Winter, wenn Kältemischungen herstellbar sind, Aufklärung zu gewinnen.

Am 28. Juni 1865.

II. Ueber die Theilung des Batteriestromes nach dem Galvanometer; von K. W. Knochenhauer.

Die eigenthümliche Theilung des Batteriestromes, die bei Anwendung des Gaugain'schen Ventils zuerst Feddersen¹⁾ und die nachher Riefs²⁾ ausführlicher untersucht hat, ließ sich mit dem Luftthermometer nicht in gleicher Weise verfolgen, und dieß veranlaßte mich, den Gegenstand ebenfalls mit dem Galvanometer kennen zu lernen. Die Versuche zeigten aber bald, daß die Angaben dieses Instruments bei überall metallischer Verbindung der Drähte zuvor noch genauer als bisher geprüft werden müssen, wenn anders die durch das Ventil hervorgerufenen Erscheinungen richtig gedeutet werden sollen; so werde ich mich zunächst nur auf diesen einfachern Fall beschränken.

Das Galvanometer ist von Sauerwald in Berlin bezogen und dem von Riefs angewandten und beschriebenen völlig gleich. Die in Millimeter getheilte Scale stand um $6^{\circ} 6' 5'' = 2^{\circ},123$ vom Spiegel entfernt, so daß ein Scaletheil eine Ablenkung desselben um 48,6 Sekunden angab. Der Schließungsbogen war zuerst einfach, und enthielt außer den hinter einander verbundenen Galvanometerrollen 30' Kupferdraht *K* von 0",525 Durchmesser. Die Batterie bestand aus einem Flaschenpaar *A* (zusammen 360 □" Belegung bei gegen 3" dickem Glase) oder aus zwei Flaschenpaaren *A* + *B* oder aus diesen und zwei andern Flaschen *F* (von je 200 □" Belegung bei 1½ bis 2" dickem Glase);

1) Diese Ann. Bd. CXV, S. 336.

2) Diese Ann. Bd. CXX, S. 513.

die mit dem Luftthermometer früher ¹⁾ festgestellten Capacitäten verhalten sich 1 : 1,966 : 3,838. Die nach der Distanz der Kugeln an dem im Schließungsbogen befindlichen Funkenmesser bestimmten Ladungen stiegen von 16 bis zu 48, indem je 1''' Distanz zu 20 gerechnet und dazu nach den frühern Bestimmungen 3 addirt wurde. Die einzelnen Beobachtungen stimmten gut mit einander überein; der Spiegel kam in dem Dämpfer bald zur Ruhe und änderte seine Einstellung nicht, so dafs keine Magnetisirung desselben stattfand. Im Mittel aus je 3 Beobachtungen ergab sich:

Batt.	Lad. 15	24	32	40	48
<i>A</i>	+ 4,3	6,7	8,8	10,8	13,1
<i>A + B</i>	8,6	13,0	17,3	22,0	25,9
<i>A + B + 2 F</i>	17,1	26,1	34,7	42,0	

Ging der Strom nur durch eine Rolle oder theilte er sich durch beide in gleichlaufender Richtung, so waren die Angaben halb so groß als vorher; eine Verlängerung des Schließungsbogens sowie eine Einschaltung von Platindraht liefs sie ungeändert, oder die Differenz war wenigstens gering. Diese Versuche stimmen also ganz mit den Beobachtungen von v. Oettingen ²⁾ überein und zeigen, dafs das Galvanometer die Quantität der über den Schließungsdraht abfließenden Elektrizität angiebt ³⁾.

Um über die Angaben des Galvanometers bei der Stromtheilung sogleich einen Ueberblick zu gewinnen, bildete ich einen Schließungsbogen mit zwei Zweigen, von denen der erste I das Galvanometer mit hinter einander verbundenen Rollen + 10' *K*, der andere II mehre Spiralen von Kupferdraht *K* enthielt, und schaltete dann einen auf eine engere Glasröhre gewickelten Platindraht von 32" Länge

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 46, S. 141.

2) Diese Ann. Bd. CXV, S. 513.

3) Zur leichtern Vergleichung meiner Zahlen mit denen von Riefs bemerke ich, dafs bei ihm ein Scalentheil eine Ablenkung des Spiegels von 1,14 Minuten angiebt, und dafs er bei drei Flaschen geladen mit einer Elektrizitätsmenge 10 durch eine Rolle eine Ablenkung von 10,5 erhielt; dazu gebrauchte ich drei Flaschen (die Flaschenpaare zu je einer Flasche *F* gerechnet) mit einer Ladung 36.

und 0",061 Durchmesser (Pl. B) erst in den einen dann in den andern Zweig ein. Diefs gab

Batt. $A + B + 2F$; Lad. 32.

Pl. B in Zw. I + 1,5

" " " Zw. II + 31,9

doch wechselsweise repetirt

d. erste Beob. + 7,1

" " " + 29,0

Diese Angaben weichen von denen, welche das Luftthermometer gegeben haben würde, durchaus ab und gewähren noch das Sonderbare, daß der Spiegel senkrecht gegen seine Fläche bleibend magnetisirt wird, indem er sich bei den Beobachtungen mit Pl. B im Zw. I um einen Scalentheil weiter nach +, mit Pl. B im Zw. II um 3 Scalentheile weiter nach — einstellte, woraus sich bei den wechselnden Repetitionen die zuerst beobachteten, von den folgenden abweichenden Zahlen erklären. Ist schon eine Magnetisirung des Spiegels nach der vorigen Reihe unerwartet, so ist es doch noch auffallender, daß der Spiegel nach entgegengesetzten Richtungen magnetisirt wird. Ein positiver Strom, wenn er nach den gewöhnlichen Gesetzen den Spiegel magnetisirt, muß eine veränderte Stellung nach — erzeugen, wie diefs bei dem Strom + 31,9 der Fall ist; allein hier bringt der Strom + 1,5 eine Stellung nach + hervor, er magnetisirt also den Spiegel gerade entgegengesetzt, als wie es seyn sollte.

Die elektrische Stromtheilung, wie sie das Luftthermometer angiebt, ist den Thatsachen nach anerkannt, nur die Erklärungen der Thatsachen weichen von einander ab. Die Thatsachen habe ich unter das Gesetz gebracht, daß die Theilung über die Zweige umgekehrt proportional zu den äquivalenten Längen derselben erfolgt. Diese auf Kupferdraht von 0",525 Stärke bezogenen Längen werden auf folgende Weise bestimmt. Kupferdrähte von der angegebenen Stärke in gestreckter, d. h. in einer solchen Form, daß Inductionen von einem Theil auf den andern entweder ausgeschlossen sind oder als unbedeutend übersehen wer-

den können, werden in ihrer natürlichen Länge angesetzt. Platindrähte oder überhaupt schlechter leitende Drähte haben eine aequivalente Länge, die je nach ihren größern oder geringern Widerstand um etwas mehr oder weniger die natürliche Länge übertrifft; mit der Gröfse der Batterie und der Länge des Schließungsbogens wächst der Unterschied zwischen beiden Längen¹⁾. In den hier vorkommenden Fällen, wo die Zweige des Schließungsdrahts lang sind, wird es auf eine ganz scharfe Bestimmung nicht ankommen. Sind die Drähte (hier nur in Spiralen) so geformt, daß die Theile auf einander induciren, so wächst die aequivalente Länge, wenn die Ströme in diesen Theilen in gleicher Richtung fließen, und nimmt ab, wenn sie entgegengesetzt gerichtet sind. Kennt man die Stärke des inducirten Nebenstroms, so läßt sich die aequivalente Länge berechnen²⁾, ist sie unbekannt, so bestimmt man die Länge aus einer Stromtheilung, wo der eine Zweig diesen Draht, der andere Draht von bekannter Länge enthält. Da die aequivalenten Längen der von mir angewandten Spiralen aus Kupferdraht *K* schon früher festgestellt waren (sie bleiben für alle Fälle unverändert), so hatte ich nur noch die aequivalenten Längen der Galvanometerrollen nach Beobachtungen zu bestimmen. Dieß gab

aeq. Länge von Rolle 1 ³⁾ mit Dämpfer	= 169',5 <i>K</i>	} 170,0
„ „ „ Rolle 2 „ „	= 170',5	
„ „ „ Rolle 1 ohne Dämpfer	= 211',8	
„ „ „ Galv. $\frac{1}{2}$ gl. ⁴⁾ mit Dämpfer	= 95',1	
„ „ „ Galv. $\frac{1}{2}$ entg. „ „	= 74',3	

und hieraus berechnet

aeq. Länge von Galv. 1, 2 gl.⁵⁾ mit Dämpfer = 381',4,

1) Das Nähere s. Sitzungsber. Bd. 43 S. 27 und Bd. 46, S. 462.

2) Sitzungsber. Bd. 48, S. 1 Anhang.

3) Rolle 1 ist diejenige Rolle, welche auf die geschlossene Seite des Dämpfers geschoben ist.

4) Mit Galv. $\frac{1}{2}$ gl. und Galv. $\frac{1}{2}$ entg. sind diejenigen Verbindungen der Rollen bezeichnet, in welchen der Strom sich durch sie in gleichlaufender und in entgegengesetzter Richtung theilt.

5) Galv. 1, 2 gl. giebt die Verbindung der Rollen hinter einander an, die vom Strom in gleicher Richtung durchflossen werden.

wofür ich nach der folgenden directen Beobachtung nur 378,5 ansetzen werde.

Der Schließungsbogen wurde nun aus einem Stamm von 12' *K* incl. Funkenmesser und aus zwei Zweigen gebildet, von denen der erste I Galv. 1, 2 gl. 10' *K* und Thermometer V enthielt (aequivalente Länge = 390',5, indem der im Thermometer enthaltene 10" lange Platindraht von 0",0596 Stärke nebst der Fassung zu 2' gerechnet wurde), der andere II aus Kupferdrahtspiralen und Th. V (ein Gestell enthielt den gleichen Platindraht in gleicher Fassung) in wechselnder aequivalenter Länge bestand. Beobachtet wurden die Angaben des Galvanometers sowohl als die Angaben des Thermometers ϑ'' und ϑ' in Zw. II und Zw. I. Daraus wurde das Verhältniß der Stromtheile a'' und a' nach der Formel $\frac{a''}{a'} = \sqrt{\frac{\vartheta''}{\vartheta'}}$ abgeleitet, denn die Wärme ist dem Quadrat der Stromstärke proportional, und dann zur Vergleichung es beobachteten Resultates der Werth $\frac{a''}{a'}$ nach dem umgekehrten Verhältniß der aequivalenten Längen der Zweige berechnet. Die natürliche Länge des in Zw. II enthaltenen Kupferdrahts *K* habe ich des Folgenden wegen ebenfalls beigefügt.

Batt. *A + B*; Lad. 40.

