
I. Ueber die Prüfungsmittel des Stromes der leydener Batterie; von P. Riefs.

(Aus den Monatsber. d. Akad. Januar 1860.)

Im elektrischen Strome unterscheidet man die Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit, Entladungsdauer, Art der Entladung und Richtung des Stromes. Der Strom der leydener Batterie, vorzugsweise Entladungsstrom genannt, hat vor anderen elektrischen Strömen voraus, daß zwei dieser Factoren des Stromes einer, von seinen Wirkungen unabhängigen, numerischen Bestimmung fähig sind. Die Elektrizitätsmenge wird durch die Anzahl gleichwerthiger Erregungsakte gemessen, welche die Batterie, die Dichtigkeit durch die Anzahl, welche die Flächeneinheit derselben in den elektrischen Zustand versetzt hat. Die Entladung der Batterie geschieht durch ihre Verbindung mit dem Schließungsbogen, in welchem der Entladungsstrom durch vielfache Wirkungen merklich wird. Aber die Stärke dieser Wirkungen ist im Allgemeinen nicht gegeben durch die Kenntniß der Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit der Batterie, man muß noch die Dauer und Art der Entladung, in einigen Fällen auch die Richtung des Stromes kennen. Zeit und Art der Entladung sind, bei constanter Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit, veränderlich mit der Beschaffenheit des Schließungsbogens; sie werden indirect bestimmt durch Beobachtung der Wirkungen des Stromes.

Die hauptsächlichsten Prüfungsmittel des Entladungsstromes bezwecken die Kenntniß dieser unbekanntenen Factoren des Stromes und dürfen daher nur solchen Wirkungen entnommen seyn, welche von der Zeit und Art der

Entladung abhängen. Wie selbstverständlich diese Bedingung bei der Wahl solcher Prüfungsmittel auch ist, so ist doch dagegen gefehlt worden, und wir begegnen den wunderlichsten Vorstellungen über die Eigenschaften des Stromes, die nur durch Fehler dieser Art erklärlich werden ¹⁾. Sind Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit, Dauer und Art der Entladung bekannt geworden, so herrscht über die Wirksamkeit des untersuchten Stromes kein Zweifel, wir können angeben, daß er eine Magnetnadel ablenken, einen Draht erwärmen, eine Erschütterung verursachen u. s. w. in höherem oder geringerem Grade werde, als ein anderer bekannter Strom. Die verschiedene Abhängigkeit jeder einzelnen Wirkung des Stromes von seinen Factoren läßt aber die Bezeichnung eines stärkeren, schwächeren, unveränderten Stromes so lange ohne bestimmten Sinn, als nicht die Wirkung angegeben wird, die der Strom äußern soll. Zur Vermeidung der Weitläufigkeit des Ausdruckes ist man übereingekommen, bei den elektrischen Strömen eine bestimmte Wirkung stillschweigend vorauszusetzen. Welche Wirkung vorzugsweise dem Strome zugeschrieben wird; ist an sich völlig gleichgültig, wenn nur die Wirkung von allen Factoren des Stromes abhängig und die Abhängigkeit bekannt ist.

Diese Bedingungen haben genöthigt, bei den verschiedenen Strömen verschiedene Wirkungen vorauszusetzen. Bei dem voltaischen Strome ist diese vorausgesetzte Wirkung die Ablenkung einer dem Schließdrahte nahestehenden Magnetnadel, bei dem Strome der leydeners Batterie

1) Eins der neuesten Beispiele davon giebt folgende Stelle: »Ein Leitungswiderstand, wie er bei Apparaten vorkommt, welche auf Berührungselektricität gegründet sind, ist (bei der leydeners Flasche) nicht vorhanden und jeder Schließungsbogen, wenn er nur Leiter der Elektricität und gehörig isolirt ist, wird im Stande seyn, die Entladung zu vermitteln« (Hr. v. Ebner im Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1856. Bd. 21, S. 93). Diese Vorstellung kann nur dadurch entstanden seyn, daß der Verf. seit lange vorliegende Erfahrungen nicht gekannt, und sich eines Prüfungsmittels des Stromes bedient hat, das vom Leitungswiderstande der leydeners Flasche unabhängig ist.

die Erwärmung eines zum Schließungsbogen gehörigen unveränderlichen Drahtstückes. Die Bezeichnung eines stärkeren, schwächeren, gleichen voltaischen Stromes (oder Entladungsstromes) hat damit die bestimmte Bedeutung erhalten, daß eine bestimmte Zusammenstellung der einzelnen Factoren des Stromes, welcher die magnetische Ablenkung (oder Erwärmung) proportional ist, einen größeren, kleineren, gleichen Werth gebe. Nur muß man dieser Bedeutung eingedenk seyn, und nicht auf den Strom Eigenschaften übertragen wollen, die nur seiner Wirkung zugehören.

Gleiche Entladungsströme an und für sich betrachtet, denn von stärkeren und schwächeren kann nicht, nach der obigen Bemerkung die Rede seyn, verlangen eine gleiche Elektrizitätsmenge, die mit gleicher Dichtigkeit in derselben Zeit und in derselben Art entladen wird. Die durch Wärmeuntersuchung gewonnene Formel, die das Maass des Stromes abgiebt, enthält die Elektrizitätsmenge, die Dichtigkeit und die Entladungsdauer, insofern sie von der Beschaffenheit des Schließungsbogens abhängt, und es wird vorausgesetzt, daß die Art der Entladung sich nicht ändere. Die Aenderung der Entladungsart, wenn sie nicht durch äußere Merkmale gegeben wird, kann indirect durch jene Formel angezeigt werden, durch die Abweichung der beobachteten Werthe des Stromes von den berechneten. Diese Abweichung, bei geringer Aenderung der Entladungsart nur durch quantitative Unterschiede gegeben, kann so groß werden, daß die Beobachtung eine Abnahme des Stromes zeigt, wo die Formel eine Zunahme fordert, und umgekehrt. Ich habe in einer länger fortgesetzten Untersuchung gezeigt, welche geringe, bisher gänzlich übersehene Umstände die Aenderung der Entladungsart veranlassen, und welche Fehlschlüsse die Nichtbeachtung dieser Aenderung herbeiführen würde, und will eins der vielen Beispiele herausgreifen, das am einfachsten und anschaulichsten diese Fehler aufzeigt. Es wurde eine Batterie entladen durch einen Metalldraht, der an einer Stelle durch Kochsalzlösung un-

