

- I. 13,59599
 II. 13,59578
 III. 13,59602

Zahlen, die als durchaus identisch betrachtet werden können.

Biot und Arago hatten die Dichtigkeit des Quecksilbers $= 13,588597$ gefunden ¹⁾. Dieselbe weicht sehr wenig von der unserigen ab. Der kleine Unterschied muß wahrscheinlich den Unsicherheiten der Berichtigungen zugeschrieben werden, die diese berühmten Physiker anzuwenden genöthigt waren.

Oft bedarf man der Kenntniß der Dichtigkeit des Quecksilbers in Bezug auf die Luft, so unter andern beim barometrischen Höhenmessen.

Nun wiegt

1 Liter Luft bei 0° und 0 ^m ,76	1 ^{gram} ,293187
1 Liter Wasser beim Maximum der Dichte	1000 ,000
1 Liter Quecksilber bei 0°	13595 ,93.

Das Gewichtsverhältniß zwischen Quecksilber und Luft bei der Temperatur 0° und unter dem Druck 0^m,760 ist also zu Paris $= 10513,5$. Im Niveau des Meeres und unter der Breite 45° wird dieß Verhältniß $= 10517,3$.

VI. Ueber die Vertheilung des Magnetismus in Magneten; von A. van Rees.

Zweite Abhandlung.

29) In einer früheren Abhandlung (dies. Ann., Bd. 70, S. 1) ²⁾ versuchte ich den Zusammenhang zwischen der wah-

1) Biot, *Traité de phys.*, T. I, p. 409.

2) In dieser Abhandlung sind folgende sinnstörende Druckfehler eingeschlichen:

Seite 4	Zeile 12	v. o. Entfernung	lies	Kleinheit
— 7	— 9	v. o. dx	lies	δx
— 9	— 10	v. u. im schwächeren	lies	ein schwächerer
— 10	— 8	v. o. B	lies	R
— 13	— 9	v. u. nur	wegzulassen	
— 14	— 13	v. u. sind	wegzulassen	
— 15	— 9	v. u. gleich	lies	proportional

ren Vertheilung der beiden magnetischen Fluida in den kleinsten Theilchen eines Magnets, und ihrer scheinbaren Vertheilung in dessen Hälften näher zu beleuchten. Eine einfache Beweisführung leitete mich damals zu dem Satze, dafs, wenn man durch z die Intensität des magnetischen Moments der Theilchen im Abstände x von der Mitte des Stabes andeutet, die Quantität y des freien Magnetismus, welche an dieser Stelle angenommen werden mufs, damit die Wirkung des Magnets nach aufsen die nämliche bleibe, dem Differentialquotienten $-\frac{dz}{dy}$ proportional sey. Bei Anwendung dieses Satzes auf das Gesetz der Vertheilung des freien Magnetismus in Stahlmagneten, wie es von Biot aus den Coulomb'schen Beobachtungen abgeleitet und in der Gleichung

$$y = A(\mu^x - \mu^{-x})$$

enthalten ist, zeigte sich, dafs, dieses Gesetz als wahr angenommen, das magnetische Moment des kleinsten Theilchen durch die Gleichung

$$z = a - b(\mu^x + \mu^{-x}),$$

worin a , b und μ constante, für jeden besonderen Magnet aus Beobachtungen zu bestimmende Gröfsen sind, ausgedrückt werde. Wenn x und z als Coordinaten einer Curve (der magnetischen Intensitätscurve) betrachtet werden, gehört die Gleichung zur Kettenlinie.

30) Zu gleicher Zeit merkte ich an, dafs die Vertheilung des Magnetismus bei einem gleichmäfsig über seiner ganzen Länge mit einer galvanischen Spirale umgebenen Eisenstabe wahrscheinlich dieselbe sey, als bei jedem regelmäfsig gestrichenen Stahlmagneten. Da ich nun zur Prüfung des angezeigten Resultates keine Beobachtungen über das magnetische Moment der Stahlmagnete in verschiedenen Abständen von ihrer Mitte vorfand, benutzte ich die von Lenz und Jacobi bei Elektromagneten erhaltenen Bestimmungen. Hieraus ergab sich unzweifelhaft, dafs die magnetische Intensitätscurve sich mehr der Kettenlinie als der von Lenz und Jacobi empirisch angenommenen Parabel

nähert. Die Differenzen zwischen den beobachteten und den nach der Kettenlinie berechneten Werthen von z fielen alle innerhalb der Gränze der wahrscheinlichen Beobachtungsfehler, auſser den an den Enden der Stäbe, wo, vorzüglich bei langen Stäben, die Berechnung stets gröſſere Werthe als bei der Beobachtung gefundene lieferte.

In der Absicht, theils die Identität der Intensitätscurve und der Kettenlinie einer mehr directen Prüfung zu unterwerfen, theils die früher aufgestellte Theorie von andern Seiten zu beleuchten, stellte ich später an Stahlmagneten und durch Influenz magnetisirten Eisenstäben einige Messungen an, deren Ergebnisse ich mir hier mitzuthellen erlaube.

