V. *Ueber die Magnetisirungsfunction des weichen Eisens, insbesondere bei schwächeren Scheidungskräften;*

von Dr. A. Stoletow,
Docent d. Physik a. d. Universität Moskau.

(Vorgetragen i. d. Moskauer Mathematischen Gesellschaft am $\frac{\text{20. Novbr.}}{\text{2. Decbr.}}$ 1871.)

In der Poisson'schen, von Kirchhoff[1]) verallgemeinerten Theorie der Magnetisirung des weichen Eisens ist die Kenntniſs einer gewissen empirischen Function von der gröſsten Wichtigkeit. Diese Function wollen wir die *Magnetisirungsfunction* des Eisens nennen und mit k bezeichnen. Um sich die physikalische Bedeutung dieser Gröſse zu versinnlichen, hat man sich einen unendlich langen und unendlich dünnen Eisencylinder in einem homogenen magnetischen Felde vorzustellen, die magnetische Kraft sey nach der Cylinderaxe gerichtet und ihre Gröſse sey R. Dann wird das Eisen der ganzen Länge nach gleichmäſsig magnetisirt, d. h. das auf die Volumeneinheit bezogene magnetische Moment m ist dasselbe in allen Punkten des Cylinders. Das Verhältniss $\frac{m}{R}$ ist es, was wir als den Werth der Magnetisirungsfunction k für das Argument R bezeichnen. Dabei ist R, als *magnetische Kraft*, eine Gröſse von den Dimensionen $M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$, wenn wir durch M, L, T die Einheiten der Masse, der Länge und der Zeit darstellen; die Gröſse $k(R)$ ist eine *reine Zahl.*

Ist nun die Function k für jeden Werth von R bekannt, so haben wir alles Nöthige, um die Magnetisirung einer beliebigen Masse isotropen Eisens, deren Form und Dimensionen bekannt sind und die in einem gegebenen magnetischen Felde sich befindet, theoretisch bestimmen

1) Crelle's Journal, Bd. 48, S. 370.

zu können, — insofern von der Coërcitivkraft des Eisens abgesehen werden kann. Freilich lassen sich in der Wirklichkeit nur einige specielle Fälle von diesem Gesichtspunkte aus vollständig behandeln; dieses liegt aber nicht etwa an der Unbestimmtheit der Frage, sondern lediglich an den analytischen Schwierigkeiten der Auflösung.

Ueber den Verlauf von k beim Wachsen oder Sinken von R, sowie auch darüber, in wie weit derselbe verschieden ausfällt für verschiedene Eisensorten, — sind bis jetzt noch ziemlich ungenügende Kenntnisse vorhanden. Die meisten Beobachter haben mit cylindrischen Stäben experimentirt, — ein Fall, wo eine strenge Theorie nur unter der Annahme sich durchführen läfst, dafs der Stab ein unendlich langer und unendlich dünner sey. Andererseits sind die benutzte Magnetisirungskraft und das von ihr hervorgerufene magnetische Moment des Eisens meistens nicht nach *absolutem Maafs* angegeben worden, so dafs die Berechnung von k unmöglich wird. So viel ich weifs, sind solche absolute Messungen nur von Weber und v. Quintus Icilius angestellt worden.

Der letztere hat mit Eisenellipsoïden (in homogenem magnetischem Felde) zu thun gehabt, während Weber cylindrische Stäbe anwendete, welche nur näherungsweise als sehr gestreckte Ellipsoïde betrachtet werden dürfen, und in so weit eine theoretische Behandlung zulassen.

Weder der eine, noch der andere von den genannten Physikern hat aus seinen Versuchen die Werthe von k berechnet. Sie begnügen sich beide mit der Betrachtung des magnetischen Moments der Eisenmasse. Dieses ist aber nicht dazu geeignet, die allgemeine Abhängigkeit der Magnetisirung von der magnetisirenden Kraft ersehen zu lassen, da das magnetische Moment eines Cylinders von endlicher Länge, oder eines Ellipsoïds, nicht allein von dieser Kraft, sondern auch von der *Gestalt* des Eisens bedingt ist.

Zuerst hat Kirchhoff[1]) aus den Weber'schen Mes-

1) a. a. O. S. 374.

sungen [1]) die Werthe der Function k für gewisse Werthe ihres Arguments berechnet, wobei für die cylindrische Form des Eisens eine ihr möglichst nahe kommende ellipsoïdische substituirt wurde. Es ergaben sich hierbei folgende Zahlen:

R	k	R	k
296	25,0	1512	8,4
301	23,5	1583	8,1
612	16,9	1773	7,4
823	13,5	1975	6,7
967	12,0	2080	6,4
1184	10,2	2397	5,7
1297	9,5	2484	5,6

Als Einheit für R ist dabei nach Gauss $\frac{\text{mgr}^{\frac{1}{2}}.}{\text{mm}^{\frac{1}{2}}.\,\text{sec.}}$ angenommen worden.

Man sieht hieraus, daſs mit steigenden Werthen des Arguments die Function k zuerst rasch, dann langsamer abnimmt, und sich entweder der Null, oder einer endlichen Zahl assymptotisch nähert: eine Thatsache, auf welche schon früher Beobachtungen von Joule und Müller hingewiesen hatten.

Mit gröſserem Rechte läſst sich dieselbe Berechnungsweise auf die späteren Versuche von v. Quintus Icilius [2]) anwenden, weil bei diesen die Form des Eisens eine wirklich ellipsoïdische war. Einige von diesen Versuchen waren auch mit schwächeren Magnetisirungskräften angestellt, indem statt der directen magnetischen Wirkung des Eisens die Inductionsströme gemessen wurden, welche bei der Umkehrung des magnetisirenden Stromes in einer zweiten das Ellipsoïd umgebenden Spirale entstanden.

Zur Berechnung von k aus diesen Versuchen dürfen wir indessen nur die gestrecktesten Ellipsoïde benutzen; weil bei den anderen der Einfluſs von k auf die Gröſse des

1) Elektrodyn. Maaſsbest. III, Art. 26.

2) v. Quintus Icilius, Pogg. Ann. Bd. 121, S. 134 und 137.

magnetischen Moments nur unbedeutend ist und gegen den Einflufs der *Form* des Ellipsoïds beinahe verschwindet. Wir wollen also die Versuche mit den beiden Ellipsoïden ($l = 199$, $d = 1{,}97$) und ($l = 350$, $d = 2{,}12$) berechnen (l ist die Polaraxe, d die Aequatorialaxe, beide in Millimetern ausgedrückt). Ist m das magnetische Moment eines gestreckten Rotationsellipsoïds, welches durch eine constante, der Polaraxe parallel wirkende Kraft X magnetisirt wird, so haben wir:

$$m = kR = \frac{kX}{1+kS},$$

wo S eine aus dem Axen-Verhältnifs des Ellipsoïds zu berechnende Zahl darstellt, nämlich:

$$S = 4\pi\sigma(\sigma^2 - 1)\left(\frac{1}{2}\log\text{nat}\frac{\sigma+1}{\sigma-1} - \frac{1}{\sigma}\right),$$

wenn $\sigma = \frac{l}{\sqrt{l^2 - d^2}}$ ist [1]). Die Anwendung dieser Formeln auf die beiden genannten Ellipsoïde giebt uns folgende Tabelle.

