
Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

1883. Heft I.



Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1883.

~
In Commission bei G. Franz.



Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 13. Januar 1883.

Herr W. von Beetz legte vor und besprach eine Abhandlung des correspondirenden Mitgliedes, Herrn F. Kohlrausch:

„Ueber die Messung localer Variationen der erdmagnetischen Horizontal-Intensität.“

Während zeitliche Aenderungen der horizontalen Componente des Erdmagnetismus, wenigstens über kürzere Zeiträume, mit fast beliebiger Schärfe gemessen werden können, fehlt es bis jetzt an einem entsprechenden Messungsmittel für die örtlichen Veränderungen. Für den Physiker macht sich dieser Mangel besonders bei der horizontalen Intensität fühlbar.

Schwingungsbeobachtungen. Man kann freilich das alte Mittel anwenden, an den zu vergleichenden Punkten dieselbe Magnetnadel schwingen zu lassen. Aber diese Messung dehnt sich, wenn sie genau sein soll, über eine längere Zeit aus, welcher Umstand hier nicht nur um seiner selbst willen lästig ist, sondern ja auch deswegen schädlich wirkt, weil die zeitlichen Variationen sich mit den örtlichen mischen

und daher entweder zu Ungenauigkeiten oder zu Verwicklungen führen. An zwei hinreichend weit von einander abstehenden Punkten wird ohne Zweifel die gleichzeitige Beobachtung zweier schwingender Nadeln, welche man nachher auswechselt, am zweckmässigsten sein. Stören die Nadeln sich gegenseitig, so mag eine Controlnadel an einem dritten Orte beobachtet werden, oder man beobachtet während der Schwingungen ein Intensitätsvariometer in gleichen kurzen Intervallen und leitet hieraus die Schwankungen der Intensität für die Beobachtungszeiten ab.

Ausführbar ist die Aufgabe so ohne Zweifel, allein nur mit ziemlich grossem Aufwande. Soll der zulässige Fehler $\frac{1}{2000}$ des Ganzen betragen, so muss das Schwingungsdauer-Verhältnis auf $\frac{1}{4000}$ genau bekannt sein. Bis man dies mit Sicherheit aussagen kann, dürfte einschliesslich des Umhängens und Beruhigens mindestens eine Stunde verstreichen. Auch die Feststellung der Temperaturverhältnisse verlangt bei den grösseren Nadeln, welche für die Schwingungen gebraucht werden, beträchtliche Sorgfalt.

Ablenkungsbeobachtungen. Wie man mit einfacheren Mitteln in kürzerer Zeit, aber freilich auch mit geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit zwei Orte auf ihre Horizontalintensität vergleicht, ist bekannt. Man braucht ja nur die Ablenkungswinkel zu messen, welche eine Bussole an den beiden Orten durch einen oder mehrere in bestimmter Lage zu ihr aufgestellte Magnete erfährt. Ich habe bei der Beschreibung des „compensirten Magnetometers“¹⁾ darauf hingewiesen, dass dieses Instrument innerhalb des Betrages der Intensitätsschwankungen (also bis zu einem Fehler von höchstens $\frac{1}{2}$ Procent) zu solchen Vergleichen geeignet ist.²⁾

1) Poggendorff Annalen CXLII. 547. 1871.

2) Einwände, welche H. Hellmann gegen diese Behauptung erhoben hat, sind von H. Strouhal wie ich glaube in bindender Weise zurückgewiesen worden. Carl Repert. XVII. 345.

Durch die Anwendung einer grösseren Bussole kann diese Genauigkeit gesteigert werden, allein die letztere auf $\frac{1}{1000}$ zu bringen, dürfte mit einer Nadel auf einer Spitze kaum ausführbar sein.

Es ist jedoch in der That möglich, durch Ablenkungen eine noch beträchtlich grössere Genauigkeit zu erzielen. Jedenfalls muss man die Nadel dann aufhängen und eine feine Winkelmessung anwenden. Nun lässt sich aber die Gauss-Poggendorffsche Winkelmessung in ihrer gewöhnlichen Form nur auf kleinere Winkel anwenden und würde alsdann nicht viel nützen, da hier die relativen Unterschiede der Winkel in Betracht kommen. Um grössere Ablenkungen der Nadel mit Spiegel und Scale vergleichen zu können, würde man z. B. mit der Drehungsaxe der Nadel zwei gegen einander geneigte Spiegel verbinden.

