

Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Band: 46 (1905)

Artikel: Erdmagnetische Messungen für St. Gallen und Umgebung
Autor: Kopp, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-834926>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

XVI.

Erdmagnetische Messungen für St. Gallen und Umgebung.

Von Professor Dr. R. Kopp.

Die drei erdmagnetischen Elemente Deklination, Inklination und Stärke der erdmagnetischen Kraft werden gegenwärtig mit grosser Genauigkeit auf eigenen eisenfreien Observatorien beobachtet. Diese Bestimmungen werden benützt einerseits zur Herstellung genauer Karten des Erdmagnetismus, wie solche z. B. in dem physikalischen Atlas von Berghaus, Abteilung IV, enthalten sind, und anderseits zur Zusammenstellung von Tabellen über Deklination, Inklination und Intensität für verschiedene Zeiten und Orte. Auch die mittleren jährlichen Veränderungen dieser Elemente werden bestimmt, so dass es möglich wird, auf Grund der gegebenen Werte für einen nach Länge und Breite bekannten Ort die Elemente des Erdmagnetismus angenähert zu berechnen. Solche Berechnungen für einen gegebenen Ort haben aber nur dann Gültigkeit, wenn in grösserem Umkreis um denselben keine Eisenmassen vorhanden sind. Im Freien, entfernt von grössern Häusergruppen, von Schienengeleisen und elektrischen Starkstromleitungen ergeben die genannten Berechnungen angenähert richtige Werte. Für alle jene An-

wendungen, wo die Orientierungsboussole zu Beobachtungen im Freien gebraucht wird, ist demnach durch die oben genannten Tabellen hinreichend gesorgt, indem die Deklination aus jenen mit genügender Genauigkeit entnommen werden kann. Für Messungen in physikalischen Laboratorien im Innern von Gebäuden muss aber der Wert der erdmagnetischen Kraft von Ort zu Ort für verschiedene Zeiten bestimmt werden, da ganz erhebliche Unterschiede an verschiedenen Orten und Zeiten auftreten. Für eine grosse Zahl magnetischer und elektrischer Messungen ist die Kenntnis der erdmagnetischen Kraft und zwar gewöhnlich die horizontale Komponente derselben erforderlich. Wenn auch in der technischen Praxis heutzutage genau gearbeitete Ampère-, Volt- und Wattmeter gebaut und angewendet werden, so besitzen dieselben doch nicht zeitlich unveränderliche Konstanten und für jede wissenschaftlich genaue Messung müssen die Konstanten der genannten Instrumente kontrolliert werden, was aber nicht anders möglich ist, als dass man auf die absoluten elektromagnetischen Messungen zurückgeht. Ich habe es deshalb unternommen, für das physikalische Laboratorium der St. Galler Kantonsschule die erdmagnetischen Messungen durchzuführen, insbesondere die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft, ferner die Inklination und damit die Totalkraft selbst zu bestimmen. Um eine Vergleichung mit andern Messungen zu erhalten, habe ich sodann für verschiedene passend gelegene Orte in der Umgebung von St. Gallen mit einem Variometer die erdmagnetische Horizontalintensität bestimmt. Die verwendeten Instrumente entsprechen dem Prinzip nach jenen, welche von Gauss, Weber, Lamont

und Kohlrausch in die Praxis eingeführt worden sind. In der nachfolgenden Abhandlung soll nun über die Apparate, ihre Verwendung und die bis jetzt erhaltenen Messresultate berichtet werden. Die Messungen gliedern sich in die absolute Messung der horizontalen Intensität der erdmagnetischen Kraft nach verschiedenen Methoden, in die Bestimmung der Inklination und Totalkraft, in die Beobachtung der Variationen der Horizontalintensität für verschiedene Zeiten und Orte des Laboratoriums und der Umgebung von St. Gallen.

I. Die absolute Messung der Horizontalintensität der erdmagnetischen Kraft.

Die Methode für die Messung der erdmagnetischen Kraft im absoluten Masssystem verdanken wir C. F. Gauss, welcher am 15. Dez. 1832 in der Sitzung der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften seine berühmte Abhandlung: „*Intensitas vis magneticæ terrestris ad mensuram absolutam revocata*“ vorlas. In dieser klassischen Arbeit zeigt Gauss, wie es möglich ist, die magnetische Kraft in einem unveränderlichen Mass zu messen, während alle frühern Messungen des Erdmagnetismus z. B. jene von Humboldt und Hansteen, nur in relativem Masse ausgeführt worden sind. Die Messungen des Erdmagnetismus im absoluten Masssystem nach Gauss setzen sich zusammen aus Schwingungsbeobachtungen eines Magneten zur Bestimmung des Produktes aus dem magnetischen Moment M desselben in die horizontale Komponente H der erdmagnetischen Totalkraft und aus Ablenkungsbeobachtungen, welche durch diesen Magneten auf einen andern beweglichen Magneten hervorgebracht werden, zur Bestimmung des Quotienten

aus obigen Grössen M und H , womit dann jede einzelne für sich berechnet werden kann. Wird sodann noch die Inklination der erdmagnetischen Totalkraft bestimmt, so kann letztere ebenfalls aus der horizontalen Teilkraft derselben erschlossen werden.

Wird ein schwerer Magnetstab an einem feinen Draht aufgehängt, so dass der Magnet sich in horizontaler Ebene um die vertikale Axe drehen kann, so wird derselbe um seine Gleichgewichtslage, die mit dem magnetischen Meridian des Beobachtungsortes zusammenfällt, Schwingungen ausführen. Dieselben können durch Fernrohr mit Skala in dem mit dem Magneten in Verbindung stehenden Spiegel in ihrem zeitlichen Verlaufe beobachtet werden. Ist das Trägheitsmoment des schwingenden Magneten um die vertikale Axe K , und bedeutet Θ die Torsionskonstante des Aufhänge drahtes, φ der Ablenkungswinkel und t die laufende Zeit, so ist die Bewegungsgleichung des schwingenden Magneten

$$K \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -MH \left(1 + \frac{\Theta}{MH}\right) \varphi$$

wenn nur kleine Schwingungen, wie solche bei Fernrohrbeobachtungen in Betracht kommen, vorausgesetzt werden. Wird die Zeit von dem Momente an gezählt, in welchem der schwingende Magnet durch seine Ruhelage hindurchgeht, so ist die Lösung der obigen Differentialgleichung

$$\varphi = A \sin \left(\sqrt{\frac{MH(1+q)}{K}} \cdot t \right)$$

wobei q für $\frac{\Theta}{MH}$ gesetzt ist.

Für die einfache Schwingungsdauer des Magneten,

welche durch die Beobachtungen ermittelt werden kann, ergibt sich so:

$$1. T_1 = \pi \sqrt{\frac{K}{MH(1+q)}}$$

Zur Bestimmung des Trägheitsmomentes des schwingenden Magneten samt seiner Aufhängevorrichtung wird dasselbe um einen konstanten Betrag C durch Aufsetzen von passenden Massen auf den Magneten vergrößert, wodurch eine neue vergrößerte Schwingungsdauer T_2 erhalten wird:

$$2. T_2 = \pi \sqrt{\frac{K+C}{MH(1+q)}}$$

Aus 1 und 2 ergibt sich eine Formel zur Bestimmung des Trägheitsmomentes K

$$3. \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{K+C}{K}$$

und eine weitere zur Bestimmung des Produktes MH

$$4. MH = \frac{\pi^2 K}{T_1^2(1+q)} = \frac{\pi^2 (K+C)}{T_2^2(1+q)}$$

Auf die Bestimmung des konstanten Trägheitsmomentes C und der Torsionskorrektur $q = \frac{\Theta}{MH}$ soll bei der Besprechung der verschiedenen Apparate und der Beobachtungsergebnisse eingegangen werden.

