

Uebrigens steht zu erwarten, dass auch bei anderen, auf der Anwendung des Bifilars beruhenden magnetischen Messinstrumenten durch analoge Betrachtungen sich ein merklicher Einfluss des inducirten Magnetismus herausstellen wird.

Halle a. S., 15. Juli 1888.

IV. *Beiträge zum Verhalten harter, stark magnetisirter Stahlstäbe gegen schwache magnetisirende Kräfte; von E. Dorn.*

(Hierzu Taf. III Fig. 4–8.)

Schon bei einer früheren Gelegenheit¹⁾, insbesondere aber in zwei kürzlich erschienenen Mittheilungen²⁾ habe ich darauf hingewiesen, dass zur Berechnung vieler magnetischer wie galvanischer Beobachtungen die Kenntniss des magnetischen Momentes erforderlich ist, welches durch eine senkrecht zur Axe wirkende Kraft erregt wird.

Für einen Volleycylinder kann man allerdings, wie ich a. a. O. gethan, auf Grund bekannter Formeln³⁾ dies inducirte Quermoment angenähert berechnen, wenn man das durch die magnetisirende Kraft Eins inducirte Längsmoment ermittelt hat.

Indessen bleibt es fraglich, inwieweit das Ergebniss der Rechnung, bei welcher für den Stab ein Rotationsellipsoid substituirt wird, mit der Wirklichkeit übereinstimmt, und bei Hohlmagneten, welche in experimenteller Hinsicht manche Vortheile darbieten, ist eine theoretische Behandlung gegenwärtig ausgeschlossen.

Daher habe ich für einen von mir bei einer Untersuchung über das Ohm⁴⁾ benutzten Hohlmagnet (später mit

1) E. Dorn, Wied. Ann. 17. p. 773. 1882.

2) E. Dorn, Wied. Ann. 35. p. 189 u. 270. 1888.

3) S. z. B. Maxwell, Electr. and Magn. 2. p. 65. 1873.

4) E. Dorn, Berl. Sitzungsbericht vom 5. Juli 1888.

4 bezeichnet) und zwei andere Magnete das inducirte Quermoment durch Beobachtung bestimmt.

Ich habe dazu eine geeignete Abänderung des von Hrn. W. Weber für das inducirte Längsmoment ersonnenen Verfahrens ¹⁾ angewandt.

Bei diesem Verfahren — und ebenso bei dem des Hrn. F. Kohlrausch ²⁾ — wird ein durch das erregte magnetische Moment inducirter Strom vermittelst eines Galvanometers gemessen. Es knüpft sich hieran die weitere Frage, ob man auf diese Weise wirklich dasjenige inducirte Moment erhält, welches für die mit dem Magnet später anzustellenden Versuche massgebend ist, und dies würde augenscheinlich nicht der Fall sein, wenn nach den ersten Secunden der Einwirkung der magnetisirenden Kraft noch eine merkliche Steigerung des inducirten Momentes einträte.

Hr. Wild ³⁾ glaubt aus seinen, nach einer Ablenkungsmethode angestellten Beobachtungen eine derartige langsame Zunahme des inducirten Momentes folgern zu dürfen. Indessen hatte er ursprünglich die Ermittlung des definitiven Werthes des inducirten Momentes im Auge und nicht die Veränderung desselben mit der Zeit, woher für den letzteren Zweck seine Anordnung sich nicht recht eignet. Insbesondere verfloss vom Schliessen des magnetisirenden Stromes bis zur ersten Ablesung etwa eine Minute, sodass gerade der wichtigste Theil des Vorganges sich der Wahrnehmung entzog.

Schon im Herbst 1884 habe ich selbst in Darmstadt einige Beobachtungen über die in Rede stehende Frage ausgeführt und will im Folgenden die erhaltenen Resultate ebenfalls mittheilen.

Endlich habe ich noch untersucht, ob nach mehrstündiger Einwirkung schwacher Kräfte eine bleibende Aenderung des Momentes nachweisbar ist.

1) W. Weber, *Abh. d. Gött. Ges. d. Wiss.* **6.** math. Cl. p. 1. 1855.

2) F. Kohlrausch, *Gött. Nachr.* 1883. p. 401, auch *Wied. Ann.* **22.** p. 415. 1884; s. auch Hilmar Sack, *Ueber die specifischen Inductionconstanten etc.* Inauguraldiss. Würzburg 1886.

3) Wild, *Abhandlungen der Petersburger Acad.* **34.** 886.

Zunächst mögen die erforderlichen Angaben über die benutzten Magnete zusammengestellt werden.

