
I. *Ablenkung der Magnetnadel durch die Nebenströme der leydenener Batterie; von Peter Riefs¹⁾.*

Nachdem Faraday die beiden einander entgegengerichteten Inductionsströme beim Schließen und Oeffnen der voltaschen Kette entdeckt hatte, ging er an den Versuch, eine Induction durch die Entladung einer leydenener Batterie zu erregen. Er erwartete augenscheinlich keinen Erfolg; denn als er solchen in der Magnetisirung einer Nadel wirklich erhielt, schrieb er ihn der ungenügenden Isolirung des Hauptdrahtes vom Nebendrahte zu, und erklärte es für unmöglich, die beiden entgegengesetzten Wirkungen von einander zu trennen, die beim Beginnen und Aufhören der Entladung statt finden. Wenn diese Wirkungen, wie er annahm, gleichzeitig auftreten, so müssen sie sich aufheben und es blieb keine Hoffnung, sie einzeln aufzufinden (exper. resear 24, 25). Durch Marianini's, Henry's und meine Versuche wurde indeß gezeigt, daß der Nebenstrom der leydenener Batterie eine Stahlnadel magnetisirt, einen Draht erwärmt, physiologische und elektroskopische Wirkungen ausübt; es war damit erwiesen, daß die vielen Partialströme, die den Nebenstrom bilden, in der Zeit nach einander fließen, und daß der Theil von ihnen, der mit dem Hauptstrome gleiche Richtung besitzt, schneller abfließt als der andere, der die entgegengesetzte Richtung verfolgt. Von Henry und mir wurde deshalb dem Gesamtnebenstrome eine dem Hauptstrome gleiche Richtung beigelegt. Dem Nebenstrome eine bestimmte Richtung zuzuschreiben, ist unumgänglich nöthig, um den Zusammenhang

1) Gelesen in der Akad. d. Wiss. 12. Nov. 1863.

der Erscheinungen bei der Vereinigung mehrerer Nebenströme aufzufassen. Zwei gleiche Gesamtnebenströme fügen sich zu einander, wenn sie gleichgerichtet sind, und heben einander auf, wenn sie entgegengerichtet sind, ebenso wie es zwei einfache Ströme thun, deren Partialströme alle gleiche Richtung haben. — Was Faraday dem Nebenstrom im Allgemeinen beigemessen hat, tritt in einem besondern Falle ein. Eine unvollkommene Wirkung des Stromes ist die Ablenkung der Magnetnadel, welche nur die in den einzelnen Partialströmen bewegte Elektricitätsmenge, nicht die Geschwindigkeit ihrer Bewegung angiebt, und erst beginnt, nachdem eine relativ lange Zeit nach der Strombewegung verflossen ist. Hier wirken die in gerader Zahl vorhandenen verschiedenen Partialströme wirklich als gleichzeitige und die Gesamtwirkung aller dieser Ströme, von welchen je zwei eine gleiche Elektricitätsmenge und entgegengesetzte Richtung besitzen, muß nothwendig Null seyn. Die Magnetnadel bleibt in Ruhe und die Ablenkung steht als Prüfungsmittel des Nebenstromes noch hinter der Magnetisirung zurück; denn so wenig wir auch aus dieser zu schliessen verstehen, so zeigt sie doch das Daseyn eines Stromes an, die Ablenkung nicht einmal dieß. Es ist deshalb öfter versucht worden, die Partialströme Einer Richtung des Nebenstromes abzuschwächen und dadurch die der entgegengesetzten Richtung zur Wirkung zu bringen. Aber diese Versuche sind bisher entweder ganz erfolglos oder von unsicherem zweifelhaften Erfolge gewesen. Buff hat die Benutzung des Stromes der leydenen Batterie aufgegeben, die vom Conductor einer Elektrisirmaschine auf eine Kugel schlagenden Funken als erregenden Strom benutzt, und so Ablenkungen der Magnetnadel durch den Nebenstrom und ein merkwürdiges Resultat über das Auftreten des Nebenstromes im Hauptdrahte erhalten, das ich im Verlaufe dieser Abhandlung näher angeben werde.

Es ist mir jetzt gelungen, Ablenkungen der Magnetnadel von den verschiedenen Nebenströmen der leydenen Batterie zu erhalten durch ein so kräftig wirkendes Ver-

fahren, daß diese Versuche jederzeit mit vollkommener Sicherheit des Erfolges angestellt und mit einander verglichen werden können. Dadurch haben sich einige räthselhafte Erscheinungen aufhellen lassen, die der Nebenstrom bietet, aber freilich auch neue Räthsel geknüpft, die noch ihre Lösung erwarten.

Magnetische Ablenkung durch den Strom in einem Nebendrahte.

1. Der von Neeff 1838 erfundene ¹⁾ selbstbewegliche Magneto-Inductionsapparat, der von Ruhmkorff 1851 verbessert und seitdem in immer größeren Dimensionen ausgeführt, als Ruhmkorff'scher Apparat sehr bekannt geworden ist, liefert schnell auf einander folgende Inductionsströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung. Werden diese Ströme durch das Gewinde eines Multiplicators geleitet, so lassen sie die Magnetnadel unabgelenkt. Eine Ablenkung, und zwar im Sinne der bei Oeffnung der angewandten voltaschen Kette erregten Ströme, wird erhalten, wenn man in der Leitung eine Lücke anbringt und dadurch die der Schließung der Kette entsprechenden Ströme vom Multiplicator ausschließt. Gaugain änderte diesen Versuch glücklich ab, indem er die Lücke, statt in freier, in stark verdünnter Luft herstellte zwischen zwei Elektroden von sehr verschiedener Größe ²⁾. Hierzu wurde in dem als elektrisches Ei bekannten Apparate, die eine der beiden einander gegenüberstehenden Kugeln nebst ihrem Stiele mit einer isolirenden Substanz bekleidet und nur eine sehr kleine Stelle der Kugel nackt gelassen. Der so veränderte Apparat wurde mit dem Namen *oeuf-soupape* oder *soupape électrique* belegt, weil seine Wirkung der eines Ventils ähnlich ist. Leitet man nämlich, nachdem die Luft im Ventile hinlänglich verdünnt ist, die Ströme des Ruhmkorff'schen Apparates so hindurch, daß der Oeffnungsstrom von der bedeckten zur nackten Kugel geht, so erfolgt die Ablenkung der Nadel an einem in die Lei-

1) Pogg. Ann.* Bd. 46. S. 104.