I.

R	k	R	k	R	k
2,40	30,5	33,1	119,0	53,3	110,9
5,20	40,8	33,9	118,7	59,2	113,0
12,0	72,5	38,6	120,2	98,4	89,3
21,1	99,1	45,6	120,4	176,2	62,9
24,1	113,4	51,9	119,1	300,7	39,7

1) Neumann, Crelle's Journal, Bd. 37, S. 44.

II.

R	k	R	k	R	k
5,18	20,1	116,5	76,8	1722	7,11
8,71	22,6	148	64,9	2034	6,06
10,30	23,1	213	47,1	2044	6,05
14,30	28,4	240	41,9	2449	5,37
22,2	45,3	250	40,7	2981	4,28
26,9	54,3	379	27,9	3013	4,23
34,4	83,4	455	23,8	3464	3,73
38,5	94,5	495	21,9	3864	3,36
47,0	98,1	610	18,1	3971	3,25
49,2	107,5	749	14,9	4229	3,05
64,9	107,3	935	12,3	4541	2,86
97,2	87,0	1339	8,88		

Es erscheint hieraus in vollem Lichte die merkwürdige, bis jetzt, wie mir scheint, noch nicht gehörig anerkannte Thatsache, — dafs nämlich bei kleineren Werthen von R die Magnetisirungsfunction einen steigenden Verlauf hat, und bei einem gewissen R ein Maximum erreicht. Wir sehen ferner aus diesen Tabellen, dafs bei einem sehr langen und dünnen Stabe, wenn er durch eine nicht zu grofse Kraft magnetisirt wird, — das magnetische Moment nicht, wie man gewöhnlich annimmt, dieser Kraft ungefähr proportional, sondern viel rascher wächst, und zwischen gewissen Gränzen der Kraft beinahe proportional dem Cubus derselben ist.

Es läfst sich dieses schon aus einigen Versuchen von Joule ersehen [1]), dessen Aufmerksamkeit aber hauptsächlich auf den *permanenten* Magnetismus der Stäbe gerichtet war. Ferner hat Wiedemann [2]) bei Stäben von mäfsiger Dicke bemerkt, dafs das magnetische Moment *„ein wenig schneller“* wächst, als die magnetisirende Kraft. Aus

1) *Philosoph. Trans.* 1856, *Part. I, p.* 287.

2) Galvanismus, Bd. II, S. 297.

der Versuchsreihe No. 1 des Hrn. v. Quintus Icilius geht die Thatsache sehr schlagend und ohne weiteres hervor. Sie wurde auch von dem Beobachter selbst hervorgehoben; er scheint sich aber zu wundern, dafs das Steigen von $\frac{m}{X}$ nicht bei allen Ellipsoïden in demselben Grade eintritt, und meint, dafs „es beim gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse zu früh seyn möchte, daraus ein bestimmtes Gesetz in dieser Beziehung ableiten zu wollen [1]).“ Und doch ist dieses ungleiche Verhalten verschiedener Ellipsoïde eine directe Folge der Theorie.

In der That, fassen wir zunächst die beiden stümpferen Ellipsoïde in's Auge, die bei v. Quintus Icilius durch No. 2 und No. 3 bezeichnet sind, und die aus demselben Stück Eisen wie No. 1 ($l = 199$, $d = 1{,}97$) geschnitten waren. Es war $l = 200$, $d = 20{,}41$ für No. 2 und $l = 51$, $d = 19{,}84$ für No. 3. Wir dürfen also in dem Ausdrucke

$$\frac{m}{X} = \frac{1}{\frac{1}{k} + S}$$

$\frac{1}{k}$ gegen S geradezu vernachlässigen, oder $\frac{m}{X} = \frac{1}{S}$ setzen. Dann bekommen wir $\frac{m}{X} =$

3,80 für No. 2 und 0,608 für No. 3.

Aus den Versuchen von v. Quintus Icilius ergiebt sich im Mittel

4,34 für No. 2 und 0,596 für No. 3

Die Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung ist also eine ziemlich befriedigende.

Hr. v. Quintus Icilius [2]) hat ferner noch ein gestreckteres Ellipsoïd ($l = 100{,}5$; $d = 5{,}24$) untersucht, bei welchem die so eben angewandte approximative Rechnung nicht mehr erlaubt wäre. Um auch hier die Theorie zu prüfen, verfahren wir folgendermafsen. Zunächst suchen wir für jedes gegebene X das entsprechende R, indem wir

1) a. a. O., S. 135.

2) a. a. O., S. 132 und 138.

die Tabelle II (als die ausgedehntere) benutzen; wir setzen nämlich zuerst $k = 0$, also $R = X$, finden für diesen Werth von R das entsprechende k aus der Tabelle, berechnen wieder $R = \frac{X}{1+kS}$, usw., bis zwei auf einander folgende Werthe von R nahezu gleich ausfallen. Dann haben wir k gefunden, und können $\frac{m}{X} = \frac{1}{\frac{1}{k}+S}$ berechnen und mit der Erfahrung vergleichen.

Auf diese Weise finde ich z. B.

X	$\frac{m}{X}$ ber.	$\frac{m}{X}$ beob.
48,2	7,6	7,09
275	10,0	9,67
553	10,0	9,99
1701	6,5	7,51
2851	4,5	5,00
4436	2,9	3,52

Wir sehen, daſs auch hier Beobachtung und Rechnung nicht zu weit von einander abweichen.

Bevor ich die Versuche mit Ellipsoïden verlasse und zu meiner eigenen Untersuchung übergehe, muſs ich noch einer neueren (1870) Arbeit des Hrn. Riecke [1]) erwähnen. Derselbe hat nach Weber's Methode die Ummagnetisirung verschiedener Ellipsoïden durch die verticale Componente des Erdmagnetismus beobachtet. Je gestreckter das Ellipsoïd war, desto gröſser hat sich im Allgemeinen die Zahl k ergeben. Dies war, dem obigen gemäſs, auch zu erwarten, da bei gleich bleibendem X die Gröſse R gleichzeitig mit $\frac{1}{S}$ wächst; obgleich Hr. Riecke mehr geneigt scheint, einen anderen Grund dafür zu suchen. Die magnetisirende Kraft wurde nicht direct gemessen; nehmen wir aber nach Weber an, daſs die verticale Com-

1) Die Magnetisirungszahl des Eisens für schwache magnetisirende Kräfte, Göttingen 1871. (Auszüglich in Pogg. Ann. Bd. 141, S. 453).

ponente des Erdmagnetismus (in Göttingen) = 4,228 war[1]); so ergiebt sich das *R* für die Riecke'schen Versuche = 0,31 bis 0,72. Dem entsprechend wuchs das *k* von 13,5 bis 25,4.