Localvariometer für feine Messungen.

Am einfachsten und mit allen Vorteilen feiner Winkelmessung kommt man folgendermassen zum Ziele. Man gibt der Nadel zwei um 180° verschiedene Spiegel, was am leichtesten durch einen beiderseitig polirten magnetisirten Stahlspiegel erreicht wird, und legt die ablenkenden Magnete so um, dass die Nadel sich dabei um nahe 180° dreht. Die kleinen Abweichungen von 180° , welche dann je nach der Stärke des Erdmagnetismus verschieden gross sein werden, lassen sich mit Fernrohr und Scale messen.

Um dies zu erreichen, habe ich mich des kürzlich beschriebenen „Intensitätsvariometers mit vier Ablenkungsstäben“¹⁾ bedient, welches nur einer unbedeutenden Ergänzung zu dem vorliegenden Zwecke bedarf. Da das Instrument alsdann als gewöhnliches Magnetometer, als Instrument für die zeitlichen und für die örtlichen Variationen

1) Wiedemann Annalen XV. 545. 1882.

der Horizontalintensität gebraucht werden kann, so verdient es den Namen Universal-Magnetometer.¹⁾

Als Local-Variometer gebraucht man das Instrument in folgender Weise. Man stellt dasselbe an dem einen Vergleichsorte mit nordsüdlich gerichteter Dämpferaxe auf, orientirt mit den Fusschrauben und mit der Fadensuspensionschraube die Nadel in die Mitte des Dämpfers und sucht diejenige Stellung des drehbaren Rahmens, welcher die Ablenkungsstäbe trägt, in der die Nadel senkrecht zum magnetischen Meridiane steht, z. B. mit dem Nordpol nach Osten. Den Meridian liefert hierbei hinreichend genau eine gewöhnliche nicht zu kurze Magnetnadel, deren Richtung die Verbindungslinie vom Aufstellungsorte nach dem Fernrohr gibt. Ueber ein anderes sehr einfaches Verfahren der Meridianbestimmung mit dem Instrumente selbst vergleiche weiter unten. Eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}$ Grad genügt für alle Zwecke.

Diese Stellung des Rahmens wird durch einen an dem festen Kreis befindlichen und einen an den Rahmen selbst anzuschraubenden Anschlag fixirt. Man dreht nun den Rahmen von diesem Anschläge auf die andere Seite, bis die zweite spiegelnde Fläche der Nadel nahe die gleiche Einstellung des Scalenbildes ergibt, d. h. bis der Nordpol der Nadel sich nach Westen gerichtet hat. Diese zweite Stellung des Rahmens wird durch einen zweiten Anschlag fixirt. Zwischen den beiden Anschlägen kann nun der Rahmen mit seinen Ablenkungsstäben hin und her gedreht werden und

1) Schraubt man den einen Arm des Rahmens ab, stellt den letzteren selbst symmetrisch zum Dämpfer und orientirt die Dämpferaxe ostwestlich, so kann man auch das magnetische Moment sehr kleiner Stäbe mittels der Theilungen auf den beiden jetzt ostwestlich gerichteten Arme durch Ablenkungen bestimmen, was mit einem Massstabe aus freier Hand nicht leicht ist, da kleine Entfernungen von der Nadel nicht sicher bestimmt werden können.

liefert, so lange die Horizontalintensität dieselbe ist, an einer gleich weit entfernten Ablesescale immer denselben kleinen Unterschied der Nadeleinstellungen.

Zugleich kann auf der Kreisteilung des Variometers der constante Drehungswinkel 2φ des Rahmens bis auf etwa $0,1^\circ$ abgelesen werden.

Es ist von Vorteil, dass das von den vier Magneten gelieferte magnetische Feld in der Nachbarschaft ihres Mittelpunctes sehr constant ist, so dass Verschiebungen der Nadel um einige Zehntel Millimeter gestattet sind. Um grössere Abweichungen bei der Aufstellung des Variometers an verschiedenen Orten zu verhüten, dient eine mit dem Instrument verbundene Dosenlibelle.