2) *Compt. rendus** T. 40, p. 640. Pogg. Ann. Bd. 95 S. 163.

tung eingeschalteten Multiplicator, und zwar im Sinne des Oeffnungsstromes; hingegen bleibt die Ablenkung aus bei entgegengesetzter Lage der beiden Kugeln. Ich habe dem Ventile eine einfachere leicht herzustellende Einrichtung gegeben und mehrfache Versuche über Erwärmung und magnetische Ablenkung damit angestellt. Die Erwärmung eines Drahtes sowol durch die Ströme des Inductorium (Ruhmkorff'schen Apparats) wie durch den Entladungsstrom der leydenen Batterie war am stärksten bei der Stellung des Ventils welche, bei Anwendung des Inductorium, keine oder eine sehr geringe Ablenkung der Magnetnadel gab. Ich schloß hieraus, daß durch das Ventil sowol der Schließungs- wie der Oeffnungs-Strom hindurchgehen könne, eine Folgerung, der Gaugain auf das Entschiedenste entgegentrat. Nach seiner Meinung waren die Schließungsströme auf seinen Apparat ohne den geringsten Einfluß und der Apparat wirkte als Ventil nur für die Oeffnungsströme¹⁾). Hiernach war zu erwarten, daß, wenn das Ventil, was noch fraglich blieb, bei dem Nebenstrom der leydenen Batterie anwendbar war, nur der dem Hauptstrom gleichgerichtete Strom in der magnetischen Ablenkung merklich seyn würde, nach meiner Ansicht mußte es auch der entgegengerichtete. Die Versuche, die ich erst seit einem Jahre ausführen konnte, als ich einen Multiplicator erhielt, der vergleichbare Ablenkungen lieferte, entsprachen meiner Erwartung in nicht geahntem Grade. Das Ventil erwies sich als ein äußerst sicheres nie versagendes Mittel, um von allen Nebenströmen der leydenen Batterie Ablenkungen der Magnetnadel in dem einen oder andern Sinne zu erhalten und dadurch diese Ströme näher kennen zu lernen, als es bisher möglich war.

2. Das von mir beschriebene Ventil²⁾) Fig. 1 Taf. VI im Durchschnitte und in halber Gröfse abgebildet, besteht aus einem hohlen Glascylinder, in dem die Luft verdünnt

1) *Comptes rendus** T. 42, p. 17.

2) Monatsberichte 1855, S. 395. Pogg. Ann. Bd. 96, S. 179.

wird, nachdem er durch eine aufgelegte Glasplatte luftdicht abgeschlossen ist. Auf die Mitte der Glasplatte ist ein Elfenbeinstab gekittet, durch den ein Platindraht von $\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke hindurchgeht, der in der innern Fläche der Platte endigt und äußerlich mit einer Leitung verbunden werden kann. Im Innern des Cylinders steht auf einem Messingstiele eine Messingscheibe von 11 Linien Breite, parallel der Deckplatte und eine Linie von ihr entfernt.

Um die Lage des Ventils in der Leitung kurz anzugeben, werde ich mich des Ausdrucks bedienen, das Ventil habe, in Bezug auf einen Strom von angegebener Richtung die *Spitzenstellung*, wenn jener Strom, im Fall er durch den Cylinder ginge, von der Platinspitze der Deckplatte zur Messingscheibe gehen müßte, und werde mit *Flächenstellung* die entgegengesetzte Stellung bezeichnen. Es soll damit keineswegs gesagt seyn, daß der genannte Strom im Versuche wirklich durch den Cylinder geht. Der Multiplikator, den ich schon bei andrer Gelegenheit gebraucht habe ¹⁾, besteht aus 57 Windungen eines mit Guttapercha dick umprefsten Kupferdrahtes und einer an einem Coconfaden hängenden Doppelnadel von geringer Richtkraft.

3. Das Gewinde des Multiplikators wurde durch zwei $\frac{1}{2}$ Linie dicke Kupferdräthe, zusammen 49 Fufs lang, in die Schließung einer leydener Batterie gebracht, in welcher sich außerdem eine ebene, aus 13 Fufs Kupferdrath gewundene Spirale von 14 Windungen und $5\frac{3}{4}$ Zoll Breite, und eine mit Wasser gefüllte Röhre befand. Die Entladung der Elektrizitätsmenge 10, zu deren Messung die Kugeln der Maafsflasche $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen, aus 3 Flaschen von 2,6 Quadratfufs Belegung, brachte eine Ablenkung von 2 und 3 Graden am Multiplikator hervor. Die Richtung der Ablenkung entsprach der des Entladungsstromes, und ich werde sie hier und in der Folge als positive bezeichnen. Darauf entfernte ich die Wasserröhre aus der Schließung, löste die Enden der beiden zum Multiplikator führenden Drähte und verband sie durch eine ebene, der

1) Monatsberichte 1857, S. 379.

beschriebenen symmetrisch gleiche Drahtspirale. Diese (Neben-) Spirale wurde der im Schließungsbogen der Batterie, der ganz metallisch hergestellt war, befindlichen (Haupt-) Spirale bis 1 Linie normal genähert, und bildete mit dem Gewinde des Multiplicators und den dahin führenden Drähten die Nebenschließung. In dieser Nebenschließung war eine Lücke gelassen, welche ein elektrisches Ventil einnahm, in dem die Luft bis 2 Linien Quecksilberdruck verdünnt war. Ich werde die Stellung des Ventils in Bezug auf einen Strom angeben, der in der Nebenspirale mit dem Entladungsstrom in der Hauptspirale gleiche Richtung besitzt. Die Ladung der Batterie war die bereits angegebene.

Ablenkung am Multiplicator durch den Nebenstrom, bei	
Spitzenstellung	Flächenstellung
des Ventils	
— 5 Grad	+ 6
— 4	+ 5,5
— 4,5	+ 5

Aus diesen Beobachtungen folgt, was sich später im vollsten Maasse bestätigte, daß der Entladungsstrom der leydenen Batterie eine Magnetnadel viel weniger ablenkt, als der durch ihn in einer Spirale von nur 13 Fufs Drahtlänge unter keineswegs günstigen Bedingungen erregte Nebenstrom und daß der Nebenstrom, wenn er durch ein elektrisches Ventil geht, die Nadel sowol im Sinne eines Stromes ablenkt, der dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, wie im Sinne des entgegengerichteten Stromes. Die erste Ablenkung erfolgt, wenn der gleichgerichtete Nebenstrom zuerst die Scheibe, die zweite, wenn er zuerst die Spitze des Ventils trifft. Daraus folgt die zur Anwendung bequeme Regel: *Mit Hilfe des el. Ventils und bei jeder Stellung desselben, lenkt der Nebenstrom der leydenen Batterie die Magnetnadel im Sinne eines Stromes ab, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.*

4. Dieß merkwürdige und, was die Stellung des Ventils bei den entgegengesetzten Ablenkungen betrifft, mir unerwartete Ergebniss wurde durch den Nadelmultiplicator

aufser Zweifel gesetzt. Sonst aber ist diese Versuchsart nicht zu empfehlen, weil das Nadelsystem häufig seine Richtung und Stellung ändert und weiter auseinanderliegende Versuche nicht mehr vergleichbar sind. Zu allen folgenden Versuchen bediente ich mich eines Wiedemann'schen Spiegelgalvanometers ¹⁾ das in letzter Zeit von Sauerwald häufig ausgeführt und mit Drahtrollen versehen ist, deren genügend isolirte Windungen den ungestörten Durchgang von Batterieströmen gestatten. Ein magnetisirter Stahlspiegel schwebt an einem Coconfaden in einer Kupferbüchse von 6 Lin. Wanddicke, die durch eine Holzbüchse ersetzt werden kann, und wirft das Bild einer 1505 Mm. entfernten Millimeterscale in ein Fernrohr. Die Ablenkung des Spiegels um einen Scalentheil entspricht demnach $\frac{1718,9}{1505}$

= 1,14 Bogenminute. Jede der beiden vom Spiegel beliebig zu entfernenden Drahtrollen, durch welche der elektrische Strom geleitet wird, besitzt 40 Windungen eines $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdrahtes von angeblich 30 Fufs Länge, der mit Cautschuk und einem gefilzten Zeuge umhüllt ist. Wo es nicht anders gesagt ist, habe ich mich bei den folgenden Versuchen, zur Schonung des Spiegels, nur Einer Drahtrolle und der Kupferbüchse bedient. Diese Büchse hebt nicht nur die Schwingungen des Spiegels in wenigen Sekunden auf, sondern verhindert auch die Magnetisirung desselben durch den elektrischen Strom.