Es schien mir nicht ohne Interesse zu seyn, die Ermittelung der Magnetisirungsfunction nach einer anderen, neulich von Kirchhoff[2]) vorgeschlagenen Methode vorzunehmen. Dabei habe ich insbesondere mit schwächeren Scheidungskräften experimentirt, um noch einmal den steigenden Verlauf von *k* bei solchen Kräften zu constatiren und aufser Zweifel zu setzen. Die Versuche, die ich mittheilen will, scheinen auch ein anderweitiges Interesse zu haben. Der einzige theoretisch vollständig gelöste und in der Praxis ausführbare Fall der Magnetisirung war bis zur letzten Zeit der Fall eines Ellipsoïds (die Kugel mit inbegriffen). In der vorliegenden Untersuchung wird die Theorie, wie ich glaube, zum ersten Mal, an einem Körper von anderer Form geprüft, — nämlich an einem *Ringe*.

Wir denken uns einen Eisenring, d. h. einen Rotationskörper von Eisen, welcher von der Rotationsaxe nicht getroffen wird. Dieser Ring sey auf seiner ganzen Peripherie von einem Drahte (*Primärdraht*) umwickelt; aufserdem sey er von einem anderen Drahte (*Secundärdraht*) ein- oder mehrere Mal umschlungen. Wird durch den ersten Draht ein constanter Strom geleitet, und ist der zweite in sich selbst geschlossen, so wird im letzteren ein momentaner Strom inducirt, sobald die Richtung des Primärstromes plötzlich umgekehrt wird[3]). Der Integralwerth der indu-

1) Diese Zahl gilt eigentlich für die *Mitte* des Jahres 1870. Siehe Weber, Bestimmung d. erdmagn. Kraft in Göttingen, S. 30. (Abhandlungen d. k. Gesellschaft d. Wiss. zu Göttingen, Bd. VI).

2) Pogg. Ann. Ergzbd. V, S. 1.

3) Ich habe durchweg die *Stromumkehrung* angewandt, weil dabei die Resultate weniger vom remanenten Magnetismus beeinträchtigt werden, als beim *Schliefsen und Oeffnen* des Stromes. Dieselbe Methode hatten auch Weber und v. Qu. Icilius benutzt. Die Anwendung *beider* Methoden würde uns auch ein Maafs für den remanenten Magnetismus des Eisens an die Hand geben.

cirten elektromotorischen Kraft, nach absolutem elektromagnetischen Maafs ausgedrückt, ist nach der von Kirchhoff gegebenen Theorie:

$$(1) \quad \ldots \quad E = 4nn'i\left\{4\pi k M + P\right\}.$$

Das erste Glied des Ausdruckes rührt von den durch das Ummagnetisiren des Eisens inducirten Strömen her, das zweite von der directen Volta-Induction der beiden Drähte. Es bedeuten dabei:

n und n' — die Zahlen der Windungen des primären, resp. secundären Drahtes (umschlingt dieser den Ring ν-mal in *einem* Sinne, ν'-mal im anderen, so hat man unter n' die Differenz $\nu - \nu'$ zu verstehen);

i — die Intensität des Primärstromes, nach absolutem elektromagnetischen Maafs gemessen;

M — das auf den Querschnitt des Eisenringes ausgedehnte Integral von der Form $\int \frac{dS}{\varrho}$, wo dS ein Flächenelement jenes Querschnitts, ϱ die Entfernung dieses Elements von der Rotationsaxe des Ringes ist;

P — ein ähnliches Integral, bezogen auf die Fläche einer Primärwindung.

k ist die Magnetisirungsfunction des Eisens, und das Argument R, worauf dieses k sich bezieht, ist der Mittelwerth der Magnetisirungskraft. Diese ist $= \frac{2ni}{\varrho}$ für einen Punkt (ϱ) des Ringes. Folglich ist

$$(2) \quad \ldots \ldots \quad R = \frac{2niM}{S},$$

wo mit S die ganze Fläche des Eisenquerschnitts bezeichnet ist.

Kennen wir also die Form und Dimensionen des Ringes und der Primärwindungen, sowie die Zahl dieser und der secundären Umgänge; so läfst sich für jedes gegebene, nach absolutem Maafs auszudrückende R, die Function k berechnen, sobald das Verhältnifs $\frac{E}{i}$ ebenfalls nach absolutem Maafs gemessen ist.

Dieses ist der Grundgedanke der von mir befolgten, von Kirchhoff anempfohlenen Methode. In wie weit dieselbe für verschiedene Werthe der magnetisirenden Kraft R abzuändern war, wird aus dem Folgenden erhalten.

Ich habe mir einen solchen Ring von weichem Eisen in der Werkstätte des Hrn. Dr. Meyerstein in Göttingen machen lassen. Der Ring soll 12 Stunden in der Glühhitze gelegen haben, hiernach sey er unter allmäliger Bedeckung des Feuers abgekühlt worden. Der Querschnitt des Ringes ist ein Rechteck. Den äufseren Durchmesser des Ringes habe ich gleich $200^{mm},025$ gefunden; den inneren $= 180^{mm},37$; die Höhe des Ringes $= 14^{mm},75$. Hieraus berechnet sich die oben mit M bezeichnete Gröfse $= 1^{mm},526$.

Auf diesen Ring wurden nun zwei nach aufsen hin kreisförmig abgerundete Holzringe angekittet; auf diese wurde dann ein besponnener Kupferdraht (ohne Bespinnung $0^{mm},45$, mit Bespinnung $0^{mm},67$ dick) möglichst dicht und gleichmäfsig gewickelt. Dieser, meistens als Primärschliefsung benutzte Draht hatte 800 Windungen; er wurde mit einer Kette in Verbindung gesetzt. Die mittlere Contour einer Windung wird ziemlich genau dargestellt durch Verbindung eines Rechtecks von $11^{mm},1$ Breite und $24^{mm},5$ Höhe, und zweier Halbkreise von 11,1 Durchmesser (Fig. 8, Taf. VI). Hiernach berechnet sich die mit P bezeichnete Gröfse (auf deren genaue Kenntnifs es viel weniger ankommt, als auf die Bestimmung von M) zu $3^{mm},87$.

