II. Ueber den Einfluss der Magnetisirung auf die Länge und den Leitungswiderstand von Eisenstäben; von W. Beetz.

Ueber die Molecularvorgänge bei der Magnetirung eines Eisenstabes, welche eine Längenveränderung desselben bedingen, haben sich Wiedemann¹⁾ und Buff²⁾ ausgesprochen. Diese Vorgänge lassen theils eine Verlängerung theils eine Verkürzung des Stabes erwarten. Man kann sich nämlich vorstellen

- 1) nach der Scheidungstheorie, dass eine Verkürzung der Stäbe eintritt durch gegenseitige Anziehung der magnetisch gewordenen Molecüle,
- 2) nach der Ampère'schen Theorie, dass die parallel gerichteten Ströme einander anziehen und dadurch die Stäbe ebenfalls verkürzt werden,
- 3) dass die Molecularmagnete sich mit ihrer Längsaxe der Axe des Stabes parallel stellen, und dadurch eine Verlängerung des Stabes hervorgebracht wird: eine Ansicht, welche de la Rive³⁾ ausgesprochen hat, und welcher sich auch Tyndall⁴⁾ und Buff anschließen,
- 4) dass durch die Magnetisirung ein mechanischer Zug auf einige Theile des Stabes ausgeübt wird, welcher denselben verlängert, wie es namentlich Wertheim⁵⁾ beobachtete,
- 5) dass der Stab von vornherein gedreht oder gebogen war, und dass die Magnetisirung ihn streckt, indem sie seine Drillung oder Biegung aufhebt.

1) Lehrbuch des Galvanismus Bd. II, S. 457*.

2) Liebig und Wöhler Ann. III. Suppl. S. 136*.

3) *Ann. de chim. et de phys.* (3) T. XXVI, p. 158.

4) *Cosmos* Bd. XXIV, S. 719*.

5) Diese Ann. Bd. LXXVII, S. 43*.

In der That ist sowohl eine verkürzende, als eine verlängernde Wirkung der Magnetisirung an Eisenstäben beobachtet worden: Joule¹⁾, Wertheim und Buff haben die Verlängerung unzweifelhaft nachgewiesen, und Tyn-dall²⁾ hat dieselbe sogar durch ein Vorlesungsexperiment demonstrirt; Joule hat aber außerdem gezeigt, daß statt der Verlängerung eine Verkürzung eintritt, wenn die Stäbe oder Drähte sich unter starker Spannung befinden.

Man kann aus den gedachten Molecularvorgängen Schlüsse ziehen in Bezug auf die Veränderungen, welche der Leitungswiderstand eines Eisendrahtes durch Magnetisirung erfährt. Aus den beiden ersten, thatsächlich gleichbedeutenden Vorgängen, müßte man schließen, daß der Widerstand durch die Magnetisirung verkleinert werde, da die Berührung der Moleküle unter einander in der Längsrichtung eine innigere wird und die ganze Leiterlänge abnimmt; durch den dritten Vorgang wird zwar die Berührung auch inniger, aber der Stab wird länger und dünner, es kann also dadurch sowohl eine Vergrößerung, als eine Verkleinerung des Widerstandes erfolgen, je nachdem die eine oder die andere Wirkung überwiegt. Der vierte Vorgang muß den Widerstand nothwendig vergrößern, beim fünften ist kein Grund einzusehen, weshalb der Widerstand durch ihn in dem einen oder dem anderen Sinne verändert werden sollte.

Die Versuche von Wartmann³⁾, Mousson⁴⁾ und Edlund⁵⁾ haben keinerlei Widerstandsveränderung bei der Magnetisirung nachweisen können, während Thomson⁶⁾ eine Widerstandszunahme in der Richtung der magnetischen Axe und eine Widerstandsabnahme in der darauf senk-

1) *Phil. mag.* (3) T. XXX, p. 76.

2) *Mendes T. VI*, p. 622*. — *Cosmos*, Bd. XXIV, S. 718*.

3) *Arch. d. sc. phys. T. XIII*, p. 35*.

4) *Ib. T. XXXI*, p. 111*.

5) *Diese Ann.* Bd. XCIII. S. 315*.