31) Da ich jedoch, nach dem Vorgange Lenz's und Jacobi's, zu diesen Messungen die in einer Inductionspirale erregten momentanen Ströme benutzt, und ihre Stärke dem Sinus des halben an einem mit der Inductionsspirale verbundenen Galvanometer beobachteten Ablenkungswinkels proportional gesetzt habe, ist es nöthig vorher eine Einwendung, welche gegen die Genauigkeit dieser Methode erhoben werden könnte, zu beseitigen. Die der Theorie des Pendels entlehnte Proportionalität der Stärke des momentanen Inductionsstromes und des Sinus des halben Ablenkungswinkels kann nur als bewiesen betrachtet werden, wenn die durch den Strom wie durch einen Stofs in Bewegung gesetzte Galvanometernadel während ihrer Bewegung allein der erdmagnetischen Kraft unterworfen ist, was jedoch nicht der Fall. Die in Bewegung begriffene Nadel wirkt inducirend, sowohl auf die Drahtwindungen als auf die übrigen metallischen, meist zur Dämpfung der Bewegung angebrachten Theile des Galvanometers. Die schnelle Abnahme der Oscillationen der Nadel liefert den Beweis, dafs die so entstandenen Inductionsströme kräftig auf sie zurückwirken. Es würde äufserst schwierig seyn *a priori* zu entscheiden, ob, trotz dieser störenden Einwirkung, die Formel $\sin \frac{1}{2} \alpha$ (wo α den Ablenkungswinkel andeutet) noch als Maafs des momentanen Stromes anwendbar sey; ich er-

achtete daher für nöthig, diesen Punkt durch Versuche zur Entscheidung zu bringen, und schlug dazu folgenden Weg ein.

32) Sey k die elektromotorische Kraft der Induction, R der Widerstand im Schließungsbogen, S die Stromstärke, so ist, dem Ohm'schen Principe zufolge:

$$S = \frac{k}{R}.$$

Ist nun die Stromstärke dem Sinus des halben Ablenkungswinkels α proportional, so kann man, da die Einheit, worauf k sich bezieht, willkürlich ist, setzen:

$$\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{k}{R}.$$

Bleibt daher in einer Versuchsreihe k constant, während R bei jedem Versuche einen andern Werth erhält, so muß $\sin \frac{1}{2} \alpha$ dem R umgekehrt proportional seyn.

Zur Erhaltung einer constanten Kraft wurde bei jedem Versuche eine kleine, auf die Mitte eines Magnets geschobene Inductionsspirale, deren Enden durch lange Kupferdrähte mit dem Galvanometer verbunden waren, plötzlich vom Magnete abgeschoben. Damit der Widerstand nach Belieben geändert werden könne, war in der Kette ein Wheatstone'scher Rheostat angebracht. Das vom geschickten Mechanikus C. Becker in Arnheim verfertigte Galvanometer hatte eine astatische Doppelnadel, deren Schwingungsdauer ungefähr 12 Sec. war. Das jedesmal genau auf 0° erfolgende Zurückkehren der Nadel zeigte, daß ihr magnetischer Zustand während der Versuche unverändert blieb.

Nennt man r die Zahl der Drahtwindungen auf der hölzernen Rolle des Rheostats, r' den übrigen unbekanntem Widerstand einer Drahtwindung als Einheit bezogen, so ist $R = r + r'$, und $\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{k}{r + r'}$.

Folgende Tabelle enthält die für verschiedene Werthe von r beobachteten Ablenkungswinkel α und ihre Vergleichung mit den berechneten. Man sieht, daß jede Beobachtung drei Mal wiederholt und daraus der mittlere Werth

genommen ist. Ich habe die einzelnen Beobachtungen mit angegeben, damit man den bei denselben erreichten Grad von Genauigkeit beurtheilen könne. Die unbekanntes Constanten k und r' sind mittelst der Methode der kleinsten Quadrate, welche auch bei allen späteren Reihen angewandt wurde, aus den gesammten Beobachtungen berechnet worden. Ich fand $k=46,81$; $r'=77,82$.

Wwindungen d. Rheostats r .	Gesamtwiderst. $r+r'$.	Ablenkungswinkel α .					
		Beobachtet.			Mittel.	Berechn.	$\Delta \alpha$.
5	82,82	68°,8	68°,8	68°,9	68°,50'	68°,50'	0'
20	97,82	57,2	57,2	57,1	57,10	57,11	- 1
40	117,82	46,8	46,8	46,8	46,48	46,49	- 1
60	137,82	39,7	39,8	39,7	39,44	39,43	+ 1
90	167,82	32,4	32,5	32,4	32,28	32,24	+ 4
120	197,82	27,3	27,3	27,3	27,18	27,22	- 4
160	237,82	22,9	22,9	22,9	22,54	22,42	+12
200	277,82	19,4	19,3	19,4	19,22	19,24	- 2
250	327,82	16,3	16,0	16,3	16,12	16,25	-13

Die Uebereinstimmung der Beobachtung und der Berechnung ist so groß, daß man die übrigbleibenden Differenzen, welche höchstens $0^{\circ},2$ betragen, den Beobachtungsfehlern zuzuschreiben berechtigt ist. Ich glaube daher schließen zu können, daß die Formel $\sin \frac{1}{2} \alpha$ zuversichtlich als Maß des Inductionsstromes angewandt werden dürfe.

Vertheilung des Magnetismus im Stahlmagnete.

34) In meiner vorigen Abhandlung wurde bereits angedeutet, wie man die Stärke des magnetischen Moments an verschiedenen Stellen eines Stahlmagnets durch Inductionsversuche bestimmen könne. Ich zeigte dort (22), daß eine auf einen Magnet geschobene Inductionsspirale dieselbe inducirende Wirkung erleide, sey es, daß der Magnetismus plötzlich vernichtet, oder die Spirale plötzlich vom Magnete abgeschoben werde. Die erstgenannte, von Lenz und Jacobi bei Elektromagneten angewandte Verfahrensart ist auf Stahlmagnete nicht anwendbar; ich folgte daher letzterer.