5. Ich setzte den Schließungsbogen der Batterie ganz metallisch zusammen und fügte dazu eine der in (3) erwähnten ebenen Spiralen von 13 Fufs Drahtlänge. Die Elektrizitätsmenge 10 wurde aus 3 Flaschen entladen und die Ablenkung am Galvanometer beobachtet. Darauf wurde das elektrische Ventil mit Luft von 2 Lin. Druck in die Schließung aufgenommen und die Beobachtung bei verschiedener Stellung des Ventils wiederholt.

1) Wiedemann, Lehre vom Galvanismus.* Braunschw. 1861, Bd. 2, S. 199.

Es erfolgte bei metallischer Schließung die

Ablenkung + 10,5 Scth.

Spitzenstellung d. Ventils . + 10,5

Flächenstellung + 10,0

Von dem ganzen Schließungsbogen wurde ein kleiner Theil zur Hauptschließung der Batterie gemacht, und darin eine ebene Spirale von 13 Fufs Drathlänge aufgenommen. Der übrige Theil des Schließungsbogens, zu dem die Galvanometerrolle, das elektrische Ventil und die ebene Spirale gehörten, wurde als Nebenschließung benutzt, indem zugleich diese Spirale der in der Hauptschließung befindlichen normal bis 1 Linie genähert wurde. Die Verbindung der Dräthe war der Art, dafs ein dem Hauptstrom gleichgerichteter Nebenstrom positive Ablenkungen am Galvanometer geben mußte, und die Stellung des Ventils wird auf diesen Strom bezogen. Die Ladung der Batterie geschah wie früher. Der Nebenstrom gab

bei Spitzenstellung des Ventils die Ablenkung — 40,5 Scth.

Flächenstellung + 43

Es zeigt sich hier, dafs das Ventil auf die Ablenkung durch den Hauptstrom der Batterie ohne Einfluß bleibt, und wiederholt, dafs diese Ablenkung viel geringer ist, als die durch den Nebenstrom bewirkte. Dafs vermuthlich die Galvanometerrolle den Nebenstrom vergrößert, die Ablenkung also durch einander folgende Ströme verschiedener Ordnung hervorgebracht wird, lasse ich hier unberücksichtigt, wo es allein darauf ankommt, die Ergebnisse von Versuchen darzulegen.

Die Gröfse der Ablenkung durch den Nebenstrom, die hier das Vierfache der durch den Hauptstrom hervorgebrachten beträgt, ist nicht constant und variirt bedeutend mit dem Luftdrucke im Ventile. Was aber die Richtung dieser Ablenkung betrifft, so ist sie in weiter Gränze von dem Luftdrucke unabhängig und ihre Beobachtung bildet einen leichten und sichern Versuch, zu dessen Anstellung weder ein vollkommener Apparat, noch besondere Vorsicht nöthig ist. Wenn man sicher ist, dafs der Luftdruck im

Ventile nicht viel weniger als 2 Linien und nicht viel mehr als 5 Zoll beträgt, so kann man aus dem Anblicke der Verbindung des Ventils mit der Galvanometerrolle mit Bestimmtheit voraussagen, nach welcher Seite die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom erfolgen wird. Die Elektrizitätsart, mit der die Batterie geladen ist und die Verbindung des Galvanometers mit Mitte oder Ende der Nebenspirale ist gleichgültig. Die Ablenkung geschieht, wie oben bereits angegeben ist, im Sinne eines Stromes, *der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.*

6. Um die Abhängigkeit der Ablenkung von dem Luftdrucke im Ventile aufzuzeigen, wurde zuerst die stärkste Verdünnung gebraucht, und durch allmähliches Zulassen von Luft der volle Luftdruck hergestellt. Die Stellung des Ventils wird, wie früher, auf einen Nebenstrom bezogen, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, und letzterer wiederum durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei			
Druck im Ventil		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	$\frac{5}{4}$	— 36 Scth.	+ 40
	4	— 29	+ 35
	6	— 28,5	+ 29
1		— 19,5	+ 27,5
2		— 16,5	+ 16,5
4		— 9	+ 16
8		— 4,5	+ 13
10		— 2	+ 13
12		— 0,6	+ 12
14		+ 1,5	+ 13,5
18		+ 6,5	+ 19,5
22		+ 14,3	+ 22,7
25		+ 22,3	+ 22,5
28	$5\frac{1}{2}$	+ 35,4	+ 31

Mit Vermehrung der Luft im Ventile von $\frac{1}{2}$ Linien Quecksilberdruck bis zu vollem Luftdrucke nimmt die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom bei beiden Stellungen des Ventils zuerst ab und zuletzt wieder zu. Bei der Flächenstellung ist diese Aenderung der Gröfse der Ablenkung langsam und die Ablenkung geschieht stets nach derselben Seite, die einem dem Hauptstrome gleichlaufenden Nebenstrome entspricht. Bei Spitzenstellung des Ventils und dünner Luft darin erfolgt die Ablenkung in dem Sinne eines dem Hauptstrome entgegengerichteten Stromes, nimmt mit zunehmendem Luftdrucke schnell ab, ändert zuletzt das Zeichen und nimmt dann wieder schnell zu. Die Wiederholung eines Versuches giebt bei der Spitzenstellung stärker abweichende Zahlen, als bei der Flächenstellung, und in der Nähe des Luftdruckes, wo die Ablenkung ihr Zeichen ändert, also von 10 bis 14 Zoll Druck an, ist selbst diefs Zeichen nicht constant. Es ist zu erwarten, dafs diese Unsicherheit schon bei einem kleineren Drucke eintritt, wenn man bedeutend stärkere Ladungen der Batterie, als hier, anwendet; doch habe ich keinen solchen Versuch angestellt, der, ohne ein besonderes Interesse zu bieten, die Galvanometerrolle gefährdet haben würde. Bei 14 Zoll und höherem Drucke erfolgt die Ablenkung bei jeder Stellung des Ventils zumeist im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten Stromes, und im Allgemeinen sind bei Flächenstellung des Ventils die Ablenkungen gröfser als bei Spitzenstellung. Nur bei vollem Luftdrucke gab die Spitzenstellung, wie ich öfter gesehen habe, eine gröfsere Ablenkung als die Flächenstellung.