6) *Phil. Trans.* 1856, p. 315*.

rechten Richtung beobachtete. Bei der Zusammenstellung dieser widersprechenden Ergebnisse hat Wiedemann¹⁾ darauf hingewiesen, daß es bei mehreren Versuchen von Thomson wohl möglich wäre, daß die Anziehung der Pole rein mechanisch einen Zug auf das zwischen ihnen liegende Eisenblech ausgeübt hätte, wodurch es in axialer Richtung gedehnt, in aequatorialer zusammengedrückt wäre, und ich muß gestehen, daß ich auch in Bezug auf die übrigen Versuche desselben Beobachters von Anfang an den Verdacht hatte, daß die Widerstandsveränderung eine ganz secundäre, durch die Längenveränderung der Stäbe bedingte Erscheinung sey. Allerdings ist die, von Thomson beobachtete Widerstandszunahme eine so bedeutende, daß sie sich nicht unmittelbar nach dem Ohm'schen Widerstandsgesetze aus jener Längenveränderung erklären läßt, auch dann nicht, wenn man bedenkt, daß eine solche Verlängerung bei gleichbleibendem Volumen des Eisens (denn eine Volumveränderung haben weder Joule, noch Wertheim, noch Buff nachweisen können) von einer Verkleinerung der Durchschnittsfläche begleitet seyn muß. Indes ergaben auch die Versuche von Mousson, bei welchen Drähte durch Gewichte gedehnt wurden, eine so unverhältnißmäßige Widerstandszunahme, daß deren Hauptgrund in der Entfernung der Molecüle von einander gesucht werden muß. Die Versuche, welche ich selbst über die Längen- und Widerstandsveränderung anstellte, haben mich belehrt, daß meine Vermuthung unrichtig war.

Die Stäbe, deren Längenveränderung gemessen werden sollte, wurden in horizontaler Lage an einem Ende fest eingeklemmt und an mehreren Stellen durch leicht bewegliche Rollen unterstützt. Von dem freien Stabende ging ein Faden aus, welcher um eine verticale Stahlaxe geschlungen, dann über eine Rolle geführt und durch ein Gewicht gespannt wurde. Die Stahlaxe trug einen ebenen Spiegel, in welchem das Bild einer Scale mit Fernrohr und Faden-

1) Lehrbuch des Galvanismus Bd. II, S. 466*.

kreuz beobachtet wurde. Die Magnetisirungsspiralen waren die eines grossen Kleiner'schen Elektromagnets, zwei von 53, zwei von 75^{mm} Durchmesser und eine jede 23^{cm} lang. Sie wurden, wenn nicht eine andere Aufstellung erforderlich war, so vertheilt, daß die beiden äusseren Spiralen (die engeren) mit den Stabenden gerade abschnitten, die beiden inneren (die weiteren) von einander und von den äusseren gleich weit entfernt waren. Die Scale war so getheilt, daß ein Theilstrich = 1^{mm},270 betrug, während die Entfernung der Scale von der Stahlaxe = 3220^{mm} war. Demnach entsprach eine Scalenverschiebung von einem Theilstrich einem Drehungswinkel des Spiegels = 40',71. Der Radius der Stahlaxe wurde aus dem absoluten und specifischen Gewichte des Drahtes und seiner Länge = 0^{mm},44072 berechnet, so daß eine Scalenverschiebung von einem Theilstrich einer Längenveränderung des beobachteten Stabes um 0^{mm},00008698 entsprach. Der magnetisirende Strom wurde jedesmal so gewählt, daß das Maximum des temporären Magnetismus nahezu erreicht war. Die unten für die Längenveränderungen angegebenen Zahlen sind die Mittel aus wenigstens je sechs Beobachtungen, welche immer sehr nahe mit einander übereinstimmten.