Die Gleichungen (1) und (2), auf den beschriebenen Ring angewandt, geben uns folgende Formeln zur Berechnung von R und k:

$$k = \frac{\frac{1}{320.n'}\cdot\frac{E}{i} - 3,87}{19,172}\;;\quad R = 16,84\,.\,i.$$

Auf die erste Schicht von Drahtwindungen, welche meistens allein als Primärdraht diente, wurden noch 750 Umgänge von demselben Drahtstücke gewunden, welche ebenfalls die ganze Peripherie des Ringes ausfüllten. In dieser zweiten Schicht war aber der Draht in fünf getrennte Stücke getheilt, deren Windungszahlen resp. 50, 100, 150, 200 und 250 waren. Je nach dem Bedürfniſs wurde die eine oder die andere von diesen Abtheilungen, oder auch verschiedene Combinationen derselben, mit einem Multiplicator verbunden und als Secundärdraht benutzt. Die Zahl der Secundärumgänge konnte also von 50 an stufenweise zu 100, 150, ..., 700, 750 gesteigert werden. Auch konnte ich bei derselben *effectiven* Anzahl von Windungen den Widerstand des Secundärdrahtes verändern, indem ich z. B. einmal die Abtheilung 50 allein benutzte, das andere Mal die Abtheilungen 250 und 200 in entgegengesetztem Sinne mit einander verband.

Alle diese Drähte waren so aufgewickelt, daſs bei jedem die Wirkung des von ihm gebildeten *Längsstromes*, nach Ampère, durch einen zurückkehrenden Drahtumlauf compensirt wurde. (Fig. 9, Taf. VI stellt den inneren Draht schematisch dar).

Bei gröſseren Scheidungskräften konnte ich mich einer kleineren Anzahl von Secundärwindungen bedienen. Alsdann bedurfte ich nicht genannter Abtheilungen für die secundäre Schlieſsung, und lieſs bloſs den Zuleitungsdraht des Multiplicators in 10 Windungen um den Ring herumlaufen. Jene Abtheilungen aber konnte ich jetzt alle in gleichem Sinne mit einander und mit der ersten Drahtschicht verbinden, wodurch die Zahl der Primärumgänge zu 1550 wurde und die Scheidungskraft bei derselben Kette bedeutend stärker war. Bei dieser Anordnung kamen, mit Rücksicht auf die Aenderung von n und P (bei den äuſseren Windungen war die Länge des Ovals $= 37^{mm},75$, die Breite $= 11^{mm},75$) folgende Gleichungen zur Geltung:

$$k = \frac{\frac{1}{6200\,.\,n'}\,.\,\frac{E}{i} - 4{,}11}{19{,}172}\;;\; R = 32{,}626\,.\,i.$$

Bevor ich zu den eigentlichen Messungen übergehe, will ich ein Paar vorläufige Versuche mittheilen, die ich angestellt hatte, um den regelmäfsigen Verlauf der Erscheinung zu constatiren und die Uebereinstimmung desselben mit der Theorie zu prüfen.

Lassen wir den magnetisirenden Strom i unverändert, so folgt aus der Gleichung (1): 1) dafs die inducirte elektromotorische Kraft mit der Anzahl der Secundärwindungen proportional wächst; 2) dafs sie *nur* von der Zahl, und nicht von der Beschaffenheit der Windungen abhängt.

Aehnliche Gesetze hatte Lenz durch Erfahrung gefunden, als er die inducirten Ströme untersuchte, die in einer einen Eisencylinder umgebenden Drahtspirale entstanden, sobald der Cylinder von den Polen eines starken Stahlmagneten abgerissen wurde [1]). Theoretisch lassen sich aber diese Gesetze nur unter der Annahme ableiten, dafs der Cylinder unendlich dünn und unendlich lang sey [2]).

Ich habe den Strom einer Daniell'schen Kette durch den Primärdraht des Ringes geleitet. Die Abtheilungen 100, 150, 200 und 250 des secundären Drahts wurden mit einander und mit einem Galvanometer von kräftiger Dämpfung verbunden. Die Verbindung geschah in verschiedener Weise, so dafs die effective Zahl der Windungen resp. 100, 200, 300, 400, 500 und 700 war. Da der Widerstand des secundären Stromkreises unverändert blieb, so waren die am Galvanometer beobachteten Ausschläge, beim Umkehren des Primärstromes, den inducirten elektromotorischen Kräften proportional. Diese Ausschläge ergaben sich, als Mittel aus je 8 Beobachtungen:

bei	100,	200,	300,	400,	500,	700 Windungen.
=	47,2;	94,4;	140,4;	189,0;	236,4;	329,9 Scalentheile.

Gehen wir von der Zahl 329,9 aus, so berechnen sich die anderen zu

47,13; 94,26; 141,4; 188,5; 235,6.

Wurde die Verbindung der Abtheilungen so gemacht, dafs die Zahl der in *einem* Sinne laufenden Windungen

1) Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, S. 634.

2) Kirchhoff, Crelle's Journal, Bd. 48, S. 368.

gleich war der Zahl der entgegengesetzt gerichteten, so bekam ich beim Umkehren des Stromes die kleinen Ausschläge $\pm$ 1,5, welche wohl der unvollkommenen Gleichartigkeit der Eisenmasse oder der Primärwindungen zuzuschreiben sind [1]). Bei Anwendung von 150 — 100 — 50 Windungen blieb der Magnet vollkommen in Ruhe.

Aehnlich liefs sich beweisen, daſs die Gestalt und sonstige Beschaffenheit der secundären Windungen von keinem Einfluſs ist. Als ich einen dickeren Draht in 50 unregelmäſsigen und weiten Windungen um den Ring herumlaufen lieſs und aus diesem Draht, der entgegengesetzt gerichteten Abtheilung 50 und dem Multiplicator eine Secundärschlieſsung bildete, — bekam ich keine merkliche Ablenkung beim Umkehren des Primärstromes.

Ueberhaupt sind die aufeinander folgenden Inductionsstöſse sehr constant, wenn man nur die Vorsicht nimmt, nach jeder Aenderung der magnetisirenden Kraft den Commutator einige mal umzulegen, bevor man die Beobachtungen anfängt; da die ersten Ausschläge noch vom remanenten Magnetismus beeinfluſst werden.

Ich gehe nun zu den eigentlichen Messungen von k und R über.

Wie wir sahen, kommt es darauf an, das Verhältniſs $\frac{E}{i}$ der inducirten elektromotorischen Kraft zur Intensität des inducirenden Stromes zu ermitteln. Dazu wurden, je nach der Stärke des letzteren, verschiedene Methoden angewandt.