Magnet	Länge mm	Durchmesser (mm)		Masse (g)
		innen	aussen	
<i>B</i> (Volleylinder)	258,6	—	20,6	681,85
2 „	209,63	—	15,71	318,05
3 (Hohleylinder)	160,93	12,05	15,80	106,46
4 „	209,97	8,83	17,65	298,53

B ist der Hauptmagnet eines früher von mir gebrauchten Meyerstein'schen Magnetometers¹⁾, welchen nach Darmstadt zu senden Hr. Prof. Dr. O. E. Meyer die Güte hatte; Magnet 2, 3, 4 (sowie ein mit 2 fast identischer Magnet 1) waren von Hrn. Hartmann in Bockenheim in glashartem Zustande geliefert. Dieselben wurden von mir in Glasröhren eingeschlossen, $6 + 12 + 12 + 9 + 9 + 10 = 58$ Stunden gekocht, in einer Magnetisirungsspirale durch den Strom einer dynamoelectrischen Maschine magnetisirt und darauf wieder fünf Stunden der Siedehitze ausgesetzt.

Demnächst wurden die Temperaturcoefficienten der Magnete 1 bis 4 nach der Methode von Hrn. W. Weber²⁾ bestimmt.

Bei Magnet 4 z. B. diente zur Compensation Magnet 2; die Summe der (mit der Tangente des Ablenkungswinkels proportional gemachten) Scalenverschiebungen durch Magnet 4 bei der folgeweisen Näherung der Magnete war $N = 5593,9$.

Der Reihe nach wurden folgende Temperaturen t und zugehörige (wegen Aenderung der Declination corrigirte) Stände n der Magnetnadel als Mittel aus je fünf Beobachtungen erhalten (25. Sept. 1884).

t	n beob.	n ber.	beob. — ber.
17,25	503,32	503,16	+0,16
10,00	514,58	514,55	+0,03
0,00	528,65	(530,26)	(-1,61)
10,01	514,48	514,53	-0,05
17,26	503,20	503,15	+0,05
30,07	483,00	483,02	-0,02
17,32	502,87	503,05	-0,18
			$\pm 0,08$

1) E. Dorn, Wied. Ann. 17. p. 788. 1882.

2) S. z. B. F. Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik. 6. Aufl. p. 200. 62a. I. 3. 1887.

Die n ber. sind erhalten nach:

$$n = 530,26 - 1,571 \cdot t,$$

und die Columnne der Differenzen zeigt, dass zwischen 10 und 30° die Beobachtungen vorzüglich dargestellt werden, und auch die Temperaturen 0 und 30° keine bleibende Aenderung des Momentes verursacht haben. Die Abweichung für 0° deutet darauf hin, dass bis zu dieser Temperatur das Moment nicht mehr in gleichem Maasse wächst. Der Temperaturcoëfficient von Magnet 4 zwischen 10 und 30° wird $\mu = 1,571/5593,9 = 0,0,281$.

Aehnlich ergab sich für Magnet 2 $\mu = 0,0,360$; bei Magnet 3 nahm μ mit steigender Temperatur zu und war bei 20° 0,0,24; Magnet 1 erwies sich als unbrauchbar, indem jede grössere Temperaturänderung auf- oder abwärts eine bleibende Verringerung des Momentes zur Folge hatte.

Für B war schon früher von mir erhalten $\mu = 0,0,88$.

Um das durch die magnetisirende Kraft Eins erregte Längsmoment zu erhalten, bediente ich mich des Weber'schen zweiten Verfahrens¹⁾ mit einer geringen Modification.

Der zu untersuchende Magnet wurde in einer 260 mm langen Spirale (von 880 Windungen in vier Lagen) befestigt, und die Enden derselben mit einem Meyerstein'schen Galvanometer von etwa 20 Secunden Schwingungsdauer verbunden.

Wenn das stark gedämpfte Nadelpaar des Galvanometers zur Ruhe gekommen war, wurde die vorher Ost-West orientirte Spirale von einem Gehülfen in die entgegengesetzte Lage gebracht, beim Durchgang durch die Ruhelage zurückgedreht u. s. f.

Um eine etwaige kleine directe Einwirkung des untersuchten Magnets auf das Galvanometer zu eliminiren, wurde die Beobachtung nach Umlegen des die Verbindung zwischen Galvanometer und Spirale vermittelnden Commutators wiederholt. Vor- und nachher wurde die entsprechende Operation mit der Spirale ohne eingelegten Magnet gemacht, sodass die inducirende Wirkung des durch den Erdmagnetismus

1) W. Weber, Abh. d. Gött. Ges. d. Wiss. 6. math. Cl. p. 1. 1855.

erregten Magnets von der unmittelbaren des Erdmagnetismus auf die Spirale getrennt werden konnte.

Nach Hinzufügung eines geeigneten Widerstandes wurde derselbe Magnet (Nordpol unten)¹⁾ aus der vertical gestellten Spirale rasch herausgezogen und der erste Ausschlag des Galvanometers beobachtet.