Der zweite Teil der Beobachtung besteht in der Bestimmung des konstanten Ablenkungswinkels, welchen der vorher benützte Magnet vom Momente M an einem in horizontaler Ebene beweglichen zweiten Magneten hervorbringt. Denken wir uns den vorigen Magneten mit seiner Axe in die Ostwest-Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian horizontal gelegt und in derselben Geraden in der gleichen horizontalen Ebene

einen zweiten Magneten vom Moment M_1 beweglich um die vertikale Axe aufgestellt, so wird dieser letztere Magnet durch den ersten aus seiner Ruhelage im magnetischen Meridian herausgelenkt und wird unter dem Einfluss der erdmagnetischen Kraft und der des ablenkenden Magneten eine neue Gleichgewichtslage annehmen. In dieser Lage mache die Axe des beweglichen Magneten mit dem magnetischen Meridian den Ablenkungswinkel u . Ist die Distanz der Mittelpunkte beider Magnete r und die halbe Poldistanz des ablenkenden l und die des zweiten λ , so ist das Drehmoment von Seiten des ablenkenden Magneten auf den beweglichen gleich:

$$\frac{2 M M_1}{r^3} \left\{ 1 + 2 \frac{l^2}{r^2} + (15 \sin^2 \varphi - 3) \frac{\lambda^2}{r^2} \right\} \cos u$$

Diesem Drehmoment wirkt dasjenige von Seiten der horizontalen Komponente H der erdmagnetischen Kraft und der Torsion des Aufhängefadens entgegen, welches gleich ist

$$M_1 H (1 + q') \sin u, \text{ wobei } q' = \frac{\Theta'}{M_1 H} \text{ ist.}$$

Aus der Gleichsetzung der links- und rechtsdrehenden Drehmomente folgt eine Gleichung zur Bestimmung des Quotienten $\frac{M}{H}$. Um diese letztere Gleichung in einfache Form zu bringen und damit die Beobachtungsmethode zu vereinfachen, kann über die Grössen l und λ passend verfügt werden. Man kann, nach der Methode von Gauss-Lamont, den beweglich aufgestellten Magneten klein wählen, so dass der Wert $\left(\frac{\lambda}{r}\right)^2$ gegenüber der Einheit verschwindend klein wird,

wodurch die Gleichung für die Ruhelage des abgelenkten Magneten sich reduziert auf:

$$\frac{2 M M_1}{r^3} \cos u \left[1 + 2 \frac{l^2}{r^2} \right] = M_1 H (1 + q') \sin u.$$

Daraus findet man für die Berechnung von $\frac{M}{H}$ den Ausdruck:

$$5. \quad \frac{M}{H} = \frac{1}{2} r^3 \left[1 - 2 \frac{l^2}{r^2} \right] (1 + q') \operatorname{tg} u.$$

Die halbe Poldistanz l des ablenkenden Magneten in dieser Formel kann durch Messung des Ablenkungswinkels u für eine zweite Distanz r der Mittelpunkte beider Magnete ermittelt werden. Nach der Methode Gauss-Kohlrausch werden die Längen der beiden Magnete so gewählt, dass das Korrektionsglied in der Klammer, nämlich:

$$2 \frac{l^2}{r^2} + (15 \sin^2 \varphi - 3) \frac{\lambda^2}{r^2}$$

gegenüber der Einheit nur sehr klein wird, wonach man die Formel für die Berechnung von $\frac{M}{H}$ auf die Form bringen kann:

$$6. \quad \frac{M}{H} = \frac{1}{2} \cdot \frac{r^3 \operatorname{tg} u}{1 + \frac{\eta}{r^2}} (1 + q')$$

Auch hier muss das kleine Korrektionsglied $\frac{\eta}{r^2}$ im Nenner (bei dem von mir benützten Apparat erreichte es kaum den Wert von $\frac{4}{1000}$) durch Ablenkungsbeobachtungen in zwei verschiedenen Entfernungen r_1 und r_2 ermittelt werden.

So ergeben sich nach Obigem zunächst zwei Methoden und Apparatengruppen zur Bestimmung der

horizontalen Komponente der erdmagnetischen Kraft und nach beiden wurden zur Vergleichung die Messungen durchgeführt. Ich will die erste die Methode nach „Gauss-Lamont“ nennen und unter II. darüber berichten und eine zweite will ich nach „Gauss-Kohlrausch“ nennen und unter III. behandeln. Eine weitere Methode besteht darin, dass man das elektrochemische Äquivalent des Silbers als bekannt voraussetzt, indem dasselbe durch viele Beobachter mit besonderer Sorgfalt bestimmt worden ist. Dann kann mit dem Silbervoltmeter und einer Tangentenboussole ebenfalls die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft bestimmt werden. Ich benützte diese letztere Methode zur Kontrolle, die weitem Mitteilungen über diese Messungen finden sich im Abschnitt IV.

Der Ort, an welchem die Messungen nach diesen Methoden durchgeführt wurden, befindet sich in der Mitte des Laboratoriums. In nächster Umgebung dieses Platzes, ich will ihn den Platz A nennen, befindet sich kein Eisen. Erst in grösserer Entfernung sind Gas- und Wasserleitungsröhren und Heizkörper. In noch grösserer Entfernung sind Maschinen und magnetische Apparate der Demonstrationssammlung. Dieselben bedingen in ihrer Gesamtheit nicht nur eine Änderung in der Intensität von konstantem Betrage, sondern auch eine Änderung in der Richtung derselben.

II. Messungen mit dem Apparat nach Gauss-Lamont.

Der zu den Messungen verwendete Magnetstab stammt aus der Werkstätte des Herrn Zellweger in Uster und zeigt ein starkes und nahe konstantes magnetisches Moment. Der Stab hat eine Länge von 25,26 cm,

eine Breite von 1,96 cm und eine Dicke von 0,98 cm und wiegt 398,7 Gramm. Das magnetische Moment per $\overline{\text{cm}}^3$ beträgt etwa 260, der Stab ist demnach nach speziellem Verfahren gut magnetisiert worden. Für den Stab wurde ein passendes rechteckiges Aufhängeschiffchen hergestellt und vermittels desselben konnte der Magnet an einem langen dünnen Kupferdraht an der Decke des Zimmers aufgehängt werden. Der Magnetstab selbst wurde durch einen Kartonkasten vor Luftströmungen geschützt, so dass derselbe regelmässige Schwingungen ausführte, mit langsam abnehmender Amplitude. Die Schwingungsdauer wurde nach der allgemein üblichen Methode aus mindestens 100 Schwingungen bestimmt, gleichzeitig beobachtete ich den Mittelwert der Schwingungsamplitude α , um die Schwingungsdauer auf unendlich kleine Bogen zu reduzieren nach der Formel

$$7. \quad T = \frac{T_\alpha}{1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

Die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Schwingungsdauern bedeuten immer die nach obiger Formel reduzierten Werte derselben. Zur Bestimmung des Trägheitsmomentes von Magnet mit Schiffchen setzte ich auf beide Seiten, genau die Enden des Magneten tangierend, kleine Messingzylinder auf. Diese sind genau gleich schwer, jeder hat eine Masse von $M = 75,753$ gr. Ebenso sind die Querschnittsradien gleich und zwar $2,40 \text{ cm} : 2 = 1,2 \text{ cm}$. Wenn die beiden Zylinder in der oben angegebenen Weise auf die Enden des Magneten aufgesetzt waren, so hatte jede Zylinderaxe von der vertikalen Drehungsaxe die Distanz $d = 11,43 \text{ cm}$. Bedeuten r , φ und h die Zylinderkoordinaten,

also $dv = r dr d\varphi dh$ das Raumelement und ρ die Dichte, so ist das Trägheitsmoment des Zylinders bezogen auf seine Axe gleich

$$\begin{aligned} \rho \int_0^r \int_0^{2\pi} \int_0^h r^3 dr d\varphi dh &= \rho h \int_0^r \int_0^{2\pi} r^3 dr d\varphi = \\ 2\pi \rho h \int_0^r r^3 dr &= 2\pi \rho h \frac{r^4}{4} = r^2 \pi h \rho \frac{r^2}{2} = m \frac{r^2}{2} \end{aligned}$$