Das ganze Verfahren ist nun das folgende. An dem einen Vergleichsorte stellt man das Instrument in der vorhin angegebenen Weise auf, während der Rahmen an dem einen Anschläge liegt. An einem Fernrohr mit Scale wird die Nadel-Einstellung abgelesen. Dann dreht man bis zu dem anderen Anschläge und liest wiederum die Einstellung ab. Der Unterschied beider Einstellungen betrage n Scalenteile und zwar so gezählt, dass man diejenige Einstellung als Minuendus nimmt, bei welcher einer Vermehrung der Intensität eine Zunahme der Scaleneinstellung entspricht. Bei der gewöhnlichen Anordnung ist dies diejenige Stellung, bei welcher der Nordpol der Nadel nach Westen zeigt.

Ganz dieselbe Operation wird nun an dem zweiten Vergleichsorte ausgeführt und es werde hierbei ein ebenso gezählter Unterschied von n' Scalenteilen zwischen beiden Einstellungen gefunden.

Ist 2φ der Drehungswinkel des Rahmens, A der Scalenabstand bei beiden Beobachtungen, so berechnet sich das Intensitätsverhältnis an beiden Orten

$$\frac{H'}{H} = 1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4 A} (n' - n)$$

oder
$$\frac{H' - H}{H} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4 A} (n' - n). \quad \text{I.}$$

Sollten die Scalenabstände nicht gleich sein, sondern am einen Orte A, am anderen A' betragen haben, so wäre

$$\frac{H' - H}{H} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4} \left(\frac{n'}{A'} - \frac{n}{A} \right).$$

Theorie des Localvariometers.

Es ist notwendig, die Ansprüche an die Genauigkeit der Orientirung kennen zu lernen, deswegen nehmen wir auf einen Fehler in der Aufstellung Rücksicht.

Es sei I die Intensität des magnetischen Feldes, welches die vier Ablenkungsstäbe allein in ihrem Mittelpunkte erzeugen würden. Die Richtung von I bilde mit der Südrichtung des magnetischen Meridians den Winkel $\varphi + \delta$, wo also δ den Orientirungsfehler vorstellt. H sei die erdmagnetische Componente. Durch das Zusammenwirken von I und H erhalte die Nadel eine Stellung, welche wir durch den (kleinen) Winkel ς definiren, welchen die Nordrichtung der Nadel mit der Ostwestrichtung bildet. ς sei nach Norden positiv gezählt. Dann ist offenbar

$$\frac{H}{I} = \frac{\cos(\varphi + \delta - \varsigma)}{\cos \varsigma}.$$

Indem wir nach δ und ς in Reihen entwickeln und höhere Glieder als die quadratischen vernachlässigen, erhalten wir hierfür

$$\frac{H}{I} = \cos \varphi \left[1 + (\varsigma - \delta) \operatorname{tg} \varphi + \delta \varsigma - \frac{\delta^2}{2} \right]. \quad 1.$$

Nun werde der Rahmen um 2φ gedreht, so dass die Richtung von I jetzt mit dem Meridian auf der entgegengesetzten Seite den Winkel $\varphi - \delta$ bildet. Die Nadel stelle sich auf den wie oben definirten Winkel s_1 ein, wobei sie also eine Drehung um $\pi + s + s_1$ ausführt. Dann ist wie oben

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + (s_1 + \delta) \operatorname{tg}\varphi - \delta s_1 - \frac{\delta^2}{2} \right]. \quad 2.$$

Die Addition von 1 und 2 liefert

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + \frac{s + s_1}{2} \operatorname{tg}\varphi + \frac{s - s_1}{2} \delta - \frac{\delta^2}{2} \right]. \quad 3.$$

Wegen der Gleichheit der Ausdrücke 1 und 2 hat man offenbar auch

$$(s - s_1) \operatorname{tg}\varphi + \delta (s + s_1) = 2\delta \operatorname{tg}\varphi$$

und, da δ , s und s_1 klein sind, auch nahe

$$s - s_1 = 2\delta.$$

Setzt man diesen Wert in 3 ein, so kann man schreiben

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + \frac{s + s_1}{2} \operatorname{tg}\varphi + \frac{\delta^2}{2} \right].$$

Solange also $\frac{1}{2}\delta^2$ zu vernachlässigen ist ($\delta = 0,01$ oder $0,6$ Grad gibt $\frac{1}{2}\delta^2 = 1/20000$), so hat man

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left(1 + \frac{s + s_1}{2} \operatorname{tg}\varphi \right) = \cos\varphi \left(1 + \frac{n}{4A} \operatorname{tg}\varphi \right). \quad 4.$$

A bedeutet den Scalenabstand und $\frac{1}{2}(s + s_1)$ ist so klein vorausgesetzt, dass man die beobachteten Einstellungsdifferenzen dem Winkel proportional annehmen kann.

