XIX. *Ueber die Wirkung des Ankers auf Elektromagnete und Stahlmagnete;*
von Gustav Magnus.

1) Ueber Zuckungen durch Elektromagnete.

Man war früher nur im Stande an dem Leitungsdrahte einer Volta'schen Säule Zuckungen des menschlichen Körpers zu erhalten, wenn dieselbe aus einer größeren Anzahl von Plattenpaaren bestand. Hr. Faraday hat zuerst in der neunten Reihe seiner Untersuchungen ¹⁾ gezeigt, daß man auch bei Anwendung eines einzigen Plattenpaares dergleichen Zuckungen erhalten könne, wenn ein sehr langer Draht als Leitung benutzt wird, jedoch immer nur bei dem Oeffnen, nicht aber bei dem Schließen der Kette. Er hat ferner gezeigt, daß die Zuckungen stärker werden, wenn der Draht spiralförmig gewunden ist, und noch stärker, wenn sich in der Spirale weiches Eisen befindet.

Die Erklärung, die derselbe von diesem Entstehen der Zuckungen gegeben hat, beruht auf der Thatsache, daß ein Strom, während er verschwindet, einen Strom von gleicher Richtung in jeder in seiner Nähe befindlichen Metallmasse erzeugt, die einen in sich geschlossenen Leiter bildet. So wie nun bei dem Oeffnen der Kette in einer neben dem Schließungsdraht befindlichen Metallmasse ein Strom in gleicher Richtung entsteht, so erzeugt sich auch, nach dieser Erklärung, ein solcher Strom in dem Schließungsdrahte selbst. Durch diesen wird, da er von gleicher Richtung ist, die Wirkung des ursprünglichen Stromes vermehrt. Einen solchen beim Verschwinden eines Stromes entstehenden neuen Strom nennt Hr. Faraday einen durch Induction entstandenen.

1) Diese Annalen, Bd. XXXV S. 413.

⁴Poggendorff's Annal. Bd. XXXVIII.

Von seiner Stärke hängt die Stärke der Zuckungen ab. Diese werden daher um so viel stärker seyn, je länger der Draht oder die Ausdehnung ist, in der die Erzeugung des Stromes durch Induction stattfindet.

Wird der Schließungsdraht zu einer Spirale gewunden, so entsteht bei Unterbrechung des Stroms nicht nur durch Induction eine Verstärkung desselben, wie bei dem geraden Drahte, sondern außerdem wirkt auch das Verschwinden des Stroms aus jeder einzelnen Windung durch Induction auf die daneben liegenden Windungen, und hierdurch wird eine neue Verstärkung des Stroms herbeigeführt.

Ist endlich in der Spirale noch weiches Eisen enthalten, welches, während der Strom durch den spiralförmigen Schließungsdraht geht, ein sogenannter Elektromagnet wird, so kann man sich vorstellen, daß der Magnetismus in demselben dadurch entsteht, daß auch in dem Eisen Ströme von derselben Richtung wie in dem Schließungsdraht hervorgebracht werden. Bei dem Verschwinden des Stroms in dem spiralförmigen Schließungsdraht verschwinden auch die Ströme in dem Eisen, und wirken dadurch ebenfalls inducirend auf den Schließungsdraht, wodurch noch eine neue Verstärkung des Stroms im Augenblicke seiner Unterbrechung eintritt.

Um diese Zuckungen selbst zu erhalten, wandte ich einen Elektromagneten von folgender Construction an: das Eisen in demselben war von kreisförmigem Durchschnitt, 14 Par. Zoll lang, 1,6 Zoll im Durchmesser, von Hufeisenform, die Schenkel 2,1 Zoll von einander abstehend. Der mit Seide umspinnene Kupferdraht, mit welchem dasselbe umwickelt war, hatte einen Durchmesser von 0,5 Linie. Die Länge desselben kann ich nicht genau angeben, doch schätze ich sie auf mindestens 1400 Fufs. Der Draht befindet sich nicht unmittelbar auf dem Eisen, sondern er ist über zwei Messinghülsen spiralförmig gewickelt, so daß jede eine Drahtspirale von 700 Fufs enthält. Jede dieser Drahtspiralen ist auf einen

Schenkel des Eisens gesteckt, der mittlere gekrümmte Theil desselben aber ist frei von Draht.

Das Plattenpaar, welches zur Erzeugung des elektrischen Stromes diente, bestand aus einer spiralförmig gewundenen Zink- und Kupferplatte, jede von ein Quadratfuß Oberfläche. Es wurde stets dasselbe Plattenpaar angewendet und eine Verstärkung des Stroms nur durch Anwendung von stärkerer Säure bewirkt. Mittelt eines ziemlich starken Stroms trug dieser Elektromagnet 140 Pfund. An der Stelle, wo die Drähte des Elektromagneten in die an der Kupfer- und Zinkplatte befestigten Quecksilbernäpfchen tauchten, waren messingene Handhaben von Cylinderform (5 Zoll lang und $1\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser) angebracht.

Wenn man diese Handhaben in den befeuchteten Händen hielt und durch Ausheben der einen die Leitung unterbrach, so bekam man Zuckungen, die sich bis in das Handgelenk hinauf erstreckten.

Die Drahtspiralen waren gewöhnlich so mit einander verbunden, daß das Eisen zwei ungleichnamige Pole an seinen beiden Enden hatte, sie konnten aber auch so verbunden werden, daß diese Pole gleichnamig waren. Die magnetische Intensität des Elektromagneten war alsdann so schwach, daß er nicht seinen Anker allein zu tragen vermochte, aber die Zuckungen waren durchaus dieselben, wie wenn der Elektromagnet zwei ungleichnamige Pole hatte, in welchem Falle derselbe 140 Pfund trug.

Diese Erscheinung zeigte sich nicht nur bei dem beschriebenen Elektromagneten, sondern auch bei allen ähnlich construirten, bei denen überhaupt Zuckungen wahrgenommen werden konnten. Es geht aus derselben hervor, daß die Verstärkung der Induction, welche durch das Verschwinden des Magnetismus entsteht, nicht sowohl von der magnetischen Intensität der ganzen Eisenmasse, als von der Summe der Intensitäten aller ihrer einzelnen Theile abhängt. Denn die erstere, die Intensität des Ei-

sens als ganze Maasse, ist sehr verschieden, je nachdem der Elektromagnet zwei gleichnamige oder zwei ungleichnamige Pole hat, während die letztere, die Summe der Intensitäten aller Theile des Eisens, in beiden Fällen dieselbe bleibt, wie es nothwendig seyn muß, wenn die Zuckungen ungeändert bleiben sollen.

Es lehrt diese Beobachtung zu gleicher Zeit, was freilich auch schon anderweitig bekannt ist, dafs die inducirende Wirkung immer dieselbe ist, welches auch die Richtung seyn mag, in welcher der Magnetismus verschwindet. Denn da jedes Eisentheilchen, das durch eine Drahtspirale magnetisch wird, seine Pole in entgegengesetzter Richtung hat, als ein durch die andere Spirale magnetisch gewordenen, und durch jede Spirale eine gleiche Masse des Eisens magnetisch wird, so würde die inducirende Wirkung beider Hälften sich aufheben, wenn bei dem Verschwinden des Magnetismus die Richtung der Pole von Einfluß wäre.