7. Die bisher aufgeführten Versuche zeigen, dafs das elektrische Ventil, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden entgegengesetzt gerichteten Strömen, die den Nebenstrom bilden, denjenigen zur sichtlichen Wirkung kommen läfst, dessen Lauf von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Es könnte aber seyn, dafs auch der anders gerichtete Strom, nur mit bedeutend geringerer Elektrizitätsmenge, durch das Ventil ginge. Dann müfste ein zwei-

tes Ventil, das der Bildung des anders gerichteten Stromes ein zweites Hinderniß entgegengesetzt, die Ablenkung vergrößern, die durch Ein Ventil bewirkt wird. Zwei gleiche Ventile, in welchen der Luftdruck 2 Linien betrug, wurden erst einzeln, dann gleichzeitig in die Schließung des, wie in (6) erregten Nebenstromes gebracht.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei		
	Spitzenstellung	Flächenstellung
des Ventils 1	— 34 Scth.	+ 37
2	— 35,5	+ 37
beider Ventile	— 35	+ 36

Die nahe gleiche Ablenkung bei Anwendung von Einem Ventile und von beiden Ventilen lehrt, daß Ein Ventil nur den Strom zu Stande kommen läßt, dessen Richtung die Ablenkung angeht. Als beide Ventile mit entgegengesetzter, abwechselnder Stellung in die Schließung eingeschaltet waren, erfolgten die Ablenkungen

+ 10,5 + 14 + 12,5 + 14

Wenn also das Entstehen beider Ströme in gleicher Weise erschwert wird, so kommt mit sehr verminderter Elektrizitätsmenge der Strom zu Stande, der in der Nebenspirale dem Strome in der Hauptspirale gleichgerichtet ist.

Magnetisirung von Stahlnadeln durch den Haupt- und Neben-Strom der Batterie.

8. In Versuchen die ich über den Einfluß von Metallhüllen auf die Magnetisirung angestellt habe ¹⁾, wurden drei Nadeln durch dieselbe Entladung der Batterie magnetisirt. Auf die erste Nadel wirkte der Hauptstrom allein, auf die zweite der Hauptstrom und zugleich der durch ihn erregte Nebenstrom, auf die dritte der Nebenstrom allein. Aber die Wirkung des Nebenstromes allein liefs keinen Schlufs zu auf die durch Haupt- und Nebenstrom zugleich ausgeübte Wirkung, da es häufig vorkam, daß die vom Nebenstrom magnetisirte Nadel entgegengesetzt gerichtet war der vom Hauptstrom magnetisirten, und dennoch der-

1) Monatsberichte 1863, 346.

selbe Nebenstrom die Wirkung des Hauptstromes verstärkte. Es war vorauszusehen, daß dieser Widerspruch fortfallen würde, wenn die beiden entgegengesetzt gerichteten Theile des Nebenstromes von einander geschieden würden und nur einer von ihnen zu Stande käme.

Es wurde der am angeführten Orte S. 356 beschriebene Apparat gebraucht. Zwei gleiche cylindrische Spiralen, jede von 46 Windungen, waren in dem Schließungsbogen der Batterie angebracht. Die erste Spirale blieb leer, in die andere wurde eine Spirale von 220 Windungen geschoben, deren Enden durch eine gleiche Spirale mit einander verbunden waren. In diese Nebenschließung wurde jetzt durch die beiden Drähte (3) die Rolle des Spiegelgalvanometers, und in eine Lücke der Schließung ein el. Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurden 3 Stahlnadeln von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge in die Spiralen gelegt und magnetisirt. Die Magnetisirung, deren Richtung durch die Stellung des Ventils bestimmt wurde, war so stark, daß ich eine viel schwächere Ladung der Batterie, als in den frühern Magnetisierungsversuchen, gebrauchen mußte. Statt der Elektrizitätsmenge 15 wurde hier nur die Menge 8 aus 3 Flaschen entladen, und dennoch eine stärkere Magnetisirung erhalten als früher. Die Stellung des Ventils wie die Zeichen der Magnetisirung und der durch den Nebenstrom bewirkten Ablenkung am Galvanometer sind in Bezug auf einen Strom gegeben, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet wäre. Der Luftdruck im Ventile stieg während der Versuche von $\frac{5}{4}$ auf 4 Linien.

Stellung des Ventils	Ablenkung durch den Nebenstrom	Magnetisirung durch den		
		Haupt- strom	Haupt- u. Nebenstrom	Neben strom
Angabe des Magnetoskops				
Flächenstellung	+ 2,7 Scalentheile	+ 22,7 Grade	+ 58	+ 53
	+ 3,8	+ 21,5	+ 61	+ 62,4
Spitzenstellung	— 3,2	+ 24,5	— 26,1	— 59
	— 3,3	+ 21,7	— 19	— 58,7
Flächenstellung	+ 3,3	+ 26,2	+ 62	+ 59
	+ 3,3	+ 21,7	+ 59,7	+ 61,2
Spitzenstellung	— 3,3	+ 22	— 28,5	— 59,7
	— 3,5	+ 20,7	— 30,5	— 61,7
Flächenstellung	+ 3,3	+ 21,7	+ 61	+ 59,2
Spitzenstellung	— 3,2	+ 24,1	— 24,6	— 57,1

9. Der Einfluss des durch ein Ventil gegangenen Nebenstromes auf die vom Hauptstrome bewirkte Magnetisirung tritt hier auf das Klarste hervor. Wenn der Nebenstrom allein dem Hauptstrome gleichgerichtet magnetisirt, verstärkt er, mit jenem vereint, die Magnetisirung; wo er ihm entgegengerichtet magnetisirt, bestimmt er die Richtung der gemeinschaftlich magnetisirten Nadel. Dafs er im zweiten Falle nicht blofs den vom Hauptstrome erregten Magnetismus schwächt, rührt davon her, dafs der Hauptstrom aus 46, der Nebenstrom aus 220 Spiralwindungen auf die Nadel wirkt.

Auffallend bei diesen Versuchen bleibt nur, dafs bei gleichartiger Wirkung beider Ströme der Hauptstrom sehr wenig, bei entgegengesetzter Wirkung sehr kräftig wirkt. Unter positiven Zeichen sind die Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein und durch beide Ströme zugleich wenig von einander verschieden, unter negativen Zeichen aber sehr bedeutend. Es kommen Fälle vor, in welchen bei den Verstärkungen der Nebenstrom allein stärker magnetisirt, als mit dem Hauptstrome vereint. Diefs hat nicht den Grund, dafs die stärksten Magnetisirungen dem Sättigungszustande der Nadeln nahe lagen. In einer früher angestellten Versuchsreihe, in welcher das Galvanometer und die zu ihm führenden Drähte fehlten, trat der bemerkte Umstand viel auffallender hervor, indem alle positiven Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein gröfser waren, als die gleichzeitig durch den Haupt- und Nebenstrom bewirkten, und zugleich erstreckten sich die Ablenkungen am Magnetoskope bis 80 Grad. Es liegt also hier wieder einer jener räthselhaften Fälle vor der gleichzeitigen Magnetisirung durch verschiedene Ströme, von welchen in dem angeführten Aufsatze Beispiele gegeben wurden.