terbrochen war; die Batterie wurde in aufeinander folgenden Versuchen immer stärker geladen, so dafs bei jeder folgenden Entladung ihre Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit gröfser war, als bei der vorangehenden. Die Erwärmung einer Stelle des Schließungsdrahts, bei jeder Entladung beobachtet, stieg mit der Verstärkung der Ladung, wie es die Formel verlangt; aber nur bis zur Elektrizitätsmenge 16. Bei der nächsten Verstärkung sank die Erwärmung auf ein Drittel ihres Werthes und stieg wiederum in den folgenden Versuchen. So kam es, dafs die Erwärmung fast dieselbe war, die Batterie mochte mit der Elektrizitätsmenge 10 oder 18, mit 12 oder 22 geladen worden seyn. Bei Nichtbeachtung des Ganges der Erwärmung und der darin angezeigten Aenderung der Entladungsart, würde man also nach der Beobachtung die Elektrizitätsmenge bei zwei Strömen für gleich erklärt haben, bei welchen sie sehr verschieden war. In complicirteren Versuchen ist der Unterschied der Erwärmung je nach der verschiedenen Entladungsart des Stromes noch viel gröfser, und er findet sich auch bei andern Wirkungen des Stromes, namentlich bei der Ablenkung einer Magnetnadel und der chemischen Zersetzung. Diefs ist besonders wichtig in Rücksicht auf die öfter versuchte Vergleichung der Elektrizitätsmenge im Strome der voltaischen und der leydenener Batterie, eine Vergleichung, die nur als hypothetisch gelten kann, da sie stillschweigend voraussetzt, dafs im voltaischen Strome die Entladungsart genau dieselbe sey, wie im Strome der leydenener Batterie, der durch feuchte Leiter verzögert worden ist.

Bei den meisten Versuchen an der leydenener Batterie sind Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit und Richtung des Stromes vor seinem Eintritte bekannt, und das Prüfungsmittel ist auf Zeit und Art der Entladung gerichtet. Da hierbei Fehlgriffe geschehen sind, so werde ich alle benutzten Prüfungsmittel durchgehen und die am ausführlichsten, welche von Zeit und Art der Entladung unabhängig sind. Ueberdiefs ist es nicht überflüssig sich auch während der Dauer

des Stromes über seine Elektrizitätsmenge Dichtigkeit und Richtung zu unterrichten. Auch solche Prüfungsmittel sind der Beachtung werth, die kein genaues Maafs, sondern nur eine bestimmte Aenderung eines Factors des Stromes erkennen lassen. Bei dem Dunkel, in das der elektrische Strom gehüllt ist, sind alle vorhandenen Hilfsmittel nützlich, damit eine Prüfung durch eine andere controlirt werden kann. Diesem Zwecke eignet sich jedes Mittel, das von dem Factor des Stromes abhängig ist, den man zu kennen wünscht, und dessen Abhängigkeit genügend bekannt ist. Hiernach dürfte nur ein einziges, aber leider oft benutztes Prüfungsmittel durchaus verwerflich seyn, die Magnetisirung von Eisen- oder Stahl-Nadeln. Wir vernehmen zwar die Sprache dieses Mittels, aber wir verstehen sie nicht.

§. 1. Elongation der Magnetnadel.

Die Magnetnadel erhält durch einen ihr parallel fließenden Entladungsstrom keine dauernde Ablenkung, sondern nur eine bestimmte Geschwindigkeit, vermöge welcher sie zu einer momentanen Elongation fortgetrieben wird. Diese Geschwindigkeit, durch die Sehne des Elongationswinkels (Sinus des halben Winkels) gemessen, ist proportional dem Producte der magnetischen Kraft, die dem Schließungsdrahte durch die Entladung ertheilt wird, in die Dauer dieser Kraft. Weder der Magnetismus des Schließungsdrahtes, noch die Zeit seines Bestehens ist direct bestimmt worden; es konnte aber aus den Versuchen über die Ablenkung selbst geschlossen werden, dafs der Magnetismus proportional der Dichtigkeit der Elektrizität in der Batterie ist, dividirt durch den Verzögerungswerth des Schließungsbogens (Elektricitätslehre §. 515). Multiplicirt man diesen Bruch mit dem Ausdrücke, der aus Wärmeversuchen für die Zeit der Entladung gefunden worden, so fallen aus dem Producte alle Factoren des Stromes heraus, bis auf die Elektrizitätsmenge, wenn man die Art der Entladung constant annimmt. Bei gleicher Art der Entladung misst die Elongation der Magnetnadel die in dem Strome entladene Elektrizitätsmenge, und

giebt durch die Seite, nach der sie stattfindet, die Richtung des Stromes an.

Die Unabhängigkeit der magnetischen Elongation von der Beschaffenheit des Schließungsbogens bildet keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem Strome der leydenen Batterie und dem der voltaischen Kette, obgleich der letztere, bei gleichbleibender kurzer Dauer der Schließung, die Nadel zu einer desto größeren Elongation fortreibt, je besser leitend der Schließungsbogen ist. Diefs ist eine Folge davon, dafs bei der leydenen Batterie die Zeit der Einwirkung des Schließungsbogens auf die Magnetnadel nicht in unserm Belieben steht, wie bei der voltaischen Kette. Wird z. B. die magnetische Kraft des Schließungsbogens der leydenen Batterie durch Verlängerung des Bogens auf die Hälfte gebracht, so wird nothwendig die Zeit der Einwirkung auf die Nadel verdoppelt. Man denke sich die Batterie nach jeder Entladung sogleich wieder geladen, und lasse sie eine bestimmte kurze Zeit geschlossen, so wird die Elongation der Nadel von der Beschaffenheit des Schließungsbogens abhängig seyn, weil jetzt die Zeit der Einwirkung auf die Nadel constant, und die magnetische Kraft des Bogens seinem Verzögerungswerthe umgekehrt proportional ist. Diefs ist der Fall der voltaischen Kette, die hiernach als eine nach jeder Entladung sich wieder ladende leydenen Batterie betrachtet werden kann, ein Fall der, theoretisch genommen, keinen Unterschied zwischen den Strömen beider Apparate begründet ¹⁾.