Wurden aber die beiden Drahtspiralen so mit einander verbunden, dafs der Elektromagnet zwei ungleichnamige Pole hatte, was bei allen später zu erwähnenden Versuchen der Fall war, so konnten die Zuckungen beliebig stärker oder schwächer erhalten werden, je nachdem die Unterbrechung der geschlossenen Kette plötzlich oder weniger plötzlich geschah.

Am besten kann man eine Verschiedenheit in der Unterbrechung der Kette erhalten, wenn die Drähte des Elektromagneten in etwas weite Näpfchen mit Quecksilber geführt werden, welche wiederum mit dem galvanischen Plattenpaar in leitender Verbindung stehen. Unterbricht man alsdann die Kette dadurch, dafs der eine Draht aus dem Quecksilber gehoben wird, so sind die Zuckungen, wenn man den Draht rasch in senkrechter Stellung heraushebt, nur sehr schwach. Hebt man denselben aber langsam heraus, und thut man diefs noch ausserdem in schräger Richtung, wodurch die Trennung

von der Oberfläche noch etwas mehr Zeit erfordert, so sind die Zuckungen ungleich heftiger. Bei gleich schneller Unterbrechung der Kette dagegen, erhält man unter übrigens gleichen Umständen stets Zuckungen von derselben Stärke.

Diese Beobachtung bestätigt, wie mir scheint, die Erklärung, welche Hr. Faraday von der Hervorbringung der Zuckungen gegeben hat. Denn nach dieser Erklärung entsteht der inducirte Strom, welcher die Zuckungen erzeugt, durch das Verschwinden des vorhandenen Stroms. Allein es wird derselbe nur entstehen können, so lange noch eine Leitung wirklich vorhanden ist. Wird diese daher sehr rasch unterbrochen, so ist sie in dem Augenblick, wo der inducirte Strom entstehen könnte, schon nicht mehr vorhanden, und dadurch die Bildung dieses Stromes unmöglich. Wird also der Draht schnell aus dem Quecksilbernäpfchen herausgehoben, so scheint die Zeit zur Bildung des inducirten Stromes nicht hinreichend zu seyn. Findet dagegen ein allmähiges Trennen des Drahtes von der Quecksilberfläche Statt, so kann der inducirte Strom sich in allen Theilen des Drahtes vollständig bilden, und dadurch eine um so viel stärkere Wirkung hervorbringen.

Wurde der eben erwähnte Versuch auf dieselbe Weise angestellt, aber der Elektromagnet vor dem Oeffnen der Kette mit einem Anker versehen, so waren die Zuckungen, obgleich das Oeffnen mit derselben Geschwindigkeit als vorhin geschah, so schwach, daß ich anfänglich glaubte, sie wären ganz verschwunden.

Wird ein Anker an einen Magneten gelegt, so wird er selbst magnetisch, jedoch mit entgegengesetzten Polen, und hebt dadurch die Wirkung des Magneten auf. Eben so wirkt der Anker bei einem Elektromagneten, und es war deshalb wahrscheinlich, daß der Anker die Verminderung in der Stärke der Zuckungen nur dadurch hervorbringe, daß er die inducirende Wirkung des Ei-

sens aufhebt. Denn da die Zuckungen bei einem Elektromagneten theils durch die Induction des Drahtes auf sich selbst und theils durch die des Eisens auf den Draht hervorgebracht werden, so konnte der Anker diesen letzteren Theil der Wirkung aufheben, so dafs alsdann der Leitungsdraht nur allein inducirend auf sich selbst wirkte, und dadurch die schwachen Zuckungen erzeugte, die bei angelegtem Anker noch erhalten wurden. Es schien deshalb nöthig sowohl die inducirende Wirkung des Eisens als auch die des Schließungsdrahtes jede für sich kennen zu lernen.

Zunächst wurde der Schließungsdraht allein ohne alles Eisen angewendet, und zu dem Ende diefs letztere aus den eben erwähnten Messinghülsen, über welche der Draht gewunden ist, herausgenommen. Die Zuckungen, die jetzt erhalten wurden, waren ungleich stärker als die, welche bei eingebrachtem Eisen mit angelegtem Anker erfolgten.

Hieraus geht hervor, dafs die Wirkung des Ankers nicht darin allein besteht, dafs derselbe die Induction des Eisens aufhebt; sondern dafs derselbe noch eine andere Wirkung ausübt, welche der Induction des Drahtes auf sich selbst entgegen wirkt.

Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, dafs die Zuckungen, die bei Anwendung des spiralförmigen Schließungsdrahtes allein erhalten wurden, nur wenig schwächer waren, als die, welche nach Einführung des Eisens ohne Anker erfolgten. Ohne Zweifel rührt die geringe Verstärkung durch das Eisen davon her, dafs bei dem angewandten Elektromagneten die Masse des Drahtes sehr bedeutend ist im Vergleich zu der des Eisens, und dafs deshalb die inducirende Wirkung des Drahtes auf sich selbst ebenfalls so bedeutend ist im Vergleich zu der des Eisens auf den Draht, dafs diese letztere kaum in Betracht kommt.

Um ferner auch die inducirende Wirkung des Eisens

auf den Draht allein zu erhalten, wurde der spiralförmige Schließungsdraht wieder um das Eisen befestigt, und, während der Strom durch denselben ging, der Anker angelegt. Hierauf wurde die Leitung unterbrochen. Der Anker blieb an dem Eisen haften, und es blieb also das Eisen magnetisch. Ein elektrischer Strom aber konnte in dem Draht nicht mehr vorhanden seyn, da derselbe geöffnet war. Wurden nun die Handhaben, welche an den Enden des Drahtes befestigt waren, in den befeuchteten Händen gehalten, und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den Enden des Drahts mittelst des Körpers hergestellt, und alsdann der Anker abgerissen, so erhielt man eine Zuckung, die jedoch stärker oder schwächer war, je nachdem der Anker plötzlich abgerissen oder abgeschoben wurde.

Diese Zuckungen sind offenbar nur eine Wirkung der Induction des Eisens auf den Draht. So lange der Anker an dem Eisen haftet, hebt er die magnetische Wirkung desselben auf. Werden aber beide getrennt, so verschwindet der Magnetismus und es entsteht durch Induction ein Strom in dem Draht, der von gleicher Richtung ist als der, welcher den Magnetismus in dem Eisen erzeugt hat.

Wenn der eben erwähnte Versuch so abgeändert wurde, dafs, während man die Handhaben in den befeuchteten Händen hielt, zugleich eine metallische Verbindung zwischen den Enden des Drahts stattfand, die in dem Augenblick unterbrochen wurde, wo der Anker von dem Eisen getrennt wurde, so erhielt man eine außerordentlich heftige Zuckung, etwa eben so stark als von einer mäfsig geladenen Leidener Flasche.

Diese starke Wirkung scheint davon herzurühren, dafs für das Entstehen des inducirten Stroms beim Abreißen des Ankers ein geschlossener Leiter vorhanden seyn mufs. Besteht dieser nun, auch nur theilweis, aus einem schlechten Leiter, wie der menschliche Körper ist,

so wird kein so starker Strom entstehen können, als bei Anwendung eines vollkommeneren metallischen Leiters. Wird ein solcher vollkommener metallischer Leiter in dem Augenblick unterbrochen, wo der Strom schon in ihm entstanden ist, und tritt dabei, statt der metallischen Verbindung, die Verbindung durch den Körper ein, so wird der nun schon in dem metallischen Leiter gebildete stärkere Strom durch den Körper gehen, und also eine stärkere Zuckung veranlassen, als wenn bei dem Entstehen des Stroms die Leitung nicht vollkommen metallisch ist.