Hierdurch entsteht gegenüber der Benutzung eines zweiten kleinen Magnets von bekanntem Moment allerdings die Unbequemlichkeit, dass der Widerstand von Galvanometer und Spirale, sowie zur Elimination des Einflusses der Dämpfung das log. Decr. bei beiden Anordnungen gemessen werden muss; andererseits ist es von Vorthail, dass das Vergleichsmoment zur Spirale sehr nahe dieselbe Lage hat, wie das inducirte. Ist die Spirale nicht gerade sehr viel länger als der untersuchte Magnet, so ist der Vorthail entschieden überwiegend.

Der erste Ausschlag beim Umlegen der Spirale mit und ohne Magnet wurde übrigens entweder aus den ersten vier Amplituden nach kleinsten Quadraten²⁾ oder aus dem nach hinreichend fortgesetzter Multiplication erhaltenen definitiven Bogen berechnet.

Sei der erste Ausschlag beim Umlegen der Spirale mit Magnet a , ohne denselben a_0 , das log. Decr. λ , der Widerstand w , und mögen für das Herausziehen des Magnets A, \mathcal{A}, W die entsprechende Bedeutung haben. Bezeichne ferner H die Horizontalcomponente, i den Inclinationswinkel, M das Moment des Magnets bei Abwesenheit äusserer Einwirkung, γ das in ihm durch die magnetisirende Kraft Eins inducirte Moment, so ist:

$$(1) \quad \frac{(a - a_0)fw}{2\gamma H} = \frac{A F W}{M + \gamma H \operatorname{tg} i}, \quad \gamma = \frac{(a - a_0)fw (M + \gamma H \operatorname{tg} i)}{2 A F W H}.$$

Mit f und F sind der Kürze wegen die zur Reduction auf ab-

1) Es wäre gut gewesen, dasselbe auch für die umgekehrte Lage des Magnets zu machen.

2) Hierbei wurde auch auf eine anfänglich etwa vorhandene Abweichung von der Ruhelage Rücksicht genommen.

wesende Dämpfung erforderlichen Factoren ($f = e^{\frac{i}{\pi} \arctg \frac{\pi}{\lambda}}$) angedeutet.

Aus (1) kann γ durch successive Näherung berechnet werden.

Die Horizontalintensität war für den Ort der Spirale mit Silbervoltmeter und Tangentenbussole ermittelt ¹⁾, und die zeitlichen Aenderungen wurden mit Hülfe eines Variometers von Hrn. F. Kohlrausch verfolgt.

Für Magnet 4 war nun (13. Oct. 1884) $H=1,877$, ferner:

W S.-E.	A	λ (brigg)	AF	$AF \cdot W$
202,66	148,45	0,1704	177,86	36045
153,01	196,65	0,1711	235,76	36074
				36060
153,02	196,30	0,1709	235,29	36004
				36032

Beim Umlegen der Spirale war $w = 3,750$ S.-E., und es wurde der definitive Bogen erhalten:

ohne Magnet	45,94,
mit „	123,58,
ohne „	46,00,

also wegen des inducirten Magnetismus allein $123,58 - 45,97 = 77,61$, woraus, da λ (brigg) = 0,3545 war, $f(a - a_0) = 30,49$ folgt. Dieselbe Grösse wurde aus den ersten vier jedesmal beobachteten Amplituden gefunden 30,64, also im Mittel $f(a - a_0) = 30,57 \pm 0,07$.

Nach der Gauss'schen Methode war erhalten (schon auf die Temperatur der Inductionsbeobachtungen reducirt) $M = 6,522 \cdot 10^7$; da endlich die Inclination $i = 65,4^\circ$ war, so ergibt sich schliesslich das durch die magnetisirende Kraft Eins erregte Längsmoment für Magnet 4:

$$\gamma = 5,550 \cdot 10^4,$$

und analog für Magnet 2: $\gamma = 6,136 \cdot 10^4$, für Magnet 3: $2,269 \cdot 10^4$. Für B ist nach älteren Beobachtungen ²⁾ $\gamma = 16,65 \cdot 10^4$.

1) Durch Uebertragung von einer anderen Stelle, wo H nach der Gauss'schen Methode bestimmt war, mit Hülfe eines Localvariometers ergab sich ein fast identischer Werth.

2) E. Dorn, Wied. Ann. 17. p. 788. 1882.

Bei der im März 1885 ausgeführten Untersuchung des inducirten Quermomentes wurde ähnlich wie oben verfahren, nur dass jetzt die Horizontalcomponente senkrecht zur Hauptaxe des Magnets wirken musste. Statt der Spirale fand ein Rahmen von 4 cm Tiefe Anwendung, auf welchen sechs Lagen von je 28 Drahtwindungen aufgewickelt waren.