Aeq. Länge von Zw. II	Natürliche Länge von Zw. II an <i>K</i>	Galv.	ϑ''	ϑ'	$\frac{a''}{a'} = \sqrt{\frac{\vartheta''}{\vartheta'}}$ beob.	$\frac{a''}{a'}$ ber.
394',0	156½'	+ 11,9	10,2	10,4	—	—
298',2	129	11,2	14,0	8,35	1,295	1,310
208',0	93½	11,0	19,1	5,5	1,864	1,877
112',2	71	10,7	27,5	2,4	3,385	3,480
65',5	40	10,1	34,6	1,0	5,882	5,962
38',0	29½	10,0	40,4	0,35	10,744	10,276

Aus der ersten Reihe war die aequivalente Länge von Zw. I abgeleitet, wie vorher angegeben wurde. Die Angaben des Thermometers stimmen mit der Berechnung genügend überein, denn einestheils sind die Zahlen ϑ'' und ϑ' so sehr von einander verschieden, daß sie nur annä-

hernd mit einander verglichen werden können, andertheils ist die Führung der Zweige hier schwierig, so daß kleinere Störungen sich kaum beseitigen lassen. Die Ablenkungen des Spiegels, der sich übrigens im Laufe der Beobachtungen um 4 Scalentheile nach — gestellt hatte, bleiben fast unverändert und lassen durch jeden Zweig nahe die Hälfte des Stroms fließen; sie weichen also völlig von den Angaben des Luftthermometers ab.

Es liegt die Vermuthung nahe, daß nach dem Galvanometer sich der Batteriestrom umgekehrt proportional zu den Widerständen der Zweige theilt. Da ich die mit dem Luftthermometer früher beobachteten Widerstände der Kupferdrahtspiralen nicht benutzen konnte, weil der durch Induction in ihnen gesteigerte Widerstand sich nicht auf das Galvanometer überträgt, wie das Spätere zeigen wird, auch die Widerstände von Kupferdraht im elektrischen Strom mit dem Luftthermometer und im galvanischen Strom mit dem Galvanometer bestimmt, ähnlich wie bei Eisendraht, nicht völlig übereinstimmen möchten, so schaltete ich in die Zweige so viel Platindraht ein, daß der Widerstand hauptsächlich von diesem abhing, und ein Fehler in der Annahme des Widerstandes für den Kupferdraht übersehen werden konnte. Zweig. I blieb wie vorher nur ohne Thermometer V; er enthält also außer dem Galvanometerdraht von 6' Länge und $\frac{17}{24}$ Linie Stärke noch 10' K; Zweig II enthielt an natürlicher Länge $67\frac{1}{2}'$ K vornehmlich in Spiralen, die eine äquivalente Länge von 161,4 bildeten. Die Platindrähte waren der oben angeführte Pl. B und der ebenfalls auf eine engere Glasröhre gewickelte Platindraht C von 5' Länge und 0",0437 Durchmesser; jener bietet, auf Zoll Neusilberdraht von 0",177 Stärke bezogen, einen Widerstand = 132,6, dieser einen Widerstand = 472,5. Wurden diese Drähte abwechselnd in Zw. I und II eingesetzt, so ergab sich mit Batt. A + B, Lad. 40, wo nach Auslösung von Zw. II das Galvanometer im einfachen Strom + 21,5 anzeigte, im Mittel aus je 9 Beobachtungen für

Pl. *B* in Zw. I, Pl. *C* in Zw. II eine Ablenkung von $+ 16,3$
 „ „ „ Zw. II, „ „ „ Zw. I • „ „ „ $+ 4,6$
 und dabei änderte sich der Stand des Spiegels von der zweiten Reihe zur ersten um 5 Scalentheile nach —. Berechnet man den Stromtheil des einen Zweiges dadurch, daß man die beobachtete Zahl von der im einfachen Stamm abzieht, so erhält man im ersten Fall das Verhältniß der Zweigströme wie $5,2:16,3$, im andern wie $4,6:16,9$, also im Durchschnitt wie $4,9:16,6 = 1:3,39$. Der Kupferdraht *K* in den Zweigen hat einen 8,8mal so großen Querschnitt als der zur Messung des Widerstandes verwandte Neusilberdraht, und dieser leitet nach frühern Beobachtungen 2,12mal schlechter als Platindraht; 1' Neusilberdraht würde also, wenn man den specifischen Widerstand des Platins nur 4mal größer als den von Kupfer ansetzt, einen gleichen Widerstand wie 74' *K* leisten. Da der Galvanometerdraht noch dicker ist, so kann man annähernd den Widerstand der Kupferdrähte in jedem Zweige ≈ 10 annehmen, und erhält dann das Verhältniß der Stromtheile wie $142,6:482,5 = 1:3,38$. Diese Berechnung genügt, zumal wenn man die obigen und die später noch zu erwähnenden Beobachtungen hinzunimmt, zur Feststellung des Satzes:

Nach dem Galvanometer erfolgt die Theilung des Batteriestroms nach den für den galvanischen Strom gültigen Gesetzen.

Den Widerspruch zwischen den Angaben der beiden Instrumente würde man, wie es scheint, am leichtesten lösen, wenn man mit Riefs die ursprüngliche Stromtheilung nach den galvanischen Gesetzen erfolgen liefse, und die Angaben des Luftthermometers von einem Nebenstrom im geschlossenen Ringe der Zweige herleitete, der als solcher auf das Galvanometer keine Wirkung ausübte. Allein abgesehen davon, daß die Magnetisirung des Spiegels dabei keine Erklärung fände, würde man für jede Oscillation oder nach Riefs für jede Partialentladung einen *alternirenden* Nebenstrom ansetzen müssen, und dagegen streiten meine früheren Beobachtungen mit dem Luftthermometer, die einen

mit dem inducirenden Strom ganz gleichartigen Nebenstrom erlangen, nur in entgegengesetzter Richtung. Leider muß man zur Constatirung dieser Behauptung zwei Ströme durch den Thermometerdraht leiten, und so dürfte vielen der Versuch zu complicirt erscheinen, als daß man sichere Schlüsse daraus herleiten könnte. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, habe ich mir jetzt ein Dynamometer herrichten lassen.

Aus je $10\frac{1}{2}'$ K wurden vier flache Spiralen in $11\frac{1}{2}$ Windungen von $63''$ äußern und $20''$ innern Durchmesser leicht gewunden und die Windungen nur durch sechs nach den Radien laufende schmale Holzstäbchen gehalten, in deren Einschnitte die Drähte eingelassen und eingekittet wurden. Zwei Spiralen a und b (Fig. 9 Taf. III; Ansicht von oben), durch den seitwärts gebogenen Draht m verbunden, wurden hinter einander, die Centra um $82''$ von einander entfernt, auf einem mit Stellschrauben versehenen Brett senkrecht aufgestellt, so daß die Flächen etwa um $6''$ von einander abstehen, und der Strom von den Quecksilbernäpfen o und n aus beide hinter einander durchlaufen kann. An einem senkrechten Stabe k hängen die beiden andern Spiralen c und d , auch innen verbunden, während an den beiden andern Drahtenden der Strom von f und g aus eintritt. Der senkrechte runde Messingstab (Fig. 10) hat bei K eine Scheibe, worauf das die beweglichen Spiralen verbindende Querholz steckt und mit der Schraube l festgehalten ist. Darüber ist der hohle Theil n halb ausgeschnitten und hat unten ein Quecksilbernäpfchen c , oben ein Loch e , worin das eine Ende der Spiralen steckt. Darüber befindet sich ein 1 Zoll langes Elfenbeinstück b , und darauf der hohle Messingstab m , der ebenso wie n nur nach entgegengesetzter Seite ausgeschnitten ist, das Näpfchen a und das Loch d zur Aufnahme des anderen Drahtendes hat. Der Stab trägt weiter oben einen Metallspiegel und hängt an einem seidenen Faden, der von einer auf dem Fußbrett stehenden Stütze herabkommt. Durch diese Stütze geht der viereckige Messingstab f , der durch eine Feder nach vorn gedrückt

mittelst einer Schraube zurückgezogen und somit fest eingestellt werden kann. Er endigt vorn nach den Spiralen zu mit einem kurzen gebogenen Platindraht, der mit seiner Spitze die Mitte des Quecksilbers in *a* berührt. Ein gleicher Messingstab *g* geht von der entgegengesetzten Seite durch eine längere, den Spiegel nicht verdeckende Stütze und greift mit seinem Platindraht auf die Mitte des Quecksilbers in *c*. Der senkrechte Messingstab war in den ersten Beobachtungsreihen unten um 6 Zoll verlängert und hatte am Ende einen Magnetstab, dem, weil der Erdmagnetismus nicht genügte, zwei schwächere Magnete mit entgegengesetzten Polen vorgelegt waren, die eine sichere, wenn auch sehr langsame und für die Beobachtungen ziemlich peinliche Einstellung der beweglichen Spiralen bewirkten. Die Scale in Linien getheilt stand um 902'' vom Spiegel entfernt. Je ein Spiralenpaar hatte eine äquivalente Länge von 53',4.

Die Probeversuche mit diesem Instrument zeigten sogleich, daß bei entgegengesetzt fließenden Strömen eine Abstossung, bei gleichlaufenden eine Anziehung stattfand, daß die Wirkungen des Widerstands dieselben waren wie beim Luftthermometer, was für die Kupferdrahtspirale in der Leitung beachtenswerth war, und endlich, daß wenn die Stromstärke durch die festen Spiralen *i*, durch die beweglichen *i'* ist, die Ablenkung proportional zu $i \times i'$ ausfällt. Die Angaben dieses Instruments kommen also mit denen des Luftthermometers ziemlich überein, nur hat es den Vorzug, daß es zugleich die Richtung des Stromes anzeigt. Wäre der Ausschlag nur bedeutender, stellte es sich schneller ein und brächte es für viele Versuche nicht einen zu langen Draht in die Leitung, so würde es das Thermometer mehrfach ersetzen können.

Dieses Dynamometer wurde in den einfachen Schließungsbogen von 16' *K* incl. Funkenmesser so eingeschaltet, daß der Strom beide Spiralenpaare hinter einander in entgegengesetzter Richtung durchfloß, und zugleich wurde das nicht zu empfindliche Thermometer II eingesetzt.

Batt.	Lad.	Th. II.	Dynam.	Verh. $\frac{\text{Th. II.}}{\text{Dynam.}}$
$A + B + 2F$	32	30,3	+ 20,5	1,48
	24	17,8	11,5	1,55
$A + B$	24	8,4	5,5	1,53
	32	14,5	10,0	1,45
	48	29,0	19,0	1,53
	48 ¹⁾	28,0	19,0	1,47
				Mittel 1,50.

Als der Strom durch beide Spiralenpaare getheilt wurde, so daß die beweglichen + 4' K und die festen ebenfalls + 4' K die beiden Zweige bildeten, ergab sich nach Entfernung von Therm. II aus dem Stamm, je nachdem die Theilströme in den Spiralen gleich oder entgegengesetzt gerichtet waren,

Batt. $A + B$ Lad. 48 Sp. gl. — 12,7 Sp. entg. + 17,0
 „ $A + B + 2F$ „ 48 „ „ — 29,5 „ „ + 36,0.