- 1) Es bezeichne q die Elektrizitätsmenge, mit der eine Batterie geladen ist, z ihre Entladungszeit, so ist, wenn z' die Schließungsdauer der Batterie bedeutet, die Sehne der magnetischen Elongation, nach dem oben angeführten Gesetze, proportional $\frac{q}{z} z'$. Dieser Ausdruck bestimmt die im Texte angegebene Abhängigkeit der magnetischen Elongation von der Beschaffenheit des Schließungsbogens, sowohl für den Strom der leydenen Batterie, wie für den der voltaischen Kette. Bei der Batterie ist $z' = z$, weil jene nur Einmal geladen ist, und deshalb ist die Elongation vom Schließungsbogen unabhängig; bei der Kette, die beliebig oft entladen werden kann, ist die Zeit z' willkürlich, wenn sie nur ver-

Die Benutzung der magnetischen Elongation als Prüfungsmittel für die Elektrizitätsmenge des Entladungsstromes verlangt große Vorsicht. Der Strom darf nicht so lange dauern, daß während seines Verlaufes die Nadel sich merklich vom Meridian entfernt hat, weil sonst die Elongation zu groß wird, und darf dagegen nicht zu kurze Zeit dauern, weil sonst die Nadel zu wenig oder gar nicht abgelenkt wird. Ist daher der Schließungsbogen des Stromes metallisch, so darf der Strom nur eine sehr geringe Dichtigkeit besitzen; ist seine Dichtigkeit größer, so muß er durch Einschaltung von feuchten Leitern in die Schließung verzögert werden. Dieselbe Ladung der Batterie durch einen unveränderten Schließungsbogen entladen, kann je nach der Art der Entladung in einem Theile des Bogens, sehr verschiedene Elongationen der Magnetnadel hervorbringen. Die der Elektrizitätsmenge des Stromes nicht entsprechende zu geringe Elongation rührt nicht allein, wie häufig angegeben wird, von dem zufälligen Umstande her, daß bei den gebräuchlichen Multiplicatoren der Strom einen Theil der Windungen überspringt; sie findet gleichfalls statt, wenn jede Windung von der folgenden durch eine dicke Lage von Guttapercha getrennt, und damit das Ueberspringen der Elektrizität verhindert ist. Trotz der beschränkten Anwendbarkeit des betrachteten Prüfungsmittels würde es große Dienste leisten können bei den Nebenströmen der Batterie, aber da ist es nicht sicher. Matteucci, Buff und Masson haben Untersuchungen veröffentlicht, nach welchen die Elongation der Nadel bei den Nebenströmen mit Erfolg zu benutzen wäre; mir selbst ist es nicht gelungen, constante unzweideutige Anzeigen zu erhalten.

flossen ist, ehe die Nadel den Meridian verlassen hat. Wird α' constant gesetzt, so ändert sich die Elongation mit dem Schließungsbogen. Man sieht ferner, daß die Größe $\frac{q}{z}$ die im Batteriestrome entladene Elektrizitätsmenge ausdrückt, die im Strome der voltaischen Kette entladene aber nur unter der Voraussetzung, daß die zu den wiederholten Ladungen der Kette verbrauchte Zeit verschwindend klein sey.

§. 2. Magnetisirung von Eisennadeln.

Eine Eisennadel, sie sey mit mehr oder weniger Kohle verbunden, wird magnetisch durch den Entladungsstrom, mit dessen Bahn sie einen Winkel bildet, und zwar ist ihr Magnetismus desto stärker, je mehr sich dieser Winkel einem rechten nähert, und ein je größerer Theil des Schließungsdrahtes in die Nähe der Nadel gebracht ist. Umwindet man daher eine Eisen- oder Stahl-Nadel mit einem Drahte in engen Windungen, so hat man ein Mittel, dessen Empfindlichkeit sich beliebig steigern läßt, welches das Daseyn eines elektrischen Stromes anzeigt. Aber mehr nicht. Durch Untersuchung des Magnetismus der Nadel, sey es, dafs man sie schwingen oder eine bewegliche Magnetonadel ablenken läßt, erfährt man Nichts über den Strom, der sie magnetisirt hat. Die Empfindlichkeit des Mittels und die Leichtigkeit seiner Anwendung hat häufig verleitet, es zur Prüfung von elektrischen Strömen anzuwenden, und Marianini hat dazu ein eigenes Instrument unter dem Namen *Rhe-Elektrometer* angegeben ¹⁾, das aus einer mit Draht spiralförmig umwundenen Eisen- oder Stahl-Nadel besteht, die im Kreuz über einer Bussol-Nadel befestigt ist. Ein durch den Draht geschickter elektrischer Strom magnetisirt die Stahlnadel und bringt die Bussol-Nadel zu einer dauernden Ablenkung, die ein Maafs des Stroms abgeben soll. Eine schon damals seit 10 Jahren vorliegende Abhandlung Savary's lehrt aber, dafs diese Ablenkung, weit entfernt, den Strom zu messen, über keinen einzigen seiner Factoren mit Sicherheit entscheiden läßt. Savary's Versuche nämlich, von welchen ein kleiner Theil von mir, ein größerer von Hankel mit gleichem Erfolge wiederholt worden ist, haben gelehrt, dafs Ströme, die successiv in einem bestimmten Sinne verändert werden, eine Stahlnadel periodisch stärker und schwächer magnetisiren. Benutzt man z. B. Ströme, deren Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit fortwährend wächst, oder Ströme, deren Entladungszeit durch Verlängerung ihrer Schließung fortwährend zunimmt, so zeigt der Magnetismus der durch sie

1) *Memorie di fisica sperimentale** Modena 1838 an primo p. 21.

