IX. *Ueber die Inductions-Phänomene beim Oeffnen und Schliessen einer Volta'schen Kette;*
von Professor Dr. M. Jacobi.

(Aus den Berichten der St. Petersburger Academie; vom Verfasser übersandt.)

I.

Faraday hat bekanntlich in der 9ten Abtheilung seiner Experimental-Untersuchungen ¹⁾ eine Reihe sehr interessanter Phänomene beschrieben, die sich beim Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette besonders entschieden zeigen, wenn ein langer, spiralförmig um einen Eisenkern gewundener Draht sich in dem Kreise befindet. Diese Versuche sowohl, als auch ihre Erklärung, haben den Hrn. Prof. Moser bei der Redaction des betreffenden Artikels im ersten Bande des Repertöriums der Physik (S. 328) Veranlassung zu einer Polemik gegeben, worin derselbe Zweifel, und wie er meint „keine ungewichtigen,“ gegen die neuen Thatsachen und die daraus gezogenen Schlüsse erhebt. Ich erlaube mir daher über den fraglichen Gegenstand einige Erörterungen, von welchen ich wünsche, daß sie wenigstens die Facta retten mögen.

Nach der Faraday'schen Abhandlung über den fraglichen Gegenstand ist eigentlich wenig Neues hinzugefügt worden, wenn man den Aufsatz des Hrn. Prof. Magnus im 38sten Bande von Poggendorff's Annalen ausnimmt, worin derselbe auf mehrere wichtige Modificationen dieser Inductions-Erscheinungen aufmerksam macht. Man reicht vorläufig vollkommen damit aus, die Inductions-Phänomene beim Oeffnen und Schliessen der Kette als besondere Formen der magneto-elektrischen

1) Annalen, Bd. XXXV S. 413.

Induction zu betrachten. Um sie in allen Punkten hierauf zurückzuführen, bedarf es nur der naturgemäßen Annahme, daß der galvanische Schließungsdraht, ganz so wie jeder andere geschlossene Leiter fähig ist, magneto-elektrisch erregt zu werden. . . Alles räthselhafte, ja Geheimnißvolle verschwindet, wenn man dann ferner den Platz oder die Stelle, von welcher aus die Erregung ihren Ursprung nimmt, gehörig berücksichtigt, und das Lenz'sche Gesetz der magneto-elektrischen Spirale sich immer als Führer zur Seite gehen läßt. Freilich betrifft dieses nur die formelle Seite der Erscheinung; es fehlen noch genaue Maafsbestimmungen und noch eine genügende Erklärung der sonderbaren Modification der Effecte, die man, zwar nicht genau, aber doch verständlich genug durch Verwandlung der Quantität in Intensität nach Faraday zu bezeichnen pflegt.

2.

Zur besseren Uebersicht will ich mich des von Hrn. Prof. Moser gebrauchten Schema's (Taf. I Fig. 4) bedienen, wo ZK der galvanische Elektromotor, $ZcMdK$ der Schließungsdraht, dessen Theil M entweder gerade oder spiralförmig gewunden und nach Umständen mit einem Eisenkern versehen, $ZcbxadK$ aber eine Nebenschließung ist. Es wird also ZK die Stelle der galvanischen Erregung, das übrige aber galvanischer Schließungsbogen seyn; M dagegen die Stelle der magneto-elektrischen Erregung, deren Schließungsbogen der Nebendraht $cbxad$ und der Elektromotor ZK .

Es ist hier noch Beziehung zu nehmen auf den mechanischen Begriff des Contacts, über den ich mich schon früher ausgesprochen habe, in einer Notiz über den galvanischen Funken, welche ich die Ehre hatte der Kaiserlichen Academie vorzulegen ¹⁾, und darüber noch hinzuzufügen: Der Begriff des Contacts gestatte es nicht,

1) Siehe S. 633 des letzten Bandes d. Ann.

anzunehmen, daß derselbe instantan oder in einer unendlich kleinen Zeit vollzogen oder aufgehoben werden könne; es ist dazu eine unmeßbare kleine, aber doch endliche Zeit erforderlich, während welcher die Kraft des Stromes von Null bis zu einer endlichen GröÙe beim Schlusse, oder von einer endlichen GröÙe zu Null, beim Oeffnen der Kette *allmählig* übergeht, und zwar, weil vor dem Schließen und nach dem Oeffnen der Kette der Leitungswiderstand des Schließungsbogens als ∞ angenommen werden kann, bei vollständig vollzogenem Contact aber eine endliche GröÙe ist. Dieses allmählige, durch die Natur des Contacts bedingte, sich Bilden und Verschwinden des Stromes ist bequem oder mitunter nothwendig, bei Erklärung mancher Phänomene, zu Hülfe zu nehmen. Daß der Magnetismus eine namhafte Zeit braucht, um sich zu entwickeln oder zu verschwinden, wie Magnus zuerst entschieden gezeigt hat, ist auf die Inductions-Phänomene von einigem Einflusse, modificirt dieselben aber nur quantitativ, indem sie dadurch nach Umständen, welche wesentlich von der Qualität des Eisens abzuhängen scheinen; bald stärker, bald schwächer hervortreten mögen, ist aber zur Erklärung derselben keinesweges nothwendig.