Die Weite und Länge meiner Spiralen liefs erwarten, daß kleine Verschiebungen der Stäbe aus der Spiralaxe nur geringen Einfluß auf die scheinbare Längenveränderung, welche dadurch eintritt, daß der Stab sich selbst in die Axe hegeben will, haben würden. Um mich davon zu überzeugen, beobachtete ich diese Veränderungen zuerst, wenn der Stab möglichst gut centrirt war, dann wenn alle vier Spiralen schief geschoben wurden, dann wenn sie so weit verschoben wurden, daß der Stab ihre inneren Wandungen fast berührte, endlich wenn er wieder gut centrirt war. Der Stab war 1242^{mm} lang, 12^{mm} dick, cylindrisch. Die Verlängerung betrug:

Stab gut centrirt	11,7	Theilstriche
Spiralen schief	11,6	"
Spiralen den Stab fast berührend	10,3	"

Bei wiederholtem Oeffnen und Schlie-

fsen des Stromes 9,1 Theilstriche

8,8 »

8,5 »

8,2 »

7,0 »

Stab wieder centrirt 11,6 »

Also konnte nur durch eine sehr große und durch zufällige Verschiebungen unmöglich vorkommende Excentricität eine erhebliche Beeinflussung der Messungen veranlaßt werden. Dafs bei der extremen Lage die Ablesungen immer kleiner wurden, erklärt sich daraus, dafs der Stab nicht parallel mit sich selbst fortrücken konnte, sondern einen immer größer werdenden Winkel mit der Axe machte.

Die mit Eisenstäben und dickeren Eisendrähten angestellten Messungen ergaben folgende Werthe, wobei L die Länge des Stabes, d seine Dicke, beide in Millimetern, Δ seine Ausdehnung beim Maximum der Magnetisirung bezeichnet:

No.	L	d	Verschiebung	$\frac{L}{\Delta}$
1	966	1,3	0,8	13880000
2	922	4	0,5	21200000
3	1250	6	6,5	2210000
4	1242	12	11,0	1230000
5	1175	28	6,4	2110000
6	1010	12	0,0	42440000
nach Joule				720000
nach Buff				420000
nach Wertheim				500000

Bei allen diesen Messungen war die Spannung durch 1 Kilogramm. bewirkt, No. 6 war ein vierkantiger Stahlstab; er zeigt beträchtlich kleinere Dehnungen, als die Eisenstäbe. Der Grund, weshalb auch für diese die Werthe $\frac{L}{\Delta}$ größer waren als die von Joule, Wertheim und Buff

gefundenen, liegt wohl darin, daß meine Eisenstäbe nicht besonders ausgeglüht und langsam gekühlt waren. Da der Zweck der bisher beschriebenen Versuche nur der war, die Brauchbarkeit meiner Methode zu prüfen, und nicht der, die absolute GröÙe der Drehungswerthe genauer zu bestimmen, als es früher geschehen ist, so habe ich mit dicken Stäben in dieser Richtung keine weiteren Messungen angestellt. Dagegen suchte ich durch verschiedene Lagen der Magnetisirungspiralen zu entscheiden, welche der oben genannten Vorgänge bei der Dehnung besonders wirksam sind. Zu dem Ende wurden die Dehnungen beobachtet, wenn die vier Spiralen, wie oben über den ganzen Stab vertheilt waren, wenn sie, je zwei in einander gesteckt, alle vier auf die Mitte, alle vier auf das freie Ende, alle vier auf das feste Ende, je zwei auf jedes Ende des Stabes je zwei auf die Mitte und je zwei auf ein Ende geschoben wurden. Außerdem wurde der temporäre Magnetismus des Stabes bestimmt, während die Spiralen die genannten Lagen einnahmen. Der Stab lag dabei in der Ostwestrichtung 4 Meter von einem Magnetometer entfernt. Bei den für die temporären Magnetismen angegebenen Zahlen sind die von den Spiralen allein und die durch den remanenten Magnetismus hervorgebrachten Scalenverschiebungen bereits in Abzug gebracht. Während der ganzen Versuchsreihe wurde der Strom auf constanter Stärke gehalten.

