IV. *Ueber die elektromagnetische Wirkung voltaischer Ströme verschiedener Quellen; von W. Beetz.*

In den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern ¹⁾ hat Hr. Hipp auf die Erscheinung aufmerksam gemacht, daß zwei gleich starke voltasche Ströme, deren einer von einer einpaarigen, der andere von einer vielpaarigen Batterie gleicher Einrichtung erregt wird, in verschiedener Art auf einen Eisenstab magnetisirend wirken, so zwar, daß der letztere den Magnetismus schneller hervorzurufen scheine, als der erstere. Diese Erscheinung wurde durch zwei Beobachtungsmethoden bestätigt. Bei der einen ging der Strom eines Elementes von großer Oberfläche durch ein Galvanometer und ein Relais. Die Relaisankerfeder wurde so stark gespannt, daß die Spannung dem Magnetismus beinahe das Gleichgewicht hielt. Wurde das Relais in gewöhnlicher Weise mit einem Morse'schen Schreibapparat verbunden, so konnte man in einer gegebenen Zeit höchstens 16 deutliche Punkte hervorbringen. Wurden statt des einen Elementes zwölf kleinere angewandt, welche die gleiche Ablenkung am Galvanometer gaben, so konnte man unter gleichen Umständen nun 26 Punkte hervorbringen. Die zweite Methode bestand darin, daß die Zeit, welche der Anker vom Momente der Stromschließung, bis zu dem Momente, in welchem er angezogen ist, brauchte, direct durch das Chronoskop gemessen wurde. Sie betrug bei Anwendung des einen Elementes 36, bei der von 12 Elementen 58 Tausendtheile einer Sekunde. Der mündlichen Mittheilung des Hrn. Hipp verdanke ich noch die weiteren Angaben, daß bei schwächerer Spannung der Relaisfeder dieser Unterschied immer unbedeutender wurde, und daß sich ein solcher in der Zeit des Lofsreißens des Ankers nicht zeigte.

1) 1855, S. 90.

Als Erklärung dieser Erscheinung ist mir nur die kurze Bemerkung bekannt, mit der Hr. Brix die Mittheilung der erwähnten Beobachtung begleitet hat ¹⁾, ob nämlich deren Grund nicht darin zu suchen sey, daß die beiden Ströme nach verschiedener Zeit, vielleicht in Folge der Polarisirung, die gleiche Stärke annehmen.

Ich bestätigte zunächst das Vorhandenseyn des beobachteten Unterschiedes durch einen Versuch, welcher sich recht wohl zum Vorlesungsversuche eignet. Ein selbstunterbrechender Hammer, dessen Hammervorrichtung durch Einschieben einer Glasplatte festgestellt war, wurde in eine Leitung geschaltet, welche durch einen Commutator bald eine einfache Grove'sche Kette, bald eine Batterie aus sechs solchen Elementen und dazu so viel Widerstandsdraht aufnahm, daß eine ebenfalls in die Leitung eingeschaltete Spiegelbussole immer die gleiche Ablenkung zeigte. Die Entfernung der Bussole vom Hammer war groß genug, um keinen directen Einfluß des Hammermagnets auf die Stellung des Stahlspiegels zu erlauben. Jetzt wurde die Hemmung des Hammers fortgenommen, und der Spannfeder desselben eine solche Stellung gegeben, daß, wenn das eine Element wirksam war, ein tiefer, aber deutlich bestimmbarer musikalischer Ton entstand, dessen Wahrnehmbarkeit noch dadurch erhöht wurde, daß der Hammerapparat auf einem Resonanzboden befestigt war. Dann wurden durch Umsetzen des Commutators die sechs Elemente in Thätigkeit gebracht. Der Ton war in diesem Falle höher, als vorher, die Anzahl der Unterbrechungen also größer. Ferner wurden der Feder andere Stellungen gegeben, welche eine schnellere Unterbrechung erzeugten, als zuvor, und wurden jedesmal die beiden Töne aufgezeichnet, welche bei Einschaltung des einen und der sechs Elemente entstanden. Die, diesen Tönen entsprechenden Anzahlen von Unterbrechungen wurden mittelst eines Monochords und einer $\bar{c}$ tönenden Normalstimmgabel jedesmal

1) Zeitschr. f. d. deutsch-öster. Telegraphenverein. Daraus in Dingl. pol. Journ. CXLVI. 33.*

annähernd bestimmt. Als Beispiel der erhaltenen Ergebnisse führe ich die folgende Reihe an, in welcher ich der leichteren Uebersichtlichkeit wegen die musikalischen Bezeichnungen der Töne mit beigefügt habe.

