

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1857)
Heft: 399-400

Artikel: Über die elektromagnetische Wirkung volta'scher Ströme verschiedener Quellen
Autor: Beetz, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-318659>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nr. 399 und 400.

W. Beetz, über die elektromagnetische Wirkung volta'scher Ströme verschiedener Quellen.

(Vorgetragen den 13. November.)

Im Jahrgange 1855, pag. 90 dieser Mittheilungen, hat Herr Hipp auf die Erscheinung aufmerksam gemacht, dass zwei gleich starke volta'sche 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 scheint, als der erstere. Die Zeit, welche zwischen der Schliessung des Stromes und dem Augenblick verging, in welchem ein durch denselben erregter Magnet einen, durch eine Spannfeder zurückgehaltenen Anker angezogen hatte, war weit grösser, wenn der Strom von einer einpaarigen Säule kam, als wenn von einer zwölfpaarigen; besonders gross war dieser Unterschied, wenn die Feder so stark gespannt war, dass sie dem Magnetismus beinahe das Gleichgewicht hielt; in diesem Falle betrug er bis zu 22 tausendstel Sekunden.

Ich bestätigte zuerst das Vorhandensein eines solchen Unterschiedes durch folgende Versuche: Ein selbstunterbrechender Hammer, dessen Hammervorrichtung durch Einschieben einer Glasplatte festgestellt war, wurde in eine Leitung geschaltet, welche durch einen Commutator bald eine einfache grovesche Kette, bald eine solche Batterie von 6 Elementen und dazu soviel Widerstandsdraht aufnahm, dass eine, ebenfalls in die Leitung geschaltete Spiegelbussole immer die gleiche Ablenkung zeigte. Die

Bern. Mittheil. November 1857.

Entfernung der Bussole vom Hammer war gross genug, um keinen direkten 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 war, dass der Hammerapparat auf einem Resonanzboden befestigt war. Dann wurde der Commutator umgesetzt, und dadurch die 6 Elemente in Thätigkeit gebracht. Der Ton war in diesem Falle tiefer als vorher. Ferner wurden der Feder andere Stellungen gegeben, welche eine schnellere Unterbrechung erzeugten, als zuvor, und wurden jedesmal die beiden Töne aufgezeichnet, welche bei Einstellung des einen und der 6 Elemente entstanden. Die diesen Tönen entsprechende Anzahl von Unterbrechungen wurde mittelst eines Manochordes und einer $\overline{C}$ tönenden Normalstimmgabel jedesmal annähernd bestimmt. Als Beispiel der erhaltenen Ergebnisse führe ich die folgende Reihe an, in welcher ich der leichtern Uebersichtlichkeit wegen die Bezeichnungen der Töne mit beige setzt 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 Element	}	Ton	<u>As+</u>	<u>B</u>	<u>Cis</u>	<u>D</u>	<u>Dis+</u>	<u>F</u>	ver-
		Zahl	104	114	132	144	155	170	sagt

Bei der letzten Federstellung hörte der Apparat zu arbeiten auf, wenn er durch 6 Elemente getrieben wurde.

Die vorstehende Reihe zeigt deutlich, dass der erwähnte Unterschied in der Geschwindigkeit der Anker-

bewegung 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 magnetoelektrischen Maschine auf die Stromerregung hat Lenz *) die Ansicht aufgestellt, dass die Nichtproportionalität des Wachstums der elektromotorischen Kraft und der Drehungsgeschwindigkeit solcher Maschinen nicht in der Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus ihren Hauptgrund haben, sondern in einer Rückwirkung des inducirten Stromes der Spirale auf die inducirenden Eisencylinder, welche Ansicht er gegen die entgegengesetzte von S i n s t e d e n **) vertheidigt hat ***). Im vorliegenden Falle kann an eine Veränderung in der Coërcitivkraft des Eisens, in deren Folge dieselbe der Magnetisirung durch gleich starke Ströme desshalb verschiedenen Widerstand entgegensetzt, 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

*) Bull. de St-Pét. VII, pag. 257; Pogg. Ann. LXXVI, pag. 494.

**) Pogg. Ann. LXXXIV, 181.

***) Bull. de St-Pét. XII, pag. 46; Pogg. Ann. XCII, 128.

eine andere werden muss. Man übersieht das am leichtesten, wenn man den Gang der Inductionswirkung in der Weise verfolgt, wie es K o o s e n, 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.