Das Trägheitsmoment des schwingenden Magneten ist daher durch die beiden Zylinder um den konstanten Betrag

$$8. C = 2m \left[d^2 + \frac{r^2}{2} \right]$$

vergrössert worden. Führen wir in die Formel (8) die angegebenen Zahlenwerte ein, so wird

$$C = 151,506 \left\{ 11,43^2 + \frac{1,2^2}{2} \right\} = 19902 \text{ gr. } \overline{\text{cm}}^2.$$

Um bei den spätern Messungen nicht jedesmal wieder das Trägheitsmoment des schwingenden Magneten bestimmen zu müssen und dadurch die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft in kürzerer Zeit durch Beobachtung nur einer Schwingungsdauer erhalten zu können, wurde zunächst ein Beobachtungssatz zur Bestimmung des Trägheitsmomentes nach Formel (3) durchgeführt. In der nachfolgenden Tabelle I sind die reduzierten Schwingungsdauern T_2 und T_1 mit und ohne aufgesetzten Zylindern für die verschiedenen Tage, ebenso der berechnete Wert $\frac{T_2}{T_1}$ und sein Quadrat und endlich der Wert des Trägheitsmomentes K selbst angegeben.

Der Mittelwert des Trägheitsmomentes ergibt sich aus der letzten Kolonne zu $K = 21319 \text{ gr. } \overline{\text{cm}}^2$.

Tabelle I.

Datum	T ₂	T ₁	T ₂ : T ₁	(T ₂ : T ₁) ²	K
17. III. 06 .	12,6570s	9,0980s	1,3912	1,9353	21279
24. III. 06 .	12,6510	9,0953	1,3909	1,9346	21294
10. IV. 06 .	12,6474	9,0949	1,3906	1,9338	21313
11. IV. 06 .	12,6553	9,1003	1,3906	1,9339	21311
19. IV. 06 .	12,6242	9,0901	1,3888	1,9288	21433
20. IV. 06 .	12,6375	9,0937	1,3897	1,9310	21377
21. IV. 06 .	12,6535	9,0947	1,3913	1,9357	21270
23. IV. 06 .	12,6614	9,0972	1,3918	1,9371	21238
24. IV. 06 .	12,6586	9,1009	1,3909	1,9346	21295
25. IV. 06 .	12,6444	9,0995	1,3910	1,9310	21377

Um nach Formel (4) das Produkt des magnetischen Momentes M in die gesuchte Horizontalintensität H zu erhalten, muss noch die Korrektur $q = \frac{\Theta}{MH}$, herrührend von der Torsion des Aufhängedrahtes, bestimmt werden. Der Magnet wurde zu diesem Zwecke aus seiner Ruhelage im magnetischen Meridian um 360° gedreht und zwar verschiedene Male nach links und rechts herum. Bei einmaliger Drehung um 360° zeigt sich eine neue Gleichgewichtslage mit einem Ablenkungswinkel u, welcher der Gleichung

$$MH \sin u = \Theta (360 - u)$$

genügen muss. Daraus ergibt sich zur Bestimmung von $q = \frac{\Theta}{MH}$ die Formel:

$$9. \quad q = \frac{\sin u}{360^\circ - u}$$

Für den verwendeten Aufhängedraht war der Anschlag an der Skala 28,0 mm bei einem Skalaabstand von $D = 1582$ mm; danach wird die Grösse $q = 0,00283$.

Zur Berechnung der Werte von MH für sämtliche oben angeführten Versuchsreihen wurde der oben angegebene Mittelwert von $K = 21319 \text{ gr. } \overline{\text{cm}}^2$ benützt, ebenso für alle spätern Versuchsreihen, wo jedesmal nur noch die Schwingungsdauer des unbelasteten Magneten beobachtet worden ist.

Die Ablenkungsbeobachtungen sind bei den ersten Versuchsreihen in zwei verschiedenen Distanzen der Mittelpunkte beider Magnete in $r_1 = 112,5 \text{ cm}$ und in $r_2 = 100,5 \text{ cm}$ durchgeführt worden, um einen richtigen Mittelwert für die halbe Poldistanz l des stabförmigen Magneten zu erhalten. Aus den Beobachtungsreihen vom 11. bis 25. April fand ich einen Mittelwert von $2l^2 = 171,5 \overline{\text{cm}}^2$. Dieses entspricht einer Poldistanz von 73% der Länge des Magneten. Das zweite Klammerglied in der Formel 5, nämlich $\frac{2l^2}{r^2}$, erreicht daher Werte, die etwa $1\% - 2\%$ betragen. Als beweglicher Magnet für die Ablenkung diente ein kleiner, ringförmiger Magnet eines Magnetometers mit Kupferdämpfung und Spiegelablesung. Um die Exzentrizität in der Aufhängung des beweglichen Magneten zu eliminieren und ferner die Beobachtungsfehler in der Ermittlung der Distanzen r_1 und r_2 auf ein Minimum zu reduzieren, sind die Beobachtungen in der Ost- und Westlage durchgeführt worden. Dabei wurde in jeder der vier Stellungen Ost I und II und West I und II der Magnet um seine Symmetrieaxe gedreht und auch abwechselungsweise Nordpol und Südpol dem beweglichen Magneten zugekehrt. Dadurch ist eine eventuelle Abweichung der magnetischen Axe des ablenkenden Magneten von der geometrischen Axe desselben aus den Beobach-

tungen eliminiert, und so ein zuverlässiger Mittelwert für die Ausschläge der beweglichen Nadel erhalten worden. Gewöhnlich wurden an jeder Beobachtungsstelle 8 verschiedene Ausschläge bestimmt und daraus der Mittelwert gezogen für die Berechnung von $\frac{M}{H}$.

In den Beobachtungsreihen nach dem 25. April habe ich, um die Zeit der Messung abzukürzen, nur noch in der Distanz $r_2 = 100,5$ cm in Ost- und Westlage gemessen und den früher bestimmten Wert von 21^2 zur Berechnung herangezogen. Endlich musste auch für die Ablenkungsbeobachtungen die Korrektion q' bezüglich der Torsion bestimmt werden. Der Faden war ein dünner Coconfaden von etwa 25 cm Länge. Bei einer Drehung um 360° und einem Skalenabstand von 1379 mm fand ich einen mittleren Ausschlag von 95 mm, woraus der Faktor $1 + q' = 1,0054$ wird. Auf die genaue Ermittlung der Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian ist besondere Sorgfalt verwendet worden, ebenso auf die genaue horizontale Lage und richtige Höhe des ablenkenden Magneten. In der nachfolgenden Tabelle II sind nun die Resultate der längern Zahlenrechnung aufgeführt.

Wir finden in der ersten Kolonne der Tabelle II das Datum der Messung, in der zweiten Kolonne das magnetische Moment M , in der dritten die Temperatur in Celsiusgraden und in der vierten die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft H in absoluten oder [C. G. S.] Einheiten. Der erhaltene Mittelwert von H ist noch um einen geringen Betrag zu verkleinern, wegen des von der Erde in dem Magnetstab induzierten Magnetismus. Derselbe ist nämlich, je nachdem der

Tabelle II.

Datum	Magnet. Moment M	Temperatur t	Horizontal- intensität H
11. IV. 06	12670	14.1°C	0.1996
19. IV. 06	12696	14.0	0.1999
20. IV. 06	12689	14.0	0.1998
21. IV. 06	12680	13.9	0.1996
23. IV. 06	12705	13.0	0.1991
24. IV. 06	12682	14.3	0.1994
25. IV. 06	12653	15.0	0.2000
26. IV. 06	12682	15.7	0.1996
27. IV. 06	12680	15.7	0.1998
28. IV. 06	12682	15.8	0.2004

Mittel M = 12678.

Mittel H = 0.1997.