magnetisirten Nadeln für eine Anzahl auf einander folgender Ströme, theils eine Zunahme, theils eine Abnahme. Häufig tritt dazu noch eine Aenderung der Richtung des Magnetismus, so dafs ein an bestimmter Stelle der Drahtschraube liegendes Ende der Nadel durch einen Strom ein Nordpol, durch den zunächst folgenden ein Südpol wird. Die Ausdehnung dieser Magnetisirungsperioden ist veränderlich mit den Dimensionen und der Beschaffenheit der zu magnetisirenden Nadel, mit den Dimensionen der Batterie und mit der absoluten Elektrizitätsmenge ihrer Ladung. Der Einflufs der Beschaffenheit der Nadel läfst sich zum Theil vermeiden, wenn man sich stets derselben Nadel bedient, die nach jedem Versuche durch Glühen unmagnetisch gemacht wird; doch ist damit wenig gewonnen. Magnetisirt man nämlich diese Eine Nadel durch einen unbekanntem Strom, so läfst sich aus ihrem Magnetismus nicht bestimmen, ob der Strom eine gröfsere oder geringere Elektrizitätsmenge oder Dichtigkeit besessen habe, als ein bekannter Strom, ob er längere oder kürzere Zeit gedauert habe, ob er mit ihm gleichgerichtet oder ihm entgegengerichtet sey. Es ist dagegen bemerkt worden, dafs die Versuche Savary's und seiner Nachfolger, aus welchen diese Unbestimmtheit der Anzeige folgt, mit Nadeln von geringen Dimensionen angestellt worden sind. Ich habe mich aber überzeugt, dafs gröfsere Nadeln, wie sie zum *Rhe-Elektrometer* gebraucht werden, keine bestimmtere Sprache reden in Bezug auf Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit und Entladungsdauer des Stromes; nur in Rücksicht auf die Richtung des Stromes sind solche Nadeln weniger unzuverlässig. Aber sicher sind sie auch darin nicht. Masson hat vor Kurzem behauptet, dafs bei der Anzeige der Richtung von Nebenströmen das *Rhe-Elektrometer* vollkommen sicher sey (*Ann. de phys. et chim. avril 1858*), wogegen der folgende Versuch entschieden spricht.

Ich habe vor langer Zeit angegeben, dafs die Magnetisirung durch den secundären Strom stets ihre Richtung ändert, wenn in den Hauptschließungsbogen ein langer schlecht-

leitender Draht eingeschaltet wird. Die Versuche waren an feinen kurzen Nähnadeln angestellt worden (Pogg. Ann. Bd. 47, S. 64); sie sind jetzt mit Nadeln aus weichem englischem Gufsstahl wiederholt worden, die fast 3 Zoll ($34\frac{1}{6}$ par. Linie) lang, $\frac{7}{8}$ Linie dick waren. Es wurden vier solche Nadeln gebraucht, die in eine Glasröhre und mit derselben in eine Drahtschraube gebracht wurden, welche $6\frac{1}{6}$ Zoll lang, $2\frac{1}{6}$ Linie weit, aus einem mit Seide besponnenen, 100 Zoll langen, $\frac{3}{8}$ Linie dicken Kupferdraht, schraubenrecht gewunden war. Diese Drahtschraube wurde nebst einem elektrischen Thermometer in die, ganz aus Kupferdraht bestehende, Nebenschließung einer Batterie eingeschaltet, deren Hauptschließung aus gutleitenden Stücken zusammengesetzt war. Die durch den secundären Strom magnetisirte Nadel wurde an einer Bussole geprüft, die Richtung ihres Magnetismus als positiv bezeichnet, wenn ein Nordpol dem Ende der Drahtschraube entsprach, an dem der Nebenstrom bei gleicher Richtung mit dem Hauptstrom, austrat. Ich erhielt bei gleicher Ladung der Batterie die folgenden Erwärmungen des Thermometers und Ablenkungen der Bussole durch die magnetisirte Nadel.

In der Hauptschließung	In der Nebenschließung	
	Erwärmung	Ablenkung d. Bussole
keine Einschaltung	40,0	+ 10 ^o
	40,3	+ 8,3
Platindraht 0 ^{'''} ,80554 dick 4,9 Fufs lang	2,0	— 11,5
	103,6	1,0 — 15,5

Die Verlängerungen des Hauptdrahtes durch Platindrähte, welche die Erwärmung durch den Nebenstrom so bedeutend verminderten, verstärkten nicht nur den, durch denselben Strom erregten Magnetismus von Stahladeln, sondern kehrten auch ihre magnetische Richtung um. Diese Erfolge, wenn auch natürlich nicht in den absoluten Werthen der Ablenkung, sind vollkommen sicher. Da hier kein Grund vorhanden ist für eine veränderte Richtung des Nebenstromes selbst, so kann hierin nur eins der Räthsel der Magne-

tisirung erkannt werden, wie sie bei Anwendung von Haupt- und Neben-Strömen so häufig vorgekommen sind. Ehe diese Räthsel nicht ihre Lösung erhalten haben, wird die Anwendung der Magnetisirung zur Prüfung elektrischer Ströme nicht gestattet' seyn.

§. 3. Schlagweite.

Die größte Entfernung, welche in freier Luft der Funke überspringt, der die Entladung der Batterie herbeiführt, ist der mittleren Dichtigkeit der Elektrizität in der Batterie proportional, die größte Entfernung in Luft, durch welche der Strom im Schließungsbogen übergeht, dem Quadrate dieser Dichtigkeit. Oder, wie man diese Erfahrungen kurz ausdrückt, die Schlagweite der ruhenden Elektrizität ist proportional der Dichtigkeit, die der bewegten Elektrizität dem Quadrate der Dichtigkeit in der Batterie (Elektricitätslehre §. 805). Ich habe vor langer Zeit gezeigt, daß die Schlagweite der ruhenden Elektrizität unabhängig von der Beschaffenheit des Schließungsbogens ist, und es war nicht zu zweifeln, daß diese Unabhängigkeit auch für die Schlagweite bewegter Elektrizität statt habe. Die folgenden Versuche bestätigen dies vollkommen.

Es wurde an einer Batterie von 3 Flaschen, jede von 2,6 Quadratzufs Belegung, ein Schließungsbogen angebracht, in welchem sich neben einem elektrischen Thermometer das Funkenmikrometer befand, dessen Kugeln von $6\frac{1}{4}$ Linien Durchmesser, eine Linie von einander entfernt standen. Die Batterie wurde, wie gewöhnlich, durch einen fallenden Metallarm entladen, aber darauf gesehen, daß sowohl an diesem, wie in der Lücke des Schließungsbogens ein Funke erschien. Dieser erschien nicht, als die Batterie mit der Elektrizitätsmenge 10, zu deren Messung die Kugeln der Maafsflasche $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt waren, wohl aber als sie mit der Menge 11 geladen war. Das Thermometer zeigte dabei (in 2 Versuchen) eine Erwärmung von 46,3 und 45 Linien. Es wurde darauf der Schließungsbogen zwischen dem Innern der Batterie und dem Funken-

mikrometer durch einen 103,6 Fufs langen, 0,0554 Linien dicken Platindraht verlängert. Der Funke erschien wiederum bei Ladung der Batterie mit der Elektrizitätsmenge 11, das Thermometer wurde aber nur bis 1,5 und 1,5 Linie erwärmt. Als endlich an die Stelle des Platindrahtes eine 1 Fufs lange mit Wasser befeuchtete Hanfschnur gesetzt war, übersprang zwar der Funke die Lücke im Schließungsbogen, das Thermometer blieb aber unbewegt. Es gehen also die verschiedensten Entladungsströme durch dieselbe Luftstrecke über, wenn sie nur von gleich dichter Elektrizität herrühren. Die Verschiedenheit der Ströme war nicht nur durch die Thermometerbeobachtung gegeben, sondern wurde durch den Funken selbst angezeigt, der durch die Einschaltung außerordentlich an Glanz verlor, was Heller schon vor langer Zeit beobachtet hat.