Wird ein Strom durch einen, um einen Eisenstab spiralförmig gewundenen Draht geschlossen, so kann man sein Anwachsen durch eine Curve darstellen, deren Abscissen der Zeit, deren Ordonaten der jedesmaligen Stromstärke in jedem Zeitmomente entsprechen, so würde die magnetisirende Kraft des Stromes ausgedrückt sein 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 Verlauf der Zeit t soll nun eigentlich ein Extracurrent eintreten, welcher dem der Schliessung 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 magnetisirende Kraft darstellende Fläche ist nunmehr eingeschlossen von der concaven Seite der Curve, der Abscissenaxe und der Ordinate für den Endpunkt t . In unserem Falle muss also die anziehende Kraft des Elektromagnets um so grösser sein, je grösser

*) Pogg. Ann. LXXXVII, pag. 514.

die Concavität der Curve ist, je kleiner also der Verlust, 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 gehende Parallele zur Abscissenaxe liegt. Unter den sonst gleichen Umständen ist aber die elektromotorische Kraft des Extracurrent der Schliessung die gleiche, der ursprüngliche Strom mag durch ein oder sechs Elemente erzeugt sein; im ersteren Falle ist aber der demselben gebotene Widerstand erheblich geringer, als im letzteren, das zu subtrahirende Flächenstück ist demnach im ersteren Falle weit grösser, als im letzteren und demnach ist der durch die einfache Kette angeregte Elektromagnet wirklich kurze Zeit nach der Schliessung schwächer, als der durch die sechspaarige Säule angeregte. 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 Rad 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 Kupferdrahts in die Leitung. Der Widerstand der sechspaarigen Säule wurde wieder so abgemessen, dass, während das Rad stillstand, der Magnetspiegel der Bussole ebenso 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 Secunde unterbrochen und geschlossen wurde. Durch den Commutator wurden dann abwechselnd das eine und die sechs Elemente mit ihrem Widerstande eingeschaltet, und ausserdem wurde in die Spirale bald ein weicher

Eisenstab gelegt, bald herausgenommen. Der Spiegel nahm unter den verschiedenen Umständen verschiedene Stellungen ein, oder vielmehr machte er kleine Schwankungen am 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	ohne	mit	ohne
Eisenkern		Eisenkern	
2,5	6,2	5,8	7,5

Was hierbei zunächst die verschiedenen Ablenkungen betrifft, welche der Bussolspiegel bei Einschaltung von 1 oder 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 sei, welcher von Windung zu Windung der Spirale ohne Beihülfe des Magnetismus inducirt wird. Die primäre Stromstärke erleidet vielmehr eine unmittelbare Veränderung. Wenn E die elektromotorische Kraft eines Elementes, R einen wesentlichen Widerstand, r den Widerstand im übrigen Theil des Apparates bezeichnet, wenn nur eine Kette thätig ist, w den Widerstand, welcher den sechs Elementen noch geboten werden muss, so ist in der Ruhestellung des Rades der Bedingung

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

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 für eine kurze Zeit ein Widerstand x hinzugefügt. Von jetzt an muss also

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

sein. Der Unterschied der Ablenkungen 6,2 und 7,5 beweist also noch nichts für die Inductionswirkungen. 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

Entsprechend zeigte sich dieser Einfluss, wenn die Stromwechsel wieder durch den selbstunterbrechenden Hammer hergestellt wurden, die gleichzeitig eingeschaltete Busssole, 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
		Ablenk.	2,6	3,2	3,4	3,6	4,2
6 Elemente	{	Ton	<u>Fis-</u>	<u>B</u>	D+	F-	G
		Ablenk.	3,7	4,5	5,4	5,7	6,7

Wurde der Widerstand, der den 6 Elementen geboten werden musste, so gewählt, dass nicht die cotinuirlichen Ströme der einpaarigen und der sechspaarigen Säule, sondern die Ströme, welche beide bei 200 Unterbrechungen des Zahnrades mit Einlage des Fisenstabes in die Spirale gaben, gleich war, nämlich = 3,8, so bewirkte das Herausnehmen des Stabes ein Hinaufgehen der Ablenkung bis auf 8,1 bei einem Element, dagegen nur bis auf 4,1 bei 6 Elementen.