1 Element	Ton	<u>As</u> —	<u>A</u>	<u>H</u>	<u>C</u>	<u>Cis</u>	<u>D</u>	<u>Dis</u>
	Zahl	100	106	120	128	136	144	153
6 Elemente	Ton	<u>As</u> +	<u>B</u>	<u>Cis</u> —	<u>D</u>	<u>Dis</u>	<u>F</u>	versagt
	Zahl	104	114	132	144	155	170	

Bei der letzten Federstellung hörte der Apparat zu arbeiten auf, wenn er durch sechs Elemente getrieben wurde.

Die vorstehende Reihe zeigt deutlich, daß der erwähnte Unterschied in der Geschwindigkeit der Ankerbewegung wirklich vorhanden ist, und daß er mit dem, der magnetischen Anziehung gebotenen Widerstande wächst. Wird der, in die sechspaarige Säule eingeschaltete Widerstand nicht, wie es bisher geschah, durch eine Widerstandsrolle, sondern durch einen langen, gespannten Draht gebildet, so findet trotzdem die gleiche, oder wenigstens fast gleiche, Beschleunigung der Ankerbewegung statt. Trotz dieser letzteren Beobachtung, welche dagegen zu sprechen scheint, ist die ganze Erscheinung durch die, bei den schnell aufeinander folgenden Schließungen erzeugten Inductionsströme bedingt.

Bei Gelegenheit des schon von W. Weber beobachteten Einflusses der Drehungsgeschwindigkeit einer magneto-elektrischen Maschine auf die Stromerregung hat Hr. Lenz¹⁾ die Ansicht aufgestellt, daß die Ursache der Nichtproportionalität des Wachstums der elektromotorischen Kraft und der Drehungsgeschwindigkeit solcher Maschinen nicht in der Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus ihren Hauptgrund habe, sondern in einer Rückwirkung des inducirten Stromes der Spiralen auf die inducirenden Eisencylinder, welche Ansicht er gegen die entgegengesetzte

1) *Bull. de St. Pé. VII, p. 257**; *Pogg. Ann. LXXVI, S. 494.**

von Sinsteden ¹⁾ vertheidigt hat ²⁾). Im vorliegenden Falle kann an eine Veränderung der Coërcitivkraft des Eisens, in deren Folge dieselbe der Magnetisirung durch gleich starke Ströme deshalb verschiedenen Widerstand entgegengesetzt, weil sie von verschiedener Quelle herrühren, nicht wohl gedacht werden. Dagegen ist es klar, daß die Rückwirkung auf die Eisencylinder je nach der Natur dieser Quelle eine andere werden muß. Man übersieht das am leichtesten, wenn man den Gang der Inductionswirkung in der Weise verfolgt, wie es Hr. Koosen ³⁾, der sich der Ansicht von Lenz dem Hauptinhalte nach angeschlossen hat, in seiner Arbeit über die elektromagnetische Wirkung galvanischer Ströme von kurzer Dauer gethan hat.

Wenn man eine Kette durch einen um einen Eisenstab spiralförmig gewundenen Draht schließt, so kann man das Anwachsen des Stromes durch eine Curve darstellen, deren Abscissen der Zeit, deren Ordinaten der jedesmaligen Stromstärke in jedem Zeitmomente entsprechen. Wäre gar keine Induction vorhanden, so würde die magnetisierende Kraft des Stromes ausgedrückt seyn durch das Rechteck, dessen Grundlinie die Zeit t , während welcher der Strom geschlossen bleibt, dessen Höhe die constant bleibende Stromstärke darstellt. Der im Schließungsmomente eintretende Extracurrent, welcher dem Hauptstrom entgegengesetzt ist, bedingt aber den Gang der Curve so, daß sie sich asymptotisch der eigentlichen Stromstärke nähert, ohne sie je zu erreichen. Im Oeffnungsmomente nach der Zeit t soll nun eigentlich ein Extracurrent eintreten, welcher den der Schließung an Stärke gleich, aber dem Hauptstrome gleichgerichtet ist; dieser kommt aber nicht in Betracht, weil eben in diesem Momente die Leitung unterbrochen wird. Die Intensitätscurve fällt also senkrecht zur Abscissenaxe ab, und die, die magnetisierende

