JUN 27 1898

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Eine neue Methode, die Inklination und die Horizontalintensität des Erdmagnetismus zu messen.

Von

G. Meyer.

(Mit 3 Textfiguren.)

Die Messung der Inklination geschieht gewöhnlich mittelst des Erdinduktors durch Ausführung von zwei Versuchen. Eine Spule wird zuerst bei horizontaler, dann bei vertikaler Lage der Axe um 180° hin- und zurückgewendet, so dass in der Anfangs- und Endstellung die Ebene der Windungen im ersten Fall mit einer horizontalen Ebene, im zweiten Fall mit einer zum magnetischen Meridian senkrechten Ebene zusammenfällt. Die Lage der Drehungsaxe wird mit Hülfe einer empfindlichen Libelle festgelegt. Die Stärke der durch die Bewegung der Spule hervorgerufenen Induktionsströme misst man nach einem geeigneten Beobachtungsverfahren — Multiplikations- oder Zurückwerfungsmethode — durch das Galvanometer, und der Quotient der in beiden Lagen der Drehungsaxe erhaltenen Stromstärken, welche den Skalenausschlägen proportional sind, liefert die Tangente des Inklinationswinkels. Bringt man die Drehungsaxe in die Inklinationsrichtung, so bleibt bei der Drehung um 180° die Spule stromlos. Diese neutrale Stellung der Drehungsaxe sucht man nach dem Vorgange des Herrn K. Schering[1] bei neueren Erdinduktoren dadurch auf, dass man die Drehungsaxe oberhalb und unterhalb der Inklinationsrichtung kleine Winkel mit dieser bilden lässt, und jedesmal den durch Wendung der Spule um 180° entstandenen Galvanometerausschlag nach der Multipli-

[1] K. Schering, Nachrichten der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1882, p. 345.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kationsmethode misst. Aus den Winkeln, welche in beiden Stellungen die Drehungsaxe mit der horizontalen bildet und den beobachteten Galvanometerausschlägen berechnet man die Inklination. Beide Arten der Verwendung des Erdinduktors führen verschiedene Missstände mit sich. Die Wendung der Spule, welche zu bestimmten

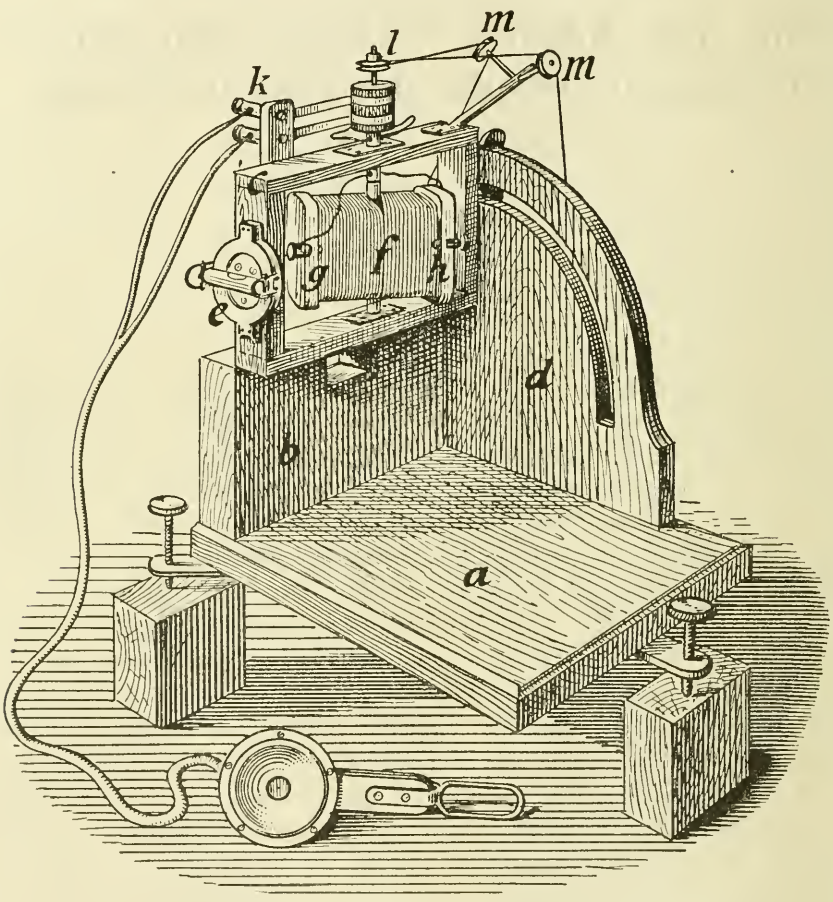

Fig. 1.