Eine ebensolche Beobachtungsreihe liefere an der anderen Station den Einstellungsunterschied n' , also

$$\frac{H'}{I} = \cos \varphi \left(1 + \frac{n'}{4A} \operatorname{tg} \varphi \right) \quad 5.$$

Die Division von 3 und 4 gibt unter Vernachlässigung höherer Potenzen den obigen Ausdruck

$$\frac{H'}{H} = 1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4A} (n' - n).$$

Der Factor von $n' - n$ ist der Wert eines Scalenteils in Bruchteilen des Erdmagnetismus. Der Scalenwert steht also mit $\operatorname{tg} \varphi$ im Verhältnis und lässt sich beliebig reguliren, da φ um so kleiner wird, je grösser man den Abstand der Magnete gewählt hat (vgl. Wied. Annalen XV. 546). $\varphi = 20^\circ$ und $A = 2500$ mm liefern den Wert des Scalenteils = 0,000036, also eine Empfindlichkeit, welche alle Bedürfnisse übersteigt. Der zehnte Teil davon ist für die meisten Fälle noch vollkommen ausreichend.

Nimmt man den Scalenabstand gleich $\frac{1}{4}$ m, so kann man die Scale fest mit dem Variometer verbinden und hat also ein Instrument, welches sehr bequemen transportabel ist.

Man kann noch die Frage stellen, welchen Fehler eine Unsicherheit im Anschläge des Rahmens bewirkt. Die Frage beantwortet sich sehr einfach. Denn wenn man von Correctionen absieht, so lautet die Formel 1

$$H = I (\cos \varphi + \zeta \sin \varphi).$$

Ändert sich φ um $d\varphi$ und ζ hierdurch um $d\zeta$, so muss sein

$$\cos \varphi + \zeta \sin \varphi = \cos (\varphi + d\varphi) + (\zeta + d\zeta) \sin (\varphi + d\varphi)$$

$$\text{oder} \quad 0 = (-\sin \varphi + \zeta \cos \varphi) d\varphi + \sin \varphi \cdot d\zeta.$$

Da ζ selbst klein ist, folgt hieraus nahe

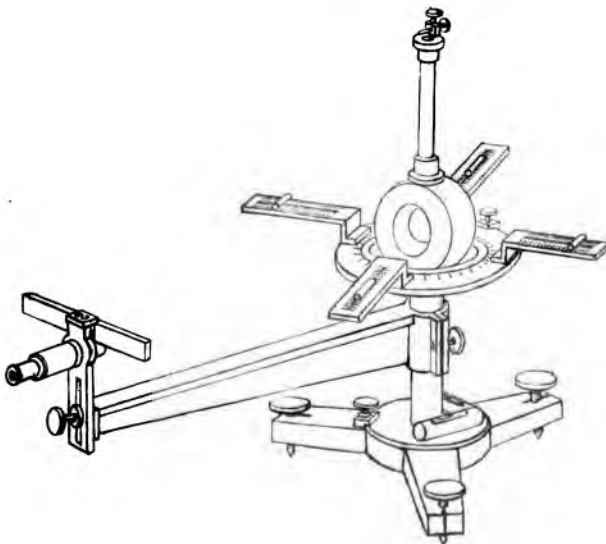
$$d\zeta = d\varphi. \quad 6.$$

Ein bei dem Anlegen des Rahmens begangener Fehler bewirkt also einen eben so grossen Fehler in der Einstellung der Nadel. Je empfindlicher das Instrument gestellt ist, desto kleiner wird der Fehler des Resultates.

Nach meinen Erfahrungen kommen diese Fehler gar nicht in Betracht.

Praktische Ausführung.

Die Messungen lassen sich ohne weiteres mit dem in Wied. Annalen Bd. XV S. 545, Taf. VIII Fig. 5 u. 6 beschriebenen Variometer ausführen, wenn dasselbe die erwähnten Anschläge und eine auf einem der Füsse angebrachte (etwa mit Klebwachs befestigte) Dosenlibelle besitzt. Zur Bequemlichkeit habe ich dem Instrument noch folgende Abänderungen gegeben, wodurch dasselbe seinen sonstigen Zwecken durchaus erhalten bleibt.