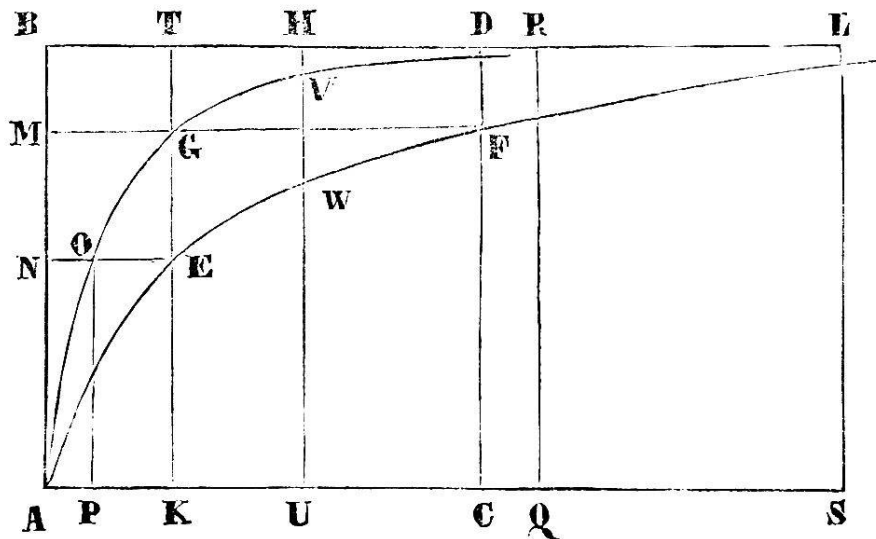
Dass alle diese Erscheinungen wesentlich der Induction zuzuschreiben sind, welche das Entstehen des Magnetismus im Eisenkerne bedingt, und sehr wenig der unmittelbaren Wirkung von Drahtwindung zu Drahtwindung, zeigt die schon von Herrn Hipp beobachtete Erscheinung, welche ich bestätigt fand, dass es so gut wie gleichgültig ist, ob der Widerstand, der den 6 Elementen geboten wird, durch eine Spirale oder einen gerade gespannten Draht dargestellt ist. Ich erhielt bei Einschaltung des Unterbrechungsrades und des Hammermagnets die Ablenkungen:

von einem Element		2,2
von sechs Elementen mit Spiralwiderstand		2,6
„ „ „ „ „ gespanntem Draht		2,7

wenn in allen drei Fällen die Stärke des continuirlichen Stromes die gleiche war.

Betrachten wir jetzt genauer den Vorgang, während einer einzelnen Ankeranziehung.

In der beistehenden Figur 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 magnetisirende Wirkung haben, welche durch das Rechteck A B D C 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 logarithmischen Curve, welche den Gang der Abnahme durch die Induction darstellt. Diese Curve beginnt um so flacher, je stärker der Extracurrent der Schliessung ist, sie mag z. B. die Gestalt A E F haben, wenn die Magnetisirung durch ein Element geschah, also dem Gegenstrom wenig Widerstand geboten ist, dagegen die Gestalt A G D, wenn n Elemente wirksam waren, also der Inductionsstrom vielen Widerstand zu erleiden hatte. In jedem einzelnen Momente ist der magnetische Zustand des Eisenkerns dargestellt durch die betreffende Ordinate, er ist z. B. zur Zeit AK für ein Element = KE, für n Elemente = KG. Wenn nun eine Spannfeder der magnetischen Anziehung ent-