Magnet mit seiner Axe im magnetischen Meridian steht, wie bei den Schwingungsbeobachtungen, oder mit seiner Axe senkrecht zum magnetischen Meridian steht, wie bei den Ablenkungsbeobachtungen, verschieden gross.

Diese kleine Korrektion wird durch einen Faktor $1 - \frac{\Delta}{2}$

ausgedrückt, wobei Δ aus der Gleichung $\Delta = 0,25 m \frac{H}{M}$

zu berechnen ist. Für den verwendeten Magneten ist

m nach früher 398,7 gr. und $\frac{H}{M}$ ist von der Ordnung

$\frac{0.2}{12678}$. Also wird der Faktor $1 - \frac{\Delta}{2} = 0.9992$ und die

Korrektion beträgt etwa $\frac{8}{10000}$ in dem Wert der hori-

zontalen Komponente, so dass diese schliesslich im Mittel gleich wird:

$$H = 0.19954 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

Von diesem Mittelwert weichen die Resultate für die verschiedenen Tage nur um einige Tausendstel ab. Diese Abweichungen finden ihre Erklärung zum Teil in den magnetischen Variationen und zum Teil in der Unvollkommenheit der Apparate und der möglichen Beobachtungsfehler. Ebenso erklären sich auch die kleinen Unterschiede im magnetischen Moment M des Dauermagneten und überdies durch die kleinen Änderungen in der Temperatur des Magneten.

III. Messungen mit dem Apparat nach Gauss-Kohlrausch.

Der Apparat besteht aus einem Messinggehäuse, welches auf einem Dreifuss mit Stellschrauben um die vertikale Axe drehbar aufgesetzt ist. Auf dem Gehäuse ist eine Glasröhre von 30 cm Höhe passend montiert zur Aufnahme des Aufhängefadens, welcher an der obern Trommel eines Torsionskreises von 10 cm Durchmesser befestigt ist. Der Faden kann ohne Drehung auf- und abwärts bewegt werden. Unten am Faden hängt zunächst ein Stäbchen, das den Spiegel trägt und dann ein doppelter Hacken zur Aufnahme des Magnetstabes. Um den schwingenden Magnetstab vor Luftströmungen zu schützen, können von beiden Seiten über seine Enden Holzkästchen mit Glasfenstern in das Messinggehäuse eingeschoben werden. Durch ein kleines Fenster im Gehäuse können die Schwingungen des Magneten mit Fernrohr und Skala im Spiegel beobachtet werden. Dieser Apparat wurde am gleichen Platze A des Laboratoriums auf einem 2,5 m langen Balken aufgestellt, welcher für die Ablenkungsversuche dienend, genau senk-

recht zum magnetischen Meridian befestigt war. Der für die Schwingungen bestimmte Stahlmagnet hat eine Länge von 16,06 cm und einen Durchmesser des kreisförmigen Querschnitts von 1,12 cm und eine Masse von 127,2 gr. Auf der Zylinderoberfläche sind genau in gleichen Distanzen von der Mitte kleine Rinnen eingedreht, zur Aufnahme der Aufhängehaken. Zwei weitere Paare von Rinnen in der Distanz $2 d_1 = 10,04$ cm und $2 d_2 = 15,05$ cm dienen zur Aufnahme der Schneiden zweier Messingringe, die zur Vergrößerung des Trägheitsmomentes um einen Betrag C_1 oder C_2 auf den Magnetstab aufgesetzt werden können. Die Zylinderringe sind genau gleich gearbeitet, ihr äusserer Durchmesser ist $2 R_2 = 3,20$ cm und ihr innerer Durchmesser $2 R_1 = 2,22$ cm. Die Breite des rechteckigen Querschnittes ist $b = 0,82$ cm. Die Masse eines Ringes beträgt $m = 28,388$ gr. Die Beobachtung der Schwingungsdauern des Magneten geschah genau in gleicher Weise, wie mit dem frühern Apparat. Um auch hier nicht immer alle drei Schwingungsdauern bestimmen zu müssen, führte ich zunächst einen Satz von Beobachtungen durch zur Ermittlung des Trägheitsmomentes des Magneten mit Aufhängevorrichtung. Es wurde die Schwingungsdauer des Magneten ohne Belastung T_1 , dann jene mit Belastung durch die Ringe in der inneren Lage T_2 und in der äusseren Lage T_3 und schliesslich wieder T_1 ohne Belastung gemessen. Das Trägheitsmoment der aufgesetzten Ringe kann auf dem Wege der Rechnung gefunden werden. Bedeuten r, φ, z die Zylinderkoordinaten und $r dr d\varphi dz$ das Raumelement, so ist das Trägheitsmoment eines Ringes in Beziehung auf den mittleren vertikalen Durchmesser

$$\begin{aligned}
K_1 &= \rho \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} dz \, d\varphi \, dr [r^2 \cos^2 \varphi + z^2] r = \\
&= \rho b \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} r^3 \, dr \cos^2 \varphi \, d\varphi + \rho \frac{b^3}{12} \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} r \, dr \, d\varphi = \\
\rho b &= \frac{R_2^4 - R_1^4}{4} \int_0^{2\pi} \cos^2 \varphi \, d\varphi + \frac{b^3 \rho}{12} \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} \int_0^{2\pi} d\varphi = \\
K_1 &= b \rho \pi (R_2^2 - R_1^2) \left[\frac{R_1^2 + R_2^2}{4} + \frac{b^2}{12} \right]
\end{aligned}$$

Nun ist $b \rho \pi (R_2^2 - R_1^2) = m$, also wird:

$$10. \quad K_1 = m \left(\frac{R_2^2 + R_1^2}{4} + \frac{b^2}{12} \right)$$

Demnach wird das konstante zugefügte Trägheitsmoment für die innere Lage der Ringe

$$11. \quad C_1 = 2m \left(d_1^2 + \frac{R_1^2 + R_2^2}{4} + \frac{b^2}{12} \right)$$

Führen wir in diese Formel die entsprechenden Zahlenwerte ein, so wird

$$C_1 = 56,776 \left[5,02^2 + \frac{1,11^2 + 1,60^2}{4} + \frac{0,82^2}{12} \right] = 1487,76 \text{ gr. } \overline{\text{cm}}^2$$

Das zugefügte Trägheitsmoment für die äussere Lage der Ringe wird ähnlich erhalten zu:

$$12. \quad C_2 = 2m \left[d_2^2 + \frac{R_1^2 + R_2^2}{4} + \frac{b^2}{12} \right]$$

Bei Einführung der entsprechenden Zahlenwerte wird also:

$$C_2 = 56,776 \left[7,525^2 + \frac{1,11^2 + 1,6^2}{4} + \frac{0,82^2}{12} \right] = 3272 \text{ gr. } \overline{\text{cm}}^2$$

In der Tabelle III finden wir nun die entsprechenden Schwingungsdauern, ferner die Quadrate ihrer Quotienten und die mit Hülfe derselben berechneten Trägheits-

momente K_{12} , K_{13} , K_{23} , wobei die Formel 3 entweder C_1 oder C_2 oder beide zugleich enthalten muss.

Tabelle III.