Bei stärkeren Primärströmen wurde die Anordnung angenommen, die aus Fig. 10, Taf. VI erhellt. Der Strom

1) Nach der Theorie müſste die Wirkung des Ringes auf äuſsere Magnete durchaus unabhängig davon seyn, ob ein Strom durch die Windungen flieſse, und in welcher Richtung. Dieses bewährte sich aber bei weitem nicht, als ich meinen Ring dicht neben dem Galvanometer gelegt hatte; was wiederum auf die erwähnte Ungleichartigkeit hindeutete. Jedenfalls war die directe Wirkung des Ringes auf das Galvanometer vollkommen unmerklich, wenn der erstere seinen gewöhnlichen Platz behielt.

einer Kette *K* (meistens 4 bis 12 Daniell, für stärkere Ströme 12 bis 14 Bunsen) wird durch zwei Commutatoren C_1, C_2, den Primärdraht *P* des Ringes und eine kreisförmige Drahtrolle *R* von bekannten Dimensionen geleitet. Diese zur Messung des Primärstromes bestimmte Rolle ist senkrecht zum magnetischen Meridian, östlich von einem Magnetometer *M* aufgestellt; die verlängerte Axe der Rolle trifft den Mittelpunkt des Magnetstabes. Die Entfernung des letzteren von der Mitte der Rolle wurde meisten zu 1000^{mm} oder 1250^{mm} abgemessen.

Der Magnet *M* ist nun aufserdem von einem Multiplicator mit engen Windungen umgeben. Durch diesen, mit einem Dämpfer versehenen Multiplicator werden die inducirten Ströme geleitet. Es wird nämlich der Zuleitungsdraht des Multiplicators entweder direct in mehreren Windungen um den Ring gewunden, oder mit den oben besagten Abtheilungen der zweiten Drahtschicht des Ringes verbunden. Endlich ist *W* eine Siemens'sche Widerstandsscale, durch welche der Primärstrom abgeschwächt werden kann. Die Beobachtung geschieht mit Scale und Fernrohr.

Der in der Rolle *R* fliefsende constante Strom ertheilt dem Magnetometer eine gewisse Ablenkung aus dem magnetischen Meridian. Durch Umlegen des Commutators C_1 wird der Strom *nur* im Primärdrahte *P* umgekehrt. Dadurch entsteht im Multiplicator ein Inductionsstofs, welcher dem Magneten einen Ausschlag ertheilt. Es wird sowohl diese vom Primärstrom bedingte Gleichgewichtslage, als auch der Inductionsausschlag beobachtet. Durch ein zweites Umlegen von C_1 erhält der Magnet, nachdem er sich beruhigt hat, einen entgegengesetzten Ausschlag. Endlich werden dieselben Beobachtungen gemacht, nachdem man den Commutator C_2 umgelegt und dadurch den Strom *im ganzen Primärkreise* umgekehrt hat.

Es sey

a — die halbe Differenz der beiden Gleichgewichtslagen des Magneten bei den beiden Stellungen des Commutators C_2;

A — die von der jedesmaligen Gleichgewichtslage an gerechnet, vom Inductionsstofs bewirkte Elongation des Magneten;

T — die Schwingungsdauer des ungedämpften Magnetometers;

λ — das logarithmische Decrement der Schwingungen beim geschlossenen Secundärdrahte;

m — das Verhältnifs des vom Multiplicator auf den Magneten ausgeübten Drehungsmoments zu dem von der Rolle herrührenden, vorausgesetzt dafs beide von demselben Strom durchflossen werden.

Dann ist das Verhältnifs des Inductionsstofses J und des Primärstromes i, beide nach demselben Maafs gemessen,

$$\frac{J}{i} = \frac{A}{ma} \cdot \frac{T}{\pi} \cdot e^{\frac{\lambda}{\pi\mu} \operatorname{arc\,tg} \frac{\pi\mu}{\lambda}},$$

wo μ der Modul der Brigg'schen Logarithmen ist.

Will man, statt die ersten Ausschläge zu beobachten, die Multiplicationsmethode anwenden, so sind A und a aus den aufeinander folgenden Ablesungen und der Dämpfung λ in bekannter Weise zu berechnen.

Kennen wir also m und T (das T ändert sich etwas und mufs von Zeit zu Zeit wieder bestimmt werden), so läfst sich aus jedesmaligen Bestimmungen von A, a und λ das Verhältnifs $\frac{J}{i}$ berechnen. Ist ferner der Widerstand W der Secundärschliefsung nach absolutem Maafs bekannt, so haben wir auch das Verhältnifs $\frac{E}{i} = \frac{J \cdot W}{i}$, welches zur Berechnung von k erfordert wird.

Die Widerstände aller Drähte, aus denen bei verschiedenen Beobachtungen der secundäre Stromkreis bestand, d. h. des Multiplicators M (w_m) und aller Abtheilungen der zweiten Drahtschicht (w_{50}, w_{100}, ...), waren nach absolutem Maafs bestimmt durch Vergleichung, nach der Wheatstone'schen Methode, mit einer *British Association* Einheit. Es war (reducirt auf 20°,4 C.):

$w_m = 2{,}4758 \,.\, 10^{10} \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}$	$w_{150} = 2{,}1150 \,.\, 10^{10} \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}$
$w_{50} = 0{,}74502 \,.$ „ „	$w_{200} = 2{,}6829 \,.$ „ „
$w_{150} = 1{,}4046 \,.$ „ „	$w_{250} = 3{,}4253 \,.$ „ „

Bei jeder Beobachtung wurde die Temperatur der Luft neben dem Multiplicator notirt; aufserdem wurde ein zweites Thermometer an die zweite Drahtschicht des Ringes angelegt, welche, bei stärkeren Primärströmen, sich durch Berührung mit dem Primärdrahte bedeutend erwärmte. Nach den Angaben der beiden Thermometer wurden die Widerstände reducirt, wobei die Zunahme eines aus Kupfer bestehenden Widerstandes w bei Erwärmung um 1° C., gleich 0,00307 w gesetzt werden konnte [1]).

Die oben mit m bezeichnete Zahl, welche angiebt, wie viel mal die Wirkung des Multiplicators stärker war, als die der Rolle (beim gleichen Strome in beiden), wurde ein- für allemal gemessen. Zu diesem Zweck wurde der Strom einer Kette durch die Rolle geleitet; ein bekannter Theil desselben Stromes wurde durch den Multiplicator geschickt, mittelst einer Ableitung von kleinem genau gemessenen Widerstande. Es war gefunden $m = 2414$ für den Fall, dafs die Rolle in 1000$^{\text{mm}}$ Entfernung vom Aufhängefaden des Magneten stand. Aus den unten mitzutheilenden Constanten der Rolle liefs sich die entsprechende Zahl m für den Fall berechnen, wo die Entfernung eine andere war.

Nun haben wir alles, was zur Berechnung von k aus den beobachten A, α, λ und T nothwendig ist. Um aber auch das Argument R (die Magnetisirungskraft), worauf sich dieses k bezieht, berechnen zu können, mufste die Intensität des Stromes i nach absolutem Maafs bestimmt werden.