gegenwirkt, so kann sich der Anker nicht eher in Bewegung setzen, als bis der Magnetismus des Eisenkernes die Spannkraft der Feder überwiegt. Halte diese der magnetisirenden Kraft NA das Gleichgewicht und sei der Strom durch n Elemente erregt, so ruht der Anker während der Zeit AP . Dann beginnt eine Bewegung, welche dem Flächenstück entspricht, das durch die Curve DGO , die Ordinate OP , die Abscissenaxe und noch eine Ordinate eingeschlossen ist, welche letzere, etwa DC , durch die Entfernung des Ankers vom Magnet bestimmt ist. Wird dagegen der Strom durch ein Element erregt, so ruht der Anker, bis die magnetisirende Kraft die Grösse $KE = AN$ erreicht hat, also während der Zeit AK , dann beginnt die Bewegung entsprechend dem Flächenstück zwischen der Curve LFE , der Ordinate ER , der Abscissenaxe und noch einer Ordinate, etwa RQ . Die Zeit, welche vom Momente der Schliessung bis zu dem der Ankeranziehung verflossen ist, ist also grösser bei Anwendung eines Elementes, als bei der von n Elementen; im ersteren Falle nämlich $= AC$, im letzteren $= AQ$. Wird die Feder stärker gespannt, etwa so, dass sie der magnetisirenden 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, dass dieser Zeitunterschied AS um so grösser sein muss, je grösser die Spannung der Feder $= AM$, ist. Wenn die Spannfeder nahezu dem vollen Magnetismus des Eisenkernes das Gleichgewicht hält, so dass also AM fast $= AB$ ist, so können die Flächenstücke zwischen der 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 = KC. Wenn also Herr Hipp bei seinen Versuchen mit einem Element die Anziehungszeit = 58, mit 12 Elementen = 36 tausendstel Sekunden fand, so muss der durch ein Element hervorgerufene Inductionstrom noch 22 tausendstel Sekunden später, als der durch 12 Elemente erregte dem Magnetismus die Grösse KG zukommen liess, von so merklicher Wirksamkeit sein, dass 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. Poggendorff *) 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 die eine derselben wurde der Strom einer Batterie geschlossen, und dann der Strom gemessen, welcher durch den entstehenden Magnetismus in die andere inducirt wurde, und zwar fand diese Messung in verschiedenen Zeiten nach der Stromschliessung statt. Zu dem Ende wird auf die verticale Axe einer Rotationsmaschine ein aus zwei Hälften (deren obere x, deren untere y heissen mag) bestehender Elfenbeincyliner befestigt. y sitzt auf der Axe fest, x kann leicht gegen y gedreht werden, wenn es nicht durch eine Schraube daran festgezogen ist. Die Drehung wird durch eine am unteren Rande von

*) Pogg. Ann. LXXXV, 147.

x angebrachte Theilung und durch eine am oberen Rande von y befindlichen Marke gemessen. In den oberen Rand von x und den unteren von y ist je ein Messingring eingelassen, von jedem derselben ragt noch ein Messingfortsatz, dessen Breite 10^0 der Cylinderfläche einnimmt, in die freigelassene Elfenbeinfläche hinein. Ausserdem sitzt noch ein gezahntes Rad auf der Axe fest. Auf der Cylinderfläche schleifen vier Federn, deren zwei, a und b, auf y schleifend, mit den Enden der primären Leitung, welche die eine Spirale und die Batterie einschliesst, die anderen zwei, c und d, auf x schleifend, mit den Enden der secundären Leitung, welche die andere Spirale und die Spiegelbussole einschliesst, verbunden wird. Die erstere Leitung hat noch eine Unterbrechungsstelle, 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 gegen einander gestellt, dass b und c zu gleicher Zeit die Anfänge der beiden schmalen, in das Elfenbein gelassenen Messingstücke berühren. Dann wird der Apparat in Rotation gesetzt, bis eine gegen die Zähne des Zahnrades schleifende Feder beständig einen, durch eine Stimmgabel immer wieder zu findenden Ton gibt. Dann wird der Taster herabgedrückt und die Bussole beobachtet. Sobald die Feder b zum ersten Male nach der Schliessung des Tasters über die Metalleinlage geht, wird der Hauptstrom geschlossen; er würde aber sogleich wieder geöffnet werden und dadurch einen umgekehrten Inductionsstrom erzeugen. Desshalb befindet sich unter dem einen Pol des vertical befestigten Magnets ein kleiner Eisenanker, welcher sich um eine Axe 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 gegen die Wand des Näpfchens den Anker in einer festen 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* gehörigen Näpfchen geht eine Leitung zu dem nach *a*, von dem zu *g* gehörigen zu dem nach *b* führenden Draht. Sobald nun die Feder *b* die Metalleinlage zum ersten Mal nach der Schliessung des Tasters berührt, wird der Anker angezogen und der Strom zwischen *f* und *g* geschlossen. Der Magnet bleibt also Magnet, auch wenn *b* die Einlage verlassen hat, und zwar ist seine Stärke so gut wie ungeändert 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 *o* zurück, und bleibt dort ruhig stehen, auch wenn die Drehung des Apparates fortgesetzt wird. In den vorläufigen Versuchen, welche ich für die vorliegende Untersuchung als ausreichend betrachtete, liess ich die Axe in der Sekunde vier Umgänge machen. Der Inductionsstrom blieb also immer, da die Einlage die Breite von 10^0 hatte, während 0,0069 Sekunden geschlossen, und zwar während der ersten 0,0069 Sekunden nach Schliessung des Stromes, wenn beide Metalleinlagen gerade über einander stehen, während der zweiten 0,0069 Sekunden, wenn das obere Cylinderstück um 10^0 gedreht ist u. s. w. Auf diese Weise werden die einzelnen Theile jener Curven in ähnlicher