Die hinzukommende Schlagweite im Schließungsbogen ändert die Gesetze nicht, die an den Entladungsströmen gefunden wurden, als nur der nothwendige Entladungsfunke dicht an der geladenen Batterie stattfand. Es wurden bei derselben Unterbrechung im Schließungsbogen von einer Linie vier Beobachtungsreihen der Erwärmung angestellt, jede mit den Elektrizitätsmengen 11, 13, 15, aber mit Einschaltung einer verschiedenen Länge eines 0,0554 Linie dicken Platindrahtes in den Schließungsbogen.

Länge des ein-

geschalt. Drahtes	0,978	1,955	5,865	9,775 Fufs.
-------------------	-------	-------	-------	-------------

Erwärmung für

Einheit d. Ladung	0,70	0,55	0,28	0,19 Fufs.
-------------------	------	------	------	------------

Die aus drei Beobachtungen berechneten Erwärmungen schliessen sich den Werthen 0,70, 0,54, 0,28, 0,19 vollkommen an, die nach dem für den vollen Bogen geltenden Gesetze gefunden werden. Nicht weniger merklich, wenn auch weniger genau in den Zahlenwerthen, erscheint der Einfluss des Schließungsbogens auf die Erwärmung, wenn der Bogen durch eine tropfbare Flüssigkeit unterbrochen ist, die der Entladungsstrom mit einem Funken durchbricht. Ich wähle das folgende Beispiel seines anderweitigen Interesse wegen.

Der Schließungsbogen war durch eine Kochsalzlösung unterbrochen, in welche die in einer früheren Abhandlung von mir benutzten Elektroden tauchten: ein $\frac{1}{8}$ Linie dicker in Glas eingeschmolzter Platindraht und eine $4\frac{1}{2}$ Linien dicke Messingkugel, welche 0,8 Linie von dem Drahtende entfernt blieb. Je nach der Verbindung dieser Elektroden mit dem Schließungsbogen wurde der Platindraht positive Elektrode, und dann trat in der Flüssigkeit die starke Funkenentladung ein, oder negative Elektrode, was die schwache Funkenentladung zur Folge hatte. Es wurde aus drei Flaschen die Elektrizitätsmenge 14 entladen, um nicht zu kleine Erwärmungen zu erhalten. Die Einschaltungen in den Schließungsbogen geschahen mit einem isolirten 0,0554 Linie dicken Platindraht, von dem eine Länge 1,955 par. Fufs mafs. Es wurden folgende Erwärmungen des Thermometers Einmal beobachtet.

Einschaltung	0 1 3 5 9 Längen				
	Erwärmung				
bei starker					
Funken-Entlad.	40,4	30	13,3	11,5	6,6
schwacher	7,8	6,7	5,5	4,0	3,7

Sowohl bei starker, wie bei schwacher Funkenentladung nimmt der Strom bedeutend ab mit Verlängerung des Schließungsbogens, aber in gröfserem Verhältnisse bei der starken Funkenentladung. Während hier, durch Einschaltung von 9 Längen Platindraht in die Schließung, der Strom von 1 auf $\frac{1}{6}$ gebracht wird, sinkt er bei der schwachen Entladung nur im Verhältnisse von 1 zu $\frac{1}{2}$. Hierdurch erhält meine Vermuthung eine neue Bestätigung, dafs bei der schwachen Funkenentladung eine gröfsere Verzögerung der Entladung bei ihrem Uebergange von den Elektroden in die Flüssigkeit stattfindet, als bei starker Entladung (Berichte 1858, S. 566) ¹⁾. Die Schlagweite läfst sich in einer Flüssigkeit nicht genau bestimmen, weil die Entladung der Batterie auch dann vollständig ist, wenn kein durch die ganze Flüssigkeitsschicht schlagender Funke bemerkt wird, und ehe dieser erscheint, an jeder Elektrode ein gesonder-

1) Diese Annal. Bd. 106, S. 71.

ter Funke auftritt. Doch habe ich beobachtet, daß der erste scheinbar die ganze Schicht der Salzlösung durchsetzende Funke bei derselben Dichtigkeit der Batterie eintrat, der Schließungsbogen mochte keine oder eine Einschaltung von 53 Längen Platindraht enthalten.

Die Schlagweite giebt ein sicheres Prüfungsmittel für die Dichtigkeit der Elektrizität eines Entladungsstromes. Bei dem Strome des Magnet-elektrischen Inductionsapparates, der sich dem Entladungsstrome anschliesst, kann die Schlagweite auch als Prüfungsmittel der Richtung des Stromes dienen. Sucht man nämlich an diesem Apparate die Schlagweite in freier Luft zwischen einer Metallspitze und Fläche, so findet man die Weite bedeutend gröfser, wenn die Spitze positive Elektrode ist, also der Strom von der Spitze zur Fläche geht, als im andern Falle. Es wurde eine Gabel aus einem $\frac{2}{3}$ Linie dicken Messingdraht gefertigt, deren zwei Zinken $\frac{1}{3}$ Zoll lang waren und 7 Lin. von einander standen. Das Ende der einen Zinke wurde scharf zugefeilt, das der andern abgeflächt; die Gabel wurde am Mikrometer angebracht und ihr gegenüberstehend eine ganz gleiche Gabel, so aber, daß der spitzen Zinke der einen Gabel die flache der andern zugekehrt war und von ihr entfernt werden konnte. Bringt man die Stiele dieser Gabeln in die Schließung des Inductionsapparates und in die größte Entfernung, in der ein anhaltender Funkenstrom übergeht, so wählt dieser stets das Zinkenpaar zum Uebergang, an welchem die spitze Zinke positive Elektrode ist. Bei dem nur momentan übergehenden Strome der leydener Batterie und ihrer Nebenströme ist dieß nicht der Fall, und der Funke geht gleichgültig an dem einen oder andern Zinkenpaare über. Hier fehlt nämlich die dauernde Luftverdünnung, welche das Prüfungsmittel verlangt und der Funkenstrom zu Stande bringt. Am Inductionsapparate gewährt die Doppelgabel eine sichere Entscheidung über die Richtung des Stromes. Die spitze Zinke, an der die Funken erscheinen, ist mit dem Ende der Inductionsrolle verbunden, das bei Oeffnung der Kette positiv wird.