Zeiten geschehen muss, wird bei vertikaler und horizontaler Lage der Drehungsaxe und der dadurch bedingten Veränderung in der Haltung des Armes nicht in derselben Weise ausgeführt, wodurch merkliche Fehler entstehen können. Für Beobachtungen auf Reisen verlangt das Verfahren den Transport eines Galvanometers und der zur Aufstellung nöthigen Stative. In der folgenden Abhandlung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wird eine Konstruktion des Erdinduktors angegeben, welche die neutrale Stellung der Drehungsaxe mittelst des Telephons oder des Kapillarelektrometers erkennen lässt. Die Spule wird ferner nicht hin- und zurückgewendet, sondern in eine kontinuirliche Rotation versetzt, deren Geschwindigkeit nicht konstant zu sein braucht. Die Beobachtungsmethode wurde geprüft an einem funktionsfähigen Modell des Instrumentes[1], welches in Fig. 1 dargestellt ist.

Zwei Bretter *a* (30 × 24 cm) und *b* (12 × 24 cm) sind rechtwinklig gegeneinander befestigt. An seiner oberen Kante trägt *b* einen durch Charniere befestigten Holzrahmen *c*, dessen Innenraum 12 cm hoch und 20 cm breit ist. In eine schmale Seite des Rahmens ist ein starker Messingstift eingesetzt, welcher durch einen kreisförmigen Schlitz eines Brettes *d* hindurchgeht, welches, mit *a* und *b* fest verbunden, eine Seitenwand des Apparates bildet. Der Mittelpunkt des kreisförmigen Schlitzes fällt mit der Axe der den Rahmen tragenden Charniere zusammen, so dass der Rahmen zwischen der vertikalen und horizontalen Lage bewegt und in jeder Stellung mittelst einer auf dem Messingstift laufenden Flügelmutter, welche auf die Aussenseite von *d* drückt, festgeklemmt werden kann. Die nicht an der Seitenwand gleitende schmale Seite des Rahmens trägt einen Theilkreis *e*, auf dem durch Nonien Minuten abgelesen werden. Die Nonien befinden sich an einem mit dem Theilkreise konzentrischen Kreise, welcher eine Libelle trägt, durch deren Einstellung die Neigung des Rahmens gegen den Horizont ermittelt wird. Im Innern des Rahmens befindet sich eine drehbare Spule, deren Messingaxe durch den oberen Theil des Rahmens hindurchgeführt ist, während das andere Ende der Axe in einem Lager steckt, welches in dem die Charniere tragenden Stück des Rahmens angebracht ist. Die Spule enthält einen aus etwa 100 Stück dünnen, lackirten, weichen Eisenblechs bestehenden Kern von 10 cm Länge und 6 cm Breite. Der Querschnitt des Kernes ist ein Quadrat von 6 cm Seite. Die Enden der Bleche liegen in zwei Brettern *g* und *h*, welche durch an das mittelste Blech angelöthete Messingschrauben zusammengehalten werden. Der Eisenkern ist senkrecht zu den Blechen durchbohrt und steckt auf einem Messing-

[1] Das beschriebene Instrument ist ein Modell, welches mit Rücksicht auf geringe Herstellungskosten gebaut wurde. Sollte ein derartiges Instrument als Präcisionsinstrument ausgeführt werden, so wären verschiedene Veränderungen nöthig, vor allem z. B. eine symmetrische Verstellung des die rotirende Spule enthaltenden Rahmens.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