1) Pogg. Ann. LXXXIV, p. 181.*

2) Bull. d. St. Pétr. XII, p. 46; * Pogg. Ann. XCII, S. 128.*

3) Pogg. Ann. LXXXVII, S. 514.*

Kraft darstellende Fläche ist nunmehr eingeschlossen von der concaven Seite der Curve, der Abscissenaxe und der Ordinate für den Endpunkt von t . In unserem Falle muß also die anziehende Kraft des Elektromagnets um so größer seyn, je größer die Concavität der Curve, je kleiner also der Verlust ist, welcher durch das Flächenstück ausgedrückt wird, das zwischen der convexen Seite der Curve, der Senkrechten im Nullpunkt der Abscissen, und der durch den Endpunkt der Ordinate für t gelegten Parallelen zur Abscissenaxe liegt. Unter sonst gleichen Umständen ist aber die elektromotorische Kraft des Extracurrents der Schließung die gleiche, der ursprüngliche Strom mag durch ein oder durch sechs Elemente erregt seyn: im ersteren Falle ist aber der, demselben gebotene, Widerstand erheblich geringer als im letzteren, das zu subtrahirende Flächenstück ist also im ersteren Falle weit größer als im letzteren, und demnach ist der durch die einfache Kette erregte Elektromagnet kurze Zeit nach der Schließung wirklich schwächer als der durch die sechspaarige Säule erregte.

Um mich von dem Umfange dieser Einwirkung zu überzeugen, dabei aber von dem, immerhin sehr complicirten, Vorgange der Anziehung und Unterbrechung in einem selbstthätigen Hammer unabhängig zu bleiben, schaltete ich statt desselben ein durch ein Uhrwerk gedrehtes Zahnrad ein, an dessen Peripherie eine schleifende Feder in schneller Folge den Strom schloß und öffnete, und fügte außerdem eine kurze Spirale von drei Lagen 0,5 Millimeter dicken Kupferdraht in die Leitung. Der Widerstand der sechspaarigen Säule wurde wieder so abgemessen, daß, während das Rad stillstand, der Magnetspiegel der Bussole eben so stark abgelenkt wurde, wie durch den Strom der einfachen Kette. Jetzt wurde das Uhrwerk so in Bewegung gesetzt, daß der Strom 200 Mal in der Sekunde geschlossen und unterbrochen wurde. Durch den Commutator wurden dann abwechselnd das eine oder die sechs Elemente mit ihrem Widerstande eingeschaltet, und außer-

dem wurde in die Spirale bald ein weicher Eisenstab gelegt, bald wieder herausgenommen. Der Spiegel nahm unter den verschiedenen Umständen verschiedene Stellungen ein, oder vielmehr machte er kleine Schwankungen um einen der Theilstriche der Skala, welche durch das Fernrohr abgelesen wurde. Da die Versuche alle sehr ähnliche Resultate gaben, so führe ich nur folgendes Beispiel an:

	1 Element	6 Elemente
mit Eisenkern	2,5	5,8
ohne Eisenkern	6,2	7,5

Was hierbei zunächst die verschiedenen Ablenkungen betrifft, welche der Bussolspiegel bei Einschaltung von 1 bis 6 Elementen ohne Einführung des Eisenstabes zeigte, so darf man aus denselben noch nicht schliessen, daß schon der Unterschied in der Stärke des Stromes von erheblichem Einfluß sey, welcher von Windung zu Windung der Spirale ohne Beihülfe des Eisenmagnetismus inducirt wird. Die primäre Stromstärke erleidet vielmehr eine unmittelbare Veränderung. Wenn E die elektromotorische Kraft eines Elementes, R seinen wesentlichen Widerstand, r den Widerstand im übrigen Theile des Apparates bezeichnet, wenn nur eine Kette thätig ist, w denjenigen Widerstand, welcher noch den sechs Elementen geboten werden muß, so ist in der Ruhestellung des Rades die Bedingung:

$$\frac{E}{R+r} = \frac{6E}{6R+r+w}$$

genügt. Rotirt aber das Rad, so wird jedesmal im letzten Momente, ehe die Feder einen Zahn verläßt, die Berührung zwischen Feder und Zahn in einer sehr kleinen Kante oder Spitze stattfinden, und dadurch ein Widerstand x hinzugefügt. Von jetzt an muß also

$$\frac{E}{R+r+x} < \frac{6E}{6R+r+w+x}$$

seyn. Der Unterschied der Ablenkungen 6,2 und 7,5 beweist also noch Nichts für die Inductionerscheinungen. Wohl aber treten diese sehr auffallend hervor, wenn sich durch Einlage des Eisenstabes die Ablenkung 6,2 bis auf

2,5; dagegen 7,5 nur bis auf 5,8 erniedrigt. Die Schwächung der Stromstärke durch die in der Leitung mit kleinem Widerstand, d. h. die von einer Kette herkommende Leitung, inducirten Gegenströme, und folglich die Schwächung des in diesem Falle vorhandenen Magnetismus des Eisenkerns ist also beträchtlich größer als die entsprechende Schwächung in dem Falle, in welchem die sechs Elemente mit ihrer langen Leitung eingeschaltet sind. Mit der Geschwindigkeit der Stromunterbrechungen wächst auch der Einfluss der Inductionsströme. Unter sonst gleichen Umständen erhielt ich folgende Ablenkungen, während der Eisenstab in der Spirale steckte:

	1 Element	6 Elemente
170 Unterbrechungen	1,2	2,6
250	0,5	2,4

während ohne Eisenstab die entsprechenden Ablenkungen waren:

2,5	3,4
2	3

Entsprechend zeigte sich dieser Einfluss, wenn die Stromwechsel wieder durch den selbstunterbrechenden Hammer hergestellt wurden. Die gleichzeitig eingeschaltete Bussole, deren Spiegel während der Sperrung der Hammervorrichtung durch ein oder sechs Elemente gleich stark abgelenkt war, zeigte während des Hammerganges folgende Ablenkungen:

1 Element	Ton	<u>F</u>	<u>A—</u>	C	D	E
	Abl.	2,6	3,2	3,4	3,6	4,2
6 Elemente	Ton	<u>Fis—</u>	<u>B</u>	D+	F—	G
	Abl.	3,7	4,5	5,4	5,7	6,7

Wurde der Widerstand, welcher den sechs Elementen geboten werden musste, so gewählt, dass nicht die continuirlichen Ströme der einpaarigen und der sechspaarigen Batterie, sondern die Ströme, welche beide bei 200 Unterbrechungen mit Einlage des Eisenstabes in die Spirale gaben, gleich waren, nämlich gleich 3,8, so bewirkte das

Herausziehen des Stabes ein Hinaufgehen der Ablenkung bis auf 8,1 bei einem Element, dagegen nur bis auf 4,1 bei sechs Elementen.

Dafs alle diese Erscheinungen wesentlich der Induction zuzuschreiben sind, welche das Entstehen des Magnetismus im Eisenkerne bedingt, und sehr wenig der unmittelbaren Wirkung von Drahtwindung zu Drahtwindung, zeigt die, schon von Hrn. Hipp beobachtete Erscheinung, welche ich bestätigt fand, dafs es so gut wie gleichgültig ist, ob der Widerstand, der den sechs Elementen geboten wird, durch eine Spirale, oder einen gerade gespannten Draht dargestellt ist. Ich erhielt bei Einschaltung des Unterbrechungsrades und des Hammermagnets, während in allen Fällen die Stärke des continuirlichen Stromes die gleiche war, die Ablenkungen

von einem Element	2,2
von sechs Elementen mit Spiralwiderstand	2,65
„ „ „ „ gespanntem Draht	2,7.