Da das inducirte Moment über die ganze Länge des Magnets senkrecht zu seiner Axe vertheilt war, so musste für die Herstellung eines wenigstens annähernd entsprechenden „Vergleichsmomentes“ Sorge getragen werden.

Zu dem Ende wurde ein Brettchen (Fig. 4) mit Handgriff angefertigt, dessen obere Fläche nach Einlegen in den Rahmen mit der horizontalen Halbirungsebene desselben zusammenfiel.

Auf diesem Brettchen wurden sieben (resp. fünf) kleine Magnetchen in passenden Abständen (je 30 mm) befestigt, und zwar war die Länge derselben (18,07 mm im Mittel) etwa dem Durchmesser der zu untersuchenden Magnete entsprechend gewählt.

Vorgängig wurde das Moment der Magnetchen durch Ablenkungsbeobachtungen an einem Orte bekannter Horizontalintensität ermittelt und erhalten:

Magnet	1	2	3	4	5	6	7
Moment	$10^4 \times 8,92;$	7,52;	8,63;	7,67;	8,65;	6,84;	7,54.

Die Summe sämmtlicher Momente ist $\Sigma M = 5,577 \cdot 10^5$ (mm mg sec), ohne 1 und 7: $3,931 \cdot 10^5$; dieser Betrag ist klein genug, um die Zufügung von mehr Widerstand beim Herausziehen überflüssig zu machen.

Für den Hohlmagnet 4 war (nach kleinsten Quadraten aus den vier ersten Amplituden berechnet) der erste Ausschlag nach Umlegen mit Magnet 31,632, ohne denselben 29,397, folglich rührt vom inducirten Quermoment her 2,235. Das Herausziehen der sieben Magnetchen gab vorher 43,35, nachher 43,25, im Mittel 43,30. Da die Horizontalcomponente $H = 1,876$ war, so folgt das durch die magnetisirende Kraft Eins inducirte Quermoment für Magnet 4:

$$(2,235 \cdot 5,577 \cdot 10^5) / (2 \cdot 1,876 \cdot 43,30),$$

$$\text{d. h.: } \alpha = 7670.$$

Entsprechend wurde für den Volleycylinder 2 ermittelt $\alpha = 4440$ ¹⁾, für den kleinen Hohlmagnet unter Anwendung von nur fünf Magnetchen $\alpha = 3950$. *B* konnte wegen seiner zu grossen Länge nicht untersucht werden.

Für den Volleycylinder Magnet 2 habe ich die in der Einleitung angedeutete Berechnung des inducirten Quermomentes aus dem Längsmoment ausgeführt²⁾, indem ich statt des Cylinders ein Rotationsellipsoid von gleichem Volumen (40635 cmm) substituirte, für welches die Axen im Verhältniss der Länge zum Durchmesser des Cylinders 209,63:15,71 stehen. Ich erhielt aus γ zunächst die Neumann'sche Magnetisirungsconstante $\kappa = 2,002$ und hieraus $\alpha = 6063$, also erheblich grösser als durch die Beobachtung. Die Differenz beträgt aber nur wenig über 2 Proc. von γ , dürfte also wohl für alle praktischen Anwendungen gleichgültig sein.

Hervorgehoben sei übrigens der relativ grosse Werth von α für die Hohlmagnete.

Zur Verfolgung eines etwaigen Anwachsens des inducirten Längsmomentes mit der Zeit glaubte ich von einer Verwendung der inducirten Ströme absehen zu müssen und benutzte für die im Nov. und Dec. 1884 angestellten Versuche nachstehend beschriebenes Verfahren.

In Fig. 5 deutet *SN* den magnetischen Meridian an, $\sigma\nu$ ist der Glockenmagnet eines aperiodischen Magnetometers (von E. Hartmann in Bockenheim), dessen vorzügliche Dämpfung die erste Ablesung etwa drei Secunden nach Beginn der ablenkenden Einwirkung erlaubte. Der zu untersuchende Magnet *ns* liegt im Inneren einer Magnetisirungspirale von 301 mm Länge mit einer einzigen Lage von 222 Windungen des mittleren Durchmessers 42,6 mm; seine Einwirkung auf $\sigma\nu$ wird compensirt durch einen nahe gleich starken Magnet *n's'*. Der von 1 Daniell gelieferte Strom durchläuft noch eine aus der „zweiten Hauptlage“ auf $\sigma\nu$ wirkende Compensationsrolle *C*; der Strom wird auf eine

1) Eine weniger sichere Beobachtung mit Benutzung der Verticalcomponente lieferte 4800.