rohr, welches über die Axe geschoben ist, so dass der Kern sich im Innern des Rahmens befindet. Die Bleche sind bewickelt mit etwa 4000 Umwindungen von 0,25 mm dickem doppelt übersponnenem Kupferdraht, welcher zwei von einander getrennte Wickelungen bildet, deren Enden zu vier auf den Brettern angebrachten Klemmschrauben geführt sind. Der durch den Rahmen hindurch gehende Theil der Axe ist hohl und enthält zwei doppelt übersponnene Drähte, welche aus je zwei Oeffnungen oberhalb und unterhalb der Rahmenwand in's Freie treten. Die Drähte sind ausserhalb des Rahmens mit zwei von der Axe isolirten Schleifringen verbunden, innerhalb desselben zu den Klemmschrauben geführt, welche die Enden der Spulenwicklung bilden. Auf den Schleifringen gleiten zwei Federn, welche durch Klemmschrauben *k* auf dem Rahmen befestigt sind. Oberhalb der Schleifringe sitzt auf der Axe eine kleine Riemenscheibe. Ueber diese und eine grössere vertikale an der mit dem kreisförmigen Schlitz versehenen Seitenwand des Apparates befestigte Scheibe läuft eine Schnur, sodass mit dem Uebersetzungsverhältniss 1 : 10 die Axe sich in Rotation versetzen lässt. Die Axe der grossen Scheibe fällt zusammen mit der Axe der Charniere, welche den Rahmen tragen, und die Schnur ist über Messingrollen *m*, welche an dem Rahmen befestigt sind, von der grossen auf die kleine Scheibe geleitet, so dass die Schnur der Bewegung des Rahmens kein Hinderniss bereitet. Auf das äusserste Ende der Axe kann eine Platte gesteckt werden, welche senkrecht zur Axe ist und einer justirbaren Libelle als Unterlage dient. Vermittelst der Libelle stellt man die Drehungsaxe vertikal und ermittelt nach Einstellung der Libelle am Theilkreis die Ablesung, welche der vertikalen Stellung der Axe entspricht. Eine weniger einfache Methode zur Bestimmung des Indexfehlers des Kreises ist die folgende. Zuerst bestimmt man den Horizontpunkt des Vertikalkreises eines Theodoliten durch Beobachtung eines Kamins und seines Spiegelbildes im Quecksilberhorizont. Das Fernrohr wird horizontal gestellt und der Punkt eines entfernten Gegenstandes, etwa eines Hauses, bemerkt, dessen Bild auf das Fadenkreuz fällt. Dann stellt man den Erdinduktor gegenüber dem Theodoliten auf und klebt an das Ende der Axe mit Wachs eine beidseitig spiegelnde versilberte Glasplatte. Alsdann wird das Spiegelbild des an dem Hause bemerkten Punktes in zwei um 180° von einander entfernten Stellungen des Spiegels beobachtet und durch Bewegung des Spiegels und Verstellung der Axe erreicht, dass in beiden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Lagen des Spiegels der bemerkte Punkt des Hauses am Fadenkreuz des Theodolitfernrohres erscheint. Ist dieser Zustand erreicht, so liegt die Drehungsaxe in der Spiegelebene, und steht die Drehungsaxe vertikal. Eine nach beiden Methoden vorgenommene Bestimmung des Indexfehlers ergab die Werthe $-9'$ und $-10'$. Nach Anbringung dieser Korrektion geben die Kreisablesungen den Neigungswinkel der Spulenaxe gegen den Horizont.