Die Schlagweite selbst giebt zwar keine Anzeige der Entladungsdauer des Stromes, wohl aber kann diese nach dem Glanze und Schalle des dabei auftretenden Funkens beurtheilt werden. Eine bedeutende Verzögerung des Stromes vermindert Glanz und Schall des Funkens in hohem Grade, und eine Einschaltung eines feuchten Leiters in den Schließungsbogen ändert seine Farbe ins Rothe. Aber selbst geringe Aenderungen der Entladungsdauer können, bei einiger Aufmerksamkeit des Beobachters, nicht unbemerkt vorübergehen. Es ist dieß bei allen Strömen der Fall, sowohl dem Batteriestrome und seinen Nebenströmen, wie dem Strome des Inductionsapparats, und wird besonders wichtig in Fällen, wo die Aenderung der Entladungsdauer nicht durch Aenderung der Strombahn, sondern durch Einwirkung von Nebenströmen verursacht wird, die zuweilen sich dadurch zuerst bemerklich machen.

Die Richtung des Stromes ist an dem momentanen Funken in freier Luft nicht zu erkennen, aber leicht an dem dauernden Funken des Inductionsapparates. Ist dieser Funkenstrom so dicht, daß er merklich ein Stück der Elektroden deckt, so erscheint an Einer Elektrode eine charakteristische blaue Färbung des Funkens, die, Einmal gesehen, in späteren Fällen nicht zu übersehen ist. Diese Färbung bezeichnet stets die negative Elektrode (welche durch den Oeffnungsstrom negativ wird). In sehr verdünnter Luft wird die blaue Färbung auch an einem Funkenstrome von kurzer Dauer merklich. In dieser Weise hat Poggendorff die entgegengesetzte Richtung der beiden Ströme augenfällig gemacht, welche bei dem Aufsetzen und Abheben des Elektrophorschildes entstehen (Pogg. Ann. Bd. 99, S. 176).

§. 4. Erwärmung.

Die Erwärmung eines Stückes des Schließungsdrahts giebt das wichtigste Mittel zur Prüfung des Entladungsstromes, da jene, mit Ausnahme der Richtung, von allen Factoren des Stromes abhängt, diese Abhängigkeit genau bekannt und ihre Beobachtung leicht und sicher auszuführen

ist. Bei dazu besonders eingerichtetem Schließungsbogen wird auch die Richtung durch die Erwärmung indirect bestimmt, und dann in sehr auffälliger Weise. Ist nämlich der Schließungsbogen an einer Stelle durch eine Flüssigkeit mittleren Leitungsvermögens unterbrochen, und besitzen die darein tauchenden Enden des Bogens eine verschiedene Ausdehnung, so erhält man eine verschiedene Erwärmung im übrigen Schließungsbogen, je nachdem der Strom von der kleinen zur großen Elektrode oder umgekehrt, durch die Flüssigkeit geht. Wo es erlaubt ist, eine solche Unterbrechung im Schließungsbogen anzubringen, ist es daher leicht, die Richtung des Stromes im ganzen Bogen durch die Erwärmung zu bestimmen. Bei den von mir bisher benutzten Flüssigkeiten (Schwefelsäure, Salpetersäure, Kochsalz-, Kali-Lösung in verschiedenen Verdünnungen) trat stets die größere Erwärmung ein, wenn der Strom von der kleinen zur großen Elektrode durch die Flüssigkeit ging. Doch würde es nicht auffallen, wenn sich eine Flüssigkeit fände, bei der es sich umgekehrt verhielte, da der Fall vorliegt, wo die stärkere Erwärmung beobachtet wird bei dem Uebergange des Stromes von der großen zur kleinen Elektrode. Diefs geschieht, wenn die Elektroden, statt in einer tropfbaren Flüssigkeit, sich in stark verdünnter Luft befinden.

§. 5. Elektrodynamische Abstofsung.

Die Abstofsung eines beweglichen Theiles des Schließungsbogens durch einen festen Theil hängt ab, nach W. Weber's Versuchen zu urtheilen, von der Elektrizitätsmenge, der Dichtigkeit und der Entladungsdauer des Stromes, und die Winkelgeschwindigkeit des abgestoßenen Stückes kann durch dieselbe Formel bestimmt werden, welche die durch den Strom, in einem constanten Stücke des Schließungsbogens, erregte Wärme misst. Die Abstofsung wird demnach ein Prüfungsmittel für den Entladungsstrom abgeben, und da es bei schwachen Strömen anwendbar ist, wo die Erwärmung nicht mehr genau zu messen ist, diese er-

setzen können. Diefs Prüfungsmittel bei stärkeren Strömen anzuwenden, verbietet die jetzige Einrichtung des dazu construirten Instrumentes, das eine große Drahtlänge in den Schließungsbogen bringt, deren Isolation nicht genügend ist, das Ueberspringen von Funken zu verhindern. Diese Mängel zu beseitigen, ist vor einigen Jahren der Versuch gemacht worden, der jedoch, da er bis jetzt nicht veröffentlicht ist, mißlungen zu seyn scheint.

§. 6. Mechanische Wirkung. Glühen von Metalldrähten.