Die Angaben des Instruments weichen in beiden Fällen merklich von einander ab, weil sich der Widerstand ändert, er ist bekanntlich größer, wenn der Strom durch aufeinander inducirende Spiralen in gleicher Richtung fließt als umgekehrt. Hier ist der Widerstand in der Leitung gering, darum tritt die Differenz so bedeutend hervor. Als Th. II wieder in den Stamm eingesetzt war gab Batterie $A + B + 2F$, Lad. 48

Sp. gl. Dynam. — 10,5 Th. II 61,0 Verh. $\frac{\text{Th. II.}}{\text{Dynam.}}$ 5,81

Sp. entg. „ + 11,5 „ 64,5 „ „ 5,63.

Mittel 5,72.

Die Angaben des Dynamometers müssen auf $\frac{1}{4}$ gegen vorher sinken, weil nur der halbe Strom durch jeden Zweig geht; dies giebt für ganze Ströme $\frac{\text{Th. II.}}{\text{Dynam.}} = \frac{5,72}{4} = 1,43$, ein nur etwas kleineres Verhältniß als vorher, da die Thermometerzahlen zu groß sind und demnach gegen die obigen kleinen um des bedeutendern Widerstands willen, den der sich schneller bewegend Spiritus in der Röhre findet, etwas zu klein ausfallen.

1) Am folgenden Tage repetirt.

Jetzt liefs sich die Elektricitätsbewegung im Nebenstrom untersuchen. Hierzu wurden die Messingstäbe f und g so weit zurückgeschraubt, dafs ihre Platindrähte aufser Verbindung mit den Quecksilbernäpfen kamen und diese wurden durch 2" K mit einander verbunden. Wenn nun der Batteriestrom durch die festen Spiralen geht, wobei sich Th. II im Schliessungsdraht befindet, so inducirt er in den beweglichen Spiralen einen Nebenstrom; ist dieser für jede einzelne Oscillation ein alternirender, so bleiben die Spiralen unbeweglich, denn Abstofsung und Anziehung, bei erst entgegengesetzter, dann gleicher Richtung sind einander gleich und heben sich auf. Entsteht dagegen im Nebenstrom zu jeder Oscillation eine entgegengesetzte Oscillation, wie es meine frühern Thermometerbeobachtungen ergeben haben, so werden die Spiralen abgestofsen. Der Erfolg war

Batt.	Lad.	Th. II.	Dynam.	Verh. $\frac{\text{Th. II.}}{\text{Dynam.}}$
$A + B$	48	27,1	+ 12,0	2,26
	40	20,5	9,7	2,11
$A + B + 2 F$	40	41,8	20,2	2,07
	48	57,0	27,5	2,07
Mittel 2,13				

Da vorher, wo durch die beweglichen Spiralen der ganze Strom ging, das Verhältnifs zwischen Th. II und Dynam. = 1,50, so ist die Stärke des Nebenstroms bei einem die Spiralen verbindenden Bügel von 2" oder, wenn man diese kleine Gröfse vernachlässigt, bei einem Bügel Null = $N = \frac{1,50}{2,13} = 0,704$. — Die beweglichen Spiralen wurden hierauf festgestellt und die Quecksilbernäpfe durch 1,7 K und Thermom. V verbunden, d. i. durch die äquivalente Länge von 3,4, damit der Nebenstrom in nahe gleicher Entfernung der Spiralen beobachtet werden konnte. Batt. $A + B$

Lad. 48	Th. V 21,7	Th. II 22,8	Verh. $\frac{\text{Th. V}}{\text{Th. II}}$	0,952
" 40	" 16,2	" 16,9	"	0,959
" 32	" 10,4	" 11,1	"	0,937
Mittel				0,949.

Die Vergleichung beider Thermometer in demselben Strom gab das Verhältniß ihrer Angaben $\frac{\text{Th. V}}{\text{Th. II}} = 2,21$, somit verhält sich die Wärme im Nebenstrom zu der im Hauptstrom in gleichen Drähten wie $\frac{0,949}{2,13} : 1$ oder wie $0,4294 : 1$, woraus die auf den Hauptstrom als Einheit bezogene Stärke des Nebenstroms $n = \sqrt{0,4294} = 0,655$ folgt. Dieses Resultat führt man auf den Nebenstrom N zurück, indem man das Gesetz anwendet, daß der Nebenstrom proportional zur äquivalenten Länge des von ihm durchflossenen Ringes abnimmt¹⁾, also $N = 0,655 \times \frac{53,4 + 3,4}{53,4} = 0,697$. — Beide Instrumente, das Thermometer und das Dynamometer, geben hiernach den gleich starken Nebenstrom an, und das letztere überdies unmittelbar die Richtung desselben im Vergleich zur Richtung des Hauptstroms.

Zur Beseitigung der Störungen, die bei gleichzeitiger Anwendung des Dynamometers durch die Magnete des erstern entstehen konnten, wurden dieselben entfernt und dem Instrumente eine Bifilaraufhängung gegeben. Auch hier stellten sich die Spiralen sehr langsam ein, weshalb ich später noch 2 Drähte seitwärts anbrachte und sie auf einen Zoll in Wasser tauchen liefs; dies Mittel gab schneller einen ruhigen Stand, ohne den Ausschlag auffällig zu verringern; bei den folgenden Reihen hatte ich die beweglichen Spiralen mit einem Blatt Papier bedeckt. Die Scale war von hier ab in Millimeter getheilt, ihr Abstand vom Spiegel wie vorher. Der Schließungsdraht wurde in folgender Weise zusammengesetzt:

Batt. A + B 3' K Funkenm. (Dist. 40)	} Zw. I bewegl. Spir.
2' feste Spiralen d. Dynam.	
Galvan. $\frac{1}{2}$ gl. und 10' = 161',5 aeq. Länge } 12'	
Drahtspiralen und 6' = 161',4 " " }	

und außerdem wurde Therm. V statt 2' K. erst in Zweig I dann in Zw. II eingesetzt. Der Zweigstrom in den bewegli-

1) Sitzungsber. Bd. 44, S. 259.

chen Spiralen floß in entgegengesetzter Richtung zu dem Stammstrom in den festen. Es sollte dieß gleiche Ströme durch beide Zweige geben, allein, weil ein Umstand übersehen war, wurde es nicht erreicht; der Fall bleibt jedoch lehrreich, weil er scheinbar complicirte Verhältnisse umfaßt, die sich einfach lösen. Ich erhielt

Th. V fehlt;	Galv. + 6,7	Dynam. + 17,0	Therm. V —
» in Zw. I;	» + 1,1	» + 13,3	» 21,3
» in Zw. II;	» + 9,8	» + 14,8	» 9,3

Das Galvanometer richtet sich wie bisher nach den Widerständen in den Zweigen. Wenn Therm. V fehlt, also beide Zweige nur aus Kupferdraht bestehen, geht nach ihm durch Zweig I etwas mehr als der halbe Strom, da die Drähte in diesem Zweige etwas weniger Widerstand leisten als in Zw. II. Ist dagegen der Platindraht des Thermometers in Zw. I, so ist der Ausschlag klein, und groß, wenn der Platindraht in Zw. II ist.

Das Thermometer giebt in beiden Zweigen ungleiche Ströme an, weil übersehen worden war, daß die festen Spiralen auf den beweglichen einen Nebenstrom induciren der wegen der Anordnung derselben, wonach der Theilstrom in entgegengesetzter Richtung zum Hauptstrom fließt, den Strom in Zw. I verstärkt und den in Zw. II verringert. Dieser Nebenstrom n läßt sich aus den frühern Daten berechnen. Der ganze geschlossene Ring der Zweige hat eine äquivalente Länge von 322,9 somit ist $n = \frac{0,697 \times 53,4}{322,9} = 0,115$, also der Theilstrom durch Zw. I oder $a' = 0,615$ und der Theilstrom durch Zw. II oder $a'' = 0,385$. — Die Angaben des Dynamometers stammen von demselben Theilstrom a' und würden einander gleich seyn, wenn nicht der Widerstand sich geändert hätte; er wird größer, wenn der Platindraht sich in dem stärkern, kleiner, wenn er sich in dem schwächern Stromtheil befindet. Es sey im ersten Fall (Th. V in Zw. I) der Gesamtwiderstand der Leitung $= w'$, im andern (Th. V im Zw. II) $= w''$, so ist, die Constante des Luftthermometers mit α bezeichnet, $\frac{a'^2}{w'} = 21,3\alpha$,

$\frac{a''^2}{w''} = 9,3\alpha$ und hieraus $\frac{a'^2 w''}{a''^2 w'} = \frac{21,3}{9,3}$. Bezeichnet man die Constante des Dynamometers mit β , so ist $\frac{a'}{w'} = 13,3\beta$, $\frac{a'}{w'} = 14,8\beta$ und hieraus $\frac{w'}{w''} = \frac{14,8}{13,3}$. Setzt man diesen Werth in die vorige Gleichung ein, so erhält man $\frac{a'^2}{a''^2} = \frac{21,3 \times 14,8}{9,3 \times 13,3} = 2,549$. Die oben angegebene Herleitung der Theilströme mit Berücksichtigung des Nebenstroms giebt $\frac{a'^2}{a''^2} = 2,552$, was der Beobachtung entspricht und die Uebereinstimmung des Dynamometers mit dem Luftthermometer nachweist.

Sollen die Thermometerangaben in beiden Fällen gleich seyn, demnach auch bei unverändertem Widerstand die Angaben des Dynamometers gleich ausfallen, so muß man die Länge des zweiten Zweiges vorher berechnen. Zw. I wurde um 3' verkürzt, hatte also eine aequiv. Länge $= l' = 158,5$; bezeichnet x die Länge des zweiten Zweiges, so ist für gleiche Zweigströme

$$\frac{x}{l+x} + \frac{0,697 \times 53,4}{l+x} = \frac{l'}{l'+x} - \frac{0,697 \times 53,4}{l'+x}$$

woraus $x = 84,1$ folgt. Ich nahm dafür 81,6, was sich bequemer herstellen liefs, so dafs $a' = 0,495$ und $a'' = 0,505$ wird, welche kleine Differenz die Beobachtungsergebnisse decken. Die Batterie, die Leitung und der Sammelkreis unverändert, ebenso die Anordnung der Spiralen im Dynamometer.

Therm. V fehlt;	Galv. + 5,7	Dynam. + 14,7	Therm. V —
„ in Zw. I;	„ + 1,1	„ + 12,5	„ 17,4
„ in Zw. II;	„ + 10,0	„ + 12,3	„ 16,5

Das Galvanometer nimmt auf die veränderten Zweige weiter keine Rücksicht, als dafs es in der ersten Reihe weniger anzeigt, da Zw. II an Widerstand verloren hat. Die Zahlen im Dynamometer werden mit dem kleinen Werthe von a' etwas kleiner, fallen aber, da der Widerstand derselbe bleibt, trotz der Versetzung des Thermometers gleich aus. Ebenso sind die Angaben des Thermometers in beiden Fällen gleich.

