 - B_1 + B_2 - U_2 - 180^\circ \dots \dots \dots (4)$$

$dD$  stellt also die Abweichung der magnetischen Nordrichtung in Punkt II gegen diejenige in Punkt I dar und ist positiv nach Westen, negativ nach Osten gerechnet.

c) Horizontalintensitätsmessung. Um das Instrument als Variometer für die Horizontalintensität anwenden zu können, dreht man das Instrument

so, daß die Horizontalintensität vollständig auf den Wagebalken zur Wirksamkeit gelangt. Durch das aufgesetzte Magnetsystem  $K$  wird ein magnetisches Zusatzfeld erzeugt, welches durch Änderung des Abstandes, der dann während der Messungen immer konstant gehalten wird, so reguliert wird, daß der Wagebalken sich ungefähr in der Nullage befindet, wenn Schwingungsebene und magnetische Meridiane zusammenfallen\*); letzteres ist der Fall bei der Ablesung am Nonius  $A$ :

$$\frac{N_W + N_E}{2} + (n_W - n_E) \frac{\lambda}{2} + 90^\circ \dots \dots \dots (5)$$

(Eine Genauigkeit von etwa  $1/2$  bis  $1^\circ$  ist vollkommen ausreichend, so daß im allgemeinen die Stellung bei der Ablesung  $90^\circ + \frac{N_W + N_E}{2}$  — außer bei der Bestimmung der Skalenwerte — schon völlig genügt.) Die Ablesungen im Autokollimationsfernrohr geschehen in dieser Lage ganz analog wie bei den Vertikalintensitätsmessungen; das Mittel aus den Ablesungen sei  $n_N$ . Man dreht — unter gleichzeitiger Drehung des Magnetsystems  $K$  — den Apparat um  $180^\circ$  und liest in derselben Weise ab; der Mittelwert sei  $n_S$ . Dann gilt für die Änderung der Horizontalintensität die Beziehung:

$$dH = \frac{\alpha_2}{2} n_S - \frac{\alpha_2}{2} n_N + \mu (t - t_0) \dots \dots \dots (6)$$

für  $\mu = \frac{\mu_3 - \mu_2}{2}$ , wo  $\alpha_2$  den Skalenwert in der Nordlage,  $\alpha_3$  denjenigen in der Südlage und  $\mu_2$  bzw.  $\mu_3$  die entsprechenden Temperaturkoeffizienten bedeuten.

Bei starken Störungen verfährt man am besten in der Weise, daß man stets die Nullage beobachtet und entsprechend den Abstand des Systems  $K$  ändert. Jeder Abstandsänderung entspricht dann eine ganz bestimmte Änderung der Horizontalintensität, welche empirisch festgestellt werden kann\*\*).

d) Die Bestimmung der Apparatkonstanten. Die Apparatkonstante  $M_1/M_2$  (nahezu gleich 1) sowie  $\nu$  (nahezu Null) brauchen nur einmal für das Instrument bestimmt zu werden und bleiben dann stets konstant, auch bei Änderungen der Empfindlichkeit oder dergleichen. Die Konstante  $\nu$  ergibt sich ganz einfach mit Hilfe eines Magnettheodoliten dadurch, daß man an ein und demselben Ort mit beiden Instrumenten gleichzeitig die magnetische Nordrichtung ermittelt und daraus die Abweichung der optischen Achse des Fernrohrs gegen die Mittelsenkrechte zur Schwingungsebene des Wagebalkens feststellt\*\*\*). Den Quotienten  $M_1/M_2$  kann man dadurch bestimmen, daß man den Skalenwert  $\alpha_1$  in der West-Ost-Stellung ermittelt, indem man einmal die

\*) Man wählt den Abstand des Systems  $K$  am besten möglichst groß, und zwar so, daß bei der Ausgangsmessung die Gleichgewichtslage des Wagebalkens (ungefähr die Nullage) in der Nordlage ungefähr gleich demjenigen in der Südlage ist.

\*\*) Bei neueren Instrumenten ist daher eine Feinverstellung angebracht.

\*\*\*) Erforderlich ist die Kenntnis von  $\nu$  nur bei sehr genauen absoluten Deklinationsmessungen.