3.

Faraday nennt diesen Inductions-Strom, da er am leichtesten in einer Nebenschließung nachgewiesen werden kann, „*extra current*,“ was man, ohne sich einem Präjudiz hinzugeben, durch Nebenstrom oder secundären Strom übersetzen könnte. Früher habe ich selbst, ehe ich die Faraday'sche Abhandlung vollständig kannte, (*Mémoire sur l'Application de l'Ectromagnetismus etc.*) den Ausdruck „*contre-courant*,“ Gegenstrom, gebraucht, weil die Erscheinungen in der Nebenschließung, die Existenz eines solchen auch im Hauptdrahte zu anticipiren, das Recht gaben, wenn er auch durch das Experiment

in dieser Form noch nicht nachgewiesen werden konnte. Hingegen setzt die Benennung „succeedirender Strom,“ wie sie im Repertorio gebraucht wird, ein Nacheinander beider Erscheinungen voraus, was vorläufig eben so wenig erwiesen ist. Vielmehr ist es den allgemeinen mechanischen Principien, über welche hinauszugehen nirgends Veranlassung ist, ganz conform, eine Gleichzeitigkeit beider anzunehmen, und den magneto-elektrischen Strom S als Function der Modification (nicht des stabilen Zustandes) der magnetischen Vertheilung durch $S = \psi(M) \delta M$ auszudrücken, wo für $M = \text{Const.}$, $S = 0$ wird. Dieser Gleichung würde es auch keinen Eintrag thun, wenn der Strom ein wirklicher wäre, und nicht blofs eine Vorstellungsweise, also etwa die Bewegung eines materiellen elektrischen Fluidums. Alsdann würde S die Kraft bezeichnen, welche dasselbe in Bewegung setzte. Wird $S = 0$, so bliebe die lebendige Kraft dieses materiellen Fluidums E^2 übrig, die erst später, und nur in Folge eines Widerstandes oder einer Reaction $= 0$ werden könnte. Die Erscheinungen würden dann aus zwei Theilen bestehen, wovon der erste dem beschleunigten elektrischen Fluidum, der zweite der verzögerten und allmählig verschwindenden Bewegung angehörten. Nur in diesem Sinne könnte man diesen zweiten Theil allenfalls den succeedirenden Strom nennen, was aber, wie man sieht, mannigfache, die innerste Natur dieser Agentien betreffende Voraussetzungen nöthig machte, welche nur durch bedeutenden Calcul eine entschiedene Begründung erhalten könnten.

4.

Um nun die Phänomene einzeln zu betrachten und zuvörderst den Funken, so ist die Steigerung desselben beim Oeffnen der Kette, wenn sich ein Elektromagnet im Kreise befindet, unstreitig, wie es auch von Faraday geschieht, als eins der stärksten Argumente für die neuen

Ströme anzusehen. Ich habe diesen Gegenstand bereits früher betrachtet, und ihn, wie ich glaube, vollständig anderen Erscheinungen angeschlossen; ich will nur erwähnen, daß es die Begriffe verwirren hiesse, wenn man einerseits sieht, wie schon geringe Modificationen in der magnetischen Vertheilung im Stande sind, Platindraht zum Glühen zu bringen, und andererseits nicht zugeben wollte, daß das völlige Verschwinden des Magnetismus im weichen Eisen, was doch gewiß eine recht bedeutende Modification genannt werden kann, Verbrennungs- oder gesteigerte Glüherscheinungen sollte hervorbringen können, in sofern durch den Apparat hierzu Gelegenheit gegeben wird. Es wäre also gewiß nicht unbillig, von einer solchen Polemik den Nachweis zu fordern, was es denn sey, daß diese nothwendigen Wirkungen des extra-current hemme? und da die natürliche Erklärungsweise des verstärkten Funkens im Repertorio für unstatthaft erklärt wird, so ist diese Forderung zu dringend, um sich durch das Argument abweisen zu lassen, daß noch Manches in der Sphäre der Magneto-Elektricität unerklärt sey, und man überhaupt daselbst auf Schwierigkeiten stofse. In der That aber gehört der Funke, den man erblickt, oder das Partikelchen, das glüht und verbrennt, der zugleich galvanisch erregten und magneto-elektrisch inducirten geschlossenen Kette an. Das Maximum seines Glanzes war ein Zeitelement früher vorhanden, ehe das vollständige Verschwinden des Magnetismus erfolgte, und coïncidirte mit dem Momente, wo die Stärke des Stromes und die GröÙe der Berührungsflächen der Wärmeentwicklung am besten entsprachen ¹⁾).