Datum	T_1	T_2	T_3	$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$	$\left(\frac{T_3}{T_1}\right)^2$	$\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^2$	K_{12}	K_{13}	K_{23}
1. II. 06	7,1314 ^s	8,8368 ^s	10,5228 ^s	1,5353	2,1813	1,4180	2779	2770	2780
24. II. 06	7,4320	9,2060	10,9720	1,5344	2,1795	1,4204	2784	2756	2774
15. III. 06	7,4811	9,2678	11,0470	1,5346	2,1804	1,4209	2783	2772	2752
12. IV. 06	7,5111	9,3162	11,0979	1,5383	2,1830	1,4190	2764	2766	2771
19. IV. 06	7,5152	9,3185	11,0991	1,5376	1,1812	1,4187	2768	2770	2773
20. IV. 06	7,5197	9,3158	11,0981	1,5349	1,1783	1,4192	2781	2777	2796
21. IV. 06	7,5922	9,4122	11,2122	1,5369	1,1809	1,4190	2770	2771	2771
23. IV. 06	7,6038	9,4305	11,2290	1,5381	1,1809	1,4178	2765	2771	2784
24. IV. 06	7,6113	9,4402	11,2384	1,5378	1,1804	1,4173	2766	2772	2787
25. IV. 06	7,6082	9,4426	11,2397	1,5402	1,1824	1,4168	2754	2767	2792
						Mittel	2771	2769	2778

Ziehen wir von allen erhaltenen Werten das Mittel, so ergibt sich das Trägheitsmoment des Magneten, samt Aufhängehacken und Spiegel zu:

$$K = 2772,7 \text{ gr. } \overline{\text{cm.}}^2$$

Dieser Mittelwert ist bei der Berechnung aller Beobachtungsreihen für die Bestimmung der horizontalen Komponente mit diesem Apparat zu Grunde gelegt worden. Diese Messungen erstrecken sich vom 12.—28. April, wo neben der Bestimmung der Schwingungsdauern auch die Ablenkungsbeobachtungen durchgeführt wurden.

Für die Ablenkungs-Beobachtungen besitzt der Apparat zu beiden Seiten ca. meterlange Messingträger in der Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian gestellt und auf dem Balken durch Stützen mit Stell-schrauben aufruhend. Auf diese Messingträger konnte

der Magnet sowohl in Ost- als in Westlage in gleicher Distanz vom Mittelpunkt des Apparates auf passende Unterlagen gelegt werden. Der bewegliche Magnet, der an Stelle des frühern im Apparat aufgehängt wurde, ist von gleichem Querschnitt wie der ablenkende, hat aber eine Länge von 12,9 cm. Um die Schwingungen desselben zu dämpfen, konnte das Holzgehäuse mit Glasfenstern entfernt werden und durch ein rechteckiges Kästchen aus elektrolytischem Kupfer von 5 mm Wanddicke ersetzt werden. Dieses bewirkte, dass der Magnet trotz seiner grossen Masse, rasch in der abgelenkten Lage zur Ruhe kam. Die Ablenkungsversuche wurden ähnlich wie beim ersten Apparat in den ersten Versuchsreihen in vier Lagen, nämlich in Ost I. und II. und West I. und II. ausgeführt. Die Distanzen waren $r_1 = 79,49$ cm und $r_2 = 99,49$ cm. Aus den Beobachtungen vom 12.—25. April erhielt ich als Mittelwert für η in der Formel 6 $\eta = 26,3$. Dieser Wert wurde auch für die Berechnung der spätern Versuchsreihen benützt, wo nur noch die Ablenkungen in Ost I. und West I. beobachtet wurden. Die Korrektion $\frac{\eta}{r^2}$ ergab dann $\frac{26,3}{79,49^2} = 0,0041$ gegenüber dem ersten Gliede, welches = 1 ist. Die Torsion des dünnen Seidenfadens, der gerade noch im stande war, den Magneten mit Belastung zu tragen, konnte mit Hilfe des Torsionskreises bestimmt werden, wurde aber so klein befunden, dass sie nicht mehr in der Rechnung berücksichtigt werden musste. Bei einer Drehung des Torsionskopfes um 30° war die Änderung in der Ruhelage des Magneten nur 0,5 mm bei einem Skalenabstand von 1700 mm. In der folgenden Tabelle IV sind nun die Resultate der Be-

rechnungen zusammengestellt. Wir finden Datum des Versuches, magnetisches Moment M , zugehörige Temperatur t und die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft H verzeichnet.

Tabelle IV.

Datum	Moment M	Temperatur t	Horiz. Komp. H
12. IV. 06	2428	14.5	0.1996
19. IV. 06	2434	14.0	0.1990
20. IV. 06	2427	14.3	0.1996
21. IV. 06	2377	13.9	0.1997
23. IV. 06	2361	13.2	0.2004
24. IV. 06	2362	14.5	0.1999
25. IV. 06	2369	15.0	0.1993
26. IV. 06	2367	15.6	0.1995
27. IV. 06	2362	16.0	0.2000
28. IV. 06	2366	15.7	0.1997
	Mittel = 2384		Mittel = 0.19967

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass das magnetische Moment des vor den Beobachtungen hergestellten und magnetisierten Magneten langsam auf einen konstanten Wert abgenommen hat, wie das schon aus der stetigen Zunahme der Schwingungsdauern desselben aus der Tabelle III erkannt wird. Der obige Mittelwert von H ist auch hier noch um den geringen Betrag, wegen des von der Erde induzierten Magnetismus zu verkleinern. Der Faktor $1 - \frac{\Delta}{2}$, mit welchem der Mittelwert von H noch zu multiplizieren ist, wird hier $1 - \frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 127 \cdot \frac{0,2}{2384} = 0,9987$.

Der Mittelwert von H für die Messungen mit dem Apparat nach Gauss-Kohlrausch wird dadurch nun:

$$H = 0,19941 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

IV. Kontrollmessung mit dem Silbervoltmeter.

Um eine Prüfung der gefundenen Werte der horizontalen Komponente vorzunehmen, wurde noch eine Messung mit dem Silbervoltmeter durchgeführt. Bedeutet α das elektrochemische Äquivalent des Silbers, i die Stromstärke und z die laufende Zeit, so ist die in der Zeit z im Silbervoltmeter ausgeschiedene Silbermasse

$$m = \alpha \int_0^z i \, dz$$

Um das Integral auswerten zu können, muss der zeitliche Verlauf der Stromstärke i durch die Ausschläge des Magneten einer Tangentenboussole bestimmt werden. Bezeichnet R den mittleren Radius der Drahtwindung der Boussole und befindet sich der kleine bewegliche Magnet genau im Mittelpunkt derselben und ist u der Ausschlagswinkel des Magneten aus dem magnetischen Meridian, so ist die Stromstärke

$$13. \quad i = \frac{RH}{2\pi} \operatorname{tg} u \left[1 - \frac{3}{4} \frac{\lambda^2}{R^2} \right] (1 + q)$$

im absoluten elektromagnetischen Maasse. Dabei ist H die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft, λ die halbe Poldistanz des kleinen Magneten und $q = \frac{\Theta}{MH}$ die Korrektur wegen der Torsion des Aufhängefadens. Wird der Ausschlagswinkel der Boussole von Minute zu Minute bestimmt und so gut wie möglich konstant gehalten, so kann obiges Integral berechnet werden. Es ist dann

$$14. \quad m = \alpha \frac{R H}{2 \pi} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{\lambda^2}{R^2} \right) (1 + q) \int_0^z \operatorname{tg} u \, dz$$

eine Gleichung, aus welcher der Wert der horizontalen Komponente H bestimmt werden kann, durch Messung der ausgeschiedenen Silbermasse, wenn der Wert von α als bekannt betrachtet wird. Das elektrochemische Äquivalent des Silbers α ist aber mit grosser Genauigkeit von Kohlrausch bestimmt worden zu $\alpha = 0.01118$ gr. in [C. G. S.] Einheiten.

Nach Entfernung der magnetischen Messapparate stellte ich die Tangentenboussole an demselben Platze A genau im magnetischen Meridian auf und beobachtete von Minute zu Minute die Skalenausschläge des Boussolenmagneten. Den Strom für die Elektrolyse lieferte eine Akkumulatorenbatterie, so dass die Ausschläge, wie die nachfolgenden Zahlen zeigen, nur geringe Veränderungen im Laufe der Zeit aufwiesen. Das Silbervoltmeter besteht aus einer Platinschale mit chemisch reiner Silberanode in Form eines 2 cm dicken Silberstabes. Vor und nach der Elektrolyse wurde die Platinschale mit destilliertem heissem Wasser gut ausgewaschen und nachher mit absolutem Alkohol ausgetrocknet. Zur Ermittlung der zeitlichen Veränderung der Ruhestellung des Magneten kehrte ich den Strom im Boussolekreis mittelst eines Stromwenders alle 10 Minuten. Im nachfolgenden Protokoll erkennt man nun den zeitlichen Verlauf des Versuches vom 25. April vormittags.