Lage der Spiralen	Magnetismus	Dehnung
a, 4 auf die Mitte	46,62	3,7
b, 2 auf d. Mitte, 2 auf d. freien Ende	44,09	5,8
c, 4 auf d. freien Ende	43,91	5,8
d, vertheilt	42,30	4,6
e, 2 auf d. Mitte, 2 auf d. festen Ende	40,63	3,5
f, 4 auf d. festen Ende	36,81	0,9
g, je 2 auf beiden Enden	30,81	3,3

Diese Zahlen zeigen deutlich, eine wie bedeutende Rolle der mechanische Zug bei der Dehnung der Stäbe spielt. In der Lage c z. B. ist die Dehnung weit größer, als in a, wiewohl das Moment des Stabes kleiner ist. In g ist die

Dehnung fast ebenso groß, wie in *a*, obgleich das Moment um ein Drittel kleiner ist. In *f* ist die Dehnung nur ganz unbedeutend, obgleich das Moment des Stabes größer ist, als in *g*. Auch Buff hat schon auf diese Mitwirkung des mechanischen Zuges aufmerksam gemacht.

Wenn demnach nicht nur nachgewiesen ist, daß die Magnetisirung die Stäbe verlängert, sondern auch, daß diejenige verlängernde Wirkung besonders ins Spiel kommt, welche die Moleküle von einander zu entfernen strebt, so scheint es, als könne man dadurch die von Thomson beobachtete Widerstandsvergrößerung ganz einfach erklären. Dem widersprechen aber die Versuche mit gespannten Drähten. Zu diesen wurde zuerst die früher gebrauchte Vorrichtung unverändert angewandt. Die Drähte waren dabei von einem Kühlrohr umgeben, durch welches ein Wasserstrom geleitet wurde. Mit drei verschiedenen Drähten erhielt ich folgende Längenveränderungen, wobei das Pluszeichen eine Verlängerung, das Minuszeichen eine Verkürzung andeutet.

				Längenver- änderung	
No.	Draht	<i>L</i> mm	<i>d</i> mm	Spannung Gramm	Theilstriche
7	hart	1250	1,3	1000	— ?
	ausgeglüht	—	—	1000	— 4,7
		—	—	20000	— 0,3
8	hart	1250	0,28	1000	— 0,2
	ausgeglüht	—	—	1000	— 0,9
9	besponnen	1250	0,24	300	+ 1,0
				500	0
				1000	— 0,2
	ausgeglüht	—	—	100	— 1,0
				300	— 0,9
				1000	— 0,8
Bespannung in Schwefelsäure abgelöst				100	— 0,1
				300	0
				500	— 0,1
				1000	— 0,4

Draht 7 gerieth bei der Magnetisirung in so starkes Zittern, daß eine qualitative Bestimmung der Verkürzung unmöglich war. Auch der ausgeglühte Draht zitterte noch stark. Die Spannung 20000 Grm. wurde durch einen Winkelhebel, der neben dem Faden am Drahtende befestigt war, hervorgebracht. Man giebt sich von den erhaltenen Resultaten leicht Rechenschaft, wenn man annimmt, daß die Spannung die Moleküle des Eisens von einander entfernt hat, die Magnetisirung aber dieselben wieder zu nähern sucht. Wird die Spannung zu groß, so kommt die Verkürzung nur noch schwer zu Stande, und kann zuletzt wohl ganz wieder unterbleiben. Die verschiedenen Verkürzungen, welche Draht 8 im harten und weichen Zustande erleidet, lassen sich unmöglich aus der verschiedenen Dehnbarkeit des Drahtes erklären, eher ist zu denken, daß der Draht gedrillt war, und daß das Spannungsgewicht von 1000 Grm. zwar den weichen, aber nicht den harten Draht auszudrillen vermochte, daß sich also bei diesem eine Verlängerung der Verkürzung entgegengesetzte. Dasselbe kann man sich beim Draht 9 denken, wo im letzten Falle die Bespinnung nicht durch Glühen, sondern durch Eintauchen in concentrirte Schwefelsäure entfernt war. Bei 300 Grm. Spannung dehnt sich der bespinnene Draht noch (zum Theil wohl, weil die Bepinnung viel vom spannenden Gewichte trägt); der unbespinnene, aber harte Draht bleibt unverändert, der weiche ist schon stärker gespannt, als zum Maximum seiner Verkürzung nöthig ist.