Um eine Messung der Inklination auszuführen, wird zunächst das Instrument in den magnetischen Meridian gebracht, indem man eine Magnetnadel über einem Striche auf dem Grundbrett *a* spielen lässt, welcher die Projektion der Axe auf dieses Brett bildet; die auf den Eisenkern gewickelte Spule muss zu dem Versuche entfernt werden. Vermittelst der an *a* befindlichen Fussschrauben wird die Kante von *b*, an welche die Charniere angeschraubt sind, nach Aufsetzen einer Libelle horizontal gestellt. Ist das Instrument vollkommen gebaut, so wird bei Bewegung des Rahmens der Endpunkt der Drehungsaxe einen grössten Kreis beschreiben. Die Klemmschrauben an den Schleiffedern werden mit einem Telephon verbunden, mit dem sich der Beobachter so weit vom Instrument zu entfernen hat, dass keine magnetische Einwirkung auf dasselbe erfolgt. Lässt man z. B. bei vertikaler Stellung der Axe die Spule rotiren, so machen sich die durch die Horizontalintensität des Erdmagnetismus induzirten Wechselströme im Telephon durch ein knackendes Geräusch merklich, welches noch wahrgenommen wird, wenn das Telephon 2—3 cm vom Ohre entfernt ist. Nähert man die Richtung der Drehungsaxe der Inklinationsrichtung, so nimmt das Geräusch im Telephon ab, um zu verschwinden, wenn diese Richtung erreicht ist. Die Ablesung des Theilkreises giebt dann nach Anbringung des Indexfehlers die Inklination. Bei dem unvollkommenen Modell konnte völliges Schweigen im Telephon nicht erreicht werden, weil die Bewegung in den Charnieren die Axe nicht genau im magnetischen Meridian führte. Mehrere Versuche lieferten das Minimum von Geräusch bei einer Neigung der Axe gegen den Horizont von $62^0\,45'$. Eine Veränderung der Neigung um $2'$ rief eine sehr merkliche Verstärkung des Tones hervor. An der Stelle, an welcher der Erdinduktor gestanden hatte, ergab eine Beobachtung mittelst eines Nadelinklinatoriums, dessen Vertikalkreis in halbe Grade getheilt war, für die Inklination[1] den Werth $62^0\,42'$.

[1] Die Abweichung des beobachteten Werthes von dem aus Tabellen der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Durch eine geringe Abänderung kann man das Instrument auch geeignet machen, die Horizontalintensität zu messen. Das Brett *b* (Fig. 2) erhielt zu dem Zwecke einen Einschnitt in der Mitte der den Rahmen tragenden Charniere. In den Einschnitt ist eingesetzt eine 4 cm breite Leiste *n* von 31 cm Länge, welche an jedem Ende ein vertikal nach oben gerichtetes, 15 cm langes Stück *o* trägt.

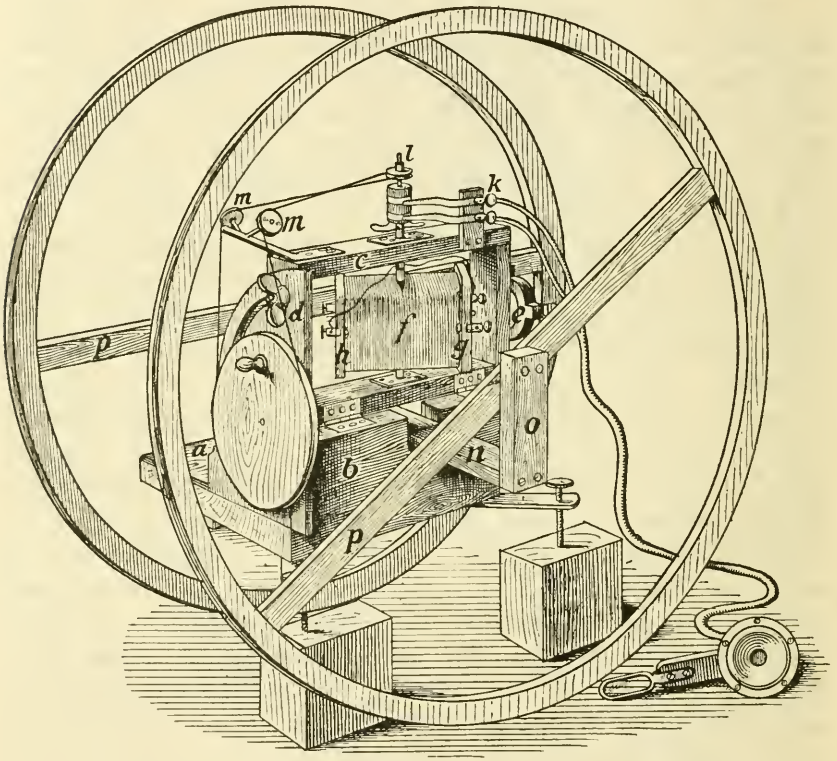

Fig. 2.