Thermometer und Dynamometer, die beide offenbar die vollen Wirkungen des Batteriestroms zeigen, weisen darauf hin, daß die Theilstrome in den Zweigen ganz gleichartig mit dem Strom im Stamm sind, und daß die Vertheilung über die Zweige eine ganz andere ist, als wie sie das Galvanometer andeutet. Man kann der Kürze wegen sagen, der Strom, der auf die beiden ersten Instrumente wirkt, folgt den elektrischen, der, welcher den Galvanometerspiegel ablenkt, den galvanischen Gesetzen.

Die ungleichen Angaben der drei Instrumente lassen sich durch Annahme eines Nebenstromes nicht vereinen. Denn berücksichtigt man den Nebenstrom, den die Theile der Spiralen wirklich auf einander induciren, so kann man entweder die Längen der Zweige so ansetzen, wie sie ohne den Nebenstrom wären, und diesen dann durch die Zweige fließen lassen, oder man kann wegen des Nebenstromes die aequivalente Länge der Zweige ändern, und dann ohne Rücksicht auf ihn die Theilstrome ableiten; in beiden Fällen erhält man dasselbe Resultat, da der elektrische Strom im Haupt- und Nebenstrom die gleiche Bewegungsweise hat. Es sey z. B. die Länge des ersten Zweiges in gestreckter Form $= l'$, die des zweiten in gestreckter Form $= l''_1$, in Spiralforn $= l''_2$, zusammen $= l'_1 + l''_2 = l'$, und l''_2 erzeuge auf sich einen auf den Bügel Null reducirten Nebenstrom N , so erhält man nach der ersten Methode $a' = \frac{l''}{l' + l''} + \frac{a'' N l''_2}{l' + l''^2}$ oder, wenn man für a'' seinen Werth $1 - a'$ substituirt, $a' = \frac{l'' + N l''_2}{l' + l'' + N l''_2}$ und $a'' = \frac{l'}{l' + l''} - \frac{a'' N l''_2}{l' + l''} = \frac{l'}{l' + l'' + N l''_2}$. Nach der zweiten Methode ändert sich die aequivalente Länge von l''_2 in $l''_2(1 + N)$, dann ist die Länge der Zweige l' und $l' + N l''_2$ und man erhält unmittelbar $a' = \frac{l'' + N l''_2}{l' + l'' + N l''_2}$ und $a'' = \frac{l'}{l' + l'' + N l''_2}$, also dasselbe Resultat wie vorher. — Allein auch diese Weise, wie v. Oettingen bei einfacher Leitung die Ablenkung des Galvanometerspiegels erklärt, kann bei der Stromtheilung nicht

in Anwendung kommen, man müßte denn zuvor noch irgend eine und wie mir wenigstens scheint, gewagte Hypothese hinzufügen.

Ich gehe zuvörderst auf eine andere Art von Beobachtungen über. Das Flaschenpaar *A* bis zu 40 geladen bildete die Batterie; der Stamm des Schließungsbogens bestand incl. Funkenmesser aus 18' *K*, Zw. I enthält das Galvanometer in der Form 1, 2 gl. und 8' *K* (aeq. Länge 386',5) Zw. II enthielt 20' *K* und zwei in einander befestigte Spiralen auf Glasröhren von 18½" Länge, von denen die äußere bei 21" Durchmesser 36' *K* in 80 Windungen, die innere bei 13" Durchmesser 25½' *K* in 78 Windungen hat; beide waren durch 2' *K* so verbunden, daß der Strom sie in gleicher Richtung hinter einander durchfloß (aeq. Länge 175',4). Diese Spiralen standen 10' bis 12' vom Galvanometer senkrecht gegen die Spiegelfläche entfernt, das +6,3 angab, also etwas mehr als die Hälfte des Stroms. Hierauf wurde ein Eisendrahtbündel von 12½" Länge, bestehend aus 1320 ausgeglühten und gefirniften Drähten, das wegen der großen Entfernung auf die Stellung des Spiegels keinen Einfluß ausübte, in die Mitte der innern Spirale geschoben, und außerdem noch Pl. *C* in Zw. II eingesetzt *). Das Galvanometer gab +10 bis 11 und nach Entfernung des Platindrahts bei wiederholten, einander unmittelbar folgenden Entladungen der Batterie

+23,2+18,2+12+10+6+8+8+7,5+5+8 u. s. f.
zwischen +6 und 8.

Wurde Zw. I ausgelöst, die Entladung der Batterie über Zw. II allein mit dem Eisendrahtbündel jedoch ohne Pl. *C* etwa 6mal geleitet, dann Zw. I wieder geschlossen, so betrugen die Ablenkungen des Galvanometerspiegels bei den sich folgenden Entladungen

— 35 — 20 — 8 — 4 0 + 2 + 4,5 + 5 + 4,5 . . .

Nachdem wiederum die Batterie 6mal durch Zw. II allein entladen war, wurde Zw. I eingelegt und nur einmal beobachtet, dann Zw. I ausgelöst, die Batterie einmal durch

1) Das Eisendrahtbündel vergrößert die äquivalente Länge der Spiralen.

Zw. II allein entladen, Zw. I wieder eingelegt und einmal beobachtet u. s. f. Das Galvanometer gab

— 38 — 38 — 40 — 40 — 38 u. s. f.

Wenn die auf der äufsern Glasröhre befestigte Spirale allein im Zweig war und in derselben Weise beobachtet wurde, so ergab sich

— 24 — 27 — 23 — 23 u. s. f.

Als wieder beide Spiralen hinter einander verbunden waren, wurde die Batterie etwa 6mal über Zw. II allein entladen und dann in der zuletzt angegebenen Weise mit einmaliger Zwischenentladung durch Zw. II beobachtet, doch so, daß die Spiralen einmal in der Verbindung blieben, wie der Entladungsstrom über sie gegangen war (bezeichnet mit Sp. gl.), das andere Mal die umgekehrte Verbindung erhielten, wonach der Theilstrom durch sie in entgegengesetzter Richtung ging als vorher der ganze Entladungsstrom (bezeichnet mit Sp. entg.). Es hatte also der Batteriestrom, wenn er durch Zw. II allein ging, immer dieselbe Richtung durch die Spiralen, der Theilstrom dagegen nach eingelegtem Zw. I änderte wechselsweise die Richtung durch die Spiralen. Der Galvanometerspiegel zeigte folgende Ablenkungen

Sp. gl. — 34 — 35 — 37 — 33 — 34

Sp. entg. + 68 + 64 + 67 + 70 + 67

Die Stellung des Spiegels blieb unverändert; eine Magnetisirung desselben fand nicht statt. Wurde Pl. C zu Zw. II gefügt und darin gelassen, sonst aber wie zuletzt beobachtet, so waren die Ablenkungen

Sp. gl. + 9 + 9 + 9

Sp. entg. + 10 + 11.

Eine grössere Batterie steigerte den Ausschlag des Galvanometers sehr wenig.

Wir haben hier, wenn man den Angaben des Galvanometers nachgeht, starke Ströme, die in den Zweigen sogar ihre Richtung umkehren. Allein auffallen muß es schon, daß das Galvanometer gar nicht den gewaltigen Widerstand andeutet, den das Eisendrahtbündel auf den elektri-

schen Strom ausübt und der nach frühern Beobachtungen¹⁾ in diesem Fall zwischen 900 und 1000 seyn wird; schon am Schall des Funkens kann man ihn leicht bemerken. Mag jedoch das Eisendrahtbündel in den Spiralen seyn oder nicht, die Ablenkungen des Galvanometerspiegels kommen, wenn keine Zwischenentladungen durch Zw. II allein stattfinden, immer auf ± 6 bis 8 zurück.

Um das Thermometer und das Dynamometer zu befragen, setzte ich in Zw. II noch eine flache Spirale *N* (40' *K* in $12\frac{1}{2}$ Windungen) von einer aequivalenten Länge = 167,7 ein, damit der Theilstrom in diesem Zweige und demnach der Widerstand geschwächt würde. Nach 6 Entladungen durch Zw. II allein zeigte das Galvanometer bei Sp. gl. -30 ; als aber Therm. V in Zw. I eingefügt war, erhielt ich Sp. gl. 0, Sp. entg. $+21$. Liefs man Spirale *N* fort, so änderten sich die Angaben kaum merklich, während die Erwärmung im Thermometer zu gering war.

Es blieb daher *N* in Zw. II und Therm. V in Zw. I; als Batterie wurde aber $A+B$ Lad. 40 genommen und diese erste 6mal durch Zw. II allein entladen, dann wechselseitig wie vorher immer nur einmal.

Sp. entg. Galv. $+20 +21 +15$ Therm. 5,1 5,0 5,0

Sp. gl. » $+3 +1 +1$ » 5,2 5,0 5,1

Wenngleich die Ausschläge am Galvanometer wegen des Thermometerdrahts nicht ebenso stark wie früher von einander abweichen, so tritt doch in beiden Fällen auch nicht der geringste Unterschied im Thermometer hervor.

Hiernach wurden in den Stamm die festen Spiralen des Dynamometers eingesetzt und die bewegliche in Zw. I so, dafs der Theilstrom durch sie in entgegengesetzter Richtung von der des Stammstroms flofs. Spirale *N* fehlte, Zw. I blieb unverändert ohne Therm. V, die Batterie war wieder $A+B$, Lad. 40 und die Beobachtungen wurden in der bisherigen Weise angestellt.

Sp. entg. Galv. $+31 +30 +28$ Dynam. $+8,0 +8,0 +8,2$

Sp. gl. » $-7 -11 -11$ » $+8,0 +8,5 +8,2$

1) Sitzungsberichte Bd. 48. S. 1.

Hier differiren die Ausschläge am Galvanometer mehr, allein auch das Dynamometer bezeugt, daß die elektrische Stromtheilung nicht im Geringsten verändert ist.