Betrachten wir jetzt genauer den Vorgang während einer einzelnen Ankeranziehung. In Fig. 6, Taf. V sind die Zeiten, vom Momente der Stromschliessung an gerechnet, wieder als Abscissen aufgetragen. Wenn keine Induction vorhanden wäre, so würde der Strom sogleich seine ganze Stärke AB erreichen, und in der Zeit $t = AC$ eine magnetische Wirkung haben, welche durch das Rechteck $ABCD$ gemessen wird. Ist dagegen eine Inductionswirkung vorhanden, so ist die magnetisirende Kraft des Stromes gemessen durch die Figur zwischen der Abscissenaxe AC , der Ordinate DC und der oben besprochenen Inductioncurve. Diese Curve beginnt um so flacher, je stärker der Extracurrent der Schliessung ist; sie mag z. B. die Gestalt AEF haben, wenn die Magnetisirung durch ein Element geschah, also dem Gegenstrom wenig Widerstand geboten ist, dagegen die Gestalt AGD , wenn n -Elemente wirksam waren, also der Inductionsstrom vielen Widerstand zu erleiden hat. In jedem Momente ist der magnetische Zustand des Eisenkerns dargestellt durch die be-

treffende Ordinate. Es ist z. B. nach der Zeit AK für ein Element $= KE$, für n -Elemente $= KG$. Wenn nun eine Spannfeder der magnetischen Anziehung entgegenwirkt, so kann sich der Anker nicht eher in Bewegung setzen, als bis der Magnetismus des Eisenkerns die Spannkraft der Feder überwiegt. Halte diese der magnetisirenden Kraft AN das Gleichgewicht, und sey der Strom durch n -Elemente erregt, so ruht der Anker während der Zeit AP . Dann beginnt eine Bewegung, welche dem Flächenstück entspricht, der durch die Curve DGO , die Ordinate OP , die Abscissenaxe und noch eine Ordinate eingeschlossen ist, welche letztere, etwa DC , durch die Entfernung des Ankers vom Magnet bestimmt ist. Ist dagegen der Strom durch ein Element erregt, so ruht der Anker, bis die magnetisirende Kraft die Gröfse $KE = AN$ erreicht hat, also während der Zeit AK ; dann beginnt die Bewegung entsprechend dem Flächenstück zwischen der Curve LFE , der Ordinate EK , der Abscissenaxe, und noch einer Ordinate, etwa RQ . Die Zeit, welche vom Momente der Stromschliessung bis zu dem der Ankeranziehung verflossen ist, ist also gröfser bei Anwendung eines Elementes, als bei der von n -Elementen; im ersteren Falle nämlich gleich AC , im letzteren gleich AQ . Wird die Feder stärker gespannt, etwa so, dafs sie der magnetischen Kraft AM das Gleichgewicht hält, so ruht der Anker bei Anwendung der n -paarigen Säule bis zur Zeit K , bei der einpaarigen bis C , er gelangt deshalb im letzteren Falle, etwa bei LS , viel später zur Anziehung, als im ersteren, etwa bei RQ , und man sieht unmittelbar aus der graphischen Darstellung, dafs dieser Zeitunterschied QS um so gröfser seyn mufs, je gröfser die Spannkraft der Feder (gleich AM) ist. Wenn die Spannfeder nahezu dem vollen Magnetismus des Eisenkerns das Gleichgewicht hält, so dafs also AM fast gleich AB ist, so können die Flächenstücke zwischen den Geraden BL , und einerseits der Ordinate TG und der Curve DG , andererseits der Linie DF und der Curve FL gleichgesetzt werden, und der Abstand QS wird gleich KC .

Wenn also Hr. Hipp bei seinen Versuchen mit einem Element die Anziehungszeit gleich 58, mit 12 Elementen gleich 36 tausendtel Sekunden fand, so muß der durch ein Element hervorgerufene Inductionsstrom noch 22 tausendtel Sekunden später, als der durch 12 Elementen erregte dem Magnetismus die Gröfse KG zukommen liefs, von so merklicher Wirksamkeit seyn, dafs erst nach dieser Zeit der Magnet die Stärke $FC = KG$ erreicht.