- 1) Es versteht sich übrigens von selbst, daß hier nur von dem Funken eines einfachen oder einer geringen Anzahl Plattenpaare die Rede ist, und nicht von solchen, welche durch Reibungs-Elektricität oder solche elektrische Apparate hervorgebracht werden, die am Elektrometer eine bedeutende freie Spannung zeigen.

5.

Im Repertorio wird S. 334. folgender Versuch gegen den *extra-current* angeführt: »Wenn man in den Verbindungsdraht einer Kette, auſſer einem Elektromagneten, noch eine Magnetnadel einſchaltet, welche abgelenkt wird, ſo geht dieſelbe beim Oeffnen der Kette ſo ruhig zurück, und ſo genau nach der andern Seite, um eben ſo viel, daſs hier an nichts anderes, als das Aufhören des Stromes zu denken iſt.« Dieſe Behauptung iſt in der That auffallend, da Jedermann weiß, daſs eine Nadel, bei einigermaßen groſſen Schwingungsbogen, *nicht genau* nach der andern Seite um eben ſo viel zurückgeht, und daſs die Abnahme der Amplituden ſchon bei *einer* Schwingung recht merklich iſt, bekanntlich wegen des Widerſtandes der Luft, und wenn die Nadel auf einer Spitze ſchwebt, auch wegen der Reibung im Hütchen. Aber abgeſehen hiervon, wird ſchon die erſte Amplitude verringert werden, weil die Nadel anfangen muſs zurückzugehen, *noch ehe die Kette vollſtändig geöffnet iſt*, nämlich in Folge des allmäligen verringerten Contacts und der dadurch entſtandenen allmäligen Schwächung des Stroms. Die vollſtändige Einwirkung der terreſtriſchen Richtkraft wird daher erſt einen Moment ſpäter oder dann eintreten, wenn die Kette vollſtändig geöffnet iſt. Wenn auch die Zeit, während welcher dieſer continuirlich abnehmende Magnetismus des Schlieſungsdrahtes noch wirkt, unmeſſbar klein iſt, ſo iſt die Kraft doch immer von der Art, daſs ſie eine Abnahme der Amplitude bewirken muſs. Befindet ſich ein Elektromagnet im Kreiſe, ſo wird dieſes Zeitelement zwar nicht vergrößert, weil es nur von der Weiſe abhängt, wie der Contact aufgehoben wird, der Magnetismus des Schlieſungsdrahtes wird aber verſtärkt, weil der verſchwindende Magnetismus des Eisens einen inducirten Strom hervorruft, der mit dem galvanischen eine gleiche Richtung hat. Es iſt daher keine Frage, daſs in dieſem Falle

die Abnahme der ersten Amplitude, denn von dieser kann nur die Rede seyn, gröfser seyn wird. Da aber diese Einwirkung unter den gewöhnlichen Umständen, und namentlich bei Anwendung mäfsiger Eisenmassen, nur gering ist, so sind, um dieselbe bei der Abnahme der Amplitude herauszuerkennen, feinere Beobachtungsmittel und Methoden erforderlich, welche alle anderen Umstände wohl zu berücksichtigen und zu trennen, vor allem aber damit anzufangen hätten, die bedeutenderen, aus bekannten Ursachen, und abgesehen von allen elektromagnetischen Erscheinungen, erfolgenden Abnahmen der Amplituden nicht zu verkennen.

6.

Es hat gewifs Jedermann die einfache und schöne Weise gefallen, wie Faraday den extra-current am magnetischen Galvanometer nachweist, das er im Schema bei x einschaltet. Diese Versuche sind für den extra-current von der höchsten Bedeutung, und es ist wichtig, ihre Wahrhaftigkeit und Validität über alle, selbst über die im Repertorio dagegen aufgestellten Zweifel, zu erheben. Wenn man nämlich bei x ein Galvanometer einschaltet, so wird die Nadel durch den, zwischen dem Hauptdrate M und der Nebenschließung getheilten Strom abgelenkt werden. Beim Oeffnen der Kette wird aber ein magneto-elektrischer Strom entstehen, der in M seine Erzeugungsstelle hat, und durch den Nebendraht in eine dem galvanischen Strome entgegengesetzte Richtung gehen wird. Um diesen magneto-elektrischen Stromie die volle Einwirkung zu gestatten, führt Faraday die Nadel durch einen Stift wieder in den magnetischen Meridian zurück und verhindert so die Ablenkung durch den galvanischen Strom. Nun ist es ganz richtig, dafs, wenn die Nadel an einem Seidenfaden aufgehängt ist, derselbe leicht aus der verticalen Lage kommt, indem der gehemmte Pol sich gegen den Widerstand legt und gleich-