Die zu untersuchenden, vorher durch die Methode von Elias (Ann., Bd. 62, S. 249) bis zur Sättigung magneti-

sirten Stäbe wurden in einer auf dem magnetischen Meridian senkrechten Lage befestigt. Die Inductionsspiralen waren um dünne hölzerne Hülsen gewunden, welche die Magnete so nahe umschlossen, daß nur der zum leichten Abschieben nöthige Spielraum übrig blieb. Beim Abschieben wurde die Spirale weit genug vom Magneten entfernt, um sicher zu seyn, daß ein weiteres Entfernen die Induction nicht vermehren könne. Aufser dem durch lange Kupferdrähte mit der Spirale verbundenen Galvanometer war ein Rheostat in der Kette angebracht, um die Stärke des Inductionsstromes in jeder Reihe dermaßen reguliren zu können, daß die Ablenkung der Nadel nicht zu groß würde. Zufolge dieser Vorrichtung und des Unterschiedes der angewandten Inductionsspiralen war der Leitungswiderstand in jeder Reihe ein anderer; die Ergebnisse der verschiedenen Reihen sind deshalb nicht unter einander vergleichbar.

35) In den nun folgenden Tabellen enthält die erste Kolumne die Entfernung der Mitte der Inductionsspirale von der Mitte des Magnets; die Zahlen der zweiten und dritten geben die mittlere Ablenkung der Nadel beim Abschieben der Spirale über den nächsten Magnetpol. Jede Zahl ist das Mittel aus drei Beobachtungen. Die vierte Kolumne enthält die Mittelzahl aus den beiden vorhergehenden. Die fünfte enthält die nach der Formel

$$\sin \frac{1}{2}\alpha = a - b(\mu^x - \mu^{-x})$$

berechneten Ablenkungen; die bei jedem Stabe angegebenen Werthe der Constanten a , b , μ sind mit Hinzuziehung aller Beobachtungen bestimmt. Die Differenzen der Beobachtung und Berechnung sind in der letzten Kolumne notirt. Bei der Vergleichung dieser Differenzen mit den in der ersten Abhandlung bei den Elektromagneten von Lenz und Jacobi gefundenen ist es nothwendig zu bemerken, daß letztere sich auf den halben Ablenkungswinkel $\frac{1}{2}\alpha$ beziehen, und deshalb, wenn ihr Größenverhältniß zu den unterstehenden richtig geschätzt werden soll, verdoppelt werden müssen.

I. Quadratischer Magnet, lang 500 Mm., breit und dick 20 Mm., Länge der Inductionsspirale 20 Mm.

$$a = 1,48648 \quad \log b = 9,69062 \quad \log \mu = 0,01590.$$

Entfernung von der Mitte.	Ablenkung der Nadel = α .				$\Delta\alpha$.
	N. Pol.	S. Pol.	Mittel.	Berechn.	
0 Ctm.	60° 14'	61° 8' (1)	60° 41'	60° 44'	- 3'
2 -	60 26	60 46	60 36	60 23	+13
4 -	59 38	58 52	59 15	59 20	- 5
6 -	57 48	57 18	57 33	57 36	- 3
8 -	55 16	54 56	55 6	55 11	- 5
10 -	52 32	51 46	52 9	52 5	+ 4
12 -	48 26	47 58	48 12	48 20	- 8
14 -	44 0	43 50	43 55	43 54	+ 1
16 -	38 48	39 6	38 57	38 49	+ 8
18 -	32 52	33 50	33 21	33 5	+16
20 -	26 36	27 36	27 6	26 40	+26
22 -	18 54	20 0	19 27	19 33	- 6
23 -	15 6	15 20	15 13	15 23	-10

II. Quadratischer Magnet, lang 625 Mm., breit und dick 26 Mm., Länge der Inductionsspirale 20 Mm.

$$a = 0,58646 \quad \log b = 8,97883 \quad \log \mu = 0,02348.$$

Entfernung von der Mitte.	Ablenkung der Nadel = α .				$\Delta\alpha$.
	N. Pol.	S. Pol.	Mittel.	Berechn.	
0 Ctm.	47° 0'	46° 16'	46° 38'	46° 39'	- 1'
4 -	46 2	45 50	45 56	46 6	-10
8 -	44 18	44 20	44 19	44 24	- 5
12 -	41 48	41 18	41 33	41 31	+ 2
16 -	37 48	37 0	37 24	37 21	+ 3
20 -	32 14	31 28	31 51	31 44	+ 7
24 -	25 2	24 2	24 32	24 28	+ 4
26 -	20 36	19 52	20 14	20 7	+ 7
28 -	15 50	14 56	15 23	15 15	+ 8
30 -	9 52	9 8	9 30	9 48	-18

- 1) Der Theorie zufolge müßte der Inductionsstrom der nämliche seyn, sey es, daß die Spirale von der Mitte des Magnets über den Nordpol oder über den Südpol abgeschoben würde. Ich fand aber durchgängig die Ablenkung der Nadel in diesen beiden Fällen mehr oder weniger ungleich, ohne den Grund dieser Abweichung auffinden zu können.