Masse der Platinschale vor dem Versuche $m_1 = 19,867$ gr. Ruhelage des Magneten $= 200.0$.

Zeit 9 ^h 48 ^m Stromschluss		Zeit 9 ^h 50 ^m Ausschlag	375.0
„ 9 ^h 49 ^m Ausschlag	375.0	„ 9 ^h 51 ^m „	375.1

Zeit 9 ^h 52 ^m	Ausschlag	375.1	Zeit 10 ^h 16 ^m	Ausschlag	375.8
„ 9 ^h 53 ^m	„	375.3	„ 10 ^h 17 ^m	„	375.8
„ 9 ^h 54 ^m	„	375.4	„ 10 ^h 18 ^m	„	375.8
„ 9 ^h 55 ^m	„	375.4	„ 10 ^h 19 ^m	„	27.5
„ 9 ^h 56 ^m	„	375.4	„ 10 ^h 20 ^m	„	27.5
„ 9 ^h 57 ^m	„	375.3	„ 10 ^h 21 ^m	„	27.5
„ 9 ^h 58 ^m	„	375.3	„ 10 ^h 22 ^m	„	27.6
„ 9 ^h 59 ^m	„	26.8	„ 10 ^h 23 ^m	„	27.4
„ 10 ^h 00 ^m	„	26.9	„ 10 ^h 24 ^m	„	27.6
„ 10 ^h 01 ^m	„	26.8	„ 10 ^h 25 ^m	„	27.5
„ 10 ^h 02 ^m	„	26.8	„ 10 ^h 26 ^m	„	27.5
„ 10 ^h 03 ^m	„	27.0	„ 10 ^h 27 ^m	„	27.3
„ 10 ^h 04 ^m	„	27.0	„ 10 ^h 28 ^m	„	27.6
„ 10 ^h 05 ^m	„	26.9	„ 10 ^h 29 ^m	„	375.5
„ 10 ^h 06 ^m	„	27.0	„ 10 ^h 30 ^m	„	375.5
„ 10 ^h 07 ^m	„	27.0	„ 10 ^h 31 ^m	„	375.8
„ 10 ^h 08 ^m	„	27.0	„ 10 ^h 32 ^m	„	375.8
„ 10 ^h 09 ^m	„	375.4	„ 10 ^h 33 ^m	„	375.8
„ 10 ^h 10 ^m	„	375.5	„ 10 ^h 34 ^m	„	375.9
„ 10 ^h 11 ^m	„	375.6	„ 10 ^h 35 ^m	„	376.0
„ 10 ^h 12 ^m	„	375.8	„ 10 ^h 36 ^m	„	376.0
„ 10 ^h 13 ^m	„	375.6	„ 10 ^h 37 ^m	„	376.0
„ 10 ^h 14 ^m	„	375.6	„ 10 ^h 38 ^m	„	376.0
„ 10 ^h 15 ^m	„	375.6	Öffnung des Stromes.		

Ruhelage des Magneten = 200.0.

Masse der Platinschale nach dem Versuche $m_2 = 21,457$ gr.

Skalenabstand vom Spiegel = 1661 mm.

Daraus ergibt sich nun zunächst der mittlere Skalen-
ausschlag = 174,31. Die Teile der Skala sind nicht
ganz genaue Doppelmillimeter; um den Ausschlag auf
mm zu reduzieren, muss nach Multiplikation mit 2

noch $\frac{1}{800}$ subtrahiert werden, so dass der mittlere Ausschlag in mm wird:

$$s = 2 \times 174,31 \left(1 - \frac{1}{800}\right) = 384,62 - 0,43 = 384,19 \text{ mm.}$$

Daraus erhält man als Tangente des mittleren Ausschlagswinkels $\text{tg } u = 0,10369$.

Ferner ist $z = 50 \times 60 = 3000$ Sekunden.

$$m = m_2 - m_1 = 21,457 - 19,867 = 1,590 \text{ gr.}$$

$$1 + q = 1,00476.$$

$$1 - \frac{3 \lambda^2}{4 R^2} = 0,9990 \text{ und } R = 14,32 \text{ cm.}$$

Die Gleichung für die Berechnung von H wird:

$$15. \quad H = \frac{2\pi m}{\alpha R \left(1 - \frac{3 \lambda^2}{4 R^2}\right) (1 + q) z \cdot \text{tg } u}$$

Führt man hier alle oben angegebenen Werte in diese Gleichung ein, so erhält man:

$$H = \frac{2 \times 3,1416 \times 1,590}{0,01118 \times 14,32 \times 0,9990 \times 1,00476 \times 3000 \times 0,10369}$$

$$H = 0,19985 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

Dieser Wert der Horizontalkomponente ist nur um $1\frac{1}{2}$ Tausendstel grösser als der Mittelwert der mit den magnetischen Messapparaten erhaltenen, so dass wir nun den mittleren Wert aus allen Messungen als Wert der horizontalen Komponente der erdmagnetischen Kraft an dem Platze A des Laboratoriums betrachten dürfen, für den Zeitraum, über welchen sich die Messungen ausdehnten. Es ist nach

$$\text{Methode 1: } H = 0,19954$$

$$\text{„ 2: } H = 0,19941$$

$$\text{„ 3: } H = 0,19985$$

$$\text{Mittelwert: } H = 0,1996 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

Dieser Wert von H ist nun für die nachfolgenden Messungen zu Grunde gelegt worden.

V. Bestimmung der Inklination und Totalintensität.

Die Bestimmung der Inklination geschah nach der Weber'schen Methode der Erdinduktion. Die Drehaxe des für die Messung hergestellten Erdinduktors kann in horizontaler und vertikaler Lage fixiert und genau um 180° gedreht werden. Der durch Erdinduktion erzeugte Strom wurde mit Hilfe eines ballistischen Galvanometers gemessen. Das schwere astatische Magnetpaar desselben hat eine so grosse Schwingungsdauer, dass die Zeit für die Drehung des Induktors um 180° dagegen nur klein ist. Steht der Erdinduktor so, dass die Normale zu dessen Windungen in den magnetischen Meridian und überdies horizontal zu liegen kommt, so ist bei einer Drehung der Induktorspule die horizontale Komponente H induzierend tätig. Ist die Summe aller Windungsflächen F und der elektrische Widerstand des Stromkreises W , so ist bei einer Drehung des Erdinduktors um 180° der induzierte Integralstrom

$$j_H = 2 \frac{HF}{W}.$$

Wird der Erdinduktor so gestellt, dass die Normale zu seiner Windungsfläche vertikal steht und seine Drehaxe horizontal in die Richtung des magnetischen Meridians zu liegen kommt, so ist bei einer Drehung der Spule nur die vertikale Komponente V der erdmagnetischen Kraft tätig. Drehen wir den Erdinduktor aus seiner Nullage um 180° , so wird in diesem Fall der induzierte Integralstrom $j_V = 2 \frac{VF}{W}$. Daher wird

dann die Tangente der magnetischen Inklination i aus dem Verhältnis der beiden Integralströme erhalten werden können.