Die mechanische Wirkung des Entladungsstromes nimmt zu, bei gleicher Art der Entladung, mit der Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit in der Batterie, und ist abhängig von der durch die Beschaffenheit des Schließungsbogens bestimmten Entladungsdauer. Je länger diese Dauer, desto schwächer ist die Wirkung. Es wurde ein dicker Prefsspan (eine sehr dichte geglättete Pappe) zwischen zwei Spitzen im Schließungsbogen geklemmt, und dadurch die Elektrizitätsmenge 20 aus drei Flaschen entladen. Der Prefsspan wurde mit starkem Licht und Knall durchbohrt; das Loch war völlig frei, seine Ränder, nach beiden Seiten wulstig und zerissen, traten bedeutend über die Flächen hervor. Als zum Schließungsbogen ein 103,6 Fufs langer, 0,0554 Linie dicker Platindraht hinzugesetzt war, durchbohrte dieselbe Ladung den Prefsspan mit schwachem Licht und Schall; das Loch war nicht durchsichtlich und seine wenig erhabenen Ränder hatten den Glanz behalten. Bei Einschaltung einer $8\frac{1}{3}$ Zoll langen, $3\frac{1}{2}$ Linien dicken Säule von destillirtem Wasser, waren die Entladungszeichen kaum merklich; der Prefsspan wurde in einem äußerst zarten Loche durchbohrt, dessen Ränder weder dem Gefühle noch dem Gesichte über der glänzenden Fläche erhaben erschienen.

Auch in tropfbaren Flüssigkeiten ist die mechanische Wirkung nach der Beschaffenheit des Schließungsbogens in gleicher Weise verschieden. Es wurde in schwacher Kochsalzlösung eine Messingkugel einem in Glas eingeschmolzenen Platindrahte in 0,8 Linie Entfernung gegenüber gestellt und

mit einer Röhre von gefirniftem Seidenpapier umgeben. Der Draht war positive Elektrode. Als die Elektrizitätsmenge 14 aus 3 Flaschen durch die Flüssigkeit entladen wurde, und im Schließungsbogen aufser einem elektrischen Thermometer, ein 17,6 Fufs langer Platindraht sich befand, blieb die Röhre ganz, das Thermometer zeigte 8 Linien Erwärmung. Der Platindraht wurde bis 9,8 Fufs verkürzt, das Thermometer wurde zu 13,6 Linien erwärmt, die Röhre blieb unverletzt. Nachdem aber der Platindraht entfernt worden, wurde das Thermometer zu 54 Linien erwärmt und die Röhre in einer Länge von 9 Linien aufgeschlitzt.

Wie die mechanische Wirkung verhält sich das Glühen von Metalldrähten, das ein bequemes und genaueres Prüfungsmittel des Stromes abgiebt. In früheren Versuchen hatte sich gezeigt, dafs ein Draht von beliebiger Länge, dessen Metall und Dicke unverändert bleibt, durch einen Entladungstrom ins Glühen kommt, der ein in der Schließung befindliches Thermometer zu einem bestimmten Grade erwärmt. Diese Unabhängigkeit des Glühens von der Länge des Drahtes zeigte, dafs das Glühen, obgleich durch eine verschiedene Entladungsart hervorgebracht, in derselben Abhängigkeit von Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit und Entladungsdauer steht, wie die Erwärmung. Der folgende Versuch läfst dies leichter erkennen. Ein Platindraht 1 Zoll lang, 0,037 Linie dick, war in den Schließungsbogen neben einem elektrischen Thermometer eingeschaltet, dessen Draht 0,0819 Linie dick war. Die Elektrizitätsmenge 15 aus drei Flaschen entladen, brachte den Platindraht zum Glühen, das Thermometer zur Erwärmung von 24,4 Linien. Es wurden zum Schließungsbogen 5,8 Zoll eines 0,0554 Linie dicken Platindrahts hinzugesetzt. Das Glühen des Zolllangen Drahtes erfolgte erst mit der Elektrizitätsmenge 18, die das Thermometer zu 24,2 Linien erwärmte. Die Verlängerung des zugesetzten Drahtes bis $23\frac{1}{2}$ Zoll machte die Anwendung der Elektrizitätsmenge 26 nöthig, die den Draht zum Glühen und das Thermometer zur Erwärmung 23,7 brachte. Man sieht, dafs das Glühen bei jeder Länge des

Schließungsbogens mit derselben Stromstärke eintritt, und daher das Glühen eines Drahtes, dessen Stoff und Dicke gegeben ist, ein Prüfungsmittel abgibt auf einen Entladungsstrom von bestimmter Stärke.

Hieraus folgt ferner, daß wenn man den glühenden Draht zur Zündung eines Stoffes benutzt, wie es bei Anwendung der voltaischen Säule geschieht, man ganz dieselbe Unbequemlichkeit erfährt, wie dort. Die Zündung ist durch eine kleine leyden'sche Batterie oder voltaische Säule zu bewirken, wenn sie in einem kurzen gutleitenden Schließungsbogen geschehen soll, und erfordert große Apparate und starke Ladung, wenn der Schließungsbogen sehr lang ist. Aber eine solche Zündung kann nur uneigentlich eine elektrische genannt werden; es ist eine Zündung durch einen heißen Draht, der durch einen elektrischen Strom erhitzt worden ist, und die daher den Bedingungen unterliegt, von welchen die Erhitzung abhängt. Ganz anders verhält es sich mit der eigentlich elektrischen Zündung, von der im folgenden Paragraphen die Rede ist.

§. 7. Chemische Wirkung. Zündung.

Die Zersetzung einer Flüssigkeit, zu der vorzugsweise die Jodkaliumlösung gewählt wird, liefert ein sicheres Prüfungsmittel für die Richtung des Entladungstromes, wenn die Dauer desselben nicht zu klein ist. Der leicht kenntliche Jodfleck bezeichnet die positive Elektrode, die Stelle an welcher der Strom in das mit der Lösung befeuchtete Papier eingetreten ist. Weniger geeignet ist der Jodfleck, wozu er zuweilen gebraucht worden, über die im Strome entladene Elektrizitätsmenge zu entscheiden. Die Menge der zersetzten Substanz hängt nämlich nicht nur von der Elektrizitätsmenge des Stromes ab, sondern auch von seiner Dichtigkeit und von der Entladungsdauer, die durch die Beschaffenheit des Schließungsbogens bestimmt wird. Entladet man eine gegebene Elektrizitätsmenge aus einer kleinen Batterie durch einen gutleitenden Schließungsbogen, so ist der Jodfleck kleiner und weniger intensiv, als wenn man

eine große Batterie dazu gebraucht, oder in den Schließungsbogen einen langen schlechtleitenden Draht oder eine Wassersäule einschaltet. Gleiche Jodflecke lassen deshalb nur dann auf gleiche Ströme schließen, wenn man überzeugt ist, daß Dichtigkeit und Entladungsdauer der verglichenen Ströme dieselben sind.