III. Cylindrischer Magnet, lang 802 Mm., dick 16,5 Mm.,
Länge der Inductionsspirale 10 Mm.

$$a = 0,46658 \quad \log b = 8,14700 \quad \log \mu = 0,03695.$$

Entfernung von der Mitte.	Ablenkung der Nadel = α .				$\Delta\alpha$.
	N. Pol.	S. Pol.	Mittel.	Berechn.	
0 Ctm.	52° 2'	52° 28'	52° 15'	52° 1'	+14'
8 -	51 10	51 10	51 10	51 10	0
16 -	48 8	48 0	48 4	48 11	- 7
20 -	45 46	45 0	45 23	45 33	-10
24 -	42 10	41 8	41 39	41 47	- 8
28 -	36 58	36 0	36 29	36 31	- 2
32 -	29 44	29 2	29 23	29 13	+10
36 -	19 30	19 10	19 20	19 6	+14
39,3 -	7 46	7 38	7 42	7 53	-11

36) Beim Ueberblick dieser Tabellen ergibt sich, daß die an den beiden Hälften jedes Stabes in gleicher Entfernung von der Mitte erhaltenen Ablenkungen grössere Unterschiede zeigen als die von Lenz und Jacobi bei Eisenstäben beobachteten. Dieses kann jedoch nicht den Beobachtungen zugeschrieben werden, da die drei Beobachtungen, aus welchen jedesmal das Mittel genommen wurde, höchst selten mehr als 0°,3 differirten; es findet aber seine Erklärung in der grösseren Schwierigkeit, stählerne Stäbe gleichmäfsig zu härten, als homogenes weiches Eisen darzustellen.

37) Die Kleinheit der Differenzen $\Delta\alpha$ zeigt ferner, daß die Kettenlinie bei Stahlmagneten eine eben so grofse Annäherung giebt, als bei Elektromagneten. Indessen ist zu bemerken, daß auch bei jenen die letzte Differenz immer negativ und auferdem eine mehr oder wenig regelmäfsige Folge der Zeichen $+ - + -$ merkbar ist, wie wir dies früher (27) bei den Elektromagneten fanden. Obwohl daher die Beobachtungen die Vermuthung, daß die Vertheilung des Magnetismus in Stahl- und in Elektromagneten das nämliche Gesetz befolge, bestätigen, bleibt es jedoch zweifelhaft, ob die Kettenlinie die wahre Intensitätscurve sey. Diesen wichtigen Punkt bestimmter zu prüfen, stellte ich, in der Ueberzeugung, daß die Form der Curve desto deutlicher hervortreten müsse, je länger der Magnet im Ver-

hältnifs zu seiner Dicke sey, an einem Magnetstabe, dessen Länge die Dicke 100 Mal übertraf, eine letzte Beobachtungsreihe an. Wie ich schon beim Stabe III gethan, wurden die Beobachtungen auch jetzt bis an das äußerste Ende des Stabes fortgesetzt, so dafs bei der letzten Beobachtung die hölzerne Hülse, die etwas breiter war als die Drahtspirale, ganz am Ende des Stabes lag; demgemäfs wurde die Spirale nur 10 Mm. lang genommen.

38) Die Wichtigkeit der aus dieser Reihe hervorgehenden Folgerung veranlaßt mich, in folgender Tabelle die einzelnen Beobachtungen mitzuthemen. Die oben (35. Note) bemerkte Ungleichheit der Induction, je nachdem die Spirale von der Mitte des Stabes über den Nord- oder den Südpol abgeschoben wurde, fand zufällig bei diesem Stabe nicht statt. Bei der Berechnung der Werthe von a , b und μ ist die letzte Beobachtung nicht mit benutzt, damit die Abweichung der Intensitätscurve von der Kettenlinie am Ende des Stabes, falls sie wirklich vorhanden, deutlicher hervortreten möchte. Man wird sehen, dafs dieser Zweck nicht verfehlt worden ist.

IV. Cylindrischer Magnet, lang 801 Mm., dick 8 Mm.,
Länge der Inductionsspirale 10 Mm.¹⁾

$$a = 0,22640 \quad \log b = 8,51401 \quad \log \mu = 0,02150.$$

Entfern. von der Mitte.	Ablenkung der Nadel = α .							$\Delta \alpha$.	
	N. Pol.			S. Pol.			Mittel.		Berechn.
0 Ctm.	21 ^o ,8	21 ^o ,9	21 ^o ,9	21 ^o ,9	21 ^o ,8	21 ^o ,9	21 ^o ,52'	21 ^o ,21'	+31'
8 -	21,2	21,5	21,0	21,0	21,1	20,9	21,7	20,58	+9
16 -	20,2	20,0	20,1	18,8	18,8	18,7	19,26	19,46	-20
20 -	18,9	18,9	18,9	17,6	17,8	17,8	18,19	18,48	-29
24 -	17,8	17,8	17,8	17,0	17,0	16,8	17,22	17,33	-11
28 -	16,7	16,7	16,6	16,1	16,3	16,3	16,27	15,58	+29
32 -	14,8	14,9	14,7	14,9	14,5	14,8	14,46	13,59	+47
36 -	11,0	10,9	11,0	11,1	10,9	11,0	10,59	11,32	-33
39,25 -	4,0	3,8	3,9	4,0	4,1	4,1	3,59	9,8	-5 ^o 9'

39) In dieser Reihe sind die Differenzen zwischen der Beobachtung und der Berechnung nicht nur viel gröfser als

1) Dieser Magnet und der vorhergehende waren von Gußstahl, und glashart.

in jeder der früheren, sondern sie befolgen auch einen mehr regelmäßigen Gang, und vorzüglich weicht der beobachtete Werth von α am Ende des Stabes von der sich an die übrigen Beobachtungen so nahe wie möglich anschließen- den Kettenlinie ganz und gar ab. Ich folgere daraus, dafs, obwohl die Kettenlinie bei Magneten, die höchstens funfzig Mal länger als dick sind, eine in den meisten Fällen genügende Annäherung liefert, die wahre Intensitätscurve, oder mit anderen Worten, das Gesetz der Vertheilung des Magnetismus im Stahl- und Elektromagneten noch zu finden sey.