Um mich über die Möglichkeit dieser Thatsache zu unterrichten, suchte ich mir ein genaueres Bild jener Inductionscurven zu verschaffen; das dazu angewandte Verfahren war folgendes: Nach dem Vorschlag, den Hr. Prof. Poggendorff ¹⁾ für das Studium geschlossener Elektromagnete gemacht hat, wurden auf die beiden 3 Zoll langen Schenkel eines hufeisenförmigen Elektromagnets zwei möglichst gleiche, von einander gesonderte Spiralen aus dickem Kupferdraht geschoben. Durch eine derselben wurde der Strom einer Batterie geschlossen, und dann der Strom gemessen, welcher durch den entstehenden Magnetismus in der anderen Spirale inducirt wurde, und zwar fand diese Messung in verschiedenen Zeiten nach der Stromschliessung statt. Zu dem Ende wird auf die Axe einer Rotationsmaschine ein aus zwei gesonderten Elfenbeinstücken AB und BC (Fig. 7, Taf. V) bestehender Cylinder befestigt; der Cylinder BC sitzt auf der Axe fest, AB läfst sich leicht gegen BC drehen, wenn er nicht durch die Schraube D daran festgezogen wird. Die Drehung wird durch eine Kreistheilung am unteren Rande von AB , und eine Marke am oberen von BC gemessen. In den oberen Rand von AB und den unteren von BC ist je ein Messingring eingelassen; von jedem derselben ragt noch ein Fortsatz in die freigebliebene Elfenbeinfläche hinein, dessen Breite 10° der Cylinderfläche einnimmt. Ausserdem sitzt noch ein gezahntes Rad R auf der Axe fest. Auf der Cylinderfläche schleifen vier Federn, deren zwei, a und b , mit den Enden der primären Leitung, welche die eine Spirale und

1) Pogg. Ann. LXXXV. 147. *

die Batterie einschließt, die anderen zwei, *c* und *d*, mit den Enden der secundären Leitung, welche die andere Spirale und die Spiegelbussole *S* einschließt, verbunden sind.

Die erstere Leitung hat noch eine Unterbrechungsstelle bei *F*, welche durch Niederdrücken eines in Quecksilber tauchenden Tasters geschlossen werden kann. Um zuerst den Inductionsstrom unmittelbar bei der Schließung zu messen, werden die beiden Cylinderstücke so gestellt, daß *b* und *c* gleichzeitig die Anfänge der in das Elfenbein gelassenen schmalen Messingsstücke berühren. Dann wird der Apparat in Rotation gesetzt, bis eine, gegen die Zähne des Rades *R* schleifende Feder *e* beständig einen, durch eine Stimmgabel immer wiederzufindenden Ton giebt. Dann wird die Bussole beobachtet und *F* herabgedrückt. Sobald die Feder *b* zum ersten Male nach der Schließung von *F* über die Metalleinlage geht, wird der Hauptstrom geschlossen. Er würde aber sogleich wieder geöffnet werden, und dadurch einen umgekehrten Inductionsstrom erzeugen. Deshalb befindet sich unter dem einen Pole des vertical befestigten Magnets ein kleiner Eisenanker, welcher sich um eine Axe leicht drehen kann, und die beiden, mit einander verbundenen Drähte *f* und *g* trägt, deren jeder in ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen tauchen kann. Der Draht *f* bleibt ein für alle Mal eingetaucht und hält durch sein Anliegen an der Wand des Näpfchens den Anker in der gezeichneten Stellung sehr nahe unter dem Magnetpol; *g* dagegen taucht nur dann in das Quecksilber, wenn der Strom geschlossen ist, und der Magnet den Anker angezogen hat. Von dem zu *f* gehörenden Näpfchen geht eine Leitung zu dem nach *a*, von dem zu *g* gehörigen eine andere zu dem nach *b* führenden Draht. Sobald nun *b* die Metalleinlage zum ersten Mal nach der Schließung bei *F* berührt, wird der Anker, dessen Gewicht durch das der Drähte *f* und *g* beinahe aufgehoben ist, plötzlich angezogen, und der Strom zwischen diesen Drähten geschlossen. Der Magnet bleibt also Magnet, auch