Besonders auffallend aber ist es, daß in diesem Falle die Zuckung, welche allein von der inducirenden Wirkung des Eisens herrührt, ungleich stärker ist, als die Zuckungen, welche, durch Anwendung eines Elektromagneten ohne Anker, beim Oeffnen der Kette erhalten werden, wiewohl bei diesen nicht nur das Eisen, sondern auch der Schließungsdraht selbst inducirend wirkt.

Hiervon liegt der Grund, wie ich glaube, darin, daß eine Voltasche Kette zwar ein in sich geschlossener Leiter ist, der aber zum Theil aus einem vollkommenen Leiter, dem metallischen Schließungsdraht, zum Theil aus einem weniger vollkommenen, nämlich der Flüssigkeit, besteht, die zwischen den Platten enthalten ist. In einem so beschaffenen geschlossenen Leiter wird niemals ein eben so starker Strom durch Induction entstehen können, als in einem durchgängig metallischen. Es wird deshalb die inducirende Kraft des Eisens beim Abreißen des Ankers in dem durchgängig metallischen Leiter einen viel stärkeren Strom erzeugen, als die inducirende Kraft des Eisens und des Schließungsdrahtes in dem unvollkommenen Leiter, den die Kette darbietet. Ueberhaupt ist es denkbar, daß die Wirkung eines galvanischen Stromes viel stärker seyn würde, wenn bei seiner Erzeugung kein feuchter Leiter angewendet zu werden brauchte, so daß der Schließungsdraht durch eine metallische Leitung in

sich zurückkehren könnte; gerade so, wie dieß bei den durch Induction erzeugten Strömen der Fall ist.

Da, wie schon oben erwähnt, die Abnahme in der Stärke der Zuckungen, bei Anlegung des Ankers, nicht davon herrührt, daß die inducirende Wirkung des Eisens aufgehoben wird, sondern auch außerdem noch eine Wirkung stattfinden muß, welche der Induction des Drahtes auf sich selbst entgegenwirkt, so glaubte ich anfangs, daß das Eisen durch Anlegung des Ankers wie ein in sich geschlossener Draht wirkt, der sich neben einem Schließungsdraht befindet, und von dem Hr. Faraday gefunden hat, daß er der inducirenden Wirkung des Schließungsdrahtes auf sich selbst entgegenwirkt ¹⁾. Es entsteht nämlich, wenn ein in sich geschlossener Draht sich neben einem Schließungsdraht befindet, in dem ersten beim Oeffnen der Kette ein Strom durch Induction, von gleicher Richtung als in dem Leitungsdrahte. Dieser inducirte Strom aber wirkt während seines Entstehens gleichfalls inducirend auf den Schließungsdraht zurück, erzeugt also als entstehender Strom einen ungleichnamigen Strom in dem Schließungsdrahte, und hebt somit die Wirkung des ursprünglichen Stromes theilweis auf. Das hufförmige Eisen bildet nach Anlegung des Ankers einen in sich geschlossenen Leiter; wenn es aber nur als solcher auf den spiralförmigen Schließungsdraht wirkte, so mußte jeder andere an dieselbe Stelle gebrachte metallische Leiter dieselbe Wirkung hervorbringen.

Es wurde, um dieß zu untersuchen, ein starker in sich geschlossener Kupferdraht an die Stelle des hufförmigen Eisens gebracht. Die Zuckungen aber blieben durchaus ungeändert. Da es möglich schien, daß die Stärke dieses in sich geschlossenen Drahtes von Einfluß seyn könnte, so liefs ich ein Hufeisen von Zink gießen, genau von derselben Form und von denselben Dimensionen als das gewöhnlich benutzte eiserne. Wurde

1) Diese Annalen, Bd. XXXV S. 429 §. 1090.

dieses mit dem spiralförmigen Schließungsdraht umgeben, und durch einen Anker von Zink zu einem geschlossenen Leiter gemacht, so waren die Zuckungen ganz dieselben wie diejenigen, welche durch den Schließungsdraht allein erhalten wurden. Auch wenn statt des Ankers von Zink der Anker von Eisen an das Hufeisen von Zink gelegt wurde, blieben die Zuckungen ganz ungeändert.

Es geht hieraus hervor, daß die Wirkung des Eisens auf den Schließungsdraht nicht jedem Metalle oder jedem elektrischen Leiter zukomme, sondern nur dem Eisen, und wahrscheinlich auch den anderen Metallen, die den Magnetismus anzunehmen fähig sind.

Ich untersuchte nun, ob auch bei kleineren Elektromagneten das Anlegen des Ankers eine ähnliche Abnahme in der Stärke der Zuckungen hervorbringe, und wandte hierzu ein Eisen von 0,8 Zoll Durchmesser und 16 Zoll Länge, hufeisenförmig gebogen, an, auf dessen Schenkel Drahtspiralen gesteckt wurden, die jede 100 Fufs Draht enthielten (so daß der Leitungsdraht im Ganzen 200 Fufs lang war). Indefs war ich nicht wenig überrascht zu finden, daß bei diesem Elektromagneten keine Abnahme in der Stärke der Zuckungen durch das Anlegen des Ankers stattfand.

Ich gerieth daher auf den Gedanken, daß vielleicht die Beschaffenheit des Eisens in dem oben (S. 418) beschriebenen Elektromagneten die erwähnten Erscheinungen hervorgebracht habe, und liefs ein Eisen von derselben Form, als das früher benutzte, aber von einer ganz anderen Eisensorte, fertigen. Da dieses sich aber eben so verhielt als das frühere, so konnte nicht die Beschaffenheit des Eisens bei dem oben beschriebenen Elektromagneten die große Abnahme der Zuckungen verursacht haben.

Wurde nun dasselbe Eisen, das, umgeben mit dem 1400 Fufs langen Leitungsdraht, bei angelegtem Anker so schwache Zuckungen zeigte, nur mit einem 200 Fufs

langen Drahte umgeben, so zeigte dieser bei angelegtem Anker fast gar keine Abnahme der Zuckungen. Woraus hervorgeht, daß nur die Länge des Drahts die Abnahme der Zuckungen bedinge.

2) Für das Verschwinden des Stroms in dem Schließungsdraht eines Elektromagneten ist eine Zeit erforderlich.

Die eben erwähnten Erscheinungen ließen vermuthen, daß das Eisen eines Elektromagneten eine Wirkung auf den dasselbe umgebenden Draht ausübt, die verschieden ist, je nachdem es mit einem Anker versehen ist oder nicht. Um dies zu erfahren, wurde folgender Versuch angestellt.