2) Die Formeln s. Maxwell, *Electr. and Magn.* 2. p. 65. 1873.

geeignete Stärke gebracht mit Hülfe eines Stöpselrheostaten W und gemessen durch eine Tangentenbussole T in mehr als 10 m Abstand von den übrigen Apparaten. Der Strom konnte in T umgekehrt werden ohne Unterbrechung in den übrigen Theilen.

Zur Elimination der Declinationsänderungen diente ein gleichzeitig abgelesenes Magnetometer, welches etwa 6 m von $\sigma\nu$ in demselben Zimmer sich befand. Uebrigens war der Scalenabstand des auf den Spiegel von $\sigma\nu$ gerichteten Fernrohres 3201 mm.

Vergleicht man diese Versuchsanordnung mit der etwa zwei Jahre später von Hrn. Wild getroffenen, so fallen hauptsächlich zwei Unterschiede in die Augen; einmal die Verwendung eines aperiodischen Magnetometers an Stelle eines solchen mit etwa einer Minute Beruhigungsdauer, und dann die Aufstellung der Compensationsrolle nördlich von $\sigma\nu$ statt zwischen $\sigma\nu$ und dem Compensationsmagnet $n's'$.

In der letzteren Lage ist nämlich die Compensationsrolle wegen ihrer magnetisirenden Wirkung auf $n's'$ das Haupthinderniss für eine genügende Annäherung von $n's'$ und ns an $\sigma\nu$ zur Erreichung grösserer Ablenkungen; ferner ist bei der Nähe von C an $\sigma\nu$ eine vollständige Stromcompensation schwer zu erzielen und noch schwerer zu erhalten.

Ich selbst stellte die Compensation mit etwa dem Zehnfachen des später verwendeten Stromes bis auf weniger als 0,1 Scalentheil her und fand dieselbe ausnahmslos bei späteren Controlversuchen noch bestehend. Die magnetisirende Kraft der Compensationsrolle auf ns und $n's'$ betrug etwa $\frac{1}{5000}$ des im Inneren der Hauptrolle herrschenden Magnetfeldes, die gegenseitige Einwirkung von ns und $n's'$ erreichte höchstens $\frac{1}{4}$ der Horizontalintensität.

Der Verlauf eines Versuches war folgender:

Nach geschehener Compensation wurde die Magnetisierungs- und Compensationsrolle festgekittet, der Magnet ns in die richtige, vorher durch einen Anschlag markirte Stellung eingeschoben und die eingetretene Ablenkung von $\sigma\nu$ mit Hülfe von $n's'$ compensirt.

Das Daniellelement wurde einige Zeit mit einer anderen Leitung von geringerem Widerstande als die zu benutzende geschlossen.

Mehrmals wurde ohne Strom gleichzeitig die Stellung von $\sigma\nu$ und dem Declinationsvariometer abgelesen, unmittelbar nach einer Ablesung der Strom geschlossen, nach drei Secunden die durch das inducirte Moment erzeugte Ablenkung bestimmt und der Gang derselben zunächst in Zwischenräumen von einer halben Minute, dann in grösseren Intervallen im ganzen 10 bis 20 Minuten verfolgt. Inzwischen wurden zwei Strommessungen an der Tangentenbussole vorgenommen. Bei der Stromunterbrechung wurde ähnlich verfahren wie beim Schliessen und die Beobachtungen ohne Strom noch eine Zeit lang fortgesetzt. Die Stromstärken waren so bemessen, dass die magnetisirende Kraft etwa der Horizontal- und Verticalcomponente des Erdmagnetismus entsprach. Da mir für die Tangentenbussole ein aperiodisches Magnetometer nicht zur Verfügung stand, so konnte der Verlauf des Stromes in den ersten Augenblicken nach dem Schliessen bei den Versuchen selbst nicht verfolgt werden. Ich habe aber eine besondere Beobachtung angestellt, bei welcher der Strom des ebenso behandelten Elementes auf das aperiodische Magnetometer wirkte. In der ersten Minute sank bei 50 S.-E. wie bei 20 S.-E. der Strom um etwa $\frac{1}{800}$, um dann fünf Minuten merklich constant zu bleiben. Aenderungen des genannten Betrages sind aber hier gleichgültig.

Um noch das inducirte Moment in Theilen des permanenten des Magnets ausdrücken zu können, wurden schliesslich die Magnete ns und $n's'$ folgeweise entfernt und die Summe N der durch Bewegung von ns entstandenen Scalenverschiebungen (der Tangente proportional gemacht) genommen.

Es wurde so u. a. erhalten:

Hohlmagnet 4. 8. Nov. 1884.

Der Strom verstärkt das vorhandene Moment.