sam dort ein Hypomochlium findet. Auch ohne magneto-elektrischen extra-current wird daher unter solchen Umständen die Nadel beim Oeffnen der Kette nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen, was indessen weniger oder vielmehr gar nicht der Fall ist, wenn man eine gut construirte Bussole, wo die Nadel auf einer Spitze schwebt, einschaltet. Um daher jede Ungewissheit zu beseitigen, ob die Ablenkung, die man wahrnimmt, dieser Zufälligkeit, oder wirklich dem extra-current zuzuschreiben sey, ist es nöthig, die Nadel an *beiden Polen* vorsichtig zu hemmen. Alsdann darf das Aufheben des galvanischen Stromes für sich kein Ausschlagen der Nadel, und nur höchstens ein geringes Vibriren bewirken, dagegen wird die Wirkung des magneto-elektrischen Stromes rein hervortreten. Diese Vorsichtsmafsregel ist zu einfach und bietet sich zu natürlich dar, als dafs ich die Absicht hätte haben können, den Hrn. Prof. Moser darauf aufmerksam zu machen, als ich, noch vor dem Druck des Repertoriums, in einem, an diesen geistreichen Physiker gerichteten Briefe, dieses Umstandes beiläufig erwähnte.

Ich habe nun die dahin gehörigen Versuche nicht nur früher bereits in Dorpat, sondern auch hier gemeinschaftlich mit dem Hrn. Akademiker Lenz wiederholt, und wir wurden beide in der Ueberzeugung befestigt, nicht nur, dafs die von Faraday beschriebenen Ablenkungen der Galvanometernadel in der Nebenschließung wirklich nach der angegebenen Richtung statt haben, sondern dafs sie auch kein Irrthum sind, und nur einzig und allein dem extra-current zugeschrieben werden können. Eine, bei x eingeschaltete, an *beiden Polen* sorgfältig gehemmte Galvanometernadel wurde beim Oeffnen der Kette, wenn bei M ein hufeisenförmiger Elektromagnet befindlich war, um 152° abgelenkt, lag aber der Anker an, so geschah dieses um 180° , und die Nadel wurde mit Gewalt gegen die Hemmung geschleudert. Wurde

statt des empfindlichen Galvanometers mit Doppelnadel eine Bussole mit einfachem Schließungsdrahte eingeschaltet, so betrug die Ablenkung 3° bis 5° , und wenn das Hufeisen durch den Anker war 7° bis 10° .

Schon diese Modification in der Ablenkung, wenn der Anker am Hufeisen anliegt oder nicht, ist der vollkommenste Beweis für den extra-current oder Gegenstrom; denn in jenem Falle ist die Summe der zerlegten Magnetismen stärker, und also der Inductionsstrom und die durch ihn bewirkte Ablenkung bedeutender.

Nun wurde das Galvanometer *mit an beiden Polen sorgfältig gehemmter Nadel* unmittelbar in den Strom gebracht, und obgleich der Strom in diesem Falle viel stärker war, und die Nadel sich kräftig gegen die Hemmung lehnte, so fand dennoch, weder beim Oeffnen noch Schließen der Kette, eine merkliche Bewegung statt, mit Ausnahme eines geringen Vibrirens, das vielmehr in der Verticalebene stattzufinden schien. Uebrigens muß noch besonders bemerkt werden, daß, nach den Versuchen des Hrn. Prof. Magnus, die sich vollständig bestätigen, das langsamere Verschwinden des Magnetismus auf die Größe der Ablenkung der Galvanometernadel bei x einen Einfluß haben muß. Ob dieselbe aber dadurch vergrößert oder verringert wird, läßt sich im Voraus schwer entscheiden, weil die Umstände, von welchen dieser Ausschlag abhängt, zu mannigfaltig sind.

7.