Der Strom wurde durch den langen Schließungsdraht des S. 418 beschriebenen Elektromagneten geleitet. Darauf wurde, um den Strom zu unterbrechen, das eine Ende des Drahts aus dem Quecksilbernäpfchen, welches an der einen Platte der Säule befestigt war, herausgehoben, und so rasch als möglich in ein anderes Näpfchen mit Quecksilber getaucht, welches in leitender Verbindung mit dem andern Ende des Schließungsdrahtes stand, so daß dieser Draht hierdurch in sich zurückkehrte, aber von der Säule getrennt war. Um zu sehen, ob hierbei noch ein Strom in dem Drahte vorhanden bleibe, war zuvor ein Multiplicator in den Schließungsdraht eingeschaltet worden. So lange der Draht mit der Säule in Verbindung gestanden hatte, war die Doppelnadel des Multiplicators um 90° abgewichen. Wenn nun bei der Trennung des Drahtes von der Säule sich kein Anker an dem Eisen befand, so war augenblicklich jede Ablenkung der Nadel verschwunden, denn sie machte Schwingungen, die sich nach beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage gleich weit erstreckten. War dagegen vor der Trennung des Drahtes von der Säule der Anker an den Elektromagneten angelegt worden, so kehrte die Nadel nur *ganz allmählig* in ihre ursprüngliche Lage zurück, und zwar so

langsam, daß nach der verschiedenen Stärke des Stroms 20 bis 70 Secunden vergingen, bis die Nadel Schwingungen machte, die auf beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage gleich groß waren. Während dieser Zeit aber bewegte sie sich auf die Art, daß sie aus ihrer Ablenkung um 90° sich ihrer ursprünglichen Lage bis auf etwa 75° näherte, sich dann wieder um wenige Grade entfernte, dann sich wieder bis auf etwa 40° näherte, sich wieder um wenige Grade entfernte u. s. f., bis die Abweichung Null wurde, und die Schwingungen nach beiden Seiten gleich waren.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß wenn der Draht nach dem Oeffnen der Kette nicht in sich zurückkehrte, auch kein Strom ferner in ihm zu entdecken war, der Anker mochte sich an dem Elektromagneten befinden oder nicht.

Dasselbe Resultat das dieser Versuch gegeben hatte, daß nämlich in dem Schließungsdraht eines Elektromagneten der Strom beim Oeffnen der Kette nur langsam verschwindet, wenn ein Anker an dem Elektromagneten liegt, dahingegen plötzlich verschwunden ist, wenn der Elektromagnet keinen Anker trägt, zeigte sich auch, als derselbe Versuch mit demselben Eisen angestellt, aber statt des 1400 Fufs langen Schließungsdrahts nur ein 200 Fufs langer benutzt wurde, nur war die Zeit kürzer, die verging bis die Nadel in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt war. Eben dasselbe fand statt, wenn ein schwächeres Eisen (von nur $\frac{7}{8}$ Zoll Durchmesser) angewandt wurde, das ebenfalls mit einem 200 Fufs langen Draht umwunden war, bei diesem mußte indeß schon ein ziemlich empfindlicher Multiplicator angewandt werden. Es ist also die Zeit, welche bis zum völligen Verschwinden des Stroms bei angelegtem Anker vergeht, bei Anwendung derselben Eisenmasse kürzer, wenn der Leitungsdraht kürzer ist. Bei Anwendung derselben Drahtlänge aber ist diese Zeit kürzer, wenn die Masse des Eisens geringer ist.

Um den Einfluß der Länge des Drahts bei dieser Erscheinung zu verfolgen, wurde das starke Eisen (von 1,6 Zoll Durchmesser) mit nur 12 Windungen eines sehr starken Kupferdrahts (von 3 Linien Durchmesser) umgeben, so daß sechs Windungen, jede $\frac{1}{2}$ Zoll von der andern abstehend, um jeden Schenkel des Hufeisens lagen, während der mittlere gekrümmte Theil desselben ganz frei von Windungen war. Wurde dieser Draht durch Drähte von derselben Stärke mit dem oben beschriebenen Plattenpaar in Verbindung gesetzt, so war die Tragkraft des Elektromagneten fast dieselbe wie bei Anwendung des dünnen 1400 Fufs langen Drahts, der das Eisen in etwa 2200 Windungen umgab. Allein es war nicht möglich zu ermitteln, ob auch bei diesem kurzen, nur 9 Fufs langen, Draht ein langsames Verschwinden des Stromes stattfand; denn als bei Anwendung desselben ein Multiplicator eingeschaltet wurde, der aus dünnem Drahte bestand, hörte die Tragkraft des Elektromagneten fast ganz auf. Der Grund hiervon ist der, daß wenn der Strom an irgend einer Stelle der Leitung durch einen dünnen Draht gehen muß, seine Stärke bedeutend abnimmt, und mit dieser nimmt auch die Tragkraft des Elektromagneten ab. Da folglich der Multiplicator nicht benutzt werden konnte, um das allmälige Verschwinden des Stroms bei diesem starken Drahte zu beobachten, so wurde eine Doppelnadel neben dem Drahte aufgehängt, doch war weder hierbei, noch auch wenn der starke Draht die Nadel in einigen Windungen umgab, ein langsames Zurückkehren derselben zu beobachten. Offenbar deshalb, weil die Zeit, welche die Nadel für eine Schwingung bedurfte, größer war als die, welche für das Verschwinden des Stromes nöthig war. Allein bei einem andern später (S. 431) zu erwähnenden Versuche zeigte sich, daß selbst bei diesem Drahte ein langsames Verschwinden des Stromes wirklich stattfindet.

- 3) Für das Verschwinden des Magnetismus eines Elektromagneten beim Oeffnen der Kette ist eine Zeit erforderlich.

Das langsame Verschwinden des Stromes in dem Schließungsdrahte läßt sich vollständig erklären, wenn man annimmt, daß auch der Magnetismus eines Elektromagneten bei dem Oeffnen der Kette nicht augenblicklich verschwindet, wenn ein Anker an dem Elektromagneten sich befindet, sondern alsdann nur allmählig abnimmt. Denn ein solches allmähliges Verschwinden des Magnetismus würde durch Induction einen Strom in dem geschlossenen Leitungsdrahte von gleicher Richtung erzeugen, als der, welcher ursprünglich durch den Draht geleitet worden. Dieser inducirte Strom aber würde eben so allmählig erregt werden, als der Magnetismus verschwindet, er wird deshalb die Nadel des Multiplicators stets von Neuem abzulenken suchen, und sie dadurch nur allmählig in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren lassen.

Daß aber in der That das langsame Zurückkehren der Nadel in ihre ursprüngliche Lage davon herrührt, daß während längerer Zeit ein Strom von derselben Richtung fortwährend erzeugt wird, wurde durch folgenden Versuch bestätigt. Der Strom wurde, wie zuvor, durch den 1400 Fufs langen Schließungsdraht geleitet und der Anker an den Elektromagneten gelegt. Derselbe blieb bei Unterbrechung des Stroms noch mit ziemlich bedeutender Kraft an dem Elektromagneten haften. Es wurden sodann beide Enden des Drahtes von der Säule getrennt und mit einem Multiplicator in Verbindung gesetzt, so daß mittelst dieses Multiplicators der Schließungsdraht in sich zurückkehrte. Sogleich wich die Nadel des Multiplicators ab, und zwar in derselben Richtung als sie durch den Strom der Säule würde abgelenkt worden seyn. Dieses Abweichen der Nadel fand noch Statt, selbst nachdem der Leitungsdraht während zehn Secunden von dem Plattenpaare getrennt, und dann erst

durch den Multiplicator in sich selbst zurückkehrend gemacht war. Je später indeß dies geschah um so geringer waren die Ablenkungen der Nadel, und um so viel schneller kehrte dieselbe in ihre ursprüngliche Lage zurück. Stets aber schien die Zeit von dem Oeffnen der Kette bis zu dem Augenblick, wo die Nadel gleiche Schwingungen nach beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage machte, dieselbe zu seyn, der Draht mochte nach seiner Trennung von der Säule augenblicklich oder erst nach einiger Zeit in sich zurückkehrend gemacht werden.