Behufs der Orientirung zum Meridian ist die Säule in dem Fusse drehbar und wird mittels einer Scheibe geklemmt. Diese Scheibe trägt zwei zu einander senkrechte kleine Wasserwagen. Ferner sitzt an der Säule ein (abnehmbarer) dreh- und klemmbarer Arm als Träger eines kleinen Fernrohres nebst Millimeterscale, welche letztere sich in 250 mm Abstand vor der spiegelnden Magnetnadel befindet, so dass $4 A = 1000$ ist. Fernrohr und Scale können verstellt oder auch ganz entfernt werden, falls man mit einer weiter abstehenden Scale beobachten will.

Die Libellen sind corrigirbar und werden so justirt, dass sie einspielen, wenn die Nadel mitten im Dämpfer schwebt. Der Aufhängefaden erhält eine solche Länge, dass die Nadel oben und unten gleich weit vom Dämpfer absteht.

Auch in der neuen Form ist das Variometer von H. Eug. Hartmann in Würzburg ausgeführt worden.

Orientirung zum Meridian. Die richtige Stellung lässt sich in überraschend einfacher Weise ohne eine anderweitige Bussole finden. Man benutzt nämlich die grosse Empfindlichkeit, welche die Einstellung der Nadel unter dem Zusammenwirken des Erdmagnetismus und der etwas grösseren Directionskraft der Magnete zeigt, wenn man die letzteren dem Erdmagnetismus gerade entgegenwirken lässt.¹⁾

1) Es sei δ der Winkel, welchen die Directionskraft I der Magnete mit der magnetischen Südrichtung macht. Dann ist der Winkel γ , unter welchem die Nadel gegen den Meridian zur Ruhe kommt, gegeben durch $I : H = \sin \gamma : \sin (\gamma - \delta)$ oder bei der Kleinheit von δ und γ auch $I : H = \gamma : (\gamma - \delta)$. Hieraus folgt $\gamma : \delta = I : (I - H)$. Wenn also I nur wenig grösser ist als H , so wird ein Fehler δ durch ein weit grösseres γ angezeigt.

Richtung der Kraft I ist die Verbindungslinie der beiden aus erster Hauptlage wirkenden Magnete des Rahmens. Da die Magnete hohl sind, so kann man bequem visiren. Auch wenn die Richtung von I wegen einer nicht ganz richtigen Stellung der Magnete mit

Also, nachdem man das Instrument ungefähr richtig, d. h. die Dämpfer-Axe nord-südlich aufgestellt, und die Libellen zum Einspielen gebracht hat, stellt man nun den Rahmen derartig, dass die Nadelrichtung mit der Visirlinie über oder durch die der Nadel zugewendeten Magnete zusammenfällt. In dieser Stellung wird die Nadel eine grosse Schwingungsdauer haben und wird auf eine kleine Verstellung des Rahmens durch eine viel grössere eigene Bewegung reagiren. Es wird für die Folge bequem sein, wenn diese Rahmenstellung genau dem Nullpuncte der Kreisteilung entspricht, was man durch Drehung des Instrumentes erreicht.

Nun weiss man, dass in dieser Stellung die Krafttrichtung des Rahmens mit dem Meridian zusammenfällt. Der Winkel φ ist nun nach beiden Seiten gleich gross zu nehmen und zwar so gross, dass das Fernrohr für beide Stellungen des Rahmens nahe denselben Scalenteil anzeigt. Das Ausprobiren dieser Rahmenstellungen lässt sich sehr schnell ausführen, wenn man berücksichtigt, dass in der Nachbarschaft des richtigen φ Nadel- und Rahmen-Drehung gleich gross sind (vgl. S. 8 Formel 6).

Nachdem die Anschläge fixirt sind, beobachtet man den Einstellungsunterschied n für beide Anschlagstellungen.

Ebenso bestimmt man den Unterschied n' für die andere Station und rechnet dann nach der Formel I S. 6.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass die

der Richtung der Visirlinie nicht ganz genau zusammenfielen, so würde nur ein geringer Fehler entstehen. Zur Controle braucht man übrigens nur den Rahmen um 180° zu drehen, so dass H und I jetzt beide nach Norden wirken um zu sehen, ob die Nadel sich nun wieder in die Visirlinie einstellt.