Was den Chemismus des extra-current betrifft, so ist hierüber weiter nichts zu sagen; denn es steht als ein Factum fest, daß bei x solche chemische Zersetzungen und physiologische Wirkungen hervorgebracht werden können, die einer erhöhten Spannung angehören, und die man bisher nur durch eine vielplattige Volta'sche Säule oder durch magneto-elektrische Induction hervorbringen konnte. Da erstere im Schema nicht gegenwärtig

tig ist, indem ZK nur ein einfaches Plattenpaar zu seyn braucht, so müßte man wirklich entweder zu einer neuen Naturkraft oder zu den Erklärungen des Repertoriums seine Zuflucht nehmen, wenn nicht glücklicherweise die ganze Anordnung des Apparates solche Ströme nicht nur zuliefse, sondern sogar forderte. Es liegt daher nahe und ist billig diese Klasse von Erscheinungen für die magneto-elektrischen Inductionsströme zu vindiciren. Und wenn das auch nur geschähe; um sie irgendwo unterzubringen, und wirklich, was nicht der Fall ist, nur ein geringer Grad von Wahrscheinlichkeit dafür spräche, so wäre derselbe dadurch gesteigert, daß die gesammten Erscheinungen, die wir bereits erwähnt haben und noch erwähnen werden, sich gegenseitig bestätigen und fordern. Die physiologischen Wirkungen, welche bei x stattfinden, werden in der Polemik, gegen die herrschenden Ansichten, gänzlich übergangen; sie sind auch zu schlagende Facta; um Zweifel von der Art dagegen zu erheben, wovon das Repertorium meint, daß sie nicht ungewichtig seyen.

9

Indessen verdankt man dem Hrn. Prof. Moser einen schönen Versuch, der durch seine positiven Resultate, die Einwirkung des extra-current auf das magnetische Galvanometer, wenn noch ein Zweifel darüber bestände, auch über diesen erheben würde. Ich meine die Methode der Amplituden. Zwar konnte ich keinen, um ein achteckiges Brett gewundenen Multiplicator anwenden (S. 336), um die dort angeführten negativen Resultate zu erhalten, dagegen habe ich mich des weiterhin erwähnten einfacheren und sichereren Verfahrens bedient. Auch bei diesen Versuchen war der Hr. Akademiker Lenz gegenwärtig, und er hatte die Güte sie zum Theil selbst mit der Schärfe und Redlichkeit anzustellen, die man an diesem Beobachter gewohnt ist. — Bei x also

wurde eine Bussole mit einem einfachen, etwa $1\frac{1}{2}''$ dickem Drahte eingebracht, der genau in den magnetischen Meridian gestellt wurde; bei M befand sich ein Elektromagnet, der wegen der Nebenschließung nur eine geringe Tragkraft hatte. Die Nadel wurde um 30° abgelenkt. Nun ward die Nadel durch einen Magnetstab, oder auch durch a tempo Schließen und Oeffnen der Kette in solche Schwingungen versetzt, daß sie auf der anderen Seite über den Nullpunkt hinausgehen. Sobald das Extrem der Amplituden den Nullpunkt erreicht, ist die Geschwindigkeit der Nadel an dieser Stelle und ihre terrestrische Richtkraft $=0$, zugleich befindet sie sich aber in der günstigsten Position gegen den Schließungsdraht.

Jetzt wird die Kette gelöst, sogleich erfolgt ein Ausschlag der Nadel, welcher bei wiederholten Versuchen 7° bis 10° betrug, und zwar nach der, der constanten Ablenkung entgegengesetzten Seite. Ist das Extrem der Amplitude noch einige Grade über den Nullpunkt hinaus, so besitzt die Nadel beim Aufheben der Kette noch eine gewisse terresterische Richtkraft, der sie folgen muß; nichts desto weniger erfolgt eine zwar schwächere, aber entschiedene Ablenkung der Nadel nach derselben Seite wie früher. Nun kann auch der Gegenversuch angestellt werden. Die Nebenschließung wird beseitigt und die Bussole unmittelbar in den Hauptdraht eingeschaltet. Dasselbe Verfahren wie früher. Sobald das Extrem der Amplitude den Nullpunkt erreicht, wird die Kette aufgehoben, und die Nadel verharret unverrückt an dieser Stelle. — Diese Resultate sind durchaus prononcirt, und die Art und Weise, wie sich die Nadel benimmt, entschieden und unverhohlen. Was deren Beweiskraft für den extra-current betrifft, so hat das Repertorium zuerst auf ihr großes Gewicht aufmerksam gemacht.

9.

Was nun den extra-current oder Gegenstrom beim Schliessen der Kette betrifft, so combiniren sich dessen Wirkungen mit denen des galvanischen Stromes in der Art, daß sie nur durch schärfere Beobachtungen und besonders durch genauere Maafsbestimmungen von denselben zu trennen und für sich darzustellen wären. Solche Beobachtungen unterliegen aber eigenthümlichen, von der Natur der Hydroketten abhängenden Schwierigkeiten, und in der That ließen sich viele der bisher angeführten Phänomene, worin man die Wirkungen eines beim Schliessen der Kette entstehenden Gegenstromes erkennen möchte, auch auf eine, allenfalls genügende Weise anderweitig erklären, wenn man nicht eben zugleich ein Bewußtseyn von magneto-elektrischer Induction überhaupt hätte.