Zur elektrischen Zündung trägt die chemische, die mechanische und die erwärmende Wirkung des Stromes bei. Nehmen wir Elektrizitätsmenge und Dichtigkeit des Stromes unverändert an, so wird mit zunehmender Entladungsdauer die chemische Wirkung verstärkt, die mechanische und erwärmende Wirkung vermindert. Je nach der Natur des Zündstoffes ist es die eine oder andere Wirkung, welche die Zündung hauptsächlich bedingt. Nimmt man dazu, daß der Stoff selbst, der in einer Lücke des Schließungsbogens angebracht wird, die Entladungsdauer verändert, so wird es begreiflich, daß bei verschiedenem Zündstoffe eine verschiedene Abhängigkeit der Zündung von der Beschaffenheit des Schließungsbogens bemerkt wird. Bei einigen Substanzen ist die gute Leitung des Bogens der Zündung günstig, bei andern gleichgültig, bei noch andern entschieden hinderlich. Zum Beispiel: mit Harz bestreute Baumwolle und Alkohol wird leichter entzündet, wenn der Schließungsbogen gut leitet, Schießwolle leichter, wenn in ihn ein langer Draht oder eine Flüssigkeitssäule eingeschaltet ist. Phosphor, Schießpulver und Feuerschwamm werden nur bei hinlänglich großer Verzögerung des Stromes entzündet, so daß diese Stoffe als Prüfungsmittel für die Dauer des Entladungsstromes dienen, in der Art, daß ihre Zündung anzeigt, diese Dauer übersteige eine gewisse Zeit. Pfaff hat mit Schießpulver die gleiche Entladungsdauer zweier Ströme zu bestimmen gesucht, indem er, in verschiedenen Versuchen, eine Säule von einer und einer andern Flüssigkeit in den Schließungsbogen einschaltete von solcher Länge, daß im Bogen befindliches Schießpulver nicht entzündet wurde. Er vergrößerte darauf behutsam die Entladungsdauer der Ströme durch Verlängerung jeder Flüssigkeits-

säule, bis eine Zündung des Pulvers erfolgte. Da die Flüssigkeitssäulen in gleichen Röhren eingeschlossen waren, also gleiche Dicke hatten, so gab das Verhältniß ihrer Längen eine Schätzung des Leitungsvermögens der angewandten Flüssigkeiten. Der Feuerschwamm würde, nach meinen Versuchen, als bequemerer Prüfungsmittel zu demselben Zwecke dienen können.

Bei der Zündung läßt sich am schlagendsten zeigen, zu wie großen Irrthümern die Anwendung von Prüfungsmitteln des Stromes führt, deren Eigenschaften man nicht kennt. Durch die Wahl des Zündstoffes kann nach Belieben die Meinung scheinbar unterstützt werden, daß der Strom der leydenerschen Flasche durch zunehmenden Leitungswiderstand geschwächt werde, oder von diesem Widerstande unabhängig sey, oder gar durch ihn verstärkt werde.

§. 8. Polarisirung von Metallplatten. Bildung von Staubfiguren. Durchbohrung von Papier.

Die Polarisirung von Metallplatten in Flüssigkeiten ist als Prüfungsmittel der chemischen Wirksamkeit und indirect der Elektrizitätsmenge von Entladungsströmen benutzt worden. Daß sie hierzu nur bei Kenntniß der Dichtigkeit und Entladungsdauer dienen könnte, folgt aus dem oben bei der chemischen Wirkung Bemerkten, aber auch dann bleibt sie zweideutig, da die Polarisation keineswegs eine schon hinlänglich aufgeklärte Erscheinung ist. Sicherer scheint ihre Benutzung als Prüfungsmittel der Richtung eines Stromes, doch wird sie auch da mit Vorsicht anzuwenden seyn, da neuere Versuche gezeigt haben, daß Elektroden besonderer Beschaffenheit durch denselben Strom in verschiedenem Sinne polarisirt werden.

Die Bildung von Staubfiguren auf einer isolirenden Platte, die in einer Lücke des Schließungsbogens angebracht ist, kann zur Erkennung der Stromesrichtung dienen, in Fällen wo die Platte geladen bleibt, wie bei dem Batteriestrom. Man erhält auf einer Fläche der Platte die charakteristische positive oder negative Staubfigur, je nachdem sie ihre Elek-

tricität von der positiven oder negativen Elektrode erhalten hat. Wird aber die Platte gleich nach der Ladung wieder entladen, wie bei den Nebenströmen, so wird von jedem Ende des Schließungsbogens eine eigenthümliche Figur gebildet, welche aus der positiven und negativen Form zusammengesetzt ist. Auch in diesem Falle ist die Figur an der einen Elektrode von der an der andern verschieden, und kann daher dienen, die Aenderung der Stromesrichtung anzugeben, nicht aber, diese Richtung sicher zu bestimmen.

Die Durchbohrung von Papier in freier Luft ist ein bequemes, in vielen Fällen sicheres Prüfungsmittel der Stromesrichtung. Man bringt hierzu zwei spitz zugeschnittene federnde Metallstreifen im Schließungsbogen an, stellt die Spitzen einander gegenüber in eine der Stärke des Stromes entsprechende Entfernung. Zwischen die Spitzen wird ein langer Papierstreifen geklemmt und nach jedem Versuche weiter gerückt. Der Entladungsstrom geht mit Funken auf einer der beiden Papierflächen eine viel gröfsere Strecke fort, als auf der andern, und durchbohrt das Papier in der Nähe einer Spitze. Die Papierfläche, über welche der Funke geht, bezeichnet die sie berührende Spitze als die positive Elektrode, so dafs die Durchbohrung in der Nähe der negativen Elektrode stattfindet. Man hat demnach die Richtung während des Stromes angegeben und nach dem Versuche erkennbar. Bei schwachen Strömen ist die Verletzung des Papiers so gering, dafs dieselbe Stelle zu mehren Versuchen dienen kann. Ich habe dies Mittel bei dem Strome der Batterie, des Elektrophors und des Inductionsapparates als sicher erprobt. Leider aber versagt es seine Dienste bei den Nebenströmen, aus dem nachweisbaren Grunde, weil diese stets von zwei Strömen der Seitenentladung begleitet sind, welche mit verschiedener Stärke und entgegengesetzter Richtung an die Spitzen treten.