Diese Bemerkungen und die im Text gegebene Orientierungsmethode beziehen sich natürlich auch auf den Gebrauch des Instrumentes als Zeit-Variometer.

einmalige Fixirung der Anschläge auch für die Folge so lange genügt, als nicht die Ablenkungsmagnete oder der Erdmagnetismus sich wesentlich ändern.

Ueber einige Vorsichtsmassregeln siehe den folgenden Abschnitt.

Temperatur-Einfluss.

Die Directionskraft I der Magnete ändert sich mit der Temperatur, wegen der Abnahme des Stabmagnetismus mit der Wärme und zum kleineren Teil auch wegen der Ausdehnung des Rahmens. Beide Einflüsse getrennt zu bestimmen würde umständlich und zwecklos sein. Wir fassen dieselben zusammen, indem wir annehmen, dass, wenn I der Temperatur t entspricht, für t' gelte

$$I' = I [1 + \mu (t - t')].$$

Vorausgesetzt zuerst, dass μ bekannt sei, so wird, wenn t die Beobachtungstemperatur für die eine, t' für die andere Station war (S. 8, Gl. 5),

$$\frac{H}{I} = \cos \varphi \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4A} n \right)$$

$$I [1 + \mu (t - t')] = \frac{H'}{\cos \varphi \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4A} n' \right)},$$

$$\text{woraus} \quad \frac{H' - H}{H} = (n' - n) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4A} + \mu (t - t'). \quad \text{II.}$$

Ohne Zweifel liegt die Hauptschwierigkeit bei den Vergleichen in den Temperaturschwankungen¹⁾, welche deswegen sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Es ist z. B. durchaus anzuraten, dass die mit dem Instrument beschäftigte

1) Vgl. Wild, *Mélanges de St. Petersb.* 1873. 791.

Hand mit einem Handschuh bekleidet sei. Hand und Körper sollen nicht länger als durchaus nothwendig in der Nähe des Instrumentes bleiben. Nach den ersten, längere Zeit beanspruchenden Orientirungen muss mit der entscheidenden Beobachtung hinreichend lange gewartet werden.

Vergleicht man innerhalb eines Raumes von derselben Temperatur, so ist ein rasches Verfahren das beste Mittel gegen diese Fehler. Also ist es gut, die beiden Plätze, an denen man beobachten will, so vorzubereiten, dass man nach dem Hinsetzen des Variometers nur die Libellen einzustellen hat. Man klebt also bei einer vorläufigen Orientirung an beiden Orten Untersätze für die Fusschrauben mit etwas Wachs in solchen Stellungen fest, dass die richtige Stellung zum Meridian ohne Drehung des Instruments durch die Fussplatten gegeben ist. Nun kann man das Instrument rasch zwischen den beiden Orten auswechseln, nöthigenfalls mehrmals, und jedesmal die Einstellungsunterschiede n durch einige Drehungen des Rahmens beobachten. Die einzelne Aufstellung sammt Beobachtungssatz wird in 5 bis 7 Minuten geschehen sein.

Haben die Vergleichspunkte verschiedene Temperatur, so stellt man neben die Magnete ein Thermometer und wartet nach der Aufstellung des Instrumentes, bis dasselbe die Temperatur der Umgebung hinreichend angenommen hat, wozu im allgemeinen 10 bis 15 Minuten notwendig sein werden. 1^o Temperaturfehler macht bei meinem Instrumente das Resultat um etwa 0,1 Procent fehlerhaft.

Bestimmung des Temperaturcoefficienten μ .
Zu diesem Zwecke braucht man die Messung von n nur an demselben Orte bei zwei verschiedenen Temperaturen t_1 und t_2 auszuführen, also etwa im Winter im geheizten und ungeheizten Zimmer. Allerdings wird diese Bestimmung einige Stunden in Anspruch nehmen, weswegen auf die zeit-

lichen Variationen der erdmagnetischen Intensität Rücksicht zu nehmen ist.