Indessen erlaube ich mir einige Versuche anzuführen, die für den fraglichen Gegenstand völlig entscheidend sind, indem durch dieselben *ein Gegenstrom, beim Entstehen des Hauptstromes, unmittelbar im Hauptdrahte* nachgewiesen wird. Nachdem man nämlich gesehen hatte, daß magneto-elektrische Ströme fähig sind weiches Eisen zu magnetisiren, schien es möglich, daß eine Modification in der Intensität solcher Ströme eintreten könne, wenn dieselben durch eine Spirale geleitet werden, in welcher sich ein Eisenkern befindet.

Hr. Akademiker Lenz hat über diesen Gegenstand früher einige, nicht weiter publicirte Versuche angestellt, die er die Güte hatte mir mitzutheilen. Ihre Resultate finden sich in der nachfolgenden Tabelle I, und sie sind nach der bekannten, diesem Physiker eigenthümlichen Methode angestellt. Es wurden jedesmal vier Beobachtungen gemacht, um die Excentricität der Nadel und die Torsion des Fadens zu eliminiren. Der Sinus des halben Ablenkungswinkels repräsentirt die Kraft des Stromes.

T a b. I.

	Abweichungen.				Mittlere Ab- weichung a .
	1.	2.	3.	4.	
Drahtspirale ohne Eisenkern	43,2	43,8	43,9	43,7	43,65
Drahtspirale mit Eisenkern von 3"					
Länge und $\frac{1}{2}$ " Seite	43,8	44,0	43,9	43,1	43,7

Im ersten Falle war also die Kraft des Stromes:

$$K = \sin \frac{1}{2} \alpha = \sin 21^\circ 49',5,$$

im zweiten aber:

$$K = \sin \frac{1}{2} \alpha = \sin 21^\circ 51'.$$

Ferner hatte Hr. Lenz die Güte die folgenden Versuche der Tab. II mit dem Wulste anzustellen, den ich in meinem *Mém. sur l'applicat. etc.* p. 50 beschrieben habe, und der aus zwei neben einander gewundenen und isolirten Drähten, jeder 400' lang und $\frac{3}{4}$ " dick, bestand. Diese beiden Drähte seyen mit A und B bezeichnet. Sie wurden in einen magneto-elektrischen Kreis eingeschaltet, und der Strom durch einen desselben hindurchgeleitet, während der daneben liegende geschlossen oder geöffnet war.

T a b. II.

	Abweichungen.				Mittlere Ab- weich. a .	Kraft des Stromes, oder $\sin \frac{1}{2} \alpha$.
	1.	2.	3.	4.		
Drahtspirale A in der Kette, B ungeschlossen	71,2	72,2	75,9	75,6	73,725	$\sin 36^\circ 51',75$
Drahtspirale A in der Kette, B für sich geschlossen	71,8	71,2	75,9	74,6	73,375	$\sin 36^\circ 41,25$
Drahtspirale B in der Kette, A ungeschlossen	71,8	72,0	75,6	75,6	73,75	$\sin 36^\circ 52,5$
Drahtspirale B in der Kette, A für sich geschlossen	71,8	71,6	75,6	75,5	73,625	$\sin 36^\circ 48,75$

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß wenn der magneto-elektrische Strom durch die nebenliegende geschlossene Spirale oder den anwesenden Eisenkern wirklich

lich in etwas modificirt wurde, dennoch der Einfluß so gering war, daß er innerhalb der Gränze der Beobachtungsfehler fiel. Indessen konnten wir hierbei nicht beruhigt bleiben, um so weniger, da Versuche, die wir gemeinschaftlich zu einem ganz andern Zwecke angestellt hatten, uns unverkennbar zeigten, daß die Anwesenheit größerer Eisenmassen in Spiralen von zahlreichen Windungen für einen magneto-elektrischen Strom, der durch diese Spiralen geleitet wird, nicht indifferent ist. Die Versuche selbst bleiben einer künftigen Publication vorbehalten, und es soll hier nur einer, der mit ihnen in keinem Zusammenhange steht, und der besonders dieses Gegenstandes wegen angestellt wurde, hervorgehoben werden.