Die vorliegenden Beobachtungen lassen sich einfach erklären. Geht der positiv elektrische Strom durch Zw. II allein, so magnetisirt er, wenn auch schwach, das in den Spiralen eingeschlossene Eisendrahtbündel nach den gewöhnlichen Gesetzen; wird hierauf Zw. I geschlossen und geht durch Zw. II nur ein Theilstrom, so wird dieser Magnetismus theilweise zerstört; dieß giebt in dem geschlossenen Ringe der Zweige einen inducirten galvanischen Strom, der nach den bekannten Gesetzen in derselben Richtung verläuft, wie der magnetisirende Strom, er ist $+$ in Zw. II, $-$ in Zw. I, beide Richtungen so genommen, wie der Batteriestrom die Zweige durchfließt. Kehrt man die Verbindung der Spiralen in die entgegengesetzte um, so wird nicht nur der Magnetismus zerstört, sondern auch der entgegengesetzte schwach erregt, dieß giebt einen stärkern inducirten Strom $-$ in Zw. II und $+$ in Zw. I. Enthält der geschlossene Ring einen stärkern Widerstand, wie durch Therm. V, so wird der inducirte Strom geschwächt. Wenn bei den Entladungen durch Zw. II allein Pl. C darin ist, so findet eine äußerst schwache Magnetisirung des Eisendrahtbündels statt; entladet man daher durch die Zweige nach Entfernung von Pl. C, so wird das Eisen noch stärker magnetisirt und es entsteht ein inducirter Strom, der in Zw. II $-$, in Zw. I $+$ ist. Fortgesetzte Entladungen erzeugen bald einen stationären Magnetismus; der inducirte Strom hört nach und nach auf, und das Galvanometer zeigt nur den gewöhnlichen Theilstrom in der Weise an, als wenn das Eisendrahtbündel entfernt wäre, denn auf den Widerstand, welches dieses dem elektrischen Strom darbietet, achtet der Strom des Galvanometers nicht. Ein so schwacher galvanischer Strom, wie er hier auftritt, der jedoch den empfindlichen Spiegel bedeutend ablenkt, vermag weder den Spiegel zu magnetisiren, noch übt er auf das Thermometer oder das Dynamometer einen Einfluß aus;

beide Instrumente zeigen den elektrischen Strom an, der durch den über dieselben Drähte fließenden galvanischen Strom nicht, wenigstens nicht merklich afficirt wird.

Ueber die Magnetisirung des weichen Eisens kann ich einige nähere Anhaltspunkte geben. Ausgehend von den bisher aufgestellten Ansichten, daß der alternirende Strom der Batterie Eisen oder Stahl mehrfach nach entgegengesetzten Seiten magnetisire, hatte ich im Gestell des Dynamometers die flachen Spiralen desselben durch vier senkrecht stehende spiralförmige Drähte *K* in 25 Windungen auf 4 Zoll Länge ersetzt, die in ihrer Mitte 12 weiche, gefirniste und mit einer isolirenden Decke umgebene Eisendrähte von $\frac{1}{2}$ Linie Stärke trugen. Jede Spirale hatte 5 Linien Durchmesser und die Axe der beweglichen Spiralen stand von der Axe der festen in der Normalstellung etwa um $7\frac{1}{2}''$ ab, doch konnten sie sich ohne auszustoßen nur bis auf einen Zwischenraum von etwa $1''$ nähern. Der Zusammenhang der Spiralen war wie beim Dynamometer, doch waren sie so gewunden, daß wenn der Strom die beiden untern Enden der feststehenden Spiralen zugleich + magnetisirte, er die beiden untern Enden der beweglichen je nach der Leitung auch zugleich + oder zugleich — magnetisiren mußte; es soll dieß mit gl. und entg. bezeichnet werden. Die Axen jedes Spiralenpaars waren um $27''$ von einander entfernt, der Abstand der in Linien getheilten Scale betrug $784''$ und die Einstellung bewirkten wie anfänglich beim Dynamometer die untern Magnete. Wie gesagt, ich hatte darauf gerechnet, dieses Instrument würde den Strom messen lassen; denn giug z. B. der Strom durch beide Spiralenpaare entgegengesetzt, so mußten, so oft der Strom alternirte, die Enden der Spiralen entgegengesetzt magnetisch werden, und die Anziehung mußte hinreichend seyn, um eine starke Ablenkung des Spiegels hervorzu-
bringen.

Meine Erwartung wurde völlig getäuscht. Ich hatte zuerst einen langen Schließungsdraht und die Anordnung des Magnetometers, wie ich das Instrument der Kürze halber

nennen will, war entg. Die erste Entladung der Batterie lenkte den Spiegel etwa um $+20$ ab (wo $+$ eine Annäherung der Spiralen an einander bedeutet) und er stellte sich auf $+10$ ein; bei allen folgenden Entladungen zeigte sich keine Spur von Bewegung; ich machte den Schließungsdraht länger, der Ausschlag ging bis 0 und die Einstellung erfolgte bei $+5$; dann wieder keine neue Veränderung. Wurden die Ladungen geändert, so gab nur die erste Entladung Bewegung und feste Einstellung ungefähr in der Mitte des durchlaufenen Bogens; kurz jede Entladungsweise erzeugte bleibenden Magnetismus, und der war bei langem Schließungsdrahte bei der ersten Entladung in seiner ganzen Stärke vorhanden. Von einem Ausschlag des Instruments durch Magnetismus, der während der Entladung der Batterie hervorgetreten und wieder verschwunden wäre, habe ich hier nicht das Geringste bemerkt. Erst bei Anwendung des Ventils kommen bisweilen, doch auch selten, heftige Schwankungen vor, nach denen das Instrument dieselbe oder nahe dieselbe Stellung wieder einnahm, die es vorher gehabt hatte. Enthielt der Schließungsdraht einen großen Widerstand, so wurden die Eisendrähte fast gar nicht magnetisch. Wenn dagegen die beiden Spiralenpaare auf dem Wege, den ich sogleich angeben werde, selbst so stark magnetisch gemacht waren, daß die außen ebenfalls mit einer isolirenden Decke bekleideten Spiralen an einander stießen¹⁾, und man ließ jetzt einen Strom hindurch, der nach vorangegangener Probe sehr wenig magnetisirte, so zerstörte schon *eine* Entladung der Batterie den größten Theil des vorhandenen Magnetismus und einige Entladungen mehr brachten die Spiralen in die Stellung, die sie durch diesen Strom annahmen. Jeder elektrische Strom, vorausgesetzt daß er nicht ganz schwach ist, besitzt diese Magnetismus zerstörende Kraft in hohem Grade. Fortgesetzte Versuche führten bald dahin, daß stärkerer

1) Dieser Magnetismus hielt sich lange; ich habe das Instrument in der angegebenen Weise magnetisirt stehen lassen und fand noch nach zwei Tagen den Stand fast unverändert.

bleibender Magnetismus bei einem kurzen Schließungsdraht erregt wird, und mit Anwendung des Ventils auch bei einem langen. Für diesen besonderen Fall leistete nur das Magnetometer treffliche Dienste, um leicht diejenigen Arrangements zu finden, wo später am Galvanometer Magnetisirung des Spiegels zu erwarten war.

Ich machte also den Schließungsdraht sehr kurz, indem ich den Strom durch die Spiralenpaare theilte und im Stamm nur 14' K hatte. Gingen die Theilströme einander entgegen-gesetzt, so war der Gang der Beobachtungen folgender. Beim Uebergang von schwächern zu stärkern Ladungen wuchs die durch den bleibenden Magnetismus erzeugte Anziehung ohne nach 2 bis 3 Entladungen sich weiter zu ändern; bei der Rückkehr von den stärkern zu den schwächern Ladungen steigerte sich die Anziehung, erreichte aber auch hier nach zwei bis drei Entladungen eine feste Gränze; beim abermaligen Uebergang von schwächern zu stärkern Ladungen gingen die Spiralen weiter aus einander, der Magnetismus wurde also theilweise zerstört; dann erfolgte bei abermaliger Rückkehr zu den schwächern Ladungen eine starke Anziehung, die bis zur Berührung der Spiralen ging. Wenn die Theilströme gleich gerichtet waren, wichen die Spiralen nach demselben Gesetze von einander ab, doch gestattete der offenbar nur schwache Magnetismus kein zu weites Ausweichen. Repetitionen gaben ähnliche, doch in den Zahlen nicht ganz übereinstimmende Reihen. Auf die Gröfse der Batterie kam wenig an.

Um einige Beispiele zu geben, will ich den Stand, wo die Spiralen an einander stossen, mit 0 bezeichnen, so dafs die Zahlen desto gröfser werden, je weiter die Spiralen aus einander gehen; die Scale selbst hatte 0 bei dem oben angegebenen mittlern Stande.

Batt. A + B. Sp. entg. Anfängl. Stand 157. Beob. Stand nach je
3 Entladungen der Batterie.

Lad.	16	24	32	40	48	40	32	24	16	24	32
Stand	131	108	114	112	110	94	78	49	30	72	101
Lad.	40	48	56	48	40	32	24				
Stand	101	100	99	86	58	48	0				

Sp. gl. Anfängl. Stand 137. Beob. Stand nach je 3 Entladungen.

Lad. 16 24 32 40 48 40 32 24 16 24

Stand 142 148 149 151 150 153 157 160 163 162

Lad. 32 40 48 40 32 24 16

Stand 154 153 150 155 158 161 163

**Batt. B. Sp. entg. Anfängl. Stand 141. Beob. Stand nach je
2 Entladungen.**

Lad. 16 20 24 28 24 20 16 20 24 28 24 20 16

Stand 109 95 78 73 56 47 27 43 50 50 38 29 0

Eine geringe Verlängerung des Stammes oder der Zweige z. B. schon die Hinzufügung von 8' *K* zu jedem Zweige schwächte die Wirkungen merklich, sie wurden dagegen etwas gesteigert, wenn man Pl. *B* in den Stamm einsetzte. Der vergrößerte Widerstand übte also bei einem kurzen Schließungsdraht den entgegengesetzten Einfluß aus als wie bei einem langen.

Dieselben Resultate, wenn auch in etwas geringerem Maasse, wurden erhalten, wenn man zuerst die Eisendrähte der festen Spiralen allein im einfachen Schließungsdraht magnetisirte, und dann den Strom nur durch die beweglichen hindurchgehen ließ, sowohl in gleicher als entgegengesetzter Richtung. Als Beispiel diene

**Batt. A. Sp. entg. Anfängl. Stand 169. Beob. Stand nach je
3 Entladungen.**

Lad. 16 24 32 40 32 24 16 32 40 32 24 16

Stand 137 114 105 95 89 59 55 90 91 87 53 49.

Wie dieser sonderbare Gang des bleibenden Magnetismus durch Entladungen von wechselnder Stromstärke zu erklären sey, darüber wage ich bis jetzt keine Ansicht auszusprechen; für die obigen Beobachtungen am Galvanometer genügt es nachgewiesen zu haben, daß weiches Eisen durch den elektrischen Strom bleibend magnetisirt wird, daß dieser Magnetismus bei folgenden Strömen derselben Stärke unverändert besteht, jedoch durch Ströme anderer Art wieder zerstört wird. Bedenklich könnte es nur seyn,

ob nach diesen Beobachtungen das oben benutzte Eisendrahtbündel in den Spiralen merklich magnetisirt werden könne, da der Schließungsdraht zu lang ist. Dieses Bedenken verliert aber sogleich seine Bedeutung, wenn man erwägt, daß in dem Maasse als der Schließungsdraht länger ward, auch die magnetisirenden Spiralen länger wurden. Der oben bemerkte Unterschied in der Wirksamkeit einer Spirale allein und beider beweist überdies eine Steigerung des Magnetismus mit der Zahl der Windungen. Directe Versuche, den Magnetismus des Eisendrahtbündels nachzuweisen, habe ich nicht angestellt.