$\operatorname{tg} i = \frac{V}{H} = \frac{j_V}{j_H}$. Das Verhältnis der beiden Integralströme ist aber gleich dem Verhältnis der von ihnen erzeugten Ausschlagswinkel U_V und U_H am ballistischen Galvanometer und so wird:

$$\operatorname{tg} i = \frac{U_V}{U_H}$$

Da die Galvanometeraus schläge bei einmaliger Drehung des Erdinduktors um 180° für das benützte Instrument nicht gross genug waren für eine genaue Messung, so wurde die sogenannte Multiplikationsmethode angewendet, d. h. es wurde der Erdinduktor in dem Moment, wo der schwingende Galvanometermagnet bei der Rückkehr die Gleichgewichtslage passierte, wieder um 180° gedreht, aber in entgegengesetzter Richtung, so dass sich die induzierten Integralströme in ihrer Wirkung auf den schwingenden Magneten, summierten und so weitergefahren, bis die Ausschlagswinkel je einem Grenzwerte Limes U_V und Limes U_H sich näherten; dann ist auch:

$$16. \operatorname{tg} i = \frac{\text{Limes } U_V}{\text{Limes } U_H}$$

Dieses Verfahren der Multiplikation wurde bei den Messungen so lange fortgesetzt, bis mehrere aufeinanderfolgende Schwingungsbogen gleich ausfielen. So erhielt ich bei einem Skalenabstand von 2083 mm als Grenzwert für den Ausschlag des Integralstromes der vertikalen Komponente V den Betrag von 90,8 mm und als Grenzwert für den Ausschlag des Integralstromes

der horizontalen Komponente 47,4 mm. Demnach wird für den Platz A des Laboratoriums, an welchem der Erdinduktor aufgestellt war

$$\operatorname{tg} i = 90,74 : 47,39 = 1,9148,$$

also die Inklination

$$i = 62^{\circ} 25' 30''.$$

Aus der früher gefundenen Komponente $H = 0,1996$ und der Inklination ergibt sich die vertikale Komponente $V = H \operatorname{tg} i$

$$V = 0,1996 \times 1,9148 = 0,3822 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

Endlich wird die erdmagnetische Totalkraft R

$$R = \frac{H}{\cos i} \text{ oder}$$

$$R = 0,4312 \text{ in [C. G. S.] Einheiten.}$$

VI. Relative Messungen der horizontalen Intensität.

Die relativen Messungen hatten den Zweck, einerseits die zeitlichen und örtlichen Schwankungen der Horizontalintensität im Laboratorium festzustellen und andererseits diese Intensität für einige ausgewählte Punkte in der Umgebung von St. Gallen zu bestimmen, um eine Vergleichung mit andern Messungen zu ermöglichen. Die Messungen wurden mit dem von Kohlrausch angegebenen einfachern Lokalvariometer (Wiedem. Annalen Bd. 29 S. 27.) ausgeführt, mit welchem in kurzer Zeit die horizontale Intensität an zwei verschiedenen Orten miteinander verglichen werden kann. Die Genauigkeit, mit welcher dieses geschehen kann, beträgt $\frac{1}{1000}$ des Betrages. Die Nadel einer horizontal eingestellten Boussole wird durch einen unterhalb derselben auf einem Teilkreis angebrachten horizontalen

kräftigen Magnetstab in die Zwangslage, d. h. mit ihrem Nordpol nach Süden gedreht, so dass dieselbe, sobald der Richtmagnet mit seinem Nordpol im Meridian steht, auch die Meridianstellung, aber in entgegengesetzter Lage, einnimmt. Aus dieser Lage kann dann der drehbare Richtmagnet um einen Winkel $\pm \varphi$ an zwei am Teilkreis festgestellte Anschläge gedreht werden, so dass seine nordsüdliche Kraftkomponente den Erdmagnetismus gerade äquilibriert und die Boussolennadel sich ost-westlich einstellt. Wenn wir mit δ_1 und δ_2 die Differenz der Einstellungen von Nordpol und Südpol (mit Berücksichtigung des Vorzeichens) an den beiden Orten I. und II. bezeichnen, wenn der Richtmagnet an die Anschläge auf $\pm \varphi$ gedreht wird, so ist das Verhältnis der horizontalen Intensitäten des Erdmagnetismus an den beiden Orten H_1 und H_2 darstellbar durch die Formel

$$17. \frac{H_2}{H_1} = \frac{1 + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{1}{2} \delta_2}{1 + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{1}{2} \delta_1}$$

Sind δ_2 und δ_1 nur kleine Winkel, wie das bei meinen Messungen der Fall war, so kann die angenäherte Formel

$$\frac{H_2}{H_1} = 1 + 0,0087 \operatorname{tg} \varphi [\delta_2 - \delta_1]$$

angewendet werden. Als Winkel φ wählte ich für meine Messungen $\varphi = 29,9^\circ$; dann wird

$$18. H_2 = H_1 (1 + 0,0050 \Delta) \text{ wobei } \Delta = \delta_2 - \delta_1$$

die Differenz des Einstellungsunterschiedes der beweglichen Nadel an den beiden Orten bedeutet. Um den Einfluss der Temperatur festzustellen, machte ich zwei

Messungen rasch nacheinander an der gleichen Stelle, eine bei Zimmertemperatur und eine andere bei abgeänderter Temperatur, indem der Apparat in ein Wasserbad gebracht wurde. Diese Messung hat mir ergeben:

Mittlerer Wert von δ bei $16,45^{\circ}\text{C}$ war $\delta = 13,57^{\circ}$

„ „ „ δ bei $10,30^{\circ}\text{C}$ war $\delta = 10,74^{\circ}$

Man erhält daraus $2,83 : 6,15 = 0,46$ Skalenteile am Teilkreis für einen Grad Temperaturunterschied, und zwar nimmt δ mit der Temperaturabnahme ebenfalls ab.

1. Messung mit dem Variometer zu verschiedenen Zeiten.

Um ein Urteil über die Veränderung von H und der Konstanz des magnetischen Momentes des Variometermagneten zu bekommen, habe ich über einen längern Zeitraum morgens und abends Messungen ungefähr um dieselbe Tagesstunde mit dem Variometer am Laboratoriumsplatze A durchgeführt. Wir finden in der folgenden Tabelle V in der ersten Kolonne den Tag der Messung, in der zweiten den beobachteten Mittelwert der Temperatur t , in der dritten die mittlere Differenz δ der Ablesungen, welche zur Elimination der Exzentrizität der Nadel am Nordpol und Südpol in Ost- und Westlage derselben gemacht wurden, in der vierten die auf 15°C reduzierten δ und endlich in der letzten Kolonne die Abweichungen vom Mittelwert.

Tabelle V.

Datum	Temperatur t	δ	δ bei 15°	Abweichung vom Mittel
März 3.	16.0	8.40	7.94	— 0.74
„ 5.	15.5	8.27	8.04	— 0.64
„ 8.	17.2	9.50	8.49	— 0.19
„ 10.	15.0	7.63	7.65	— 1.05
April 1.	18.0	9.95	8.57	— 0.11
„ 14.	14.5	8.12	8.35	— 0.33
„ 18.	15.2	7.78	7.70	— 0.98
„ 19.	14.6	8.56	8.74	+ 0.06
„ 20.	14.3	8.50	8.82	+ 0.14
„ 26.	15.5	9.10	8.90	+ 0.22
„ 28.	15.1	9.67	9.62	+ 0.94
Mai 2.	10.8	7.23	9.16	+ 0.48
„ 3.	13.0	8.81	9.75	+ 1.07
„ 4.	14.5	9.65	9.88	+ 1.20

Diese Tabelle zeigt, dass die Werte von δ langsam zugenommen haben, indem in der ersten Hälfte alle Abweichungen vom Mittel negativ und in der zweiten Hälfte alle Abweichungen positiv ausgefallen sind. Diese Zunahme könnte als eine langsame Zunahme der horizontalen Intensität der erdmagnetischen Kraft gedeutet werden, doch zeigen die frühern direkten Messungen keinen solchen bestimmten Verlauf der Werte von H. Diese Abweichungen müssen daher vielmehr ihre Ursache in einer langsamen Abnahme des magnetischen Momentes des Richtmagneten haben, der nicht lange vor den Messungen hergestellt worden ist. Eine solche langsame Abnahme des magnetischen Momentes des Dauermagneten haben ja auch die magnetischen Messungen in Tabelle IV ergeben. Da die gefundenen Abweichungen in den δ überdies nur klein

sind, so beweisen die Messungen, dass wenn überhaupt eine Veränderung in der horizontalen Intensität während dieses Zeitraumes stattgefunden hat, dieselbe nur einige Tausendstel des Betrages hat ausmachen können.