Eine Röhre von Kupferblech (Taf. 1 Fig. 5) $13\frac{1}{2}$ Fufs engl. lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser wurde spiralförmig von 840' doppelt mit Seide besponnenem Kupferdraht von etwa $0''{,}85$ im Durchmesser in 2134 Windungen umgeben. Die Enden dieser Spirale standen in Verbindung mit einer Inductionsrolle *b*, in welcher ein constanter magneto-elektrischer Strom erzeugt werden konnte. In den Kreis bei *c* wurde der Multiplicator mit Doppelnadel eingeschaltet, dessen sich Hr. Lenz bei seinen anderweitigen Versuchen immer bedient hatte, und bei dem die Ablenkung durch ein Fernrohr, in einem gegen die Horizontalebene um 45° geneigten Spiegel beobachtet werden konnte. Der Kreis bestand demnach aus der Inductionsspirale *b*, welches die Stelle der Erregung für den magneto-elektrischen Strom war, der Spirale *a* und dem Multiplicator *c*. Es wurden ebenfalls zur Elimination der Excentricität und der Torsion vier Beobachtungen angestellt.

Tab. III.

	Abweichungen.				Mittlere Abweichung.	Kraft des Stromes. $\sin \frac{1}{2} \alpha$.
	1.	2.	3.	4.		
I Ohne Eisenkern	{ 15,0 15,3	{ 15,0 15,0	{ 15,9 15,6	{ 16,0 15,7	{ 15,475 15,4	$\sin 7^\circ 43',125$
II. Mit Eisenkern von 13' 6'' Länge und 1½'' Dicke in der Spirale α	{ 14,2 14,7	{ 12,2 12,5	{ 13,2 13,5	{ 13,7 13,3	{ 13,325 13,5	

Im ersten Falle war daher die Kraft des Stromes:

$$\sin 7^\circ 43',125 = 1343$$

im zweiten Falle aber

$$\sin 6^\circ 42',375 = 1168$$

Es geht also hieraus hervor, daß die Anwesenheit des Eisenkerns die Stärke des Stromes verringert. Um aber hierbei zu einer richtigen Beurtheilung zu gelangen, muß man zum Ohm'schen Gesetze recurriren, wonach die Stärke des Stromes gleich ist der elektromotorischen Kraft, dividirt durch den gesammten Leitungswiderstand, oder, wenn wir jene $= A$, diesen $= F$ setzen, so erhalten wir $\frac{A}{F} = \sin \frac{1}{2} \alpha$, oder $\log A = \log F + \log \sin \frac{1}{2} \alpha$.

Durch vorhergegangene Versuche, die weiter nicht hierher gehören, war bereits der Leitungswiderstand der ganzen Kette, die nur aus festen Leitern bestand, mit einem gewissen Normaldrahte verglichen worden, woraus sich $F = 188,95$ oder $\log F = 2,27636$ ergab. Es war also ohne Eisenkern, die elektromotorische Kraft $\log A = 3,40447$ oder $A = 2538$.

Mit dem Eisenkern $\log A' = 3,34372$ oder $A = 2207$.

Die elektromotorische Kraft A' kann hier betrachtet werden als die Differenz der elektromotorischen Kräfte, der Inductionsrolle b und des Gegenstromes in der Spirale α ; wir erhalten daher $A'' = 331$, oder, wenn wir die elektromotorische Kraft $A = 100$ setzen, so ist der Gegenstrom $A'' = 13$.

Diese Versuche zeigen unzweideutig, daß beim Mag-

netisiren des Eisens ein reactiver Gegenstrom entsteht, dessen Erregungsstelle die Spirale des Eisenkerns selbst ist. Hier wurde zwar nur ein magneto-elektrischer Strom angewendet, es ist aber nicht der mindeste Grund vorhanden, diese Erscheinung nicht auch auf alle übrigen elektrischen Ströme auszudehnen. Es läßt sich ferner hieraus schliessen, dafs, wo Magnetismus durch elektrische Ströme erzeugt wird, ein constanter Zustand oder ein stabiles Gleichgewicht nur nach einer Reihe von Oscillationen der magnetischen Intensität eintreten könne. Ob die Gesamtdauer dieser Oscillationen eine namhafte oder nur eine unmeßbare Zeit beträgt, mag von den mannigfaltigsten Umständen abhängen, und besonders bedingt werden durch die Qualität und Gröfse der Eisenmassen, der Art und Weise der Bewicklung u. s. w. Wodurch diese Oscillationen erlöschen? das zu untersuchen ist vorläufig wenigstens nicht sehr dringend; man mag es einstweilen der Coërtivkraft, oder irgend einer anderen, der Friction analogen Kraft zuschreiben.