Wenn aber, wie dieser Versuch zeigt, das langsame Verschwinden des Magnetismus, das langsame Verschwinden des Stromes in dem Leitungsdraht des Elektromagneten bei angelegtem Anker bewirkt, so ist auch einleuchtend, daß bei gleichen Eisenmassen und gleicher Tragkraft derselben, der Strom in dem umgebenden Drahte um so langsamer verschwinden wird, je länger dieser Draht ist, indem dieses langsame Verschwinden des Stroms eigentlich auf einer stets neuen Erzeugung desselben durch Induction beruht, die um so viel stärker ist, je länger der Draht ist auf den sie ausgeübt wird.

Dies bestätigte sich auch vollständig, als das in dem vorigen Versuch angewandte Eisen, statt mit dem 1400 Fufs langen Drahte nur mit 200 Fufs umgeben wurde. Es zeigte sich alsdann zwar dieselbe Erscheinung wie in dem vorigen Versuche, allein nur wenn die von der Säule getrennten Drähte sehr rasch mit dem Multiplicator in Verbindung gesetzt wurden. Und wenn statt dieses Drahts der 3 Lin. dicke und nur 9 F. lange Draht für dasselbe Eisen benutzt wurde (S. 429), so konnte eine Ablenkung der Nadel nur erhalten werden, wenn ein sehr empfindlicher Multiplicator angewendet wurde. Eben so verhielt es sich, wenn ein schwaches Eisen (nur 0,8 Zoll in Durchmesser) mit 200 Fufs langem Draht benutzt wurde.

Hieraus wird nun auch erklärlich, woher die Ab-

nahme der Zuckungen rührt, die durch das Anlegen des Ankers bewirkt wird.

Hat man nämlich einen Elektromagneten von sehr starker Tragkraft, so wird der Magnetismus desselben beim Oeffnen der Kette nur sehr langsam verschwinden. Ist das Eisen mit einem sehr langen Drahte umgeben, und wird dieser bei seiner Trennung von der Säule durch den menschlichen Körper in sich zurückkehrend, so wird durch das langsame Verschwinden des Magnetismus das Verschwinden des Stroms in diesem Drahte gehindert, er kann deshalb nicht inducirend auf sich selbst wirken, und folglich keine Zuckungen hervorbringen. Ist hingegen dasselbe Eisen bei derselben Tragkraft mit kürzerem Draht umgeben, so ist die durch das Verschwinden des Magnetismus hervorgebrachte inducirende Wirkung schwächer, weil sie auf eine geringere Länge des Drahts wirkt. Es wird deshalb das Verschwinden des Stroms in dem Drahte nicht in demselben Maafse gehindert, dieser wird daher inducirend auf sich selbst wirken können, und Zuckungen hervorbringen. Es hängt deshalb die Abnahme der Zuckungen nur von der Länge des Drahtes ab, und es ist nicht zu bezweifeln, dafs sich für jede Eisenmasse auch eine Drahtlänge finden wird, bei welcher das Eisen, wenn es mit einem Anker versehen ist, das Entstehen der Zuckungen hindert. Bemerkenswerth aber ist, dafs bei allen den Elektromagneten, bei denen keine oder nur eine sehr schwache Abnahme der Zuckungen durch das Anlegen des Ankers zu beobachten war, die Drähte so kurz waren, dafs sie für sich, ohne Eisen, nur sehr schwache Zuckungen hervorbrachten. Deshalb wurden diese Zuckungen auch bedeutend stärker, sobald das Eisen ohne Anker sich in diesen Dräthen befand, während bei dem oben (S. 418) beschriebenen Elektromagneten, bei dem die Zuckungen durch Anlegen des Ankers fast ganz verschwanden, der spiralförmig gewundene Draht ohne Eisen fast eben so starke Zuckungen hervorbrachte als mit demselben.

4) Von der Tragkraft der Elektromagnete bei Umkehrung des Stroms.

Das langsame Verschwinden des Stromes bei Anwendung eines Elektromagneten, der mit einem Anker versehen ist, erklärt noch ein anderes Factum. Es wird allgemein angenommen, daß der Anker an einem Elektromagneten nicht nur haftet, wenn die Verbindung mit der Kette aufgehoben wird, sondern auch, wenn der Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Draht geleitet wird. Ein Ungenannter, P. M. aus Dublin, behauptet sogar in dem *Philosophical Magazine* für 1833, Vol. III p. 18, daß in dem Augenblicke der Umkehrung des Stromes die Tragkraft eines Elektromagneten bedeutend zunehme. Bei meinem Versuch aber fand ich gerade das Gegentheil.

Bei Anwendung des Elektromagneten mit sehr langem Leitungsdrahte fiel der nur 3 Pfund schwere Anker bei Umdrehung des Stromes, dieselbe mochte noch so rasch erfolgen, selbst wenn gar kein Gewicht an ihm befestigt war, regelmäsig ab, und doch war dieser Elektromagnet bei Anwendung desselben Stromes im Stande, 140 Pfund zu tragen. Wurde dasselbe Eisen mit dem 3 Linien starken, kurzen Leitungsdraht (S. 429) angewendet, so blieb zwar der Anker, wenn keine Last an ihm befestigt war, bei Umdrehung des Stromes haften, aber wenn bei ununterbrochener Wirkung des Stromes der Elektromagnet 80 Pfund trug, so riß bei Umkehrung des Stromes der Anker jedesmal ab, wenn er nur noch mit 3 Pfund belastet war. Wurde dieser Strom unterbrochen, nicht aber umgekehrt, so trug der Anker noch 21 Pfund; es riß also derselbe bei Umdrehung des Stromes ab, wiewohl er nur eine geringere Last trug, als die, welche er nach Aufhebung des Stromes zu tragen vermochte.

Früher glaubte man, daß der Strom in einem Elektromagneten, selbst wenn der Anker an demselben liegt,

beim Oeffnen der Kette momentan verschwinde, und daß hierbei durch Induction ein Strom entstehe, der den Anker während des Moments der Umdrehung des Stromes mit derselben Kraft trage als er zuvor getragen wurde. Allein da, wie eben gezeigt worden, der Strom in einem Elektromagneten nur langsam verschwindet, wenn der Anker an demselben liegt, so muß, selbst wenn schon der Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Draht geleitet wird, noch ein Strom in der früheren Richtung vorhanden seyn. Hierdurch wird dem nun entstehenden Strome entgegengewirkt, und es kann daher, wenn zum Entstehen desselben ebenfalls eine Zeit erforderlich ist, ein Punkt eintreten, wo diese einander entgegengesetzten Ströme gleich sind und sich vollständig in ihrer Wirkung aufheben. In diesem Augenblicke wird der Anker abfallen.

Es folgt hieraus, daß der Anker niemals in demselben Augenblick abfallen wird, in welchem der Strom mittelst des sogenannten Stromwenders die entgegengesetzte Richtung erhält. Auch findet sich wirklich, daß das Abfallen des Ankers stets später als diese Umdrehung des Stromes stattfindet. Bei dem Elektromagnet mit langem Leitungsdraht vergingen 4 Secunden zwischen der Umkehrung des Stroms und dem Abfallen des Ankers.