Ganz ähnliche Ergebnisse erhielt ich als der Beobachtungsapparat in eine lothrechte Stellung gebracht wurde. Die Eisendrähte wurden in ein vierkantiges Messingstück eingelöthet, welches durch eine Schraube in einer vierkantigen Hülse auf und ab bewegt werden konnte. Die Magnetisirungsspiralen waren auf Consols an der Wand befestigt. Unten trug der Draht wiederum ein vierkantiges Messingstück, welches durch eine Führung ging. An diesem Messingstück war der Faden befestigt, welcher um die Spiegelaxe geschlungen war, und das Spannungsgewicht trug.

Die Entfernung der Scale vom Spiegel betrug 4207^{mm} , so dafs eine Verschiebung der Scale um einen Theilstrich einer Längenveränderung des Drahtes um $0^{\text{mm}},00006658$ entsprach. Diese verticale Aufstellung des Apparates erlaubt eine sehr genaue Einstellung des Drahtes auf die Spiralaxe und ausserdem sichert die Führung am unteren Ende gegen die Einwirkung der Drehung der Dräthe. Die oben angebrachte Schraube endlich macht es leichter, das Bild der Scale im Spiegel aufzufinden, und deren Nullpunkt auf den Kreuzfaden einzustellen. Die gefundenen Scalenverschiebungen waren folgende:

No.	Draht	<i>L</i> mm	<i>d</i> mm	Spannung. Gramm	Längenver- änderung. Theilstriche
10	ausgeglüht	2035	0,24	200	— 0,2
				300	— 0,4
				400	— 1,8
				600	— 2,8
				800	— 3,3
				1000	— 3,4
11	besponnen	2035	0,36	100	— 0,1
				200	— 0,1
				400	— 0,2
				600	— 0,3
				1000	— 1,0
				—	—
	ausgeglüht	—	—	100	— 2,0
				200	— 1,8
				800	— 1,5
				1000	— 1,4

Der ausgeglühte Draht 11 hatte das Maximum der Concentration bei 100 Grm. Spannung schon überschritten. Es ist möglich, dafs in ihm immer noch kleine Krümmungen vorhanden waren, welche nur durch gröfsere Spannungen entfernt werden konnten; doch müfsten diese Krümmungen bei geringeren Spannungen immer wieder hervorgetreten seyn, da die Reihenfolge der Versuche ohne allen Einflufs auf deren Ergebnisse war. Beim Drahte 10 sieht man da-

gegen deutlich, wie die Magnetisirung bei gröfser werdender Spannung immer stärkere Verkürzungen bewirkt, so wie es Joule gefunden hatte.

Die Versuche an gespannten Drähten lassen bestimmt auf eine Annäherung der Molecüle durch Magnetisirung schliessen, und deshalb liegt der Gedanke nahe, dafs bei ihnen eine Widerstandsabnahme während dieses Vorganges eintreten müsse. Um dies zu untersuchen, waren die beiden vierkantigen Messingstücke, zwischen denen die Drähte ausgespannt waren, mit Klemmschrauben versehen, von denen Leitungsdrähte zu einer Siemens'schen Widerstandsbrücke führten. Die Brücke war wieder, wie bei früheren Versuchen ¹⁾, mit einem kleinen Rheochord verbunden, welcher bei der Stellung der Maafsdrähte 10:1 einen Widerstand 0,0005 noch zu schätzen erlaubt. Unmittelbar nachdem die Längenveränderung des Drahtes gemessen war, wurde sein Widerstand bestimmt, dann wurde der magnetisirende Strom geschlossen und die Veränderung des Widerstandes beobachtet. Unter allen Umständen fand eine solche statt, und zwar nahm der Widerstand des Eisens durch Magnetisiren immer zu. Bei einem jeden Drahte blieb die Widerstandszunahme innerhalb der Beobachtungsgränzen dieselbe, die Spannung derselben mochte grofs oder klein seyn, was sich sofort daraus erkennen liefs, dafs die Scala immer um die gleiche Zahl von Theilstriichen verschoben wurde. Irgend welche Einflüsse, die einen Irrthum über die Ursache dieser Ausschläge hätten veranlassen können, waren nicht vorhanden: die Magnetisirungsspiralen standen in einer Entfernung von 12 Metern vom Galvanometer und zu noch gröfserer Sicherheit wurde bei jeder Beobachtung der Maafsstrom an der Brückencombination erst in der einen, dann in der entgegengesetzten Richtung angewandt, wodurch die Ausschläge auch entgegengesetzte Richtung annahmen, aber unveränderte Gröfse behielten. Eine Umkehrung des magnetisirenden Stromes