Verfügt man nun nicht über ein zweites Variometer, so lässt ein solches sich leicht improvisiren. Man nimmt nämlich ein beliebiges kleines Magnetometer (etwa die Nadel eines Spiegelgalvanometers) und lenkt die Nadel durch einen fest genäherten Magnet (etwa den Astasirungsmagnet des Galvanometers) um 90° ab. Dann zeigt die Nadel ja die Intensitätsvariationen an. Der Wert des Scalenteils in Bruchteilen der Intensität kann durch eine Vergleichung des Ganges beider Instrumente oder auch aus der Fernwirkung eines bekannten Magnets¹⁾ hinreichend genau ermittelt werden. Selbstverständlich wird das Hilfsinstrument in einem Raume von constanter Temperatur aufgestellt.

Es mögen nun gleichzeitig stattfinden die Intensität H_1 und die Temperatur t_1 sowie der Einstellungsunterschied n_1 des Localvariometers; für eine andere Beobachtung mögen H_2 , t_2 , n_2 gelten. Dann ist der Temperaturcoefficient

$$\mu = \frac{1}{t_1 - t_2} \left[(n_1 - n_2) \frac{\text{tg } \varphi}{4 A} + \frac{H_2 - H_1}{H_1} \right]. \quad \text{III.}$$

$(H_2 - H_1) H_1$ liefert das Hilfsvariometer.

Beobachtungsbelege.

Im eisenfreien Observatorium des Physikalischen Instituts zu Würzburg wurde die Intensität im Mittelpunkt mit derjenigen eines bestimmten Punctes nahe an der Backsteinwand verglichen. Die Beobachtungsplätze waren in der vorhin angegebenen Weise vorbereitet. Zwischen zwei Beobachtungen verstrichen durchschnittlich 6 Minuten. Die

1) Vgl. Kohlrausch, Wiedemann *Annalen* XV. 538, 1882. oder K. Leitfaden d. prakt. Phys. 4. Aufl. S. 171.

kleinen Aenderungen des Thermometers und eines Bifilarvariometers sind in den angegebenen n schon berticksichtigt, was jedoch bei dem gleichmässigen Gang die Resultate kaum beeinflusst.

Es war $\varphi = 35,^{\circ}3$ $A = 2000$ mm, also $\frac{\text{tg } \varphi}{4 A} = 0,000089$.

Man fand

			Mittel	
Oct. 7	$n = 46,7$	$51,0$ mm	$48,8$	$\frac{H'}{H} = 1,00030$
	$n' = 52,2$	"	$52,2$	
Oct. 8	$n = 32,1$	$33,6$ $33,3$ "	$33,0$	$1,00028$
	$n' = 35,3$	$37,0$ "	$36,1$	
Oct. 9	$n = 29,3$	$30,9$ "	$30,1$	$1,00017$
	$n' = 32,0$	"	$32,0$	

Die Uebereinstimmung geht auf etwa $1/8000$ und bewährte sich auch bei anderen Vergleichen in ähnlicher Weise. Selbst wenn die Abweichungen zwei oder dreimal grösser wären, würde man das Ergebnis als ein sehr befriedigendes bezeichnen müssen, wenn man die bisherigen Schwierigkeiten solcher Vergleichen in Betracht zieht.

Der Temperaturcoefficient wurde im kalten und geheizten Zimmer bestimmt, wobei H. Strecker die gleichzeitige Beobachtung eines Bifilarvariometers ausführte. Zwischen beiden Beobachtungssätzen lag ein Zeitraum von etwa 2 Stunden. Der halbe Drehungswinkel φ betrug $20,^{\circ}0$, der Scalenabstand A 2600 mm, woraus $\frac{\text{tg } \varphi}{4 A} = 0,0000350$, welche Empfindlichkeit

freilich überflüssig gross war. Man fand

$$\begin{array}{lll} t_1 = 20,^{\circ}5 & n_1 = -86,1 & \frac{H_2 - H_1}{H_1} = +0,00162 \\ t_2 = 12,^{\circ}2 & n_2 = -275,3 & \end{array}$$

Hieraus berechnet sich

$$\mu = \frac{0,00662 + 0,00162}{8,3} = 0,00099.$$

Ein Paar von Beobachtungen mit steigender Temperatur hatte $\mu = 0,00094$ ergeben.

Mit Rücksicht darauf, dass der Temperaturunterschied nur 8° betrug, ist auch dieses Resultat als ein sehr gutes zu bezeichnen.