Aber über diesen Gegenstrom, namentlich wenn der Hauptstrom ein magneto-elektrischer ist, wäre noch einiges besonders zu bemerken, indem recht wohl Bedingungen gedacht werden können, unter denen dieser Gegenstrom gar nicht wahrgenommen zu werden brauchte. Der magneto-elektrische Strom ist nämlich nur von sehr kurzer Dauer. Die Inductionen entgegengesetzter Art, welche der entstehende und verschwindende Magnetismus des Eisenkerns der ihn umgebenden Spirale ertheilt, können sich so schnell auf einander folgen, dafs ihre Wirkungen auf die Nadel sich aufheben. Das würde besonders der Fall seyn, wenn man sehr schwere Nadeln anwendete, und der Multiplicator auf eine solche Weise gewunden wäre, dafs die Nadel gegen die Ströme immer eine gleiche Lage behielte. Dann kann leicht der Fall eintreten, dafs die entgegengesetzten Impulse die Nadel noch während der Dauer der ersten Amplitude tref-

fen, und, wenn sie gleich stark sind, sich aufheben. Unter den gewöhnlichen Umständen aber wird die Induction des entstehenden Magnetismus die Nadel in einer günstigeren Lage treffen, als die des verschwindenden, und es wird so der Effect der ersteren ein Uebergewicht erhalten. Hierzu kommt noch der besondere Umstand, daß der ertheilte Magnetismus nie völlig verschwindet, indem das Eisen nie vollkommen homogen und weich ist. Der remanente Magnetismus hängt aber größtentheils von der stahlartigen Beschaffenheit des Eisens ab, die bei größeren Massen entschiedener hervortritt. Es ist daher leicht möglich, daß ein Stahlkern bei gleichen Dimensionen zwar einen minder kräftigen Gegenstrom erzeugte als ein Eisenkern, daß aber, wegen des remanenten Magnetismus, sein Einfluß auf die Deviation sich bemerklicher machte.

10.

Wenn nun das Vorhergehende hinlänglich erscheint zur Rechtfertigung der natürlichen und, wie ich glaube, sonst allgemein gehegten Ansicht über den extra-current oder Gegenstrom, so wäre noch einiges über die relative Stärke desselben und des primären galvanischen Stromes zu sagen. Es ist nämlich im Repertorio wiederholt davon die Rede, und in der Weise, als wäre es etwas Factisches, Widerspruchloses, daß der extra-current stärker sey als der primäre, dem er sein Entstehen verdanke. Seitdem das Ohm'sche Gesetz sich durch vielseitige Bestätigung allgemeine Anerkennung errungen, und sogar unlängst die neue Entdeckung eines französischen Physikers geworden ist, hat man nicht mehr das Recht, zwei Ströme unter ganz verschiedenen Umständen so ohne Weiteres als stärker oder schwächer zu bezeichnen. Die Versuche, die man bis jetzt über Inductionsströme überhaupt angestellt hat, zeigen, daß sie besonders in ihren physiologischen Effecten mächtig

sind, dagegen scheint der Magnetismus, den sie dem weichen Eisen zu ertheilen und die Quantität eines Elektrolyten, die sie zu zersetzen vermögen, nur gering zu seyn; ihre Wirkungen sind daher mehr denen einer Säule analog, die aus vielen, aber sehr kleinen und schwach geladenen Plattenpaaren besteht. Es hängt hierbei indessen so viel von der Art und Weise der Umwicklung und von den Dimensionen der anwesenden Eisenmassen u. s. w. ab, dafs es schwer ist schon jetzt zu entscheiden, ob man durch Inductionsströme Effecte erhalten könne, die bisher nur durch grofsplattige Voltasche Apparate erlangt wurden.

*X. Ueber ein galvanisches Flugrad;
von K. W. Knochenhauer in Meiningen.*

Der in den folgenden Zeilen beschriebene elektro-magnetische Rotationsapparat, den ich in Rücksicht auf das elektrische Flugrad mit dem obigen Namen bezeichnen will, scheint mir einige Beachtung zu verdienen, weil er nicht nur durch seine grofse Drehungsgeschwindigkeit einen schönen Anblick gewährt, sondern auch recht gut dienen kann, um einen deutlichen Begriff von mehreren Experimenten zu geben, die sonst durch theure Apparate dargestellt werden. Ich werde das Instrument beschreiben, wie ich es mir selbst angefertigt habe, und überlasse es den Mechanikern, daran Aenderungen nach ihrem Belieben zu treffen.

Auf einem hölzernen Brette *ABCD*, Fig. 6 Taf I, ist um *O*, in einem Abstände von $1\frac{1}{2}$ Zoll, eine kreisförmige Rinne eingeschnitten, die an zwei sich gegenüberstehenden Stellen bei *G* und *H* durch 2 bis drei Linien breite Scheidewände unterbrochen ist. Von den