4 ^h 21,0'	512,0	4 ^h 45,0'	523,0	5 ^h 3,0	536,9
21,5	512,0	Strom unterbrochen		4,0	536,9
22,0	512,0	45,05	511,4(?)	5,0	536,8
22,5	511,9	45,5	511,6	12,0	536,55
Strom geschlossen 1)		46,0	511,6	13,0	536,6
22,55	523,35	47,0	511,55	13,5	536,6
23,0	523,3	49,0	511,65	Strom unterbrochen	
23,5	523,3	51,0	511,4	13,55	511,15
24,0	523,35	53,0	511,4	14,0	511,1
31,0	523,25	54,5	511,4	15,0	511,1
33,0	523,1	Strom geschlossen 2)		16,0	511,2
34,0	523,05	54,55	536,85	18,0	511,2
40,0	523,15	55,0	537,0	20,0	511,2
41,0	523,2	55,5	536,7(?)	22,0	511,1
42,0	523,1	56,0	536,95		

1) 50 S.-E. zugegeben. 2) 20 S.-E. zugegeben.

Tangentenbussole. Die Stromstärke in absolutem Maasse (mm, mg, sec) betrug:

4 ^h 25' : 0,2256	4 ^h 57' : 0,5032
4 35 : 0,2260	5 6 : 0,5034.

Endlich war: $N = 6478,8$ Scalenth.

Trägt man (Fig. 6) die Zeit als Abscissen, den Stand des aperiodischen Magnetometers als Ordinaten auf, so erkennt man, dass die Ruhelage eine der Zeit merklich proportionale Aenderung erfahren hat, welche wohl der Abnahme des magnetischen Momentes von ns wegen der Stromwärme zuzuschreiben ist. Ein Zuwachs des inducirten Momentes nach den ersten 3 Secunden von mehr als 1 Proc. ist aber durch die Versuche unbedingt ausgeschlossen.

In Fig. 7 und 8 gebe ich noch eine graphische Darstellung eines Versuchs mit Magnet 2 und B , welche zu dem gleichen Ergebniss führt. Bei B ist allerdings ein geringes Ansteigen deutlich erkennbar, dasselbe hält sich aber innerhalb der oben angegebenen Grenzen.

Auch wenn eine Kraft vom ungefähren Betrage der Horizontalcomponente im Sinne der Schwächung auf die Magnete 2 und 4 wirkte, war kein Ansteigen der Wirkung nach den ersten 3 Secunden zu bemerken.

Da die Magnete zu anderweitigen Versuchen dienen

sollten, musste ich auf die Anwendung von magnetischen Kräften, welche die Verticalcomponente des Erdmagnetismus übersteigen, verzichten, indessen konnte die Versuchsanordnung noch mehrfach in anderer Richtung verwerthet werden.

Verhältniss des Inductionscoëfficienten für Verstärkung und Schwächung.

Bei Magnet 2 betrug (3. Nov. 1884) die erste Ablenkung für Verstärkung +9,00, für Schwächung -9,23, dann für abwechselnde Verstärkung und Schwächung +9,20, resp. -9,15, also merklich gleichviel; bei Magnet 4 konnte ein Unterschied zwischen Verstärkung und Schwächung überhaupt nicht aufgefunden werden, indem die erste Ablenkung +8,15 und -8,15 war. Die magnetisirende Kraft entsprach etwa der Horizontalintensität. Es ist dies eine Bestätigung der von Kohlrausch und Sack erhaltenen Resultate.

Werth des inducirten Moments in absolutem Maasse und Vergleichung mit den nach der Weber'schen Methode erhaltenen Werthen.

Die Axe der Magnetisirungsspirale werde als x -Axe genommen, die Spirale reiche von ξ_0 bis ξ_1 und besitze auf der Länge Eins δ Windungen des Radius R , so ist die magnetisirende Kraft an einer Stelle der Axe x für die Stromstärke Eins:

$$(1) \quad \mathfrak{K} = \delta 2\pi \left[\frac{x - \xi_0}{\sqrt{R^2 + (x - \xi_0)^2}} - \frac{x - \xi_1}{\sqrt{R^2 + (x - \xi_1)^2}} \right],$$

und die mittlere magnetisirende Kraft auf einer Strecke x_0 bis x_1 :

$$(2) \quad \mathfrak{K}' = \frac{\delta 2\pi}{x_1 - x_0} \left[\frac{\sqrt{R^2 + (x_1 - \xi_0)^2} - \sqrt{R^2 + (x_1 - \xi_1)^2}}{-\sqrt{R^2 + (x_0 - \xi_0)^2} + \sqrt{R^2 + (x_0 - \xi_1)^2}} \right].$$

Ist nun i die Stromstärke (mm, mg, sec), n die Ablenkung durch das inducirte Moment, N die Summe der Scalenschiebungen (s. o.), M das eigentliche Moment des Magnets, so folgt das durch die Kraft Eins inducirte Längsmoment:

$$(3) \quad \gamma = \frac{n M}{N \mathfrak{K}' i}.$$

Vorausgesetzt ist hierbei, dass die Magnetisirung ebenso erfolgt, als wenn längs des ganzen Magnets die mittlere

magnetisirende Kraft wirkte. Thatsächlich wird man eine etwas stärkere Magnetisirung erwarten dürfen.