Art bestimmt, wie Herr Lenz *) die Inductionscurven der magnetoelektrischen Maschinen aufsuchte. In die sekundäre Leitung wurde bald kein weiterer Widerstand, bald der von $\frac{1}{4}$ Stunde, oder mehreren Viertelstunden schweizerischen Telegraphendrahts, eingeschaltet. Die an der Bussole abgelesenen Ablenkungen waren folgende:

	Nach	Widerstd. 0	$\frac{1}{4}$ Stunde	$\frac{1}{2}$ Stunde	$\frac{3}{4}$ Stunden	2 $\frac{1}{2}$ Stunden
Drehung 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 Inductionscurven bei ihrem Anfange nimmt sehr schnell zu, wenn dem Inductionstrome mehr Widerstand geboten wird. Wenn die beiden, in der Figur gezeichneten, den Widerständen 0 und $\frac{1}{4}$ Stunde entsprechen (welcher Widerstand ungefähr der war, den ich bei den oben beschriebenen Versuchen den 6 Elementen geben musste), so würde, wenn die Abscisse AR die Zeit 0,0069 Sekunden darstellt, das Flächenstück B A E T = 32,5; B A G T aber vergleichsweise = 8,1 sein. Stellt K U wieder die gleiche Zeit dar, so ist weiter T E W H = 4,0 und T G V H = 0,8 u. s. w. Werden die beliebig gewählten Abscissen sehr klein genommen, so dass die

*) A. a. O.

zwischen je zwei Ordinaten liegenden Streifen 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 $2\frac{1}{2}$ Stunde 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 $\frac{1}{4}$ Stunde 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 grössern Widerständen (welche durch vielpaarige Säulen nothwendig werden) ist dieser Unterschied viel beträchtlicher.

Es fragt sich nur 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 A E K bestimmt, wenn den Windungen kein weiterer Widerstand hinzugefügt ist. Die Windungen der Spiegelbussole mussten weiter vom Spiegel entfernt werden; durch Vergleichung der in den verschiedenen Stellungen stattfindenden Wirkungen, fand sich diese Stärke des Stromes, (d. h. die volle Stromstärke minus dem gleich Anfangs eintretenden Inductionsstrom), $= 467,7$, das ganze Stromelement A B T K ist demnach ungefähr $= 500$. Wäre die Anziehungskraft des Magnets, welche dieser ganzen

Stromstärke 500 entspricht = 2 Kilogramme, so ist die der Stromstärke 0,8 entsprechende, immer noch = 3,2 Gramm. Dieser Anziehung $2000 - 3,2 = 1996,8$ Gramm müsste also die Spannfeder das Gleichgewicht halten, um die Anziehung in dem soeben besprochenen Fall 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 Inductionsstöße erklären lassen.

Herr Hipp hat seiner oben angeführten Mittheilung die Bemerkung hinzugefügt, dass die Nichtübereinstimmung mehrerer mit seinem Chronoskope ausgeführten Messungen ihre Ursache in der Nichtbeachtung des besprochenen Unterschiedes haben dürfte. Ebenso hat Herr K o o s e n *) 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 benutzen will, dem ist der Rath zu ertheilen, seiner Batterie einen möglichst grossen Widerstand, und dafür eine so grosse elektromotorische Kraft zu ertheilen, dass der Magnet seine nöthige Stärke erreicht. Am besten aber hat Herr Hipp selbst alle aus der Induction hervorgehenden Schwierigkeiten bei seinem neuen Chronographen vermieden, indem er zur Bezeichnung des Anfanges, wie des Endes eines kleinen, zu messenden Zeitraumes, nur die Losreissung des Ankers vom Magnete benutzte.

*) A. a. O.