wenn b die Einlage verlassen hat, und zwar ist seine Stärke so gut wie unverändert geblieben, wenn nur der Widerstand der zum Rotationsapparat führenden Leitungen nicht beträchtlich ist gegen den Gesamtwiderstand. Durch diese Vorrichtung ist also das Entstehen jedes zweiten Inductionsstromes vermieden, der Spiegel geht auf 0 zurück, und bleibt dort ruhig stehen, auch wenn die Drehung des Apparates fortgesetzt wird. In den vorläufigen Versuchen, welche ich für die vorliegenden Untersuchungen als ausreichend betrachtete, liefs ich die Axe in der Sekunde vier Umgänge machen. Der Inductionsstrom bleibt also immer, da die Einlage eine Breite von 10° hatte, während 0,0069 Sekunden geschlossen, und zwar während der ersten 0,0069 Sekunden nach Schließung des Hauptstromes, wenn beide Metalleinlagen gerade über einander stehen, während der zweiten 0,0069 Sekunden, wenn das obere Cylinderstück um 10° gedreht ist u. s. w. Auf diese Weise werden die einzelnen Theile der Curven in ähnlicher Art bekannt, wie Hr. Lenz ¹⁾ die Inductionscurven für magnetoelektrische Maschinen aufsuchte. In die secundäre Leitung wurde bald kein weiterer Widerstand, bald der von einer Viertelstunde oder mehren Viertelstunden schweizerischen Telegraphendrahts eingeschaltet. Die an der Bussole abgelesenen Ablenkungen waren folgende.

Drehung	nach	Widerstand in Viertelstunden				
		0	1	2	3	10
0°	0 Sek.	32,5	8,1	5	2,2	0,6
5	0,0035	8,2	2,2	1,2	0,8	0,3
10	0,0069	4,0	0,8	0,7	0,6	0,2
20	0,0139	1,5	0,6	0,4	0,3	0,15
30	0,0208	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1
50	0,0347	0,4				0,04
80	0,0555	0,3				0,03
120	0,0833	0,2				0,01
340	0,2360	0,05				0

In dieser Tabelle finden die oben entwickelten Ansichten ihre volle Bestätigung. Die Steilheit der Inductions-

1) a. a. O.

curven bei ihrem Anfange nimmt sehr schnell zu, wenn dem Inductionsstrome mehr Widerstand gegeben wird. Wenn die beiden in Fig. 6, Taf. V gezeichneten Curven den Widerständen 0 und $\frac{1}{4}$ Stunde entsprechen, (welcher Widerstand ungefähr der war, den ich bei den oben beschriebenen Versuchen den sechs Elementen bieten mußte) so würde, wenn die Abscisse AK die Zeit 0,0069 Sekunden darstellt, das Flächenstück $BAET = 32,5$, $BAGT$ aber vergleichsweise nur $= 8,1$ seyn. Stellt KU wieder die gleiche Zeit dar, so ist weiter $TEWH = 4,0$, aber $TGVH = 0,8$ u. s. f. Werden die beliebig gewählten Abscissen sehr klein genommen, so daß die zwischen je zwei Ordinaten liegenden Trapeze recht schmal werden, so können diese Zahlenwerthe gleich für die Ordinatengrößen selbst gelten; dann sieht man aus der Tabelle, daß die obere Curve den Werth 8,1 ungefähr 0,0035 Sekunden, den Werth 0,8 dagegen ungefähr 0,015 Sekunden früher erreicht, als die untere. Die Curve für den Widerstand 10 Viertelstunden erreicht den Werth 0,3 um 0,052 Sekunden früher, als die für den Widerstand 0. Vermag die Spannfeder einer magnetischen Anziehung, welche der Zahl 8,1 entspricht, das Gleichgewicht zu halten, so erfolgt die Ankeranziehung bei einem Widerstand $= 0$ (immer nach Abrechnung der Umwindungen des Magnets) etwa 0,0035 Sekunden früher, als bei dem von einer Viertelstunde Draht. Ist die Feder aber so gespannt, daß sie nur dem der Zahl 0,8 entsprechenden Magnetismus das Gleichgewicht hält, so beträgt der Anziehungsunterschied 0,015 Sekunden. Bei noch größeren Widerständen, welche durch vielpaarige Säulen nothwendig werden, ist dieser Unterschied viel beträchtlicher.