10. Die Richtung der Magnetisirung durch den Nebenstrom bei Anwendung des elektrischen Ventils mit dünner Luft unterliegt derselben Regel, wie die der Ablenkung am Galvanometer. *Der Nebenstrom magnetisirt bei jeder Stellung*

des Ventils im Sinne eines Stromes, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.

Merkwürdig ist die starke Magnetisirung durch einen schwachen Nebenstrom, der am Galvanometer eine Ablenkung von nur $3\frac{1}{3}$ Scalentheilen hervorbrachte. Erregt man den Nebenstrom in einer ebenen Spirale und läßt ihn durch ein Ventil gehn, so giebt er das leichteste und kräftigste Mittel, einer Stahlnadel durch die Batterie Magnetismus in einer und der andern Richtung zu ertheilen. Der Nebenstrom übertrifft hierin bei Weitem einen Hauptstrom, der eine gleiche Ablenkung am Galvanometer hervorbringt, und es wird hieraus der grofse Einfluß klar, der bei gleichzeitiger Magnetisirung durch Haupt und Nebenstrom dem letztern zukommt.

11. Im Schließungsdrabte der Batterie, im Fall er weder durch ungewöhnliche Länge noch eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, kommt wesentlich nur der Entladungsstrom zur Wirkung, der nur nach einer Seite gerichtet ist. Das elektrische Ventil muß demnach auf die durch den Strom bewirkte magnetische Ablenkung ohne Einfluß bleiben. Da aber, wie die Untersuchung der Erwärmung im Bogen gelehrt hat, die Art der Entladung des Stromes je nach der Stellung des Ventils eine verschiedene ist, so war zu erwarten, daß das Ventil die Magnetisirung ändern werde. In die Schließung einer Batterie von 3 Flaschen, die mit der Menge 12 geladen wurde, war die Rolle des Galvanometers, eine cylindrische Spirale von 46 Windungen und das Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurde eine $2\frac{1}{2}$ zöllige Stahlnadel in die Spirale gelegt und danach am Magnetoskope geprüft. Der Luftdruck im Ventile betrug zwei Linien. Die Richtung der Ablenkung und Magnetisirung entsprach überall der Richtung des Entladungsstromes.

Ablenkung und Magnetisirung durch den Hauptstrom, bei
Spitzenstellung Flächenstellung

des Ventils			
Ablenkung	Magnetisirung	Ablenkung	Magnetisirung
+ 11,5 Scth.	+ 16,5 Grad	+ 11,5 Scth.	+ 29,7 Grad
11,5	17	12	30,1
12	17	12	32,5
12	18,6	11,5	34,4
		12,3	34,1
11,7	21,5	12	33,7

Die magnetische Ablenkung durch den Hauptstrom ist dieselbe, das Ventil mag gegen ihn die Flächenstellung oder die Spitzenstellung haben, aber die Magnetisirung ist bei der Flächenstellung bedeutend stärker. Es kommt dieß völlig überein mit frühern Versuchen, in welchen die Erwärmung im Schließungsbogen viel größer bei der Flächenstellung des Ventils gefunden wurde, als bei der Spitzenstellung ¹).

Magnetische Ablenkung durch die Ströme höherer Ordnung.

12. Der secundäre Strom der Batterie, vorzugsweise Nebenstrom genannt, erregt in einem Drahte, der einem Theile seiner Schließung parallel nahe liegt, den tertiären Strom, dieser in gleicher Weise den Strom 4ter Ordnung u. s. f. Alle diese Nebenströme der Batterie, wenn sie durch ein el. Ventil mit hinlänglich dünner Luft geschickt werden, lenken die Nadel des Multiplicators nach derselben Regel ab, indem die Richtung der Ablenkung einem Strome entspricht, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Ich habe dieß bis zum Strome fünfter Ordnung verfolgt, zweifle aber nicht, daß es auch bei Strömen noch höherer Ordnung statt finden werde. Bei einem einzelnen Versuche mit dem Ventile läßt sich also an der magnetischen Ablenkung kein Unterschied wahrnehmen zwischen einem Nebenstrom irgend einer Ordnung und dem Strome nächst niederer oder höherer Ordnung. Ein solcher Unterschied

1) Monatsberichte 1855. 397. Pogg. Ann. Bd. 96 S. 181.

tritt aber in auffallender Weise hervor, wenn man eine längere Versuchsreihe anstellt, bei der die Luft im Ventile von starker Verdünnung successiv zum vollen Luftdrucke gebracht wird. Dieß zeigen die folgenden Versuche.

13. Die in (3) beschriebene Spirale von 13 Fufs Drahtlänge wurde im Schließungsbogen der Batterie so angebracht, daß der Entladungsstrom in ihre Mitte eintrat und aus ihrem Ende austrat. Der Spirale stand in 1 Linie Entfernung die gleiche Nebenspirale normal gegenüber, und diese wurde durch zwei Drähte mit einer ebenen Spirale von 31 Umgängen und 53 Fufs Drahtlänge (der secundären Hauptspirale) in der Art verbunden, daß die Mitte jeder Spirale mit dem Ende der andern in Verbindung stand. Der secundären Hauptspirale wurde eine ihr gleiche Spirale (die tertiäre Nebenspirale) bis 1 Linie normal genähert, und zur Untersuchung des tertiären Stromes die Enden der letztern mit der Galvanometerrolle und dem Ventile verbunden.

Ich bemerke sogleich, daß auch in der Folge je zwei Spiralen, die zu Einem Kreise gehörten, an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden wurden. Dadurch ist die Angabe des Sinnes der Ablenkung und der Stellung des Ventils bei einem Nebenstrome jeder Ordnung leicht und unzweideutig. Da nämlich jene Angabe stets auf den Hauptstrom bezogen wird, und durch die angegebene Verbindung der Spiralen ein dem Hauptstrom gleichgerichteter Strom in jeder Spirale von der Mitte zum Rande laufen mußte, so sagt das positive Zeichen der Ablenkungen, daß sie in dem Sinne eines Stromes geschehn, der aus dem Rande der letzten Spirale austritt, und »Spitzenstellung des Ventils« daß die Platinspitze des Ventils mit jenem Ende metallisch verbunden ist. Zur Erläuterung des Gesagten füge ich die schematische Zeichnung des Apparates hinzu, der bei Untersuchung des Stromes 5ter Ordnung gebraucht wurde. In Fig. 2 Taf. VI deuten die Pfeile die ebenen Spiralen an, die Spitzen daran entsprechen den Randenden, und geben zugleich die Richtung gleichlaufender Ströme.

Mit r ist die Rolle des Galvanometers, mit v das el. Ventil bezeichnet. Letzteres steht in der Figur in Spitzenstellung.

14. Bei den folgenden Versuchen mit dem tertiären Strome bestand, wie oben bei dem secundären, die Batterie aus 3 Flaschen und wurde mit der Menge 10 geladen.