Bei allen Elektromagneten, bei denen eine hinreichende Zeit zwischen der Umkehrung des Stroms und dem Abfallen des Ankers vergeht, bleibt derselbe haften, wenn die Richtung des Stromes geändert, die frühere Richtung aber schnell genug wieder hergestellt wird.

- 5) Die magnetische Intensität nimmt zu durch das Anlegen des Ankers, und bedarf einer Zeit für diese Zunahme.

Daß der Magnetismus eines Elektromagneten, nachdem seine Verbindung mit der Säule unterbrochen ist, nur langsam verschwindet wenn ein Anker angelegt ist,

während er plötzlich verschwindet; wenn dieß nicht der Fall ist, wird dadurch weniger auffallend, daß auch, während der Elektromagnet unausgesetzt mit der Säule in Verbindung bleibt, der Magnetismus desselben zunimmt, wenn ein Anker angelegt wird, und daß diese Zunahme des Magnetismus ebenfalls nur allmählig stattfindet.

Wurde nämlich der Strom durch den 1400füßigen Schließungsdraht geleitet und während dessen der Anker an den Elektromagneten gelegt, so haftete dieser anfänglich nur mit sehr geringer Kraft und konnte leicht wieder getrennt werden. Blieb derselbe aber während etwa zwei Secunden an dem Elektromagneten, so war ich nicht im Stande ihn wieder abzureißen, und es bedurfte alsdann eines Gewichts von mehr als einem Centner, um dieß zu bewirken. Eben so war der Anker unmittelbar nachdem er angelegt worden leicht verschiebbar auf den Polen des Elektromagneten, doch wurde er allmählig immer fester, und nach einigen Secunden vermochte ich kaum mit aller Anstrengung ihn zu verrücken.

Es geht hieraus hervor, daß die starke Tragkraft der Elektromagnete beim Anlegen des Ankers erst allmählig eintritt. Doch ist dieß vorzugsweise nur bei Elektromagneten der Fall, die mit sehr langem Draht umgeben sind, bei Anwendung kürzerer Drähte für dasselbe Eisen haftet hingegen der Anker fast momentan mit seiner vollen Kraft.

Daß während der Zeit, die bis zur Annahme der vollen Tragkraft des Elektromagneten vergeht, auch eine wirkliche und allmähliche Verstärkung seines Magnetismus stattfindet, ergibt sich aus folgender Beobachtung.

Der erwähnte Elektromagnet, mit 1400 Fuß Draht, vermochte nämlich an jedem einzelnen Pole nur äußerst geringe Eisenmassen zu tragen, etwa ein bis zwei Pfund, und doch war der Elektromagnet im Stande, sobald er mit einem Anker versehen wurde, etwa 140 Pfund zu

tragen¹⁾). Ein gestrichener Stahlmagnet, der mittelst seines Ankers 10 Pfund trug, vermochte an einem Pol grössere Eisenmassen zu tragen als dieser starke Elektromagnet.

Dasselbe findet bei allen Elektromagneten, die ich versuchen konnte, statt, daß sie nämlich, verglichen mit gestrichenen Stahlmagneten, eine sehr geringe Last an jedem einzelnen Pole zu tragen vermögen, so daß der größte Theil ihrer Tragkraft erst durch das Anlegen des Ankers erzeugt wird. Diels brachte mich auf den Gedanken, daß die Tragkraft der mit einem Anker versehenen Elektromagnete besonders davon abhängt, daß das Eisen eine in sich geschlossene Masse bilde.

Um diels zu untersuchen wurden zwei Elektromagnete in Hufeisenform von ganz gleichen Eisenmassen, und mit ganz gleichem Draht umwunden so aufgestellt, daß ihre vier Pole ein Quadrat bildeten. Die Drähte derselben wurden so mit einander verbunden, daß der galvanische Strom durch beide nach einander gieng, und die Pole so lagen, daß immer zwei ungleichnamige einander zunächst waren. Jeder von beiden Elektromagneten trug, wenn seine Pole durch einen Anker verbunden wurden, mehr als 50 Pfund. Wenn aber zwei zu den verschiedenen Elektromagneten gehörige ungleichnamige Pole mit einander verbunden wurden, so waren sie kaum im Stande den Anker allein zu tragen.

Man könnte glauben, daß die Pole beider Elektromagnete vielleicht nicht vollkommen in einer Ebene lagen, so daß der Anker bei der Verbindung der zu verschiedenen Elektromagneten gebörenden Pole diese nicht vollständig beröhren konnte, und daß hierdurch dieser auffallende Unterschied herbeigeföhrt worden sey, allein

1) Die HIL. J. Henry und Ten Eyck haben, wie ich später gesehen, in Sillimann's Journal, XIX, 402, schon eine ähnliche Beobachtung beiläufig erwähnt, ohne jedoch diesem merkwürdigen Gegenstande weitere Aufmerksamkeit zu schenken.

dieses wurde dadurch ganz widerlegt, daß, sobald die beiden andern Pole der beiden Elektromagnete ebenfalls durch einen Anker verbunden wurden, die Tragkraft sich sogleich bedeutend vermehrte, und wenn sie auch nicht eben so groß wurde als die der beiden zu einem Elektromagneten gehörigen Pole, so näherte sie sich doch derselben.

Um indess jedem Einwand zu begegnen, wurden zwei runde Stäbe von weichem Eisen, 7 Zoll lang und 0,8 Zoll im Durchmesser angewendet, die an beiden Enden vollkommen abgeschliffen waren. Sie wurden in einer Entfernung von $2\frac{1}{2}$ Zoll von einander befestigt und jeder mit einem spiralförmig gewundenen Draht von 50 Fufs Länge umgeben. Beide Drähte waren so verbunden, daß der galvanische Strom durch beide nach einander ging, und daß die ungleichnamigen Pole beider Stäbe nach derselben Seite gewendet waren. Wurden die beiden nach unten gewandten Pole durch einen Anker verbunden, so vermochten sie kaum diesen, der etwa 3 Pfund wog, allein zu tragen; wurden aber gleichzeitig auch die beiden nach oben gewandten Pole durch einen Anker verbunden, so haftete der untere Anker so fest, daß er bis zu 40 Pfund zu tragen vermochte.

Wurden statt dieser Stäbe zwei andere, gleichfalls von 7 Zoll Länge, aber 1,6 Zoll im Durchmesser, angewandt, und wurden diese entweder mit dem 1400füßigen oder mit dem starken, 3 Linien dicken und nur 9 Fufs langen Draht umgeben, so vermochten auch diese, selbst bei Anwendung eines sehr starken Stromes kaum den Anker allein zu tragen. Wurden aber ihre nach oben gewandten Pole durch ein flaches, wohl aufgeschliffenes Stück Eisen verbunden, so haftete der Anker mit solcher Kraft, daß er noch etwa 140 Pfund zu tragen vermochte ¹).

1) Für Vorträge über Physik ist ein solcher aus 2 Stäben bestehender Elektromagnet sehr zu empfehlen, da derselbe alle Ei-

Dieser Versuch zeigt, daß eine Vermehrung der Tragkraft eines Elektromagneten dadurch bewirkt wird, daß das Eisen desselben eine in sich geschlossene Masse bildet. Ich habe mich überzeugt, daß diese Vermehrung vorzüglich auf eine vollständige Berührung des verbindenden Eisens beruht.