Zur Lösung der Frage, wodurch der Spiegel im Galvanometer senkrecht gegen seine Fläche oder senkrecht gegen die Stromrichtung magnetisirt wird, wurden die folgenden Versuche angestellt. Der Schließungsdraht enthielt im Stamm vor den Zweigen 7' K, hinter ihnen 8' K, die Zweige wazw. I; 8' K und Galv. $\frac{1}{2}$ gl. (104',1 aeq. Länge) Zw. II: Kupferdrahtspiralen (327',1 aeq. Länge), und die Verbindungspunkte der Zweige wurden so gestellt, daß nach Umliegung der Enden des Stamms der Batteriestrom die Zweige in + Richtung und in - Richtung durchlaufen konnte, jene Richtung so wie bisher der Strom durch das Galvanometer gegangen war, diese entgegengesetzt; auf solche Weise liefs sich die veränderte Stellung des Spiegels sicherer angeben. In Zw. I wurde abwechselnd Therm. V, Pl. B und Pl. C eingeschaltet, die durch ihre unbedeutenden aequivalenten Längen den Strom nicht hinderten, in größerer Stärke durch das Galvanometer zu gehen.

Batt. A + B; Lad. 40.

in Zw. I	G + R erste Zahl		St. d. Sp.	G - R erste Zahl		St. d. Sp.	Diff.
Therm. V	+ 4,5	+ 5,0	+ 0,5	- 4,5	- 6,3	- 1,0	1,5 Scth.
Pl. B	+ 2,3	+ 7,0	+ 1,5	- 2,3	- 7,8	- 2,0	3,5
Pl. C	+ 1,0	+ 15,5	+ 4,0	- 1,0	- 16,0	- 5,5	9,5

Das Galvanometer gab nach der zweiten und fünften Columne für beide Richtungen denselben Strom an, nur schlug der Spiegel natürlich nach entgegengesetzten Seiten aus.

Der erste Ausschlag, vorausgesetzt, daß der entgegengesetzte Strom vorausgegangen war, fiel wegen der wieder aufgehobenen und umgekehrten Magnetisirung des Spiegels abweichend aus, wie die dritte und sechste Columne nachweist. Der Spiegel stellte sich bei + Richtung des Stroms nach +, bei — Richtung nach — (vierte und siebente Columne); wenn die Zahlen der Größe nach etwas von einander abweichen, so liegt es wohl in einer fehlerhaften Annahme des ursprünglichen Standes. Die Differenz beider Stellungen in der achten Columne giebt das Resultat unverfälscht. Der positive Strom magnetisirt hiernach —, der negative +, + und — so genommen, daß ein positiver galvanischer Strom + magnetisirt. Je stärker der Widerstand in Zw. I ist, also je schwächer der Strom im Galvanometer, desto stärker fällt die Magnetisirung des Spiegels aus. Ich schliesse daraus, daß nicht der Strom, welchen das Galvanometer anzeigt, sondern der elektrische Strom, welchen Thermometer und Dynamometer angeben, die Magnetisirung bewirkt, indem er durch den Widerstand der Platindräht in seiner Bewegungsweise geändert wird, was indeß nur geschieht, wenn der Strom in einem geschlossenen Ringe geht, d. h. durch Zweige fließt, denn ein größerer Widerstand im einfachen Schließungsbogen bringt diese Abänderung nicht hervor.

Die Richtigkeit dieser Ansicht wird sich bestätigen, wenn man den Widerstand in dem Zweige anbringt, welcher das Galvanometer nicht enthält; dann muß die Magnetisirung des Spiegels die entgegengesetzte von der oben gefundenen seyn. Als Zw. II länger als I war, also ein schwächerer Stromtheil durch ihn ging, traten die erwarteten Erscheinungen zwar auf, doch in einem geringern Grade. Ich brachte daher gerade umgekehrt wie im vorstehenden Fall Zw. I, der das Galv. $\frac{1}{2}$ gl. enthielt, durch Hinzufügung von Kupferdrahtspiralen auf eine aequivalente Länge von 331',4, Zw. II auf 104',9 und verkürzte, um den weitem Verlauf zu beobachten, diesen Zweig noch mehr.

Batt. $A + B$; Lad. 40.

Aeq. Länge von Zw. II	in Zw. II	$G + R$	erste Zahl	St. d. Sp.	$G - R$	erste Zahl	St. d. Sp.	Diff.
104,9	Pl. C	+ 10,5	+ 6	—	— 10,5	— 6	+	8,0 Scth.
58,3	Pl. C	+ 10,5	+ 5	—	— 10,7	— 5,5	+	10,2
9,0	Pl. C	+ 10,7	+ 7	—	— 10,5	— 7	+	5,5
9,0	Pl. B	+ 10,0	+ 9	—	— 10,0	— 9	+	2,0

Diese Versuche bestätigen, daß die geänderte Bewegungsweise des Stroms den geschlossenen Ring hindurchgeht, zugleich lehren sie aber auch, daß eine zu große Schwächung des einen Stromtheils, wie in Zw. I in den beiden letzten Reihen, zur Fortpflanzung der Stromabänderung nicht geeignet ist; ein anderes später zu erwähnendes Beispiel wird davon einen neuen Beleg geben. Die Stellung des Spiegels ist in der Tabelle nur durch — und + angedeutet, da seine ursprüngliche Stellung nicht ganz zuverlässig war; die Differenz zwischen beiden Ständen in Scalentheilen giebt die Stärke der Maguetisirung am sichersten an.

Größerer Widerstand in den Zweigen verleiht also dem elektrischen Strom die Eigenschaft in dem geschlossenen Ringe derselben Stahl zu magnetisiren. Dabei ist zu beachten, daß die Richtung, nach welcher der Spiegel magnetisirt wird, eine ganz bestimmte ist. Bezeichnet man nämlich die Richtung, nach welcher ein galvanischer Strom Eisen regelrecht magnetisirt mit gleichlaufend, so erzeugt der Widerstand, welchen der elektrische Strom in einem Zweige erfährt, in diesem Zweige eine zu seiner Richtung entgegengesetzt verlaufende Richtung der magnetisirenden Kraft. Es ist dieß um so mehr zu beachten, als bei der Ansicht von einer Entladung der Batterie in alternirenden Strömen die Wirkung des Widerstandes nach beiden Richtungen hin wohl eine gleiche seyn sollte; man wird also den alternirenden Strömen jedenfalls eine besondere Bewegungsweise beilegen müssen, je nachdem der positive Strom von der Innen- zur Außenseite der Batterie geht

oder umgekehrt. Beim Nebenstrom, zu welchem wir jetzt übergehen wollen, tritt diese Forderung noch schärfer und bestimmter hervor.

Ich habe den Nebenstrom für die folgenden Versuche durch die einander gleichen flachen Spiralen *M* und *N* (ihre Größe ist oben angegeben) hervorgebracht, die durch eine starke Glastafel getrennt waren. Sie gaben einen auf den Bügel Null reducirten Nebenstrom $= 0,880^1$). Schon oben ist angeführt worden, daß nach den Angaben des Thermometers und Dynamometers der Nebenstrom in seiner Bewegungsweise mit dem Hauptstrom ganz übereinstimmt, nur finden die Oscillationen in entgegengesetzter Richtung statt. Standen daher die Spiralen *M* und *N* so, daß auf beiden die Drahtwindungen nach derselben Richtung liefen (Sp. gl.) und trat der positive Strom der Batterie oder der Hauptstrom *vorn* in *M* ein, so kam der Nebenstrom aus *N* als positiv (+ Richtung) ebenfalls von *vorn* her und von *hinten* als negativ (— Richtung). Die Spirale *N* liefs sich auch umgekehrt aufstellen, worauf die Windungen beider Spiralen entgegengesetzt liefen (Sp. entg.); dann hatte beim Eintritt des Hauptstroms *vorn* in *M* der Nebenstrom seine + Richtung von *N* aus *hinten*, seine — Richtung *vorn*.

Zunächst wurde der Nebenstrom zugleich mit dem Dynamometer und dem Galvanometer beobachtet. Die Batterie *A* + *B*, bis zu 40 geladen, war mit dem Schließungsdraht 3' Funkenmesser 2' feste Spiralen des Dynam. 4' Sp. *M* und 8' versehen. Die Spirale *N* war durch 16', Galv. $\frac{1}{2}$ gl. und die beweglichen Spiralen des Dynamometers geschlossen, wobei die letztern so eingereiht waren, daß der Nebenstrom sie in seiner + Richtung in der dem Hauptstrom entgegengesetzten Richtung und in seiner — Richtung, nachdem also die Enden des Bügels an *N* umgelegt waren, in der mit dem Hauptstrom gleichen Richtung durch-

1) Spiralen von einer bedeutenden äquivalenten Länge sind hier vorthailhaft, weil sonst der Nebenstrom durch den langen Bügel zu sehr geschwächt wird.

floss. Der Spiegel des Galvanometers blieb durchweg ruhig¹⁾.

Am Dynamometer dagegen ergaben sich folgende Zahlen:

Sp. entg.	+	Richtung des Nebenstroms	(von hinten)	+11,7
"	—	"	"	(von vorn) — 8,0 ²⁾
Sp. gl.	+	"	"	(von vorn) +11,0
"	—	"	"	(von hinten) — 7,8

Die vorausgesetzte Richtung des Nebenstrom wird also abermals bestätigt. Wenn die Spiralen stärker abgestossen als angezogen werden, so hat dies in dem Nebenstrom seinen Grund, welchen die festen Spiralen auf den beweglichen induciren und der im ersten Fall den Nebenstrom von n verstärkt, im andern schwächt. Nach der Berechnung ist der Nebenstrom von N (auf den Hauptstrom als Einheit bezogen) $= 0,440$, der Nebenstrom der Dynamometerspiralen $= 0,115$; es wirkt also bei der Abstoßung ein Nebenstrom $= 0,555$, bei der Anziehung ein Nebenstrom $= 0,325$, doch weiter läßt sich die Berechnung nicht führen, weil der Gesamtwiderstand im ersten Fall etwas größer, im andern etwas kleiner ausfällt.

Dem Nebenstrom fehlt nach diesem Versuch gänzlich die magnetische Kraft; er lenkt weder den Galvanometer-Spiegel ab, noch ertheilt er ihm bleibenden Magnetismus. Mit dem Magnetometer hatte ich dasselbe Resultat erhalten; die Eisendrähte desselben wurden entweder gar nicht magnetisirt oder nur ganz schwach, kaum merklich, was denn seinen Grund, wie später gezeigt werden wird, in einem andern Umstande hatte. Waren dagegen die Eisendrähte vorher magnetisirt, so wurde dieser Magnetismus schnell zerstört, in welcher Richtung auch der Strom durch das Instrument ging.