An diese letzteren sind Leisten *p* angeschraubt, welche die Durchmesser von zwei gleichen Kreisen von 31 cm Radius bilden, deren Ebenen vertikal stehen. Der Beobachter hat vor der Ausführung einer Messung dafür Sorge zu tragen, dass die Axe der Kreise in die Richtung der Deklination fällt, was durch Aufsetzen einer Magnetnadel auf *a* oder *n* geschieht. Diese aus Holz hergestellten

erdmagnetischen Elemente entnommenen erklärt sich durch die Wirkung der im Hause verbauten Eisenmassen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Kreise waren mit je 11 Windungen eines 0,9 mm dicken Kupferdrahtes bewickelt und standen in einem Abstande von 31 cm von einander, so dass bei vertikaler Drehungsaxe die Mitte der Spule zwischen den Kreisen von deren Umfängen allseitig gleich weit entfernt war. Die Wickelungen wurden hinter einander geschaltet und durch dieselben ein galvanischer Strom gesandt. Besondere Vorsicht ist darauf zu verwenden, dass die Zuleitungsdrähte des Stromes gut um einander gewickelt sind; selbst eine kleine Stromschleife macht sich störend bemerkbar. Die Richtung des Stromes wird so gewählt, dass das durch denselben erzeugte Magnetfeld der horizontalen Komponente des Erdmagnetismus entgegengesetzt gerichtet ist. So lange die beiden Felder ungleich stark sind, hört man bei rotirender Spule ein Geräusch im Telephon. Durch Regulirung der Stromstärke kann man völliges Schweigen erzielen; in diesem Augenblick ist das erdmagnetische Feld durch das von dem Strome hervorgerufene kompensirt, und wird die Stromstärke an einem eingeschalteten Ampèremeter gemessen. Die Methode ist so empfindlich, dass eine Veränderung der Stromstärke um 0,001 Ampère im Telephon bemerkt wird. Die Kreise sind so angeordnet, dass ihre Mittelpunkte von der Mitte der Spule um die Hälfte des Radius abstehen. Wenn man den Anfangspunkt der Koordinaten in die Mitte der Spule legt und die Dicke der Drahtwindungen auf den Kreisen vernachlässigt, so ist das magnetische Potential der Kreise gegeben durch den Ausdruck[1]

$$V = \frac{4\pi i(1-\mu^2)}{2h}\left[\frac{r^2 P_2(m)}{1\cdot 2}\cdot\frac{1}{\rho}\frac{dP_1(\mu)}{d\mu}\right.$$
$$+\frac{1}{3\cdot 4}r^4 P_4(m)\frac{1}{\rho^3}\frac{dP_3(\mu)}{d\mu}+\cdots\cdots\quad(1)$$
$$\left.+\frac{1}{5\cdot 6}r^6 P_6(m)\frac{1}{\rho^5}\frac{dP_5(\mu)}{d\mu}\cdots\right]_{z-h}^{z+h}$$

In dieser Gleichung bedeuten i die Stromstärke, α die Zahl der Umwindungen auf jedem Kreise, $2h$ die Breite der Wickelung; z ist der Abstand des betrachteten Punktes von der durch den Anfangspunkt parallel den beiden Kreisen gelegten Ebene, r der Abstand dieses Punktes vom Anfangspunkt, m der cos des Winkels, welchen

[1] F. NEUMANN, Vorlesungen über elektrische Ströme, herausgegeben von VON DER MÜHL, Leipzig 1884, p. 194.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

r mit der Axe der Kreise bildet, ρ die Entfernung der mittleren Umwindung der Kreiswickelung vom Anfangspunkt, μ der cos des Winkels, den ρ mit der Axe bildet; $P(m)$ und $P(\mu)$ bedeuten Kugelfunktionen. Vermöge der gewählten gleichen Abstände der Kreise vom Anfangspunkte wird $\frac{d P_3(\mu)}{d\mu} = o$, so dass das zweite Glied des Ausdruckes (1) verschwindet. Die Rechnung hat nun ergeben, dass der Einfluss des dritten Gliedes $^5/_{16000}$ des ersten Gliedes nicht übersteigt innerhalb des Raumes, in dem sich die rotirende Spule bewegt. Man kann sich daher zur Berechnung des Potentiales der Kreisströme auf das erste Glied beschränken. Dieses lässt sich in die Form bringen

$$V = \frac{4\pi i \alpha R^2}{\rho^3} z,$$

wo R den Radius der Kreise bedeutet. Die Feldstärke ist dann als konstant anzusehen und der Grösse nach gegeben durch den Ausdruck