Wurden nämlich die beiden nach oben gewandten Pole der elektromagnetischen Stäbe durch ein Eisen verbunden, das sie nur in einer Kante berührte, so bewirkte dies eine kaum merkbare Vermehrung der Tragkraft der beiden anderen Pole, an denen der Anker angelegt war; wurde aber dasselbe Stück Eisen flach auf die oberen Enden der elektromagnetischen Stäbe gelegt, so war die Vermehrung sehr bedeutend.

Aber nicht nur wenn ein gerades Stück Eisen die Verbindung zwischen den Polen der beiden Stäbe macht, findet eine Vermehrung der Tragkraft der entgegengesetzten Pole statt, sondern auch wenn das verbindende Stück gekrümmt und daher länger ist. Um zu erfahren, ob auch, wenn die Verbindung durch eine sehr lange Eisenmasse stattfindet, eine Vermehrung der Tragkraft eintrete, ließ ich ein 6 Fuß langes Eisen von demselben Durchschnitt und derselben Beschaffenheit als die 0,8 Zoll starken elektromagnetischen Stäbe so biegen, daß es ein Hufeisen bildete, dessen Schenkel 3 Fuß lang waren, als durch dieses die nach oben gewandten Pole der Stäbe verbunden wurden, fand noch eine bedeutende Vermehrung der Tragkraft der entgegengesetzten Pole statt.

Man könnte hiernach vielleicht glauben, daß eine

genschaften eines hufeisenförmigen Elektromagneten besitzt, und außerdem die bedeutende Verschiedenheit der Tragkraft bei fehlender Verbindung der Stäbe zeigt. Bei der Anfertigung desselben muß aber besonders dafür gesorgt seyn, daß bei angehängter Last die Stäbe sich durchaus nicht verrücken können, damit der Anker sowohl, als auch das oben aufgelegte Stück Eisen die Stäbe immer recht vollständig berührt.

solche Vermehrung der Tragkraft der Elektromagnete nur dadurch bewirkt werde, daß das Eisen eine in sich geschlossene Masse bildet. Allein auch wenn an den nach oben gewandten Polen der Stäbe Eisenmassen angelegt wurden, die einander nicht berührten, so fand schon eine Vermehrung der Tragkraft statt, nur mußten die Eisenmassen ziemlich bedeutend seyn. Ohne angelegte Eisenmassen trügen die Stäbe nur den 3 Pfund schweren Anker, nach dem Anlegen dieser Massen trugen sie 12 Pfund ¹⁾). Wurden die Eisenmassen jedoch so angebracht, daß sie einander berührten, oder wurden sie nur durch ein anderes Stück Eisen verbunden, so nahm die Tragkraft noch bedeutend zu. Doch wurde sie nie so stark wie wenn statt der Eisenmassen ein flaches Stück Eisen die oberen Pole der Stäbe verband.

Gestrichene Stahlmagnete scheinen sich in dieser Beziehung anders zu verhalten, wenigstens solche, die nicht eben erst gestrichen worden, sondern die schon seit längerer Zeit gedient haben. Denn wenn zwei Stäbe parallel mit einander senkrecht befestigt wurden, so haftete ein Anker an den beiden nach unten gewandten ungleichnamigen Polen stets mit derselben Kraft, die beiden nach oben gewandten Pole mochten durch ein Eisen verbunden seyn oder nicht. Eben so wenig fand eine Vermehrung der Tragkraft statt, wenn große Eisenmassen an die nach oben gewandten Pole gelegt wurden.

Wiewohl aber das Anlegen von Eisen an den einen Pol eines Stahlmagneten keine wahrnehmbare Vermehrung der Tragkraft des andern Poles bewirkt, so findet dennoch auch bei den Stahlmagneten eine Vermehrung des Magnetismus durch das Anlegen von Eisen statt, und es scheint, als ob diese sich nur nicht bis zu dem

1) Daß der Magnetismus der Erde ohne Einfluß auf diese Erscheinung war, ging daraus hervor, daß die Eisenmassen immer dieselbe Wirkung ausübten, in welche Richtung sie auch gebracht wurden.

entgegengesetzten Pole stark genug erstrecke, um eine Vermehrung der Tragkraft wie bei den Elektromagneten hervorzubringen. Es ist bekannt, daß wenn man einen Magneten einem in sich geschlossenen Kupferdraht nähert, ein elektrischer Strom in dem Drahte entsteht, und daß, wenn man denselben Pol des Magneten von dem Drahte entfernt, ein Strom in entgegengesetzter Richtung erzeugt wird, wenn aber der Magnet in unveränderter Entfernung von dem Drahte bleibt, keine wahrnehmbare Wirkung auf diesen letzteren stattfindet. Bringt man nun in einen spiralförmig gewundenen Draht, dessen beide Enden durch einen Multiplicator mit einander verbunden sind, einen Magnetstab, so weicht die Nadel des Multiplicators ab, kehrt aber, wenn der Magnet in der Spirale bleibt, wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Nähert man alsdann dem einen Pole des Magnetstabes ein Stück Eisen, so weicht die Nadel von Neuem ab, und zwar nach derselben Richtung nach der sie durch das Einbringen des Magneten abgewichen war. Diese Erscheinung hat auch schon Hr. P. Erman in seiner Abhandlung: »Ueber Erzeugung von Elektromagnetismus durch bloße Modification der Vertheilung der Polarität in einem unbewegten Magnet« ¹⁾ angeführt.

Es geht hieraus hervor, daß das Annähern des Eisens ganz dasselbe bewirkt, als das Einbringen eines neuen Magneten gethan haben würde. Das heißt, es verstärkt den Magnetismus des schon vorhandenen Magneten ²⁾. In Folge der erhaltenen Verstärkung wirkt der Magnet

1) Abhandlungen der Academie der Wissenschaften zu Berlin, 1832, S. 17. — Diese Annalen, Bd. XXVII S. 471.

2) Man kann zwar dieselbe Ablenkung der Nadel auch erhalten, wenn man einen Magneten aus der Spirale entfernt, allein dieser muß alsdann auch gerade entgegengesetzte Pole als der schon in der Spirale vorhandene Magnet haben. Die Entfernung eines solchen würde aber in ihrer Wirkung immer eine Verstärkung des Magnetismus des schon vorhandenen Magneten seyn.

ohne Zweifel von Neuem inducirend auf das Eisen, und dadurch wirkt dieß wieder auf den Magneten zurück, und so verstärken sich beide gegenseitig.

Wird einem Magnete, der sich in einer solchen Drahtspirale befindet, statt einer Eisenmasse ein anderer Magnetstab mit seinem ungleichnamigen Pole genähert, so weicht die Nadel des Multiplicators gleichfalls nach einer solchen Richtung ab, wie wenn ein Magnet von gleicher Richtung, als der schon in der Spirale vorhandene, in diese eingeführt würde. Also auch Magnete, die mit ihren ungleichnamigen Polen einander genähert werden, bewirken eine gegenseitige Verstärkung ihres Magnetismus.