Es sey

H — die horizontale Directionskraft des Magneten (herrührend von dem magnetischen Felde des Beobach-

1) Matthiessen und v. Bose, s. Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, S. 1060.

tungsortes, zum kleinen Theil auch von der Torsion des Aufhängefadens);

u — der Ablenkungswinkel des Magneten, hervorgebracht durch einen Strom von absolutem Werth i, welcher die Rolle durchfliefst;

F — der Flächenraum der Rolle;

r — ihre Entfernung vom Magnetfaden.

Dann haben wir, als erste Annäherung.

$$\frac{H \operatorname{tg} u}{i} = \frac{2F}{r^3}.$$

Genauer gesprochen, ist der rechte Theil dieser Gleichung eine nach absteigenden Potenzen von r fortschreitende Reihe. Setzen wir voraus, dafs sowohl Magnet als Rolle, in ihren magnetischen Fernewirkungen, symmetrisch sind in Bezug auf ihre Axen; so dürfen in jener Reihe nur ungerade Potenzen von r vorkommen. Beschränken wir uns auf die zwei ersten Glieder der Reihe, so kommt

$$\frac{H \operatorname{tg} u}{i} = \frac{2F}{r^3}\left(1 + \frac{\beta}{r^2}\right),$$

wo β eine Constante[1]) ist, die sowohl von den Dimensionen der Rolle und des Magneten, als auch von der Vertheilung des Magnetismus im letzteren abhängt.

Aus den Dimensionen der Rolle und den Windungszahlen ihrer 4 Drahtschichten war

$$F = 6075500^{\square mm}$$

gefunden. Die zweite Constante β konnte nur durch Erfahrung ermittelt werden. Dazu wurden die Ablenkungswinkel u_1 und u_2 des Magneten beobachtet, welche die von einem constanten Strome durchflossene Rolle hervorrief, wenn sie in zwei verschiedenen Entfernungen r_1 und r_2 aufgestellt war. Es ist dann offenbar:

$$\beta = -\frac{\frac{\operatorname{tg} u_1}{\operatorname{tg} u_2} - \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2}{\frac{\operatorname{tg} u_1}{\operatorname{tg} u_2} - \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^5} \cdot r^2{}_2.$$

1) Der Einflufs des Winkels u auf das β darf, bei kleinen u's, aufser Acht gelassen werden.

Als das vortheilhafteste Verhältnifs $\frac{r_2}{r_1}$ bei dieser Bestimmung ergiebt sich, nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, $\frac{r_2}{r_1} = 1{,}336$. Demgemäfs war bei $r_1 = 1000^{mm}$, $r_2 = 1335^{mm}$ angenommen. Auf diese Weise ergab sich $\beta = -26301$, und hiernach

$$\frac{H \operatorname{tg} u}{i} = 0{,}011831 \quad \text{für } r = 1000^{mm},$$
$$\text{„} \quad = 0{,}0061169 \quad \text{„} \quad \text{„} \quad 1250 \text{ „}.$$

Nach diesen Formeln läfst sich die absolute Stromintensität berechnen, vorausgesetzt, dafs die Gröfse H bekannt ist. Diese wurde dreimal im Laufe der Untersuchung nach dem Gauss'schen Verfahren gemessen. Um auf die Veränderungen von H in den Zwischenzeiten Rücksicht zu nehmen, wurde täglich der bei der Messung von H gebrauchte Ablenkungsstab auf dem die Rolle tragenden Brette in der Entfernung 1250^{mm} gelegt und die Ablenkung beobachtet, die der aufgehängte Magnet erlitt. Hieraus liefs sich die seit der letzten Messung erfolgte Veränderung von H ermitteln. Freilich war das magnetische Moment des ablenkenden Stabes nicht durchaus constant; die Veränderung desselben rührte wohl aber hauptsächlich von der Temperatur her und konnte noch berücksichtigt werden. Ich will nun auf einige Fehlerquellen der beschriebenen Methode aufmerksam machen. Bilden wir nämlich die secundäre Schliefsung in der Weise, dafs die effective Zahl der Windungen $= 0$ ist; so sind, auch abgesehen von der Ungleichartigkeit des Eisens und der Primärumgänge, kleine Ablenkungen des Magneten zu erwarten, sobald wir den Commutator C_1 umlegen. Diese rühren zum Theil von der Unterbrechung des Primärstromes her, zum Theil aber von den Extraströmen, welche sowohl im Primärdrahte des Ringes, als auch in der Rolle inducirt werden. Die erste und dritte von diesen Störungen wirken, wie leicht einzusehen, immer dem Primärstrom entgegen; während die Wirkung der in P inducirten Extraströme ihre Richtung wechselt, sowohl mit der Anfangstellung von C_1 als auch mit der Stellung von C_2. Hieraus entstehen kleine Ausschläge des Magneten, deren Richtung mit der Stellung von C_2, deren Gröſse aber mit der Umlegungsart von C_1 sich ändert. Dieses wurde wirklich beobachtet. Es ist nicht schwer, den Einfluſs dieser Fehlerquelle sowohl auf die Berechnung von A, als auf die Werthe von a (sobald wir diese aus Multiplicationsablesungen bestimmen) zu schätzen und als Correction anzubringen. Die Correction von A kann übrigens dadurch vermieden werden, daſs man den Secundärdraht bald in *einem* Sinne, bald im entgegengesetzten in den Multiplicator einschaltet.

Als Beispiel für die erörterte Methode will ich das abgekürzte Protocoll einer Messung anführen

19. *October* 1871. — Kette — 12 Daniell, abgeschwächt durch 10 Siemens; Rolle auf 1000^{mm}.

Zahl der Primärwindungen $n' = 250 - 200 + 50 - 100 = 100$.

Temperatur am Ringe $t_r = 16^0{,}7$ C.; Temperatur am Multiplicator $t_m = 9^0{,}7$. Hieraus $W = 11{,}874 \,.\, 10^{10} \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}$

Entfernung der Scale vom Magnetspiegel $= 2125^{sc.}{,}3$.

Logarithmisches Decrement $\lambda = 0{,}1410$; folglich

$$\log e^{\frac{\lambda}{\pi\mu} \operatorname{arc\,tg} \frac{\pi\mu}{\lambda}} = 0{,}06588.$$

Schwingungsdauer des ungedämpften Magnetometers $T = 420^s{,}19$.

Directionskraft desselben $H = 1{,}9820 \,\text{mgr.}^{\frac{1}{2}}\,\text{mm.}^{-\frac{1}{2}}\,\text{sec.}^{-1}$.