Vertheilung des Magnetismus in zwei gleichen, mit den ungleichnamigen Polen sich berührenden Magneten.

40) Wenn die ungleichnamigen Pole zweier Magnete aneinandergelegt sind, wird der Magnetismus jedes Magnets durch den Einflufs des anderen verstärkt, und zwar am kräftigsten an der Berührungsstelle, immer schwächer nach dem entfernten Ende hin. Es entsteht dadurch in jedem Magnete eine unsymmetrische Vertheilung des Magnetismus; die in der Mitte des Stabes gelegene neutrale Linie ändert ihre Stelle, und nähert sich dem Pole, der mit dem zweiten Magnete in Berührung ist. Hievon überzeugt man sich leicht, wenn man eine kleine Declinations- oder Inclinationsnadel längs dem Magnete hinführt. Seyen SN , $S'N'$ (Fig. 2, Taf. II) die zwei Magnete; M , M' die Stellen der neutralen Linien, so findet man, während der Berührung, diese Linien nach m , m' versetzt, so dafs z. B. der Stab SN südpolär von S bis m , nordpolär von m bis N ist. Die Schnelligkeit der Schwingungen der zu diesem Versuche angewandten Nadel zeigt zugleich, dafs die Intensität des freien Magnetismus zwischen m und m' durch die Berührung sehr geschwächt und in der Berührungsstelle selbst $= 0$ ist.

41) Man betrachte nun die zwei Stäbe als ein Ganzes, und es wird sogleich einleuchten, dafs solches sich in dem Zustande befinde, dessen ich als einer Darlegung, wie in einem Magnete consequente Punkte entstehen können, Erwähnung gethan (14). Denn obwohl die Verstärkung

des magnetischen Moments an den Enden N und S' am größten ist, so bleibt dennoch, wegen der nicht vollkommenen Berührung, das Moment der dortigen Theilchen niedriger als in der Mitte jedes Stabes bei m und m' ; daher findet man, von S nach N' fortschreitend, in m ein Maximum, in NS' ein Minimum, in m' ein zweites Maximum. Die der früheren Abhandlung entlehnten Fig. 3 u. 4, Taf. II, sind daher auf den gegenwärtigen Fall anwendbar; erstere zeigt die wahre Vertheilung des Magnetismus längs dem Doppelstabe, letztere versinnlicht die Vertheilung des freien Magnetismus und die dreimalige Abwechslung der Polarität.

Es schien mir wichtig, den gegenseitigen Einfluss der Magnete durch genaue Messungen zu bestimmen. Da dieser nur eine temporäre, mit der Berührung der Magnete zugleich aufgehörende Kräftigung des magnetischen Moments veranlasst, kann zu seiner Bestimmung die von Lenz und Jacobi angewandte Methode befolgt werden; der bleibende Magnetismus der Magnete hingegen wird durch die in (34) angezeigte Methode gemessen werden müssen.

42) Meine Versuche wurden daher in folgender Weise angestellt. Nachdem der Magnet SN gehörig befestigt war, wurde eine mit den Drahtenden des in einer Entfernung von 6,5 Met. aufgestellten Galvanometers verbundene Inductionsspirale auf die zu untersuchende Stelle des Magnets gebracht und die Ablenkung der Nadel beim Abschieben der Spirale über das nächste Ende des Magnets beobachtet. Dann wurde die Spirale wieder an die nämliche Stelle gebracht, der Magnet $S'N'$ angelegt, und, bei unveränderter Lage der Spirale, plötzlich abgerissen und entfernt, wobei zugleich die Ablenkung der Nadel notirt wurde. Endlich wurde die erste Beobachtung nochmals wiederholt, damit es erhelle, ob der bleibende Magnetismus des ruhenden Magnets SN beim Anlegen und Abreißen des zweiten Magnets abgeändert worden sey. Kaum bedarf ich hinzuzufügen, dafs keine Beobachtung geschah, bevor die Nadel auf 0° zur Ruhe gekommen war.

Die Magnete waren 625 Mm. lang, 20 Mm. breit und dick; eines ist schon oben unter No. II erwähnt worden.

Die Inductionsspirale und der Galvanometer waren auch dieselben wie damals; nur der Widerstand in der Kette war ein anderer.

43) In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Beobachtungen zusammengestellt. Die erste Kolumne giebt die Entfernung der Mitte der Spirale von der Mitte des Magnets SN ; die zwei folgenden enthalten die beobachteten Ablenkungen der Nadel beim Abschieben der Spirale vor dem Anlegen und nach dem Abreißen von $S'N'$. Ist α die mittlere Ablenkung aus II und III, und α' die Ablenkung IV, dann wird, hinsichtlich des unter der Inductionsspirale gelegenen Theils des Magnets, $\sin \frac{1}{2}\alpha$ (V) das Moment des bleibenden, $\sin \frac{1}{2}\alpha'$ (VI) das Moment des inducirten Magnetismus seyn. Die Summe $\sin \frac{1}{2}\alpha + \sin \frac{1}{2}\alpha'$ (VII) bezeichnet daher das magnetische Moment während der Berührung des Magnets ¹⁾.