Es ist dieß eine wirkliche Verstärkung der magnetischen Intensität, die ein Magnet durch das Anlegen, oder das bloße Annähern von Eisen erfährt. Das bekannte Factum, daß ein Magnet ein größeres Gewicht trägt, wenn man ihn nur mit Eisen beschwert, als wenn man an den eisernen Anker Gewichte von anderen Substanzen befestigt, beruht zwar auf einer solchen Verstärkung der magnetischen Intensität, indess war es doch nicht möglich eine solche aus demselben abzuleiten. Denn die Vermehrung der Tragkraft konnte dadurch allein bewirkt seyn, daß das angehängte Eisen durch Vertheilung magnetisch wird, und eine größere und namentlich längere Eisenmasse ein stärkerer Magnet durch Vertheilung wird als eine kleine. Ist daher der Magnet nur durch Eisen belastet, so wird er selbst stärker angezogen, als wenn an seinem Anker von Eisen Gewichte von anderen Substanzen befestigt sind. Daß daher die Intensität des Magnetismus des Stahlmagneten selbst durch eine in der Nähe befindliche Eisenmasse verstärkt werde, konnte man aus diesem Versuche nicht wissen. Auch hat man dieß, so viel mir bekannt ist, nie früher ausgesprochen, und doch scheint dieses Factum für den Begriff der magnetischen Intensität überhaupt von der größten Wichtigkeit zu seyn.

Die Verstärkung der magnetischen Intensität, die so-

wohl Stahlmagnete als Elektromagnete durch Annähern von Eisen erfahren, erklärt nun auch wenigstens einige der vorher erwähnten Beobachtungen ¹⁾. Es ist diese Verstärkung bei Elektromagneten gröfser als bei Stahlmagneten, weil die ersteren aus weichem Eisen bestehen, das viel leichter den Magnetismus durch Induction anzunehmen vermag als der gehärtete Stahl. Es erstreckt sich deshalb auch die inducirende Wirkung des angelegten Eisens bei Elektromagneten viel weiter in die Masse derselben, und daher kommt es, dafs ein, an das eine Ende eines Elektromagnetstabes angelegtes Eisen, noch eine starke Wirkung auf das andere Ende des Stabes ausübt, während diefs bei Stahlmagneten nicht der Fall ist.

Hat man zwei einander parallele Elektromagnetstäbe mit ihren ungleichnamigen Polen nach derselben Seite gerichtet, so wird ein an beide nach oben gewandte Pole angelegtes Eisen durch die Wirkung beider Pole ein viel stärkerer Magnet werden, als wenn nur ein Pol auf dasselbe einwirkt; es wird deshalb auch selbst viel stärker inducirend auf die Elektromagnetstäbe wirken, und hierdurch wird eine starke Vermehrung der Tragkraft solcher Stäbe entstehen, die an beiden Enden durch Eisen mit einander verbunden sind. Es erklärt sich hieraus unmittelbar, warum diese Vermehrung schwächer wird, wenn das verbindende Eisen länger wird oder unvollständiger berührt.

Dieselbe Erklärung genügt auch für die bedeutende Vermehrung der Tragkraft durch Anlegung des Ankers bei hufförmigen Elektromagneten. Und aus ihr ergiebt sich gleichfalls, warum eine Zeit für die Zunahme des

1) Auf dieser Zunahme der magnetischen Intensität durch das Anlegen von Eisen beruht auch ohne Zweifel die so vielfach beobachtete Erscheinung, dafs Magnete allmählig an Tragkraft zunehmen, wenn sie mit einem Anker versehen sind; so wie umgekehrt, dafs sie an magnetischer Intensität verlieren, wenn man sie während längerer Zeit ohne Anker läfst.

Magnetismus bei diesen Elektromagneten nöthig sey. Indem nämlich der Magnetismus des Eisens zunimmt, erzeugt er in dem umgebenden Draht einen Strom, der von entgegengesetzter Richtung als der schon vorhandene ist, und hebt hierdurch die Wirkung dieses letzteren theilweis auf.

Dafs dieß wirklich der Fall sey, wird durch Folgendes bestätigt. Wenn man einen Elektromagneten mit langem Draht als Schließungsdraht für die Säule anwendet, und dabei einen Multiplicator einschaltet, so weicht die Nadel, wenn kein Anker angelegt ist, bei hinreichend starkem Strom um 90° ab. Sobald man aber den Anker anlegt, hört sie auf so stark abzuweichen, und erreicht erst nach mehreren Schwingungen ihre frühere Abweichung vollständig wieder.

Es wird also durch das Anlegen des Ankers die Wirkung des von der Säule erzeugten Stroms auf kurze Zeit theilweis aufgehoben. Dieser aber erzeugt sich sogleich von Neuem, bewirkt eine neue Verstärkung des Magnetismus, wodurch er selbst wieder von Neuem gehemmt wird, hiernach erneut er sich wieder und verstärkt den Magnetismus wieder, bis dieser endlich das Maximum seiner Stärke angenommen hat. Es ist hiernach einleuchtend, dafs bei Anwendung sehr langer Drähte für die Elektromagnete eine längere Zeit bis zur Erreichung dieses Maximums vergeht als bei kürzeren Drähten, indem die inducirende Wirkung des Eisens auf einen längeren Draht stärker ist, und deshalb den in ihm vorhandenen Strom stärker hemmt. Bei kurzen Drähten kann die inducirende Wirkung des Eisens im Vergleich mit dem von der Säule erzeugten Strom nur unbedeutend seyn; es wird dieser daher nur eine sehr unbedeutende Hemmung erfahren, und deshalb wird ein Elektromagnet mit kurzem Draht das Maximum seiner Tragkraft bei Anlegung des Ankers fast augenblicklich erreichen.

Schwieriger möchte es seyn zu erklären, weshalb

bei einem mit einem Anker versehenen Elektromagneten eine Zeit für die Abnahme des Magnetismus nach Unterbrechung des Stroms nöthig ist. Denn nach dieser Unterbrechung kann kein Strom durch das Verschwinden des Magnetismus in dem Drahte erzeugt werden, so lange dieser nicht in sich geschlossen ist, und doch vergeht, wie die obigen Versuche zeigen, auch in diesem Falle eine nicht unbedeutende Zeit für diese Abnahme des Magnetismus.

XX. *Einige weitere Beobachtungen über das Verhalten des Eisens gegen die Salpetersäure ¹⁾*;

von Dr. C. F. Schönbein,

Professor der Chemie in Basel.

Bei meinen Untersuchungen über die Einwirkung der Salpetersäure auf das Eisen, fiel mir immer der verschiedene Grad der Intensität auf, mit der sie dieses Metall angreift, selbst bei Gleichheit des Wassergehalts und der Temperatur. Diese Intensitätsverschiedenheit der chemischen Wirkung läßt sich am auffallendsten bei einer Säure von 1,35 beobachten. Bringt man z. B. die beiden Enden eines zur Gabel gebogenen Eisendrahtes in eine solche Säure bei gewöhnlicher Temperatur, so werden dieselben in dem Augenblicke des Eintauchens mit stürmischer Heftigkeit angegriffen; nimmt man nach etwa eine Secunde lang angedauerter Thätigkeit die Drahtenden wieder aus der Säure heraus, hält sie einige Augenblicke in der Luft und taucht sie hierauf abermals ein, so wird die Wirkung der Säure auf das Eisen schon merklich schwächer seyn; nach drei- bis viermaligem Eintauchen und Herausnehmen tritt eine ziemlich langsame Action ein, und bei der fünften, spätestens bei der sechsten Eintauchung

1) Siehe Ann. Bd. XXXVII S. 390 und 590.