Es fragt sich nun noch, was für magnetische Kräfte sind es, absolut genommen, welche hier in Rede stehen? Um diese Frage zu beantworten, mußte der Hauptstrom selbst gemessen werden, wenn er 0,0069 Sekunden lang geschlossen wurde. Hierdurch wird das Stück AEK bestimmt, wenn den Windungen kein weiterer Widerstand

hinzugefügt wird. Die Windungen der Spiegelbussole mußten weiter vom Spiegel entfernt werden; durch Vergleichung der in den verschiedenen Stellungen stattfindenden Wirkungen fand sich diese Stromstärke, d. h. die volle Stromstärke minus dem gleich anfangs eintretenden Inductionsstrom $= 467,7$ das ganze Stromelement also ungefähr $= 500$. Wäre die Anziehungskraft des Magnets, welche dieser ganzen Stromstärke entspricht $= 2$ Kilogramm, so ist die der Stromstärke $0,8$ entsprechende immer noch $= 3,2$ Grm. Der Anziehung $2000 - 3,2 = 1996,8$ Grm. mußte also die Spannfeder das Gleichgewicht halten, um die Anziehung in dem so eben besprochenen Falle um $0,015$ Sekunden zu verzögern.

Die hier angeführten Zahlen können natürlich nur den Werth von Beispielen haben, beweisen aber hinreichend, wie bedeutende Zeitunterschiede in der Ankeranziehung bei Anwendung gleich starker Ströme verschiedener Quellen sich durch die dabei auftretenden Inductionsströme erklären lassen.

Hr. Hipp hat seiner oben angeführten Mittheilung die Bemerkung hinzugefügt, daß die Nichtübereinstimmung mehrer mit seinem Chronoskop ausgeführter Messungen ihren Grund in der Nichtbeachtung des besprochenen Unterschiedes haben dürfte. Ebenso hat Hr. Koosen¹⁾ schon früher bemerkt, daß man bei Anwendung elektromagnetischer Chronoskope immer auf Schwierigkeiten stößt, welche in der Induction ihren Grund haben. Wer einmal ein solches Instrument besitzt, und weiter beutzen will, dem ist der Rath zu ertheilen, seiner Batterie einen möglichst großen Widerstand, und dafür eine so große elektromotorische Kraft zu geben, daß der Magnet seine nöthige Stärke erreicht. Am besten aber hat Hr. Hipp selbst alle aus der Induction hervorgehenden Schwierigkeiten bei seinem Chronographen vermieden, indem er zur Bezeichnung des Anfanges, wie des Endes des kleinen, zu messenden,

1) a. a. O.

Zeitraumes nur die Losreißung des Ankers vom Magnete benutzte ¹⁾).

Bern, im November 1857.

V. *Vom Einfluß der Temperatur auf die Erscheinungen im Haarröhrchen; von C. Wolf.*

(Schluß der in Bd. 101, S. 576 abgebrochenen Abhandlung.)

Sind diese Verificationen einmal gemacht, so bringt man das untere Ende des Stifts in vollkommenen Contact mit der Flüssigkeit. Diese Gewisheit des Contacts ist beim Wasser und bei anderen das Metall benässenden Flüssigkeiten schwieriger zu erlangen als beim Quecksilber. Ich habe oft versucht, das Ende des Stifts einzufetten, aber umsonst; immer haftete diese Flüssigkeit am Metall und in sehr unregelmäßiger Weise. Für das Quecksilber hat man zu diesem Behufe vorgeschlagen, die Flüssigkeit und den Metallstift nebst einem sehr empfindlichen Galvanometer in eine elektrische Kette einzuschalten, so daß, wenn der Stift mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, ein Strom entsteht und der Beginn der Ablenkung der Nadel den Moment der Herstellung des Contactes anzeigt. Um die Genauigkeit dieses Vorschlages beim Wasser zu prüfen, bediente ich mich als Contactspitze der Spitze eines Sphärometers, das leicht 0,001 Millimeter angiebt; immer fand ich aber das Verfahren wenig empfindlich, indem sich die Nadel erst lange nach erfolgtem Contact in Bewegung setzte. Diese Unempfindlichkeit entspringt aus mehren Ursachen, zunächst aus der Masse der Nadel, die der Wirkung des

1) Die Beschreibung dieses Apparates, von dessen bequemer und sicherer Anwendbarkeit mich zu überzeugen ich vielfach Gelegenheit hatte, ist noch nicht veröffentlicht. Derselbe war aber auf der diesjährigen schweizerischen Industriausstellung bereits ausgestellt.