I. Entfernung von der Mitte.	II. α .	III.	IV. α' .	V. $\sin \frac{1}{2}\alpha$.	VI. $\sin \frac{1}{2}\alpha$.	VII. $\sin \frac{1}{2}\alpha$ $+ \sin \frac{1}{2}\alpha'$.
30 Ctm. nach N.	16,0	15,8	44,1	0,1383	0,3754	0,5137
28 - - -	25,8	26,0	37,0	0,2241	0,3173	0,5414
24 - - -	41,9	42,3	23,9	0,3592	0,2071	0,5663
20 - - -	55,5	55,2	18,1	0,4643	0,1573	0,6216
16 - - -	65,9	65,9	13,2	0,5439	0,1149	0,6588
12 - - -	74,3	74,1	9,4	0,6032	0,0819	0,6851
8 - - -	80,1	80,2	6,9	0,6438	0,0602	0,7040
4 - - -	83,8	83,7	5,2	0,6675	0,0454	0,7129
0 - - -	84,8	84,9	3,8	0,6711	0,0349	0,7060
0 Ctm. nach S. ²⁾	83,8	83,7	4,2			
4 - - -	81,9	82,0	3,0	0,6557	0,0262	0,6819
8 - - -	78,0	77,8	2,4	0,6286	0,0209	0,6495
12 - - -	72,8	73,0	1,7	0,5941	0,0148	0,6089
16 - - -	65,2	65,3	1,4	0,5391	0,0122	0,5513
20 - - -	55,3	55,2	1,4	0,4637	0,0122	0,4759
24 - - -	43,0	43,0	0,8	0,3665	0,0070	0,3735
28 - - -	26,6	26,8	0,5	0,2309	0,0044	0,2353
30 - - -	16,9	16,8	0,3	0,1465	0,0026	0,1491

1) Zur Prüfung der Genauigkeit der angewandten Methode wurde die Spirale, wenn sie auf dem Theile MS lag, zuweilen auch während der Berührung der Magnete abgeschoben. Der Sinus des alsdann beobachteten halben Ablenkungswinkels stimmte jedesmal innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Beobachtungsfehler mit der Summe $\sin \frac{1}{2}\alpha + \sin \frac{1}{2}\alpha'$ überein.

2) Von hier an wurde die Spirale, bei den Beobachtungen II und III, über den Südpol abgeschoben.

44) Aus der Vergleichung der zusammengehörigen Zahlen in II und III ergibt sich, daß die durch Influenz von $S'N'$ veranlaßte Abänderung des magnetischen Zustandes von SN schnell vorübergehend gewesen. Wenn daher ein bis zur Sättigung magnetisirter Stahlstab einer seinen Magnetismus erhöhenden Influenz ausgesetzt wird, kehrt er, wie das weiche Eisen, beim Aufhören dieses Einflusses sehr bald in den früheren Zustand zurück.

Ferner zeigen die Zahlen in IV und V, daß die temporäre Verstärkung des Magnetismus zwar von N nach S fortwährend geringer, jedoch noch bis am Ende S merkbar war.

Endlich ersieht man aus VII, daß das Maximum des magnetischen Moments durch die Influenz des Magnets $S'N'$ von der Mitte von SN ungefähr 4 Ctm. nach N hin versetzt worden.

Der Inhalt der Tabelle ist in Fig. 5, Taf. II, anschaulich dargestellt. $A'M'B$ ist die Intensitätscurve des bleibenden Magnetismus; $A'mB'$ die Intensitätscurve während der Berührung des Stabes $S'N'$. Die Ordinaten PQ , PR in jedem Punkte P sind daher dem magnetischen Momente des Stabes in diesem Punkte, vor und während der Berührung, proportional.

Vertheilung des Magnetismus in einem der Influenz von Magneten ausgesetzten Eisenstabe.

45) Die von mir aufgestellte Theorie ergab unter andern Folgerungen den merkwürdigen Satz, daß auf jeder Endfläche eines Magnets eine Menge freien magnetischen Fluidums vorhanden sey, die nicht nur durch die allgemeine Formel $y = -\frac{dz}{dx}$ nicht angedeutet wird, sondern die auch zuweilen dem freien Fluidum in der durch diese Endfläche begränzten Hälfte des Magnets entgegengesetzt seyn kann (13). Ich zeigte daselbst, daß dieser Fall bei einem Magnete eintreten müsse, sobald das magnetische Moment von der Mitte nach den Enden fortwährend zunimmt. Damals

fehlten mir die experimentalen Beweise zur Bestätigung dieses Satzes; erst später bemerkte ich, daß dieser Zustand sehr leicht in einem durch Influenz temporär magnetisirten Eisenstabe hervorgebracht werden könne.

46) Wenn man einen mit einem Magnet *NS* (Fig. 6, Taf. II) in Berührung gebrachten Eisenstab *AB* mittelst einer kleinen Declinations- oder Inclinationsnadel untersucht, so findet man, daß er in seiner ganzen Länge denselben freien Magnetismus zeigt, als der anliegende Magnetpol. Das allgemeine Gesetz der Abstofsung gleichnamig magnetisirter Körper scheint daher zu fordern, daß zwischen dem Stabe und dem Magnete Abstofsung stattfinde; dennoch wird, wie bekannt, der Stab vom Magnete angezogen.