Aus den schon mitgetheilten Angaben über die Magnetisirungsspirale folgt mit Benutzung von (1) die magnetisirende Kraft in ihrer Mitte 9,177, für einen um 105 mm von der Mitte entfernten Punkt (fast genau den Enden der eingelegten Magnete 2 und 4 entsprechend) 8,814, also um etwa 4 Procent kleiner. Die mittlere magnetisirende Kraft auf der Strecke -105 bis $+105$ mm wird $\mathfrak{R}' = 9,098$. Für B wird gebraucht die mittlere magnetisirende Kraft von $-129,3$ bis $+129,3$ $\mathfrak{R}' = 8,979$.

Hohlmagnet 4.

Datum	i	$\mathfrak{R}'i$	$n^1)$	N	M	γ	Mittel
3. Nov. 1884	0,2251	2,047	8,05	4580,6	$6,529 \cdot 10^7$	$5,604 \cdot 10^4$	Aus 1, 3, 5:
	0,5047	4,591	17,95			$5,578 \cdot 10^4$	$5,608 \cdot 10^4$
4. „ 1884	0,2263	2,058	8,08	4584,4		$5,590 \cdot 10^4$	$\pm 0,014 \cdot 10^4$
	0,5035	4,580	18,11			$5,630 \cdot 10^4$	Aus 2, 4, 6:
8. „ 1884	0,2258	2,054	11,48	6478,8		$5,629 \cdot 10^4$	$5,601 \cdot 10^4$
	0,5033	4,578	25,45			$5,601 \cdot 10^4$	$\pm 0,019$

Magnet 2.

Datum	i	$\mathfrak{R}'i$	n	N	M	γ	Mittel
3. Nov. 1884	0,2272	2,067	9,18	4541,0	$6,502 \cdot 10^7$	$6,356 \cdot 10^4$	Aus 1, 3:
	0,5070	4,612	20,46			$6,350 \cdot 10^4$	$6,381 \cdot 10^4$
8. Nov. 1884	0,2235	2,033	12,38	6180,2		$6,405 \cdot 10^4$	Aus 2, 4:
	0,5013	4,560	27,65			$6,378 \cdot 10^4$	$6,364 \cdot 10^4$

Magnet B.

Datum	i	$\mathfrak{R}'i$	n	N	M	γ	Mittel
19. Dec. 1884	0,2277	2,044	30,1	3737,4	$4,214 \cdot 10^7$	$16,60 \cdot 10^5$	
	0,5042	4,527	67,1			$16,71 \cdot 10^5$	

1) Mittelwerth.

Hierin ist zunächst die Bestätigung eines von Kohlrausch und Sack gefundenen Resultates erhalten, dass nämlich das inducirte Moment der magnetisirenden Kraft für die hier benutzten Werthe (etwa 2,0 bis 4,6, der Horizontal- und Verticalintensität entsprechend) proportional ist.

Stellt man ferner die nach dem Ablenkungsverfahren ermittelten γ mit den von der Weber'schen Methode gelieferten zusammen, so ergibt sich:

	Magnet 4	2	B
Abl.	$5,608 \cdot 10^4$	$6,381 \cdot 10^4$	$16,60 \cdot 10^4$
Weber	$5,550 \cdot 10^4$	$6,136 \cdot 10^4$	$16,65 \cdot 10^4$

also bei Magnet 4 eine Differenz von etwa 1 Proc., welche zudem noch in der zu erwartenden Richtung liegt. Die Differenz bei Magnet 2 — etwa 4 Proc. — kommt wohl zum Theil auf die etwas excentrische Lage des Magnets in der Spirale wegen seiner geringeren Dicke.

Endlich habe ich noch eine Reihe von Versuchen darüber angestellt, ob nach mehrstündiger Einwirkung der Verticalcomponente eine bleibende Verstärkung des magnetischen Momentes sich nachweisen lässt.

Ich liess zu dem Ende den Magnet aus der ersten Hauptlage nach Gauss auf ein Magnetometer mit Luftdämpfung ablenkend wirken.

Auf einer dem Kellergewölbe aufgemauerten Steinplatte stand ein dreifüssiges starkes Stativ mit kräftigen, horizontalen, von unten noch durch Stützen versteiften Ansätzen, welche senkrecht zum magnetischen Meridian gerichtet wurden.

Das Magnetometer befand sich mitten auf dem Stativ, ein Arm desselben trug das Lager für den Magnet, ein Brettchen mit eingehobelter Rinne, über welche quer eine Glasplatte als Anschlag gekittet war.