Diese Magnetismus zerstörende Kraft des Nebenstroms läßt sich hier durch den galvanischen Inductionsstrom nach-

- 1) Der Dämpfer stört also die frühern Beobachtungen nicht, weil der in ihm erregte Nebenstrom keine Wirkung auf den Spiegel ausübt.
- 2) Die Spiralen des Dynamometers standen in den drei letzten Reihen etwas weiter von einander ab, als in der ersten, weil sonst bei gleicher Richtung der Ströme ein Funke überschlug.

weisen, welcher durch den verschwindenden Magnetismus des Eisendrahtbündels in den beiden mit einander verbundenen Kupferdrahtspiralen entsteht. Hierzu leitete ich den Hauptstrom der bis 40 geladenen Batterie *A* durch *Sp. M* und *14' K* und schaltete in den die Spirale *C* schließenden Bügel von *26' K* das Galvanometer $\frac{1}{2}$ gl. und die beiden das Eisendrahtbündel enthaltenden Spiralen ein, wieder so weit vom Galvanometer entfernt, daß keine Störung stattfinden konnte. Die Spiralen wurden erst in den Hauptdraht ohne *M* gebracht, durch 6malige Entladung der Batterie magnetisirt und dann in den Nebenstrom eingeschlossen worauf einmal beobachtet wurde; darauf wurden sie wieder in dem Hauptstrom durch einmalige Entladung der Batterie magnetisirt und in den Nebenstrom zu einer neuen Beobachtung eingereiht u. s. f. War dabei die Verbindung der Spiralen mit dem Galvanometer der Art, daß die Richtung in welcher der Entladungsstrom magnetisirt hatte, durch das Galvanometer wie bisher im Hauptstrom ging, so soll dieß mit *Sp. gl.* bezeichnet werden, war die Verbindung die entgegengesetzte, so mag dieß *Sp. entg.* seyn. Auf die Verbindung der Enden des ganzen schließenden Bügels mit der Spirale *N* kam nichts an. Die Ablenkungen des Spiegels waren:

Sp. gl. + 22 + 20 + 23 + 19 + 20 + 21

Sp. entg. — 20 — 24 — 20 — 23 — 23

Die Ablenkungen des Spiegels entsprechen dem inducirten galvanischen Strom durch Zerstörung des Magnetismus im Eisendrahtbündel; er verläuft in derselben Richtung wie der magnetisirende Strom, giebt also bei *Sp. gl.* einen +, bei *Sp. ent.* einen — Ausschlag des Spiegels. Die Ablenkung ist hier nach beiden Seiten gleich groß, weil der Nebenstrom selbst nicht magnetisirt; liefs man also die Zwischenentladungen der Batterie durch die das Eisendrahtbündel enthaltenden Spiralen fort, so wurden in beiden Fällen die Ausschläge des Spiegels schnell kleiner und er kam bald zur völligen Ruhe. Eine Vergrößerung der Batterie steigerte die Wirkung nicht merklich.

Es fragt sich weiter, ob auch der Nebenstrom diejenige

Abänderung annehmen kann, wouach er den Galvanometer-
spiegel bleibend magnetisirt. Da der Nebendraht schon
einen geschlossenen Ring bildet, so wurde Sp. *N* nur durch
Galv. $\frac{1}{2}$ gl. Pl. *C* und 12' *K* geschlossen, als Batterie *A* + *B*
Lad. 10 genommen und ihr Schließungsbogen wie in der
letzten Reihe gelassen. Der Galvanometerspiegel bewegte
sich bei jeder Richtung des Nebenstroms nur bei der er-
sten Entladung der Batterie und blieb dann ruhig in der
Stellung stehen, welche er durch bleibenden Magnetismus
annahm. Es ergab sich:

+	Richtung	des	Nebenstr.	Erster	Ausschlag	+ 6,	Stellung	d	Sp.	nach	+
—	"	"	"	"	"	— 6,	"	"	"	"	—

Die Differenz der Einstellungen des Spiegels betrug
3,5 Scaletheile. Der Nebenstrom erhält also wie der Haupt-
strom in den Zweigen durch Widerstand eine magnetisi-
rende Kraft deren Richtung ebenfalls wie beim Hauptstrom
der Richtung des Nebenstroms entgegengesetzt verläuft.
Mit der Annahme eines alternirenden Hauptstroms hat man
natürlich auch einen alternirenden Nebenstrom. Scheint
nun bei diesem die Richtung noch gleichgültiger zu seyn
als bei jenem, da sie sich durch Ablenkung des Galvano-
meterspiegels nicht nachweisen läßt, so tritt sie doch hier,
wo Widerstand die Abänderung der Strombewegung ver-
anlaßt, in aller Schärfe hervor, und dieß zeigt, daß man
von Anfang an die Elektricitätsbewegung in den alterni-
renden Strömen nicht als ganz gleichartig ansetzen darf.

Von dem Strom der Batterie, welcher den Galvanome-
terspiegel ablenkt und der sich bei der Stromtheilung von
dem eigentlich elektrischen Strom schon gänzlich ablöste.
findet entweder keine Uebertragung durch Induction statt
oder, was naturgemäßer seyn möchte, die Induction richtet
sich nach den galvanischen Gesetzen, d. h. sie giebt für
jede Oscillation eine alternirende Strömung, die im Galva-
nometer nicht bemerkbar ist. Dann wären dieß aber wie-
der galvanische Ströme von einer Stärke, die weder das Dy-
namometer noch das Thermometer afficiren, die also mit

unsern Beobachtungsmitteln nicht nachgewiesen werden können.

Wir haben also im elektrischen Strom eine Abänderung seiner Bewegungsweise kennen gelernt, in der er bleibenden Magnetismus erzeugt ohne die Magnetsadel abzulenken. Es entsteht hiernach die neue Frage, ob diese Abänderung sich vom Hauptstrom auf den Nebenstrom übertrage. Wenn einer von den Zweigen, in welchen die genannte Modification durch Widerstand hervorgerufen ist, inducirt, so entsteht nur ein schwacher Nebenstrom; ich griff daher auf das Gaugain'sche Ventil zurück, welches nicht nur für das Galvanometer starke Ströme erzeugt, positiv in dem einen, negativ in dem andern Zweige, sondern auch den Spiegel bleibend magnetisch macht und zwar in der Weise, als wenn die eben genannten Ströme diesen Magnetismus nach den bekannten Gesetzen hervorriefen. Unter den vielen Ventilen, die ich benutzt habe, war keins bei wenig Widerstand in den Zweigen so wirksam, als das, welches mir Geißler in Bonn herzustellen die Gefälligkeit gehabt hat. Es giebt bei der Anordnung des Schließungsdrahts, die Feddersen angewandt hat, einen 40 bis 50fachen Ausschlag, wo derselbe nur einen 16fachen erhalten hatte¹⁾. Es besteht aus einer hohlen gläsernen Kugel von $2\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, die nach unten in eine längere am Ende geschlossene Röhre ausläuft. An zwei einander gegenüberstehenden Seiten ist die Kugel etwas ausgezogen und dort sind zwei inwendig mit Glas überkleidete Platindrähte eingeschmolzen, der eine (spitze) endigt mit dem ihm umschließenden Glase, der andere trägt vorn eine mit Platinblech überkleidete Messingscheibe (Fläche) von 8" Durchmesser; die Distanz zwischen Spitze und Fläche beträgt eine Linie und die Kugel ist ganz luftleer. Dießs Ventil hat aber die bisher nicht beobachtete Eigenthümlichkeit, daß die Zweigströme den Galvanometerspiegel nur stark ablenken, wenn der positive Strom von der Spitze zur Fläche geht, daß es dagegen ganz schwach und unentschieden bald wie Fläche, bald wie

1) Diese Ann. Bd. CXV, S. 336.

Spitze wirkt, wenn der positive Strom von der Fläche zur Spitze geht. Bei stärkeren Strömen ist die Ablenkung des Spiegels meist wie von Spitze zu Fläche, doch immer unbedeutend. Diese Eigenthümlichkeit, die nach den bisher aufgestellten Ansichten wohl schwer zu erklären seyn möchte, macht zwar das Instrument für einige Untersuchungen untauglich, dafür bestimmt es aber die Richtung des Nebenstroms in der oben angegebenen Weise, was ein anderes Ventil, dessen beide Seiten wirken, nicht leisten kann. Ich weiß nicht, ob diese Einseitigkeit des Ventils damit zusammenhängt, daß die Platindecke der Scheibe sich etwas faltig verschoben hat, oder ob sie eine Folge des ganz luftleeren Raumes ist; Versuche mit ähnlichen Ventilen ohne Platindecke werden allein hierüber Auskunft geben können¹⁾.

Bei dem folgenden Versuche diente A auf 32 geladen als Batterie (bei dieser Ladung wirkte das Ventil am stärk-

- 1) Hr. Geißler verfertigte mir zuerst nach vielen mißlungenen Versuchen 4 Ventile, von denen 3 während des Transports verunglückten; theils waren die Scheiben abgebrochen, theils war die die Platindrähte überkleidende Glasmasse an der Einschmelzstelle gesprungen und der Draht dort verbogen. Das erhaltene Ventil mit einer einfachen Messingscheibe und 2''' Luftdruck wirkte bei den Versuchen mittelst des Magnetometers einen Tag hindurch gut und zweiseitig d. h. regelrecht über Fläche und über Spitze. Am andern Tage fand ich einen Sprung im Glase, und Luft war in die Kugel gedrungen. Auf meinen Vorschlag wurden fernerhin die Messingscheiben mit Platinblech belegt, denn bei meinem gewöhnlichen Ventile zeigte die Scheibe bald Brandflecke und dieß sollte verhütet werden, da ein Reinigen nicht möglich ist. Von zwei derartigen Ventilen kam nur das oben angeführte heil an, am andern war wieder die Scheibe sammt Stiel abgebrochen. Es wäre wohl zu wünschen, daß ein Physiker in Bonn sich für diese Ventile interessirte und die Wirkungsweise derselben bei verschiedenen Constructionen und verschiedenem Luftdruck prüfte. Sie verdienen eine allgemeinere Verbreitung, denn theils ist ihr Gebrauch bequem, ohne die jedenfalls umständliche Anwendung der Luftpumpe, theils sind ihre Wirkungen bedeutend und zur Vergleichung verschiedener Reihen von gleich bleibender Stärke; das meinige wenigstens habe ich mehrere Monate immer mit gleichem Erfolge benutzt. Ueberdies ist der Preis eines solchen Ventils in Verhältniß zu andern sehr niedrig.