Magnetische Ablenkung durch den tertiären Strom, bei			
Luftdruck im Ventile		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	1,5	— 32 Scth.	+ 31
	5	— 29	+ 29
1		— 25	+ 19
2		— 19	+ 14
4		— 16	+ 13
8		— 14,5	+ 6
12		— 10	+ 4
16		— 11,5	+ 1 ,5
20		— 13	+ 0 ,3
24		— 14	— 5
28	2	— 15	— 13,5

Wie bei dem secundären Strome erfolgen hier die meisten Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten, bei Spitzenstellung eines ihm entgegengerichteten Stromes. Aber im Gegensatze zu den Versuchen am secundären Strome sind es hier die Ablenkungen bei der Spitzenstellung, die mit wachsendem Luftdrucke langsam abnehmen und durchweg ihr Zeichen behalten, während die Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils schnell sinken und in der Nähe des vollen Luftdruckes ihr Zeichen ändern.

15. Die letzte Spirale an dem eben benutzten Apparat wurde mit einer ebenen Spirale von 31 Windungen und 53 Fufs Drahtlänge verbunden, dieser eine gleiche Spirale (Nebenspirale 4ter Ordnung) in 1 Linie Entfernung normal nahestellt und die Nebenspirale durch die Galva-

nometerrolle und das Ventil geschlossen. Die Ablenkungen, mit Ausnahme der eingeklammerten, wurden wie bisher durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten.

Magnetische Ablenkung durch den Strom vierter Ordnung, bei			
Luftdruck im	Ventile	Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	$1\frac{3}{4}$	— 23 Scth.	+ 23
	5	— 21	+ 22
1		— 18	+ 18
2		— 14	+ 16
4		— 8	+ 14,5
8		— 6	+ 13,5
12		— 2	+ 11
16		+ 1	+ 10,5
20		+ 6 ,5	+ 9
24		(+ 6)	(+ 14)
28	$1\frac{1}{2}$	(+ 10)	(+ 16)

Bei dem Luftdrucke von 24 und 28 Zoll mußte die Elektrizitätsmenge 12 zur Ladung der Batterie gebraucht werden, weil sonst der Strom nicht durch das Ventil ging. Bei dem Strome vierter Ordnung ist es wieder, wie bei dem Strome zweiter Ordnung, die Flächenstellung des Ventils, welche die langsam abnehmenden, durchweg gleichgerichteten, Ablenkungen liefert.

16. Um den Strom fünfter Ordnung zu erhalten, wurde die letzte der gebrauchten Spiralen mit einer cylindrischen Spirale von 52 Fuß Drahtlänge verbunden, zwischen deren 32 Windungen, 1 Linie von ihnen entfernt, eine gleiche Spirale gewunden war, welche die Nebenspirale 5ter Ordnung bildete. Mit dieser wurden Galvanometerrolle und Ventil verbunden. Die Batterie mußte hier stärker als früher, nämlich mit der Menge 15 geladen werden.

Magnetische Ablenkung durch den Strom fünfter Ordnung, bei			
Luftdruck im Ventile		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	$1\frac{3}{4}$	— 22 Scth.	+ 23
	5	— 22	+ 22
1		— 20	+ 16
2		— 15,5	+ 13,5
4		— 16	+ 10,5
8		— 13	+ 5,5
12		— 11	+ 3,5
16		— 12	0
20		— 12	— 5,5
24		— 15	— 7,5
28	1	— 14,5	— 6

Bei dem Drucke von 16 Zoll und Flächenstellung des Ventils wurde keine Ablenkung erhalten, obgleich der Strom mit einem hellen Funken durch das Ventil ging. Der Strom fünfter Ordnung entspricht in dem Verlaufe der durch ihn bewirkten Ablenkungen ganz dem Strome dritter Ordnung; bei beiden ist es die Spitzenstellung des Ventils, welche die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen zur Folge hat.

17. Giebt man diesen Versuchen, wie es wol erlaubt ist, allgemeine Geltung, so folgt aus ihnen der Satz: *Bei Flächenstellung des Ventils und successiver Zunahme des Luftdrucks darin tritt die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen ein bei den Strömen gerader Ordnung, eine schnelle Abnahme und Wechsel der Richtung bei den Strömen ungerader Ordnung.*

Bei der Spitzenstellung des Ventils gilt der Satz nach Vertauschung der beiderartigen Ströme.

Mit Hilfe dieser beiden Sätze kann über einen vorhandenen Nebenstrom, bei Kenntnifs seiner Lage gegen den Hauptstrom, leicht entschieden werden, ob er von gerader oder ungerader Ordnung ist. Am sichersten geschieht die Entscheidung durch Beobachtung der Abnahme auf einan-

der folgender Ablenkungen, wenn der Luftdruck im Ventile von 4 bis 16 Zoll geändert wird. Bequemer scheint dazu die Benntzung des Ventils mit vollem Luftdrucke und das Aufsuchen der Stellung desselben, bei welcher eine der Regel widersprechende Richtung der Ablenkung eintritt. Geschieht Diefs bei der Flächenstellung, so liegt ein Strom ungerader Ordnung vor, und ein Strom gerader Ordnung wenn es bei der Spitzenstellung geschieht. Aber die Richtung der Ablenkung bei vollem Luftdrucke im Ventile ist nicht so constant, als dafs man die Entscheidung ohne öftere Wiederholung des Versuches treffen könnte.

18. Der Name elektrisches Ventil deutet auf die Eigenleit des Instruments, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden Theilen des Nebenstromes der Batterie nur den Theil zu Stande kommen zu lassen, der seinen Lauf von der Scheibe zur Spitze des Ventils nimmt. Ob Diefs auch bei einem gröfsern Complexe entgegengerichteter Ströme geschehen würde, mufste der Versuch entscheiden, und es war von vornherein nicht zu bestimmen, dafs das Ventil dieselbe Eigenheit auch bei den Strömen höherer Ordnung beibehalten werde. Die Dichtigkeit, und daher der Ursprung der zu sondernden Ströme ist auf die Wirkung des Ventils von größtem Einflufs, wie der schroffe Gegensatz zeigt, in dem der Gauguin'sche Versuch zu allen Versuchen dieser Abhandlung steht. In diesem bekannten Versuche wird nämlich die Magnetsnadel durch den Oeffnungsstrom des Inductorium nur dann abgelenkt, oder doch bei Weitem am stärksten abgelenkt, wenn der Strom zuerst die Spitze des Ventils trifft. Die Ablenkung erfolgt also im Sinne eines Stromes, der von der Spitze zur Fläche des Ventils geht.

Ich habe diese Ausnahme von der an der leydenener Batterie gewonnenen Regel auch deshalb nicht unerwähnt lassen wollen, weil mir das Ventil, mit den hier niedergelegten Erfahrungen, geeignet scheint, uns über den vielbenutzten Strom des Inductorium, den verwickeltesten aller elektrischen Ströme, einige Aufklärung zu verschaffen.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom im Schließungsdrahte der Batterie.