Ablenkung beobachtet, welche ein Stromkreis (sogenannte Helmholtzsche Spulen) von bekannten Dimensionen verursacht, andererseits die Ablenkung, welche stattfindet, wenn man die Schwingungsebene verstellt. Im ersten Falle ist:

$$\alpha_1 = C \frac{i}{n - n_0},$$

wo  $i$  in Milliampere ausgedrückt ist und  $C$  die aus den Dimensionen des Stromkreises sich ergebende Konstante bedeutet. Im zweiten Falle ist, wenn  $\delta$  den (kleinen) Winkel (in Minuten) bedeutet, um welchen die Schwingungsebene verdreht wird:

$$\alpha_1 = \frac{0.000291 \frac{M_1}{M_2} H_0 \delta}{n - n_0} \dots \dots \dots (7a)$$

wobei für  $H_0$  der absolute (abgerundete) Wert der Horizontalintensität in dem betreffenden Gebiet einzusetzen ist. Aus dieser beiden Gleichungen ergibt sich  $M_1/M_2$ .

Die Skalenwerte in der Nordstellung ( $\alpha_2$ ) und in der Südstellung ( $\alpha_3$ ) ermittelt man ganz analog durch Verdrehung der Schwingungsebene um den Winkel  $\delta$ :

$$\alpha_2 = \frac{H_0 (1 - \cos \delta)}{n_0 - n} \dots \dots \dots (7b)$$

$$\alpha_3 = \frac{H_0 (1 - \cos \delta)}{n - n_0} \dots \dots \dots (7c)$$

Ist also  $M_1/M_2$  einmal gegeben, so kann man stets alle Skalenwerte ohne besondere Hilfsmittel in einfacher und schneller Weise durch Verdrehung der Schwingungsebene nach den Gleichungen (7a, b, c) bestimmen\*).

Die Bestimmung der Temperaturkoeffizienten geschieht am zweckmäßigsten in der Weise, daß die Apparate in einem eisenfreien heizbaren Raume aufgestellt werden, in welchem die Temperatur während einer Beobachtungsreihe allmählich ansteigt und wieder sinkt; oder man beobachtet ununterbrochen während der täglichen Temperaturänderung. Nach Gleichung (1) und (6) ist dann:

$$\mu = \frac{a - a_0}{t_0 - t},$$

wo

$$a = \frac{\alpha_1}{2} \left\{ \frac{N_W - N_E}{\lambda} + n_W + n_E \right\} \text{ für } \mu_1,$$

$$a = \alpha_2 n_N \text{ für } \mu_2,$$

$$a = \alpha_3 n_S \text{ für } \mu_3,$$

$$a = \frac{\alpha_3 n_S - \alpha_2 n_N}{2} \text{ für } \mu \text{ ist.}$$

\*) Die Skalenwerte  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  sind etwas abhängig von Größe und Entfernung des Magnetsystems  $K$  und müssen daher, wenn dieses gegen schwächere bzw. stärkere Magnete vertauscht wird, neu bestimmt werden.

Da sämtliche Skalenwerte und Temperaturkoeffizienten etwas von den absoluten Werten der Horizontal- und Vertikalintensität abhängen, so müssen diese, wenn die Instrumente in einem Gebiet mit erheblich abweichenden Werten dieser erdmagnetischen Kraftkomponenten verwendet werden, neu bestimmt werden, was in der angegebenen Weise sehr einfach durchzuführen ist.

Kontrollen:

$$\left. \begin{aligned} 2 \kappa_1 &= \frac{M_1}{M_2} (\kappa_2 + \kappa_3), \\ 2 \mu_1 &= \frac{M_1}{M_3} (\mu_2 + \mu_3). \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

e) Beobachtung und Berechnung. Bei den Beobachtungen sind dieselben Vorsichtsmaßregeln zu treffen, wie sie allgemein bei erdmagnetischen Messungen erforderlich sind. Beobachtung und Berechnung geschehen am besten nach nebenstehendem Schema.

Bei Verwendung zweier Instrumente seien an ungestörten (bzw. an gleich gestörten) Orten die Unterschiede in dem Stand der beiden Apparate (II gegen I):

$$dZ_2 - dZ_1 = F_1, \quad dH_2 - dH_1 = F_2, \quad U_2 - U_1 = F_3 (= \nu_2 - \nu_1).$$

In diesem Falle ergeben sich die erdmagnetischen Abweichungen an den einzelnen Punkten des Wanderapparates II gegen den Punkt des Stationsapparates I nach folgendem Schema:

Berechnungsschema II.