47) Dieses Paradoxon zu lösen, braucht man nur den magnetischen Zustand des Stabes näher in's Auge zu fassen. Sey, wie die Figur andeutet, der anliegende Pol ein Nordpol, so erfolgt durch dessen Influenz eine Trennung der magnetischen Fluida im Eisen; das Nordfluidum wird nach *B* hin abgestoßen, das Südfluidum nach *A* hin angezogen. Jedes Eisentheilchen wird ein Magnetchen mit einem Nordpole nach *B*, einem Südpole nach *A* hingesendet. Da aber der Magnet auf die naheliegenden Theilchen kräftiger, auf die weiter abgelegenen immer schwächer wirkt, so muß das magnetische Moment der Theilchen in *B* am schwächsten seyn, und nach *A* hin zunehmen, dergestalt, daß in der Richtung von *B* nach *A* jeder Südpole eines vorhergehenden Theilchens schwächer ist, als der Nordpol des folgenden. Läßt man daher (5) die entgegengesetzten Pole zweier anliegenden Theilchen zusammenfallen, so wird der schwächere Südpole vom stärkeren Nordpole neutralisirt und es bleibt in der ganzen Länge des Stabes freies Nordfluidum übrig. Nur an der Endfläche *A* finden die Südpole der letzten Theilchen keine weiter an sie gränzenden; das in ihnen vorhandene Südfluidum bleibt daher ungeschwächt, und dies ist der Grund weshalb der Eisenstab am Magnete festhält. Man kann sich außerdem leicht überzeugen, daß die Menge des freien Südfluidums in *A* der ganzen im

Stabe und an der Endfläche *B* vorhandenen Menge freien Nordfluidums gleich ist.

48) Es wäre jedoch möglich, daß die Sache sich anders verhielte. Die unmittelbare Influenz des Nordpols *N* macht zwar die näher gelegenen Eisentheilchen stärker magnetisch als die weiter abgelegenen; jedoch könnte die gegenseitige Einwirkung der nunmehr magnetisirten Theilchen, welche der Kräftigung der mittleren am günstigsten ist, diesen Zustand abändern und ein Maximum des magnetischen Moments in einer gewissen Entfernung von *A* veranlassen. Das freie Fluidum würde dann an der Stelle dieses Maximums $=0$, und von da nach *A* hin südpolär seyn. Indessen lehrt die Beobachtung das Gegentheil, so oft der Stab den Magnet berührt; liegt aber der Stab in gewisser Entfernung vom Magnete, so beobachtet man auf ihm eine neutrale Linie, die bei geringer Entfernung dem Ende *A* nahe ist, bei größerer Entfernung sich mehr der Mitte nähert und bei unendlicher Entfernung des Magnetes gerade in die Mitte fallen würde. Im magnetischen Zustande eines in der Richtung der Inclinationsnadel dem Einflusse des Erdmagnetismus ausgesetzten Eisenstabes findet man letzteren Fall realisirt.

49) Folgende Versuchsreihe wurde mit einem 938 Mm. langen, 20 Mm. breiten und dicken Eisenstabe, und dem 500 Mm. langen Magnete, dessen oben unter No. I erwähnt, angestellt. Stab und Magnet waren in inniger Berührung auf eine dünne hölzerne Latte befestigt. Eine 20 Mm. lange, mit dem Galvanometer verbundene Inductionsspirale wurde nach und nach auf verschiedene Stellen des Stabes und des Magnetes gebracht, und die Stärke des magnetischen Momentes unter der Spirale auf gewöhnliche Weise durch das Abschieben der Spirale bestimmt. Dieses geschah über *B* oder über *S* hin, je nachdem die Spirale links oder rechts von der Mitte *M*, in deren Nähe die neutrale Linie war, auflag. Nachdem die Beobachtungen beendigt waren, wurde der Eisenstab entfernt und der Magnet hinsichtlich seines bleibenden Magnetismus untersucht.

Die Lage der Mitte der Inductionsspirale ist für den Stab durch deren Entfernung von A , und für den Magnet durch die Entfernung von M angegeben.

Beim Eisenstabe, der außer Berührung des Magnetes kaum merkbare Spuren von Magnetismus zeigte, ist nur der inducirte Magnetismus in Betracht zu ziehen. Die von diesem Magnetismus beim Abschieben der Spirale hervorgebrachten Ablenkungen der Nadel sind in der zweiten, die Sinus der halben Ablenkungswinkel in der dritten Kolumne enthalten.

Beim Magnete deuten α und α' die während der Berührung und nach der Entfernung des Eisenstabes beobachteten Ablenkungswinkel an. Daher ist $\sin \frac{1}{2}\alpha$ das Maafs des durch Reaction des Eisens verstärkten magnetischen Momentes an der Stelle der Inductionsspirale, und $\sin \frac{1}{2}\alpha'$ das Maafs des Momentes des bleibenden Magnetismus. Die Differenz $\sin \frac{1}{2}\alpha - \sin \frac{1}{2}\alpha'$ giebt demzufolge das Moment des im Magnete inducirten Magnetismus.