19. Es ist oben (11) bemerkt worden, daß im Schließungsdrahte der Batterie, wenn er nicht durch große Länge oder eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, wesentlich der Hauptstrom die Ablenkung der Magnetnadel bewirkt. Eine jener Einrichtungen ist die Anlegung eines Zweiges an den Schließungsdraht, weil alsdann der in jedem Zweige erregte Nebenstrom durch den andern Zweig ablaufen kann. Sind die Zweige an Länge oder Form von einander verschieden, so kommt in ihnen ein Nebenstrom zu Stande, durch den man, wenn er bei Unterbrechung der Leitung auf die Magnetnadel wirkt, eine größere Ablenkung hervorzubringen vermag, als die durch den Hauptstrom bewirkte. Buff hat Diefz zuerst am Conductor der Elektrisirmaschine nachgewiesen, von welchem er anhaltend Funken auf eine nahestehende Kugel schlagen liefs. Von der Kugel führte ein Draht, in welchem sich eine durch zwei kleine Kugeln gebildete Lücke von $\frac{1}{2}$ Millimeter Weite befand, zu der Drahtrolle eines Multiplicators mit Doppelnadel. Die Rolle hatte, was hier wesentlich ist, eine geringe Drahtlänge und nur 30 Windungen; ihr freies Ende war mit dem Reibzeuge der Maschine verbunden. Es wurden einige Ablenkungen am Multiplicator beobachtet und darauf diese Beobachtungen wiederholt, nachdem an zwei Punkten der Leitung, zwischen welchen die Lücke und der Multiplicator lag, ein Drahtzweig angelegt war, zu dem eine cylindrische Spirale von 138 Windungen und 4 Meter Drahtlänge gehörte. Bei verschiedener Länge der vom Conductor überschlagenden Funken wurden folgende Ablenkungen erhalten ¹⁾.

Funkenlänge Millimeter	Ablenkung am Multiplicator	
	Ohne Zweig	Mit Zweig
25	+ 2,5 Grad	— 12
28	+ 2	— 28
30	+ 2	— 26

1) Ann. d. Chemie und Pharm*. 86, 311 (1853).

Man sieht hier den Hauptstrom die Nadeln um 2 Grad ablenken und den Nebenstrom, der durch einen Theil jenes Stromes in der Spirale erregt wurde, eine viel größere, im zweiten Versuche die 14fache Ablenkung hervorbringen. Die entgegengesetzten Zeichen der Ablenkung lehren, daß es der dem Hauptstrome gleichgerichtete Nebenstrom war, welcher den durch die Zweige gebildeten Kreis und die darin angebrachte Lücke durchlief. Diefes Ergebnifs ist an dem einfachsten Apparate, durch die Verschiedenheit der Zweige und die Unterbrechung in freier Luft des einen Zweiges erhalten worden.

20. Mit Anwendung des elektrischen Ventils erhält man am Schließungsdrahte der Batterie, und zwar bei gleichen wie ungleichen Zweigen, eine überraschende Wirkung des Nebenstromes in einem Versuche, den Feddersen angegeben hat, aber mit gänzlicher Umgehung des Nebenstroms deuten will ¹⁾. Folgende ist eine Wiederholung des interessanten Versuchs. An dem Wiedemann'schen Galvanometer wurden beide Drahtrollen aufgesetzt, so daß der magnetisirte Spiegel sich zwischen ihnen befand. Die Rollen waren durch zwei Drähte an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden: die Mitte des einen Verbindungsdrahtes stand mit dem Theile der Schließung, der zur innern Belegung der Batterie führte, die Mitte des andern mit der äußern Belegung in Verbindung. Der Schließungsdraht der Batterie theilte sich also in zwei völlig gleiche Zweige, welche den Stahlspiegel einschlossen, und zu jedem Zweige gehörte eine Drahtrolle. Da nun der Entladungsstrom nach seiner Theilung die Rollen in entgegengesetzter Richtung durchlief, so konnte der Spiegel nur die Differenz der Ablenkungen zeigen, die ihm die Rollen einzeln

1) Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1861. Pogg. Ann.* Bd. 115, S. 336. Nach der Bemerkung am Schlusse des Aufsatzes zu urtheilen, sieht Feddersen in seinem Versuche den entscheidenden Beweis für die Annahme, daß der Entladungsstrom im Schließungsdrahte zu öfteren Malen hin- und zurückfließe. Wirklich ist es der auffallendste Versuch, der zur Stütze dieser Annahme angestellt worden ist.

ertheilt haben würden. Es war leicht, die Entfernung der Rollen vom Spiegel so zu reguliren, daß keine Ablenkung eintrat, als die Elektrizitätsmenge 6 aus 3 Flaschen durch den Bogen entladen wurde. Darauf wurde in jeden Zweig ein Ventil eingeschaltet, nahe der Stelle, wo der Entladungsstrom eintrat, und den Ventilen gegen diesen Strom die entgegengesetzte Stellung gegeben. Die Luft in den Ventilen hatte 2 Linien Quecksilberdruck. Die Entladung der genannten Menge aus der Batterie brachte nun eine Ablenkung des Spiegels hervor (nach steigenden Zahlen der Galvanometerscale) von $+ 136$ Scth. und, als jedes Ventil in seinem Zweige umgekehrt war, von $- 128$ Scth.

Die starken Ablenkungen nach entgegengesetzter Richtung rühren von den beiden Nebenströmen her, die in den Rollen der Zweige erregt und durch die Stellung der Ventile so gerichtet werden, daß sie sich bei der Ablenkung des Spiegels unterstützen. Da nämlich die Ventile gegen den zwischen ihnen eintretenden Hauptstrom in entgegengesetzte Stellung gebracht sind, so befinden sie sich in gleicher Stellung gegen einen Strom, der in einem Zweige erregt ist und beide Zweige durchläuft. In der einen Rolle kommt der dem Hauptstrome gleichgerichtete, in der andern der ihm entgegenlaufende Nebenstrom zu Stande, und beide Ströme müssen den Spiegel nach derselben Seite ablenken. Man braucht nur ein Schema des Apparats zu entwerfen und die Regel anzuwenden, daß ein Nebenstrom stets im Sinne eines Stromes ablenkt, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht, um in jedem Versuche die Richtung der Ablenkung vorauszusagen.

21. Uebersichtlicher wird der Versuch in folgender vereinfachten Form. Ich verband durch zwei, einige Fufs lange Drähte die gleichgelegenen Enden der Galvanometerrollen, und sodann die Mitte jedes Verbindungsdrahtes mit einer der beiden Belegungen der Batterie. Es blieb nur die Rolle des einen Zweiges in der Nähe des Spiegels und die des andern wurde von ihm so weit entfernt, daß auch ein starker Entladungsstrom durch sie gehen konnte, ohne

den Spiegel zu bewegen. Bei schiefer Stellung der Rollenwindungen gegen die Ebene des Spiegels war dazu eine Entfernung von 19 Zoll mehr als hinreichend.

Es wurde die in (20) gebrauchte Ladung (Elektricitätsmenge 6 in 3 Flaschen) zuerst durch den ganz metallischen Schließungsbogen geschickt und in 3 Versuchen die Ablenkung beobachtet. Dann wurden die Beobachtungen wiederholt, nachdem in jedem Zweige ein Ventil angebracht (Luftdruck darin $1\frac{3}{4}$ Lin.) und beiden Ventilen gegen den Entladungsstrom die entgegengesetzte Stellung gegeben war. In der folgenden Tafel ist nur die Stellung des Ventils in dem Zweige angegeben, der auf den Spiegel wirkt, woraus sich die Stellung des Ventils im entfernten Zweige ergibt.