$$\frac{4\pi i \alpha R^2}{\rho^3}.$$

Bei einem nach dieser Methode angestellten Versuche im Erdgeschoss des Instituts betrug die Stromstärke gemessen an einem geaichten Ampèremeter von HARTMANN und BRAUN 0,640 Amp., woraus sich die Feldstärke zu 0,206 berechnet. Eine Uebertragung mittelst des Intensitätsvariometers von F. KOHLRAUSCH von diesem Orte nach einem Zimmer, in dem die Horizontalintensität nach der gewöhnlichen Methode mittelst eines Magnetometers gemessen war, lieferte den Werth 0,205. Nach diesem Resultate scheint die vorgeschlagene Methode die Horizontalintensität mit derselben Genauigkeit zu liefern wie das Magnetometer, aber in wesentlich kürzerer Zeit. Eine Diskussion, welchen Einfluss etwaige Fehler in der Stellung der Kreise oder Ungenauigkeiten der Aufstellung auf die Messungen ausüben, würde erst Interesse darbieten, wenn ein wirkliches Messinstrument gebaut wäre.

An Stelle des Telephons kann man zur Untersuchung, ob die rotirende Spule stromfrei ist, mit gutem Erfolge ein Kapillarelektrometer anwenden. Da dasselbe durch die Spule beständig kurz geschlossen ist, so erfolgt die Depolarisation so schnell, dass es den auftretenden Schwingungen folgt. Sobald die Spannung der Wechselströme einen sehr kleinen Betrag erreicht hat, beobachtet man nur

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

noch Formänderungen des Meniskus. Dieses Reagens auf Wechselströme schien empfindlicher zu sein als das Telephon.

Nach dem benutzten Prinzip lässt sich leicht ein zur Messung der Inklination geeigneter Erdinduktor improvisiren, indem man zwei Galvanometerrollen an einer drehbaren Axe, deren Neigung gegen den Horizont messbar geändert werden kann, so befestigt, dass die Spulenaxe senkrecht gegen die Drehungsaxe gerichtet ist. Mit Hülfe einer Kompassnadel wird die Drehungsaxe in den Meridian orientirt. Wählt man Rollen, welche viel Umwindungen enthalten, und untersucht mit einem empfindlichen Kapillarelektrometer auf Stromfreiheit, so kann man die Inklination bis auf $^1/_{10}{}^0$ genau messen.

Die Vortheile der vorgeschlagenen Messungsmethoden gegenüber dem jetzt üblichen scheinen die folgenden zu sein:

Bei der Messung der Inklination kann die Spule in beliebigem Sinne mit beliebiger Geschwindigkeit, deren Konstanz nicht gefordert wird, rotiren und es entfällt das ermüdende Wenden der Spule. Da das Aufsuchen der neutralen Lage der Drehungsaxe schnell gelingt, so wird gegen das jetzige Verfahren Zeit gespart.

Die Messung der Horizontalintensität nach Gauss dehnt sich über einen längeren Zeitraum aus und liefert den Mittelwerth der gesuchten Grösse während dieser Zeit. Demgegenüber sind die Beobachtungen nach der vorgeschlagenen Methode in wenigen Minuten erledigt und geben die Horizontalintensität für einen bestimmten Zeitpunkt. Ein Vorzug ist ferner, dass mit einem Instrument nach einmaliger Aufstellung Inklination und Horizontalintensität gemessen werden. Diese Eigenschaft macht Erdinduktoren der beschriebenen Art ganz besonders für die Reise geeignet; die Transportfähigkeit ist dadurch erhöht, dass nach Entfernung der Kreise, welche gesondert verpackt werden, das Instrument in sehr kompendiöser Form ausgeführt werden kann. Bei Benutzung des Telephons sind keinerlei empfindliche Theile, wie z. B. ein Galvanometer, dessen Magnet an einem Coconfaden hängt, mitzuführen. Die Ausrüstung mit galvanischen Elementen kann unterbleiben, wenn der Beobachter sich mit einer kleinen Dynamomaschine versieht, welche durch die Hand getrieben den erforderlichen Strom liefert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: Eine neue Methode, die Inklination und die Horizontalintensität des Erdmagnetismus zu messen. 293-301