Jeder Werth von α und α' ist aus drei Beobachtungen abgeleitet; nur die der Mitte des Magnetes zugehörigen Zahlen beruhen auf sechs Beobachtungen. Die an derselben Stelle beobachteten Ablenkungen waren in dieser Reihe durch eine Ungenauigkeit in den Schliessungen weniger übereinstimmend als sonst der Fall war; da jedoch nicht die Prüfung eines numerischen Gesetzes, sondern nur eine Erläuterung des wechselseitigen Einflusses des Eisenstabes und des Magnetes erzielt worden, schien es mir unnöthig, die Versuche zu wiederholen.

Eisenstab BA .

Entfernung von A .	Ablenkung α .	$\sin \frac{1}{2}\alpha$.
90 Ctm.	1° 38'	0,0142
80 -	4 8	0,0361
70 -	6 42	0,0584
60 -	8 40	0,0756
50 -	11 16	0,0982
40 -	15 56	0,1386
30 -	23 2	0,1996
25 -	25 56	0,2244

Entfernung von A .	Ablenkung α .	$\sin \frac{1}{2}\alpha$.
20 Ctm.	29° 26'	0,2540
15 -	34 2	0,2926
10 -	39 14	0,3357
5 -	43 38	0,3716
2 -	46 12	0,3923

Magnet N.S.

Entfernung von der Mitte.	Ablenkung.		$\sin \frac{1}{2}\alpha$.	$\sin \frac{1}{2}\alpha'$.	$\sin \frac{1}{2}\alpha - \sin \frac{1}{2}\alpha'$.
	α .	α' .			
24 Ctm. nach N.	54° 40'	17° 4'	0,4592	0,1484	0,3108
20 - - -	63 38	40 4	0,5272	0,3426	0,1846
16 - - -	72 48	56 34	0,5934	0,4738	0,1196
12 - - -	83 42	70 50	0,6672	0,5795	0,0877
8 - - -	89 12	81 14	0,7021	0,6510	0,0511
4 - - -	92 18	86 46	0,7212	0,6869	0,0343
0 - - -	90 16	88 55	0,7087	0,7004	0,0083
4 Ctm. nach S.	88 24	85 58	0,6972	0,6818	0,0154
8 - - -	80 6	78 42	0,6435	0,6341	0,0094
12 - - -	68 26	69 2	0,5623	0,5666	-0,0043
16 - - -	54 48	54 30	0,4602	0,4579	0,0023
20 - - -	38 20	37 30	0,3283	0,3214	0,0069
24 - - -	15 12	15 14	0,1323	0,1325	-0,0002

50) Aus diesen Beobachtungen erhellet, dafs nicht nur der Eisenstab durch Einfluß des Magnetes einen beträchtlichen Grad von Magnetismus erhalten, sondern dafs auch der magnetische Zustand dieses letzteren, vorzüglich am anliegenden Ende, durch die Reaction des Eisens sehr merkbar verstärkt worden, demzufolge die neutrale Linie ungefähr 4 Ctm. nach dem Stabe hin fortgerückt ist. In Fig. 6, Taf. II, sind die Ergebnisse der Beobachtung anschaulich vorgestellt: $PM'Q$ ist die Intensitätscurve des Magnets aufser Berührung mit dem Eisenstabe, dessen Intensitätscurve dann mit der Axe BA zusammenfällt. Dahingegen sind $B'CA'$ und $P'm'Q'$ die Intensitätscurven des Stabes und des Magnetes während der Berührung.

51) Der magnetische Zustand eines zwischen den entgegengesetzten Polen zweier gleichen Magnete gestellten Eisenstabes geht aus Obigem leicht hervor. Alle Eisenheilchen werden in diesem Falle im nämlichen Sinne magnetisirt, am stärksten an den Enden, am schwächsten in der

Mitte. Daher ist (13) der freie Magnetismus in jeder Hälfte des Stabes gleichnamig mit dem diese Hälfte berührenden Magnetpol, und nimmt nach der Mitte hin, wo eine neutrale Linie ist, ab. Auf den beiden Endflächen hingegen ist der entgegengesetzte freie Magnetismus vorhanden; daher die Anziehung zwischen dem Eisenstabe und den Magneten. Von der Wahrheit dieser Vorstellung wird man sich durch die einfachen Versuche überzeugen können.

Zusatz des Herausgebers. — Das vom Hrn. Verf. der vorstehenden Abhandlung im §. 46 erwähnte Paradoxon habe auch ich vor längerer Zeit, und zwar bei einem hufeisenförmigen Elektromagnet zu beobachten Gelegenheit gehabt. Wenn man über einem solchen Magnet, während er aufrecht steht, ein bloßes Hufeisen von gleichen Dimensionen hält, so zeigt es entgegengesetzte Polarität wie der Elektromagnet. Setzt man es aber mit diesem in Berührung, so ergibt jeder Schenkel dieselbe Polarität wie der ihn tragende Schenkel des Elektromagnets. Man hat dann in dem Continuum einen Nord- und einen Südpol, die durch zwei Null-Linien in den beiden Biegungen getrennt sind. Ich glaube die Erscheinung erklärt sich am einfachsten, wenn man, im Sinne der Ampère'schen Theorie, annimmt, daß die im Hufeisen und im Elektromagnet einander parallel gestellten Molecularströme von der Mitte der Drahtrollen aus nach beiden Seiten hin an Zahl abnehmen, und daß die Angabe des zur Prüfung der Polarität angewandten Probemagnets die Resultante der Einwirkung aller dieser Ströme auf denselben sey.