Die *acht* Gleichgewichtslagen des Magneten (bei 3 Combinationen von C_1 und C_2 und beiden Verbindungsarten des Secundärdrahts mit dem Multiplicator) sind (mit Correction wegen der endlichen Entfernung der Scale vom Magnetspiegel):

	621,5	404,8
	622,2	406,2
	623,3	405,9
	621,7	405,4
Mittel	622,17	405,57.

Die entsprechenden Ausschläge des Magneten durch Inductionsstöfse sind:

243,4	244,4
241,7	244,5
241,9	244,4
243,7	244,4.

Folglich $a = 108^{sc.},23$; $A = 243^{sc.},46$.

Hieraus ergiebt sich

$$\frac{E}{i} = 8,3700 \,.\, 10^8 \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}; \quad i = 4,2656 \frac{\text{mm.}^{\frac{1}{2}}\,\text{mgr.}^{\frac{1}{2}}}{\text{sec.}}$$

und endlich

$$k = 136,22; \qquad R = 71,830 \,.\, \frac{\text{mgr.}^{\frac{1}{2}}}{\text{mm.}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec.}}$$

Bei schwächeren Strömen bedarf die beschriebene Methode einer Abänderung, da die Messung solcher Ströme durch die entfernte Rolle zu ungenau seyn würde. Dieses konnte zunächst dadurch abgeholfen werden, dafs man vor dem Draht *P* eine Brücke einschaltete, so dafs *nur* der in *P* fliefsende Strom abgeschwächt wurde. Meistens aber wurde für solche Fälle die Anordnung angenommen, welche von Kirchhoff bei seiner Messung der Inductionsconstante angewandt war. Die Kette *K* (Fig. 11, Taf. VI) der Primärdraht *P* des Ringes, der Secundärdraht *S* und der Multiplicator *M* des Magnetometers bildeten einen Stromkreis, welcher durch eine Brücke *B* von kleinem Widerstande in zwei Theile zerlegt war. Durch den Commutator C_1 wurde der Strom in *P* umgekehrt, durch den Commutator C_2 der Multiplicatordraht umgeschaltet.

Die beim Umlegen von C_1 in *S* inducirten Ströme fliefsen fast ausschliefslich im Kreise *SBM*; der Strom

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 412.

der Kette dagegen fliefst zum gröfsten Theil in KBP, nur ein kleiner Theil davon geht durch M und wird zur Messung benutzt. Da die Reductionsconstante des Multiplicators, welche zur Bestimmung absoluter Stromintensitäten aus beobachteten Ablesungen dient, schon früher ermittelt war, so liefs sich der im Multiplicator fliefsende Strom i_m nach absolutem Maafs berechnen. Aus den bekannten Widerständen von M, S und B ergab sich endlich der ganze in P fliefsende Magnetisirungsstrom i.

Was nun die zur Berechnung von k erforderliche Gröfse $\frac{E}{i}$ anbetrifft, so ist es leicht einzusehen, dafs dieselbe $= w_b . \frac{J_m}{i_m}$ wird, wenn wir mit w_b den absoluten Widerstand der Brücke B, mit J_m den Integralwerth des im Multiplicator fliefsenden Inductionsstromes bezeichnen. (Dabei wird vorausgesetzt, dafs w^2_b gegen das Product der beiden Widerstände KBP und SBM vernachlässigt werden darf, was bei allen Versuchen zulässig war.)

Als Brücke B dienten starke Kupferdrähte; ein jeder war mit seinen Enden an zwei kleine Gabeln von noch dickerem Draht angelöthet, welche unten amalgamirt und in Quecksilbernäpfchen getaucht wurden (Fig 12, Taf. VI). Als die mit w_b bezeichnete Gröfse ist der Widerstand des eigentlichen Drahtes 1B2, von der Löthstelle 1 bis zur anderen 2, zu betrachten. Dieser Widerstand wurde nach Thomson's Methode [1]) bestimmt; die Methode erlitt nur eine kleine Abänderung, welche dadurch bedingt war, dafs man hier nicht etwa zwei Widerstände nach einem gegebenen Verhältnifs abzumessen hatte, sondern je zwei schon definitiv abgemessene und fertige Widerstände zu vergleichen. Auf diese Weise ergab sich für die vier benutzten Brücken der Widerstand w_b bei 20°,4 C. resp. gleich

$$1{,}1626 \,.\, 10^8 \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}};\quad 2{,}2589 \,.\, 10^8 \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}$$
$$1{,}1683 \,.\; „ \quad „ \qquad 2{,}2811 \,.\; „ \quad „$$

1) *Phil. Mag.* (4 ser.) *vol. XXIV, p.* 149 (Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, S. 1046).

sodann durch Benutzung der beiden kleinen Drähte nebeneinander ein Widerstand erhalten wird, der weniger als 0,002 des kleinsten Werthes von *SMB* ausmacht.

Im übrigen war die Messungsmethode mit der zuerst beschriebenen identisch. Es wurden bald die ersten Ausschläge des Magneten beobachtet, bald die Multiplicationsmethode angewandt. Der störende Einfluſs der Extraströme (welche jetzt nur vom Drahte *P* herrühren), sowie der Stromunterbrechung, strebt immer dahin, die aus multiplicirten Ablesungen zu berechnende, durch den Primärstrom bedingte Ablenkung des Magneten zu verkleinern. Dieser Einfluſs läſst sich leicht eliminiren. Der Mittelwerth der Inductionsausschläge aber wird durch diesen Umstand nicht beeinträchtigt, wenn wir jedesmal die beiden Umlegungen des Commutators C_1 ausführen.

Auch für diese zweite Methode führe ich ein Beispiel an. 3. *September* 1871. — 1 Daniell; $n = 800$; Secundärdraht = Abtheilung 100. Folglich $\frac{w_t + w_b}{w_b} = 668{,}30$ (w ist der Widerstand des Zweiges *BMSB*, Fig. 12, Taf. VI).

In *B* wurden die beiden kleineren Brücken nebeneinander eingeschaltet; folglich $w_b = 5{,}8687 \,.\, 10^7 \frac{\text{mm.}}{\text{sec.}}$.

Ferner

$T = 20',640$; $\lambda = 0{,}16571$; $H = 2{,}0018$; $D\ 2261'',0$.

Die Multiplication (je 10 Ablesungen) ergab als Gleichgewichtslagen des Magneten:

409,80; 584,67; 584,78; 409,68

und als Werth des Inductionsausschlages

124,23; 122,83; 122,64; 123,90.

Correction für Extraströme = 1,84.

Hieraus finden wir

$$a = 89'',33\,; \quad A = 123'',40:$$

und schlieſslich

$$k = 103{,}33; \quad R = 15{,}57.$$

In der folgenden Tabelle sind die Resultate meiner Messungen zusammengestellt.