1) Diese Ann. Bd. CXVII, S. 5.

veränderte dagegen Nichts, Die gemessenen Widerstände waren:

No.	Draht	Spannung	Widerstand	
			unmagnetisch	magnetisch
10	ausgeglüht	400	7,2960	7,2985
		600	2970	2995
		1000	2990 ¹⁾	3015
11	besponnen	100	4,2795	4,2820
		200	2800	2825
		400	2820	2845
		600	2828	2855
		1000	2805	2830
	ausgeglüht	0	4,4025	4,4050
		100	3830	3855
		600	3840	3865
		1000	4870	4895
		2000	4105	4130.

Mit größeren Drahtlängen, als der bisher gebrauchte Apparat anzuwenden gestattete, wurden noch folgende Versuche ausgeführt:

No. 12. Ein Eisendraht von 1^{mm},3 Durchmesser wurde zu einem Bündel von 270^{mm} Länge zehnmal (hin und her) zusammengelegt, die einzelnen Lagen wurden durch Guttaperchapapier gegeneinander isolirt, und das Bündel vom Kühlrohr umgeben in eine 230^{mm} lange Magnetisirungspirale umgeben.

No. 13. Von 0^{mm},36 dicken besponnenen Draht wurde ein Bündel von 270^{mm} Länge und 100 Lagen und

No 14. von dem gleichen Drahte ein Bündel von 190^{mm} Länge und 142 Lagen gemacht.

15. Ein 0^{mm},24 dicker Draht wurde zwischen zwei pa-

1) Diese drei Versuche wurden schnell hinter einander angestellt. Die Zunahme des Widerstands mit der Spannung entspricht ganz der Angabe, welche Mousson darüber gemacht hat. Die folgende Reihe wurde an verschiedenen Tagen ausgeführt, so daß die einzelnen Versuche wegen kleiner Temperaturverschiedenheiten nicht immer unter einander vergleichbar sind.

rallelen Holzscheiben hin und her gespannt, so daß er 32 Lagen von je 1390^{mm} Länge bildete. Die eine Scheibe wurde in ihrem Mittelpunkt aufgehängt, an die andere ein Gewicht von 10 Kilogrammen gehängt, so daß jeder einzelne Draht durchschnittlich durch 312 Gramm gespannt war. Diese Drähte waren von allen vier Spiralen umgeben. In diesen vier Versuchsreihen wurden folgende Resultate erhalten:

No.	L	d	Spannung	Widerstand	
				unmagnetisch	magnetisch
12	2700	1,3	0	0,3417	größer
13	27000	0,36	0	59,527	59,563
14	26980	0,36	0	58,500	58,534
15	44180	0,24	312	160,870	160,920.

In diesen und den vorhergehenden Reihen wurde mit Drähten experimentirt, welche sich den früheren Versuchen noch beim Magnetisiren verkürzten (10, 11, 15); mit solchen, welche sich verlängern (12, 13, 14) mit Bündeln, deren Enden sich innerhalb (14), mit solchen, deren Enden sich außerhalb der Spiralenden befanden (12, 13): unter *allen* Umständen wurde eine Zunahme des Widerstandes beobachtet. Die Gröfse derselben, z , erhellt aus folgender Tafel.

No.	Widerstand = w	z	$z : w$
10	7,2990	0,0025	1 : 2920
11	4,2805	0,0025	1 : 1710
12	0,3417	nicht meßbar	
13	59,527	0,036	1 : 1650
14	58,500	0,034	1 : 1670
15	160,870	0,050	1 : 3220

Die Drähte 10 und 15 waren von derselben Drahtrolle entnommen; ebenso die Drähte 11, 13 und 14. Für den ersten Draht beträgt die Widerstandszunahme durchschnittlich 1 : 3070 (Thomson fand 1 : 3000), für den zweiten 1 : 1680.