Punkt	$dZ = dZ_2 - dZ_1 - F_1$	$dH = dH_2 - dH_1 - F_2$	$dD = U_1 - B_1 - (U_2 - B_2) - F_3$

Beobachtungs- und Berechnungsschema vereinfachen sich entsprechend, wenn nur eine einzelne Komponente beobachtet wird; ebenfalls können, sollen z. B. nur Vertikalintensitätsmessungen vorgenommen werden, Träger und Fernrohr abgenommen werden. Die Empfindlichkeit ist etwa dieselbe wie bei der Schmidtschen Feldwage (etwa 2 bis 4  $\gamma$  Ablesegenauigkeit); die Sicherheit der Deklinationsbestimmungen etwa 0.5 bis 1 Bogenminute. Die Einstellung auf eine höhere Empfindlichkeit, die selbstverständlich ohne weiteres möglich ist, ist für Geländemessungen unzweckmäßig. Die Art der Temperaturkompensation erwies sich als so gut, daß bei den ersten Apparaten eine Überkompensation



sation eintrat, der Temperaturkoeffizient also negativ wurde; bei den neueren Instrumenten ist er sehr klein.

Für einen einigermaßen eingearbeiteten Beobachter beträgt die Dauer einer vollständigen Messung einschließlich Aufstellung des Instruments etwa 20 bis 25 Minuten. Das Universalvariometer hat sich sowohl bei der Aufnahme schwacher als auch bei der Aufnahme von starken erdmagnetischen Störungen als sehr brauchbar erwiesen \*).

---

## Einige Bemerkungen zur Möglichkeit der Aufsuchung und Lokalisierung von schlecht oder nicht leitenden Einlagerungen im Untergrund mittels elektrischer Wechselstrommethoden.

Von R. Ambronn in Göttingen.

Der Wechselstromwiderstand einer Gesteinsschicht kann nicht über eine gewisse Grenze hinausgehen, da der Verschiebungsstrom niemals verschwindet. Daraus wird gefolgert, daß oberhalb eines Leitungswiderstandes der Bodenschichten von etwa  $4 \cdot 10^6 \text{ Ohm/cm}^{-1}$  die Möglichkeit einer weiteren Auflösung der Bodenstruktur in der Tiefe mittels elektrischer Wechselstrommessungen an der Erdoberfläche aufhört.

Bei der Untersuchung des Untergrundes mit elektrischem Gleichstrom ist die Stromstärke in einem von zwei Äquipotentialflächen begrenzten Teil einer Stromröhre gleich der Spannungsdifferenz zwischen den beiden Äquipotentialflächen dividiert durch den räumlichen Gleichstromwiderstand  $W_z$  des Stromröhrenabschnittes zwischen den beiden Potentialflächen. Für einen kleinen Bereich, in dem man den räumlichen Widerstand als homogen verteilt und daher die Äquipotentialflächen als einander parallele Ebenen, die Stromröhre also als geraden Zylinder ansehen kann, ist dann der räumliche Widerstand des betrachteten Ausschnittes gleich

$$W_z = \frac{d}{\lambda q} \dots \dots \dots (1)$$

wo  $d$  den Abstand der Äquipotentialflächen in Zentimeter,  $q$  den Querschnitt der Stromröhre in Quadratcentimeter und  $\lambda$  die Leitfähigkeit in  $\text{Ohm cm}^{-1}$  bedeutet. Diese Bezeichnung gilt auch für die Leitungsstromkomponente bei Wechselstrom. Bei der Benutzung von Wechselstrom zur Erzeugung des Stromfeldes im Untergrund, geht aber zwischen den Flächenstücken  $q$  der beiden Äquipotentialflächen im Abstand  $d$  noch ein in Phase um  $90^\circ$  voreilender Verschiebungsstrom über. Der scheinbare Widerstand  $W_c$ , welchen das oben be-

---

\*) Das Instrument wird von der Exploration G. m. b. H., Berlin, Linkstr. 25, hergestellt.