sten); der Schließungsdraht bestand aus $12\frac{1}{2}' K$ im Staum und aus den beiden Zweigen: Zw. I mit $6'$ und Sp. M , Zw. II aus Kupferdrahtspiralen von $159\frac{1}{4}$ aeq. Länge. Zu M parallel durch die Glasscheibe getrennt stand Sp. N geschlossen durch $12' K$ und Galv. $\frac{1}{2}$ gl. Die Enden dieses Bügels konnten umgelegt, und so der Nebenstrom in $+$ und $-$ Richtung durch das Galvanometer geleitet werden, beide Richtungen wieder in ihrer Bedeutung für den gewöhnlichen Batteriestrom genommen. Wird das Ventil, die Spitze nach der Innenseite der Batterie zu, in Zw. I gestellt, so entsteht in diesen nach Aussage des Galvanometer ein negativer Zweigstrom; er lenkt den Spiegel stark nach $-$ ab und macht ihn bleibend $-$ magnetisch, d. h. derselbe nimmt eine Stellung nach $+$ an. Ueberträgt sich nun diese magnetisierende Kraft auf N , so muß der inducirte Nebenstrom in seiner $+$ Richtung, wie früher dem gewöhnlichen Hauptstrom entgegengesetzt genommen, den Spiegel ebenfalls nach $+$ und in seiner $-$ Richtung nach $-$ einstellen. Wird umgekehrt das Ventil, die Spitze wie vorher, in Zw. II gestellt, so entsteht in Zw. I nach dem Galvanometer ein starker positiver Strom, der den Spiegel nach $+$ ablenkt und ihn $+$ magnetisch macht. Ueberträgt sich die magnetisierende Kraft, so stellt sich der Spiegel im Nebenstrom bei $+$ Richtung nach $-$, bei $-$ Richtung nach $+$. Der Versuch gab keine Ablenkung des Galvanometerspiegels mit Ausnahme bei der ersten Entladung der Batterie für jeden Fall, durch welchen Ausschlag sich der Spiegel neu einstellte; dieß letztere geschah in folgender Weise:

												Differenz
Vent. in Zw. I	+	Richtung des Nebenstr.	Spiegel stellt sich nach	+								} 12 Sch.
" " "	-	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	-	
Vent. in Zw. II	+	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	-	} 9 Sch.
" " "	-	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	+	

Die durch das Ventil erzeugten, dem Galvanometer nach starken Ströme, positiv in dem einen, negativ in dem andern Zweige, übertragen sich auch hier entweder gar nicht durch Induction, oder was naturgemäßer erscheint, sie in-

duciren nach galvanischer Weise alternirende Ströme. Die Abänderung des elektrischen Stromes dagegen, welche bleibenden Magnetismus hervorruft, überträgt sich durch Induction nach den für den elektrischen Strom gültigen Gesetzen.

Man könnte vielleicht noch annehmen, daß die magnetisirende Kraft nicht aus einer Abänderung des elektrischen Stroms hervorgehe, sondern aus einem besondern Strome, der zwar eine Magnetnadel nicht ablenkt, doch Eisen oder Stahl zu magnetisiren im Stande ist. Gegen diese Annahme spricht zwar schon die oben angeführte Thatsache, daß Widerstand in einem Zweige nicht mehr die gleich starke Wirkung hervorbringt, wenn der Strom in dem andern Zweige zu schwach wird; indessen schien es mir doch wünschenswerth, diesen Punkt noch direct zu entscheiden. Zur Batterie *A*, geladen auf 32, hatte der Stamm $12\frac{1}{2}'$ *K*, Zw. I $4'$ und Sp. *M*, Zw. II $4'$ und Sp. *N*. Zwischen beiden Spiralen stand Spirale *P* von $11'$ *K* in $3\frac{1}{2}$ Windungen, die den inducirten Strom durch einen Bügel von $12'$ und Gav. $\frac{1}{2}$ gl. leitete. Die Drahtwindungen in *M* und *N* waren entgegengesetzt, in *M* und *P* gleichlaufend, so daß, wenn man das vordere Ende der Sp. *P* mit *a*, das hintere mit *b* bezeichnet, die + Richtung des von *M* inducirten Nebenstroms von *a* und des von *N* inducirten von *b* ausging. In Zw. I stand das Ventil, die Spitze nach der Innenseite der Batterie zu. War nun zuerst Sp. *N* hinreichend weit von *P* getrennt, so stellte sich dem vorigen Versuch entsprechend in der + Richtung von *a* des hier schwächern Nebenstroms der Spiegel nach +, in der — Richtung von *b* nach —; die Differenz betrug 1,8 Scalentheile. Inducirte umgekehrt *N* allein, indem *M* von *P* hinreichend weit abgerückt war, so stellte sich der entgegengesetzten Windungen wegen der Spiegel ebenfalls nach +, wenn der Strom von *a* kam, und wenn er von *b* kam nach —; die Differenz war 1,2 Scalentheile. Waren hierauf beide Spiralen *M* und *N* an *P* gerückt und inducirten sie zu gleicher Zeit einen entgegengesetzt gerichteten Strom, so fiel

der elektrische Nebenstrom fort, aber zugleich änderte der Spiegel seine Stellung auch nicht mehr. Somit stammt die magnetisirende Kraft nicht von einem besondern Strom her der hier verstärkt worden wäre, sondern sie hängt mit dem elektrischen Strom zusammen, der irgend eine Veränderung in seiner Bewegungsweise erlitten hat. Mit Batt. $A+B$ betrugen die Differenzen 2,8 und 2,0, aber bei gleichzeitiger Induction beider Spiralen änderte der Spiegel wiederum seine Stellung nicht. Als Spirale N umgekehrt war und ihre Windungen mit den andern in gleicher Richtung liefen, inducirten M und N einen gleichgerichteten, also stärkern elektrischen Strom, dem jedoch die magnetisirende Kraft fehlte, weil sie von beiden Spiralen aus in entgegengesetzter Richtung verlief.

Die vorstehende Untersuchung hat im Entladungsstrom der Batterie zwei Arten von Strömen nachgewiesen, einen, der in allen Beziehungen den galvanischen Gesetzen folgt, und einen, der sich nach den elektrischen Gesetzen richtet. Jener, er mag der Kürze wegen der galvanische heißen, lenkt den Gavanometerspiegel ab, macht ihn aber, da er nur schwach ist, nicht bleibend magnetisch; der andere Strom, der elektrische, zeigt sich im Thermometer und Dynamometer, er lenkt die Magnethadel nicht ab, zerstört vorhandenen Magnetismus und erlangt in dem geschlossenen Ringe der Zweige durch Widerstand eine Abänderung, wonach er Eisen oder Stahl in der seiner Richtung entgegengesetzten Richtung magnetisirt. Dieselbe Eigenschaft, jedoch in gleichlaufender Richtung, erlangt auch der einfache Strom, wenn der Schließungsdraht kurz ist und nach v. Lipharts Versuchen¹⁾ in einer mit steigender Temperatur mehrfach wechselnden Richtung, wenn der Schließungsdraht überaus lang ist.

Es kann meine Absicht nicht seyn, die Bewegungsweise des elektrischen Stroms nachweisen zu wollen, denn für die magnetisirende Kraft fehlt bis jetzt noch jeder feste Anhaltspunkt; nur soviel scheint mir sicher zu seyn, daß

1) Diese Ann. Bd. CXVI, S. 513.

man die Bewegung der doch wohl polaren Molecüle des Schließungsdrahts und der Glasmolecüle in der Batterie werde in Betracht ziehen müssen, da eine bloß strömende Elektricität, woran man sich bis jetzt hält, nicht ausreichen dürfte.

Ueber den Ursprung des galvanischen Stroms möchte ich eine Vermuthung wagen. Kohlrausch¹⁾ hat zuerst die Elektricität, welche die Flasche ladet, nach zwei Seiten verwandt, zur disponiblen Ladung und zum verborgenen Rückstand. Nach ihm soll dieser in einer elastischen Nachwirkung der Glasmolecüle seinen Grund haben, nach andern in dem Eindringen der Elektricität in die Glasmasse; beide Ansichten kommen darin überein, daß sie einen Theil der die Flasche ladenden Elektricität fester mit dem Glase in Verbindung bringen und dadurch beide Seiten der Flasche in eine engere Beziehung zu einander setzen. Wenn sich die Flasche entladet, so verliert sie offenbar nicht nur die disponible Ladung, sondern auch einen Theil von dem sogenannten verborgenen Rückstand. Mir scheint es nun, daß dieser Rückstand, um der engern Verbindung beider Seiten willen, wohl im Stande seyn möchte, einen schwachen galvanischen Strom zu erzeugen, der dann, wie die Beobachtungen lehren, der Quantität der zur Ladung verwandten Elektricität proportional wäre, weil zu ihr ein proportionaler Rückstand sich bildete. Diese Ansicht dürfte darin eine Stütze finden, daß v. Oettingen in seinen Versuchen mit dem Galvanometer²⁾ einen negativen Rückstand nachweisen konnte; denn sind die Glasmolecüle beim Rückstand theilhaftig, so können sie bei den heftigen Oscillationen des elektrischen Stroms wohl am Schluß eine negative Stellung annehmen, während es mir wenigstens nicht glaublich ist, daß der in der Batterie nach der Entladung über die Kugeln des Funkenmessers bleibende Rückstand von negativer Elektricität gebildet seyn sollte. Wenn z. B. nach S. 527 der cit. Abhandlung bei der Schlagweite von

1) Diese Ann. Bd. XCI, S. 56.

2) Diese Ann. Bd. CXV. S. 513.

0,45 Millimeter die Ablenkung des Galvanometerspiegels im Entladungsstrom $+34$ und im Strom des Rückstandes $-8,2$ betrug, so wäre nach v. Oettingen noch der dritte Theil der ursprünglichen Ladung in der Batterie gewesen ($\frac{1}{3}$ entladen und $\frac{1}{3}$ negativ im Rückstand), und dieser große Theil hätte sich als negative Elektrizität schon durch das rohste Elektrometer nachweisen lassen. Ich selbst konnte mit einem so langen Schließungsdraht keine Versuche anstellen.

III. *Ueber Absorption des Lichts bei farbigen Flüssigkeiten; von F. Melde.*

1. Vor einiger Zeit habe ich in diesen Annalen Bd. CXXIV, S. 91 über eine Untersuchung berichtet, welche angestellt wurde, um zu sehen, ob Absorptionsstreifen, die eine Flüssigkeit bei durchgehendem Lichte zeigt, ihre Lage ändern, wenn ihr ein zweiter Stoff zugesetzt wird, der keine neue chemische Verbindung erzeugt. Die Stoffe, deren ich mich bediente, waren: Carmin, schwefelsaures Kupferoxydammoniak und chromsaures Kali. Das Resultat der Untersuchung war, daß die Carminstreifen, bei der Mischung des Carmins mit einem oder den beiden andern Stoffen verschoben wurden. Es ist mittlerweile eine andere interessante Frage gestellt worden, nämlich: ob auch die veränderte Temperatur allein bei einer Flüssigkeit welche Absorptionsstreifen zeigt, eine Verschiebung der letztern bewirken kann. Hr. Feufsnier hat in dem Laboratorium des Hrn. Magnus in Berlin verschiedene Stoffe mit Rücksicht auf diese Frage untersucht und ist zu dem Resultate (Sitzungsber. d. Berl. Akad. v. 30 März 1865) gelangt, daß durch Temperaturverminderungen die Streifen nicht nur verschoben werden können, sondern daß sogar eine Vermehrung der Streifen hervorgerufen werden kann.