Man hat¹⁾:

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \frac{R^3 \operatorname{tg} \varphi}{1 + \frac{k}{R^2}},$$

wo R den Abstand des Magnets, φ die Ablenkung des Magnetometers bedeutet und k als constant behandelt werden kann. Bei der geringen Ausdehnung des Eichenholzes längs der Faser (0,055 für 1°) darf auch von einer Aenderung von R abgesehen werden. Es habe nun nach längerer Ruhe in der Ost-Westrichtung der Magnet bei der Temperatur τ_0

1) Vgl. z. B. F. Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik. 6. Aufl. p. 188. 1887.

ein Moment M_0 besessen und bei dem Werthe H_0 der Horizontalintensität eine Ablenkung φ_0 (in Scalentheilen n_0) erzeugt. Ist dann nach Einwirkung der Verticalcomponente bei der Temperatur $\tau_0 + \Delta\tau$ und der Horizontalintensität $H_0 + \Delta H$ eine Ablenkung $n_0 + \Delta n$ beobachtet, so folgt daraus die relative Aenderung des für die Normaltemperatur τ_0 geltenden Momentes:

$$\frac{\Delta M_0}{M_0} = \frac{\Delta H}{H_0} + \frac{\Delta n}{n_0} \cos 2\varphi_0 + \mu \Delta\tau,$$

wo μ den Temperaturcoefficienten des Magnets bedeutet.

Das zur Messung von τ dienende Thermometer war bei dem Hohlmagnet in die Höhlung eingeschoben; übrigens wurde der Magnet nie mit den Händen, sondern mit einem Messingdraht oder einer Korkklemme gefasst. $\Delta H/H_0$ wurde mit einem Localvariometer nach Hrn. F. Kohlrausch bestimmt, bei welchem 1 Scalentheil einer Aenderung von H um 0,03219 entsprach, und der Temperaturcoefficient 0,0364 betrug.

Die Aenderungen der Declination während der Ablenkungsbeobachtungen wurden berücksichtigt.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen waren folgende:

Hohlmagnet 4.

23. Nov. 1884.	2 ^h 10' vertical.	Noch 2 ^h 30' vertical.	3 ^h horizontal
$\Delta M_0/M_0$	+0,00015	+0,00005	+0,00007
25. Nov. 1884,	3 ^h —' vertical.	Noch 2 ^h —' vertical.	
$\Delta M_0/M_0$	—0,00003	+0,00001	

Magnet 2.

21. Nov. 1884.	2 ^h 30' vertical.	3 ^h —' horizontal.
$\Delta M_0/M_0$	+0,00006	—0,00004

Magnet B.

2. Dec. 1884.	3 ^h —' vertical.	Noch 2 ^h —' vertical.
$\Delta M_0/M_0$	+0,00035	+0,00047
4. Dec. 1884.	2 ^h 20' vertical.	Noch 7 ^h —' vertical.
$\Delta M_0/M_0$	+0,00019	+0,00050.

Während also die harten, kräftig magnetisirten Stäbe kein merkliches remanentes Moment nach Einwirkung der

Verticalcomponente zeigen, ist dies bei dem schwach magnetisirten B unverkennbar vorhanden.

Uebrigens fand ich eine Andeutung dieses Verhaltens auch bei Schwingungsbeobachtungen.

Nachdem der Magnet 4 einige Monate lang vertical mit dem Nordpol nach unten in einem Schranke gestanden hatte, schien mir das (nach der Gauss'schen Methode bestimmte) Moment etwas zugenommen zu haben, doch kann ich nicht mit Sicherheit behaupten, dass zwischen den Messungen keine anderweitigen magnetisirenden Einflüsse sich geltend gemacht haben.

Schliesslich mögen die hauptsächlichen Resultate noch kurz zusammengestellt werden.

1. Das inducirte Quermoment ist für einige Magnete experimentell bestimmt worden. Für einen Vollcylinder ergab sich dasselbe etwas kleiner als aus dem Längsmoment in üblicher Weise berechnet.

2. Das inducirte Längsmoment erfährt in 20 Minuten keine merkliche Zunahme mehr, nachdem die magnetisirende Kraft 3 Secunden eingewirkt hat.

3. Bei harten Magneten bleibt nach mehrstündiger verstärkender Magnetisirung durch die Verticalcomponente keine dauernde Steigerung des Momentes zurück.

4. Die Resultate von Hrn. F. Kohlrausch, dass bis zu magnetisirenden Kräften von der Grösse der Verticalcomponente das inducirte Moment für Verstärkung und Schwächung merklich gleich und der magnetisirenden Kraft proportional ist, wurden für die hier nach einem anderen Verfahren untersuchten Magnete bestätigt gefunden.

Halle a. S., 23. Juli 1888.