R	k	R	k	R	k	R	k
4,302	21,54	16,47	113,5	83,26	120,0	195,7	61,93
5,497	23,78	23,21	157,0	91,40	112,2	205,9	59,22
7,017	26,44	32,12	174,2	100,35	108,1	217,0	56,47
9,220	40,95	35,62	172,3	105,03	104,2	228,0	53,92
10,53	51,10	38,14	170,7	111,18	97,12	235,8	52,88
11,51	59,76	40,38	168,9	119,6	93,97	252,2	49,68
12,60	68,70	52,47	161,6	132,6	87,70	272,7	47,29
13,67	76,53	67,89	141,7	140,1	82,08	288,2	44,04
14,94	84,53	71,83	136,2	156,0	75,43	296,1	43,65
15,60	104,48	75,55	132,1	179,3	66,87	307,3	42,13

Nach diesen Angaben ist die *stark gezogene* Curve Fig. 13, Taf. VI gezeichnet, deren Abscissen die Werthe von R, deren Ordinaten die entsprechenden Werthe von k darstellen. Die beiden *punktirten* Linien sind nach den oben berechneten Versuchsreihen des Hrn. v. Quintus Icilius gezogen. Wir sehen, dafs bei gröfseren Werthen von R alle drei Curven sehr ähnlich verlaufen, während die kleineren R die von mir erhaltene viel steiler ansteigt.

Bekanntlich ändert sich die Zahl k, wenn die Temperatur des Eisens bedeutende Veränderungen erleidet. Diese Temperatur war bei meinem Ringe nicht mit Genauigkeit anzugeben. Die Temperatur des Beobachtungslokals sank im Laufe der Untersuchung (September und October 1871) ziemlich bedeutend, dieser Umstand compensirte sich aber zum Theil dadurch, dafs ich allmälig stärkere Scheidungskräfte anwendete, wobei der Ring, sich immer mehr durch den Primärstrom (zum Theil wohl auch durch die Ummagnetisirung selbst) erwärmte. Deshalb beziehen sich die meisten Messungen auf 15° bis 20° C. Eine erhebliche Vergröfserung von k liefs sich nur bemerken, als ich einmal am Schlusse der Untersuchung den Strom von 14 Zink-Kohlen-Elementen absichtlich so lange durch den Primärdraht fliefsen liefs, bis dieser sich von 10° auf 40° er-

1) Ueber den Einflufs geringer Temperaturänderungen, vgl. Weber, Elektrodyn. Maafsbest. III, S. 568; auch Wiedemann, Pogg. Ann. Bd. 122, S. 351.

wärmte; die Ergebnisse solcher Versuche sind in der Tabelle nicht enthalten.

Mit gewissen Einrichtungen zur sicheren Bestimmung der Temperatur des Eisens, liefsen sich ähnliche Methoden zur Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Magnetisirungsfunction anwenden. Ferner wäre es wünschenswerth, solche Messungen auf verschiedene Eisensorten auszudehnen, wobei der Verlauf von k bedeutende Abweichungen zeigen möchte. Ferner würde es zweckmäfsig seyn, *dünnere* Ringe, als der oben beschriebene, zu Messungen zu benutzen, weil sie uns genauere Resultate liefern müssen, vorausgesetzt, dafs die Gestalt des Ringes mit gleicher Genauigkeit verwirklicht sey [1]. Es ist mir bis jetzt nicht möglich gewesen, meine Arbeit in den genannten Richtungen zu vervollständigen.

Die genauere Untersuchung dieses Gegenstandes möchte mancherlei Interesse darbieten. Einerseits wäre dadurch ein tieferer Einblick in das Wesen desjenigen Molecularprocesses gewonnen, den wir als Magnetisirung eines Körpers bezeichnen. Aus den besprochenen Thatsachen scheint es zu folgen, dafs die Hypothese drehbarer Molecularmagneten des Eisens in der Form wie sie von Weber [2]) entwickelt ist, dem Verlaufe der Erscheinung bei schwächeren Scheidungskräften nicht entsprechen. Andererseits würden genauere Kenntnisse der Function k auch von praktischem Belege seyn können, namentlich bei der Construction sowohl elektromagnetischer Motoren, als auch derjenigen magnetoelektrischen Maschinen neuerer Gattung

1) Es ist nämlich die Gleichung (1) nur unter der Annahme streng richtig, dafs in einem Querschnitte des Ringes die Zahl k jedesmal als *lineare Function* von ϱ angesehen werden könne. Aus der Tabelle der Resultate kann man sich überzeugen, dafs dieses auch bei meinem Ringe (wo die Gröfse ϱ, oder auch die mit $\frac{1}{\varrho}$ proportionale Scheidungskraft, sich innerhalb des Querschnitts um 10 Proc. verändert) fast überall zulässig war.

2) Elektrodyn. Maafsbest. III, Art. 26.

(Wilde, Siemens, Ladd usw.), wo die temporäre Magnetisirung des Eisens eine so bedeutende Rolle spielt.

Ich schliefse hiermit, indem ich Hrn. Geh. Hofrath Kirchhoff, in dessen Laboratorium diese Untersuchung ausgeführt und dessen wohlwollender Rath mir dabei zu Theil geworden, meinen innigsten Dank ausspreche.

Heidelberg, Ende October 1871.

VI. *Ueber den am 17. Juni 1870 zu Ibbenbühren in Westphalen gefallenen Meteoriten; von G. vom Rath.*

(Aus den Monatsberichten d. Berl. Akad. 1872 Jan.)

Die erste Kunde dieses merkwürdigen Meteorsteinfalls verdanke ich Hrn. Prof. Heis in Münster. In einer gütigen Zuschrift vom 27. Juli 1871 theilte mir derselbe mit, dafs bereits vor mehr als Jahresfrist, am 17. Juni 1870, ein Bauer in der Gegend von Ibbenbühren unter Detonation und Lichterscheinung einen Stein zur Erde habe fallen sehen. Nach zwei Tagen habe der Mann den Stein gefunden, aufgehoben und in seinem Hause aufbewahrt, ohne demselben ein weiteres Interesse zu schenken. Erst nach Verlauf eines Jahres habe der Bauer, nachdem sein Sohn glücklich aus dem Kriege heimgekehrt, sich des Steins wieder erinnert und denselben auf den Rath eines Freundes nach Münster zum Professor Heis getragen. „Ich erkannte den Stein“, schreibt Heis, „sogleich als einen Meteoriten. Was denselben besonders auszeichnet, ist seine helle Farbe. Glänzende Eisenkörnchen sind nicht zu entdecken. Die fast allein auftretende Masse erscheint zum Theil deutlich krystallisirt, mit auffallend grofsen Spaltungsflächen. Das Gewicht des Meteoriten beträgt 2,034 Kilogr.; sein spec. Gewicht 3,4.“ Diese interessante