Ich glaube nach diesen Versuchen zu dem Schluß berechtigt zu seyn, daß *die Magnetisirung den Widerstand*

des Eisens in der Richtung der magnetischen Axe unter allen Umständen vergrößert. Ich glaube ferner, mir von dem Vorgange, welcher diese Vergrößerung bedingt, Rücksenschaft geben zu können. Eine Folge der Magnetisirung muß jedenfalls eine Annäherung der Molecüle seyn. Wären die Molecularbestände an allen Stellen eines Eisenstabs dieselben, so würde eine nothwendige Folge dieser Annäherung eine Widerstandsabnahme seyn. Die Molecularabstände sind aber keinesfalls überall dieselben, vielmehr sind die Molecüle gruppenweis gelagert, in einer Linie etwa so:

... ..

Bei der Magnetisirung werden sich die einander am nächsten liegenden Molecüle noch mehr nähern, und da die ganzen Molecülgruppen nicht beliebig freie Bewegung haben, so werden an einigen Stellen größere Unterbrechungen der Continuität entstehen, auch wenn der ganze Draht sich verkürzt, wie in folgendem Schema.

... ..

Hierdurch muß der Widerstand wachsen, um wie viel: das hängt von der Natur des Eisens ab. Hätten die Moleculargruppen freie Bewegung, so würde die Magnetisirung eine Widerstandsabnahme zur Folge haben. Und in der That, füllt man eine Glasröhre mit frischer Eisenfeile, und führt in diese von beiden Enden her die Leitungsdrähte einer Batterie ein, so wird fast kein Strom durch die Eisenfeile hindurchgehen, wie ich früher gezeigt habe¹⁾. Der Strom einer zweipaarigen Daniell'schen Säule lenkte bei einem solchen Versuche meinen Galvanometerspiegel nur um 45 Scalentheile ab; als das Rohr in einer Spirale magnetisirt wurde, stieg die Ablenkung auf 120, beim Erschüttern des Rohres auf 450, beim Unterbrechen des magnetisirenden Stromes sank sie auf 170, und bei abermaligem Erschüttern auf 44.

Es bleibt noch zu ermitteln, wie es sich mit der Wi-

1) Diese Ann. Bd. CXI, S. 619.*

derstandsabnahme in der auf die magnetische Axe senkrechten Richtung verhält. Die von Thomson hierfür beigebrachten Versuche sind allerdings alle der Art, daß der bloße mechanische Zug eine solche Abnahme nothwendig zur Folge haben muß; sie beweisen deshalb Nichts für die spezifische Wirkung der Magnetisirung. Ich wickelte einen besponnenen Draht von 47500^{mm} Länge und 0^{mm},36 Dicke in 332 Windungen um eine rechteckige Glasplatte, und stellte diese in eine Magnetisirungsspirale. Um die Erregung eines Inductionsstromes in dem Eisendrahte zu verhüten, waren 166 Windungen nach der einen, 166 nach der anderen Richtung um die Glasplatte geführt. Der Draht, in die Brückencombination eingeschaltet, bot den Widerstand 99,195; als der magnetisirende Strom geschlossen wurde, war nicht die geringste Bewegung des Galvanometerspiegels bemerkbar, wiewohl der Draht jetzt senkrecht gegen seine Längsausdehnung magnetisirt wurde. Eine Widerstandsveränderung um 0,0055 würde die Scala um einen ganzen Theilstrich verschoben haben, also würde, wenn man für diese kleinen Werthe die Verschiebungen den Widerstandsveränderungen proportional nimmt, eine Widerstandsabnahme im Verhältniß 1 : 3000 eine Verschiebung um 6 Theilstriche bewirkt haben. Da eine Verschiebung um 0,1 Theilstrich schon sehr merkbar ist, so konnte eine Widerstandsabnahme im Verhältniß 1 : 180000 nicht übersehen werden, so daß ich mich zu dem zweiten Schlusse berechtigt halte: daß *eine Widerstandsabnahme in der auf die magnetische Axe senkrechten Richtung nicht nachgewiesen ist.*

Erlangen im März 1866.