Magnetische Ablenkung durch einen Zweig d Schließungsbogens, bei		
ganz metallischer	Spitzenstellung	Flächenstellung
Schließung	des Ventils im Zweige	
+ 3,8 Scalentheile	— 75	+ 95
+ 4,0	— 80	+ 93
+ 4,0	— 82	+ 92

In der ganz metallischen Schließung rührt die Ablenkung allein vom ungestörten Hauptstrome her, weil der in der einen Drahtrolle erregte Nebenstrom von dem ihm gleichen aber entgegengerichteten Nebenstrom der andern Rolle aufgehoben wird. Nach Einschaltung der Ventile kommt von jedem Nebenstrom nur ein Theil zu Stande, und da beide Theilströme gleichgerichtet sind, so ist ihnen die Ablenkung in bei Weitem überwiegenden Maasse zuzuschreiben. Die Richtung dieser Ablenkung ist der vielfach aufgezeigten Regel des Nebenstromes gemäß, und die Größe derselben im Vergleich mit der Ablenkung durch den Hauptstrom (sie erreicht hier das 23fache) kann nicht im Geringsten auffallen. Als (5) der Nebenstrom in einer ebenen Spirale von 14 Umgängen und 13 Fufs Drahtlänge aus der Entfernung von 1 Linie erregt war, betrug die Ablenkung durch den Nebenstrom schon das Vierfache der durch den Hauptstrom bewirkten Ablenkung; hier wird

der Nebenstrom im Innern selbst zweier cylindrischen Spiralen erregt, von welchen jede 40 Windungen bei 30 Fufs Drahtlänge besitzt. Bei der Spitzenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige kommt in der Rolle desselben der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom zu Stande und läuft durch den andern Zweig; in diesem entsteht der dem Hauptstrome gleichgerichtete Strom, der durch den ersten Zweig geht und die durch ihn bewirkte Ablenkung verstärkt. Die schematische Zeichnung des Apparats bei diesem Versuche ist Taf. VI Fig. 3 gegeben. Mit s ist der Spiegel, mit r sind die Drahtrollen, mit v die Ventile bezeichnet. Bei Flächenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige sind die beiden in den Rollen entstehenden Nebenströme entgegengesetzter Art und Richtung. Der Nebenstrom jeder Drahtrolle hat zwei, gegen ihn gleichliegende Ventile zu durchlaufen, dafs aber dadurch die Gröfse der Ablenkung nicht vermindert wird, ist in (7) gezeigt worden.

22. Die magnetische Ablenkung wird in diesen Versuchen durch einen Strom bewirkt, der aus zwei Elektrizitätsquellen, den beiden Galvanometerrollen, entspringt. Schafft man die eine Quelle fort, so mufs eine geringere Ablenkung eintreten. Die vom Spiegel entfernte Rolle wurde aus ihrem Zweige fortgelassen, und ihre Stelle durch einen 19 Linien langen 0,119 Linie dicken Platindrabt ausgefüllt. Mit dieser Veränderung wurden die Versuche wiederholt. Die Ablenkung durch die ganz metallische Schließung zeigt, dafs dieselbe Theilung des Entladungstromes in den Zweigen stattfand, wie bei Anwesenheit der Rolle.

Magnetische Ablenkung durch einen Zweig des Schließungsbogens, bei		
ganz metallischer	Spitzenstellung	Flächenstellung
Schließung	des Ventils im Zweige	
+ 4,0 Scth.	— 19	+ 42
+ 4,0	— 18	+ 40
+ 4,0	— 18	+ 41

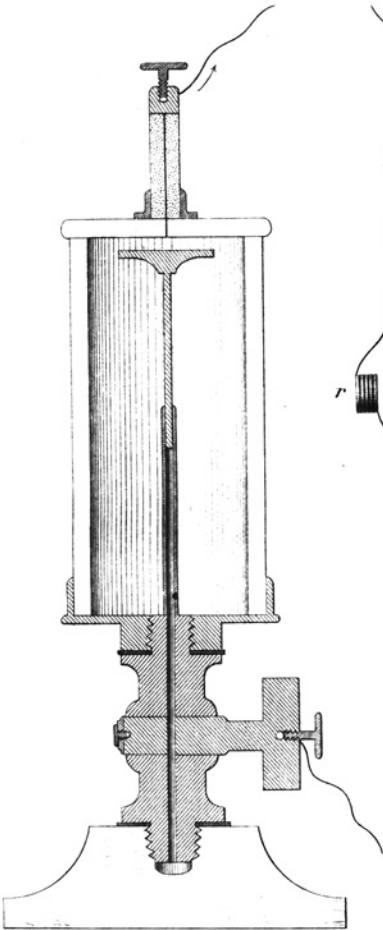
In den Zweigen der ganz metallischen Schließung, von welchen der eine Zweig die gröfsere Länge und die Spi-

ralform hat, kam zwar ein Nebenstrom zu Stande, konnte aber Nichts zur Ablenkung beitragen, weil er einen geschlossenen Kreis durchlief. Die Ablenkung durch den Nebenstrom bei Flächenstellung des Ventils beträgt nur das Zehnfache der durch den Hauptstrom bewirkten, ist also ganz der Erwartung entsprechend, die Ablenkung bei der Spitzenstellung ist dagegen bedeutend kleiner. Zugleich traf es sich nicht selten (in der mitgetheilten Reihe bei dem Versuche einer vierten Beobachtung) dafs bei der Spitzenstellung des Ventils keine Ablenkung eintrat, und der Hauptstrom grösstentheils durch den vom Spiegel entfernten Zweig überging. Diefs ist eine Folge davon, dafs bei dieser Stellung der Ventile der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom entstand, der bei seiner geringen Dichtigkeit niemals in ganzer Stärke durch die Ventile ging, während in (21) sein vollständiger Uebergang dadurch gesichert war, dafs er durch den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom der zweiten Rolle unterstützt wurde, der eine gröfsere Dichtigkeit, als er, besitzt. Ging der Nebenstrom schon nach den ersten Partialentladungen der Batterie nicht durch die Ventile, so gingen alle folgenden Partialentladungen allein von Fläche zu Spitze des im entfernten Zweige befindlichen Ventils.

Bei der vollkommenen Uebereinstimmung mit den Gesetzen der Ablenkung durch den Nebenstrom, zeigen die Versuche in (21) und (22) das Auftreten des Nebenstromes in der Hauptschliessung der leydenen Batterie nicht minder deutlich, als meine früheren Versuche über die Erwärmung der Zweige ¹⁾).

1) Monatsberichte 1859, S. 6. Pogg. Ann. Bd. 106, S. 207.

Fig. 1.



$\frac{1}{2}$ der nat. Grösse.

Fig. 2.

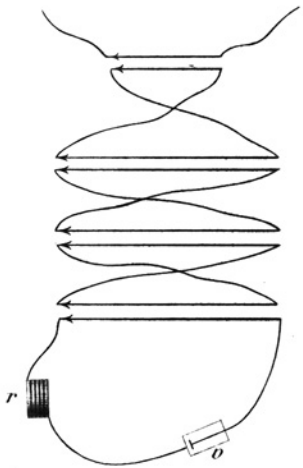


Fig. 3.