2. Variation von H

im Laboratorium der Kantonsschule von Ort zu Ort.

Für ein nicht eisenfreies Laboratorium müssen sich an den verschiedenen Stellen bedeutende Unterschiede in den erdmagnetischen Komponenten ergeben. Ich habe daher für die verschiedenen Arbeitsplätze die horizontale Komponente mit dem Variometer bestimmt, durch Vergleichung mit dem Wert am Platz A, unter Zugrundlegung des früher angegebenen Mittelwertes. Die Versuchsreihen sind ohne Unterbrechung ausgeführt worden. Ausgehend von der Messung am Platze A, kam ich am Schlusse wieder an denselben zurück, um eine eventuelle Veränderung in der erdmagnetischen Kraft oder des Variometers sofort wahrnehmen zu können.

Messungsreihe vom 25. April 1906.

Ort der Messung	Differenz δ	Temp. t	δ bei 15°	Komponente H
Normalplatz A	9.93	16.4	9.29	Hn
Südliche Konsole	17.16	16.6	16.42	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,05) = 1,0353 Hn$
Mittlere „	17.80	16.6	17.06	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,69) = 1,0385$ „
Nördliche „	13.65	17.0	12.73	$Hn (1 + 0.0050 \times 3,36) = 1,0168$ „
Nördlicher Tisch	7.41	17.2	6.40	$Hn (1 - 0.0050 \times 2,97) = 0,8851$ „
Südlicher Tisch	15.47	16.8	14.64	$Hn (1 + 0.0050 \times 5,27) = 1,0264$ „
Normalplatz A	9.68	15.5	9.45	Hn

Von den für den Normalplatz A erhaltenen Werten dieser Tabelle habe ich das Mittel genommen und mit dem für die andern Plätze verglichen. Ebenso wurde für die Messungen der folgenden Versuchsreihen verfahren.

Messungsreihe vom 27. April 1906.

Ort der Messung	Differenz δ	Temp. t	δ bei 15°	Komponente H
Normalplatz A	9.58	15.7	9.26	Hn
Südliche Konsole	17.50	16.6	16.76	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,26) = 1,0363 Hn$
Mittlere „	17.92	17.0	17.00	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,50) = 1,0375$ „
Nördliche „	11.83	17.2	10.82	$Hn (1 + 0.0050 \times 1,32) = 1,0066$ „
Nördlicher Tisch	6.53	16.4	5.89	$Hn (1 - 0.0050 \times 3,61) = 0,9819$ „
Südlicher Tisch	14.70	16.5	14.01	$Hn (1 + 0.0050 \times 4,51) = 1,0226$ „
Normalplatz A	9.68	14.9	9.73	Hn

Messungsreihe vom 28. April 1906.

Ort der Messung	Differenz δ	Temp. t	δ bei 15°	Komponente H
Normalplatz A	10.28	15.8	9.91	Hn
Südliche Konsole	18.23	16.0	17.77	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,94) = 1,0397 Hn$
Mittlere „	18.01	16.4	17.37	$Hn (1 + 0.0050 \times 7,54) = 1,0377$ „
Nördliche „	12.38	16.5	11.69	$Hn (1 + 0.0050 \times 1,86) = 1,0093$ „
Nördlicher Tisch	7.12	16.6	6.38	$Hn (1 - 0.0050 \times 3,45) = 0,9827$ „
Südlicher Tisch	15.00	16.7	14.22	$Hn (1 + 0.0050 \times 4,39) = 1,0220$ „
Normalplatz A	8.87	13.1	9.74	Hn

Wir erkennen bei allen drei Messungsreihen eine ähnliche Veränderung in der horizontalen Komponente der erdmagnetischen Kraft für die verschiedenen Orte.

Gegen Süden hin nehmen die Werte zu und nähern sich jenen, welche die Messungen für die Orte ausserhalb des Gebäudes ergeben; gegen Norden hin nehmen die Werte bedeutend ab, die Ursache liegt in den etwa 5 Meter weit abstehenden Dynamomaschinen und den Eisenmassen der Turbine und der Heiz- und Wasserleitungsröhren. Bezeichnen wir den Wert der horizontalen Komponente am Normalplatze A mit H_n , so können wir aus obigen Messungsreihen einen Mittelwert des Faktors erhalten, mit welchem man H_n multiplizieren muss, um jenen für die verschiedenen Arbeitsplätze zu erhalten, nämlich:

Normalplatz A:	horizontale Komponente	=	H_n .
Südliche Konsole:	„	„	= 1,0371 . H_n .
Mittlere	„	„	= 1,0379 . H_n .
Nördliche	„	„	= 1,0109 . H_n .
Nördlicher Tisch:	„	„	= 0,9832 . H_n .
Südlicher	„	„	= 1,0237 . H_n .

3. Messungen in der Umgebung von St. Gallen:

Um eine Vergleichung der für das Laboratorium erhaltenen Werte von H mit andern Messungen zu ermöglichen, habe ich an 8 verschiedenen Orten in der Umgebung von St. Gallen mit dem Variometer gemessen. Für diese Messungen wurden möglichst ruhige Tage ausgewählt, so dass keine grossen Temperaturänderungen oder Windstösse zu befürchten waren. Die Messorte sind in der Umgebung von St. Gallen so gelegen, dass in grösserem Umkreis um dieselben keine Gebäude oder Starkstromleitungen vorkommen. Für die Orte sind überdies auch die Höhenangaben über Meer aus der Exkursionskarte zu entnehmen. In der

folgenden Tabelle VI sind die Messungen für die Exkursionen vom 3. und 4. Mai 1906 angegeben.

Tabelle VI.

Datum	Ort der Messung	Diff. δ	Temp. t	δ bei 15°	Höhe über Meer
Mai 3.	Laboratorium Platz A	8.56	12.3	9.80	668 m
„ 3.	Solitüde	21.01	16.0	20.55	875 m
„ 3.	Bernegger Wald . .	20.06	15.9	19.65	845 m
„ 3.	Freudenberg . . .	20.51	16.5	19.82	887 m
„ 3.	Scheitlinsbühl . . .	20.37	15.8	20.00	786 m
„ 3.	Höchsterwald . . .	20.80	14.7	20.94	701 m
„ 3.	Laboratorium Platz A	9.06	13.8	9.61	668 m
Mai 4.	Laboratorium Platz A	8.37	12.2	9.66	668 m
„ 4.	Rosenberg	20.07	14.4	20.35	734 m
„ 4.	Rotmonten	20.47	16.6	19.73	740 m
„ 4.	Heidenwald	20.96	16.6	20.22	793 m
„ 4.	Laboratorium Platz A	10.93	16.9	10.06	668 m

An den erhaltenen Resultaten für die einzelnen Stationen in der Umgebung von St. Gallen erkennt man keine grösseren Abweichungen als solche, die innerhalb der Grenze der mit dem Apparat erreichbaren Genauigkeit liegen. Wir dürfen daher aus sämtlichen Messungen einen Mittelwert bilden, der uns den Wert der horizontalen Komponente H der erdmagnetischen Kraft um St. Gallen für anfangs Mai 1906 ergibt.

Für den Normalplatz des Laboratoriums ist $\delta_1 = 9,782$.
Für die 8 Stationen in der Umgebung von

St. Gallen ist $\delta_2 = 20,158$.

Wir wenden hier die genaue Formel (17) an, weil δ_2 ziemlich gross ist, und erhalten:

$$H = 1,0505 \times H_n = 1,0505 \times 0.1996$$

und schliesslich:

$$H = 0,2097 \text{ in [C. G. S.] Einheiten}$$

für die nächste Umgebung von St. Gallen im Mai 1906.
