

# Über die Magnetisierung des Stahles durch die oscillatorische Entladung der Leydener Flasche

von

**H. Veillon.**

---

Seit dem Jahre 1892 habe ich die Ehre, Herrn Prof. Hagenbach-Bischoff bei einer grösseren und eingehenden Untersuchung unterstützen zu dürfen, welche er über die Inductionerscheinungen unternommen hat, die den Entladungsvorgang bei den Condensatoren begleiten. Diese Arbeit hat ein umfangreiches, in vielen Beziehungen interessantes und wertvolles Material von Beobachtungen hervorgebracht. Einige der wichtigsten Resultate hat Herr Prof. Hagenbach im März 1894 bei der Basler Naturforschenden Gesellschaft, im Juli desselben Jahres bei der Schweizerischen Naturforsch. Gesellschaft in Schaffhausen<sup>1)</sup> und endlich im September des gleichen Jahres bei der deutschen Naturforscherversammlung in Wien<sup>2)</sup>, als vorläufige Mitteilung vorgetragen. Von einer weiteren Veröffentlichung hat er jedoch bis jetzt abgesehen, weil ihm manche Punkte noch eines eingehenderen Studiums bedürftig erschienen,

---

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. Schaffhausen 1894 p. 65.

<sup>2)</sup> Verhandl. d. Ges. deutscher Naturf. u. Ärzte Wien 1894. Zweiter Teil p. 86.

um eine Erklärung der angedeuteten Erscheinungen zu gestatten.

Da nun die Frage, von welcher die vorliegende Arbeit ausgegangen ist, im Laufe eben jener Untersuchungen sich aufgedrängt hat, so sehe ich mich veranlasst, in aller Kürze denjenigen Teil der Versuche, dem sie entsprungen ist, hier anzuführen. Ich glaube, das um so eher thun zu dürfen und das bezügliche Hauptresultat mitteilen zu können, als Herr Prof. Hagenbach gerade jenen Teil seiner Untersuchungen vor den drei genannten Gesellschaften zum Gegenstand seiner Mitteilung gemacht hat.

Die Disposition, welche benützt wurde, war im wesentlichen folgende:

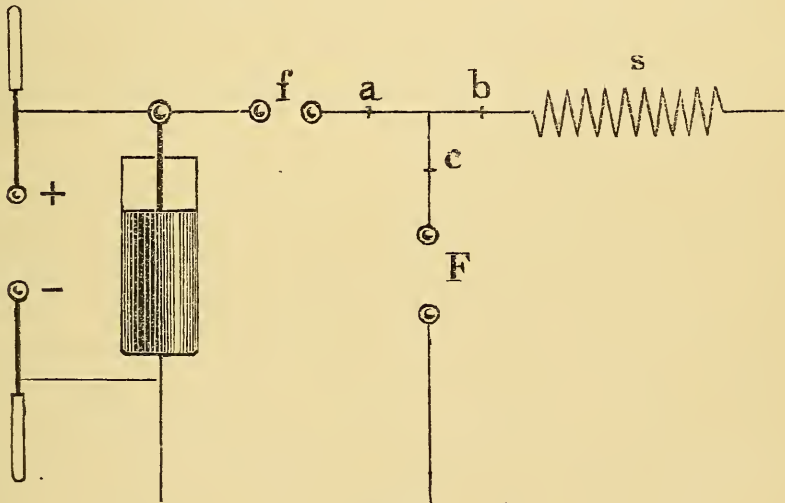


Fig. 1.

Die innere Belegung einer Flaschenbatterie ist mit dem positiven Pol einer Holtz'schen Maschine verbunden, während ihre äussere Belegung sowie die negative Elektrode der Maschine zur Erde abgeleitet sind. Eine mit aller Sorgfalt isolierte Drahtleitung führt von der inneren Belegung zu einem ersten Funkenmikro-

meter  $f$  und von diesem weiter zu einer Verzweigungsstelle, wo sie sich in zwei Leitungen teilt. Die eine derselben, welche wir als Hauptleitung bezeichnen wollen, geht zu einer Spuhle  $s$  mit gut isolierten Windungen und schliesslich zur Erde. Die Spuhle hat den Zweck die Selbstinduction zu vergrössern. Die andere Leitung, welche wir Zweigleitung heissen mögen, geht ebenfalls zur Erde, ist aber durch ein Funkenmikrometer  $F$  unterbrochen. Bei  $a$ ,  $b$ ,  $c$  befinden sich drei geaichete balistische Galvanometer, deren Spuhlen mit gleichem Draht bewickelt sind wie der, welcher die Leitung bildet. Die Spuhlen sind vorher so gestellt worden, dass ein und dieselbe Elektrizitätsmenge in allen drei Instrumenten denselben Ausschlag hervorbringt. Die Funkenstrecken  $f$  und  $F$  waren mit Kugeln versehen, jedoch wurden bei  $F$  teilweise auch Spitzen oder Combinationen von Spitzen, Kugeln und Platten verwendet, was hier nicht weiter von Bedeutung ist.

Ohne nun auf Einzelheiten einzugehen, will ich eine Thatsache angeben, welche sich durch alle Versuche mit der grössten Sicherheit bestätigt hat. Wir geben der Funkenstrecke  $f$  einen bestimmten Wert, z. B. 10 mm. und lassen zuerst die ganze Zweigleitung mit der Funkenstrecke  $F$  weg. Dann constatirt man an einem der Galvanometer  $a$  oder  $b$ , dass die Elektrizitätsmenge, welche bei jeder Entladung abgegeben wird, immer gleich gross ist. Diese Menge sei z. B. gleich + 100, wobei mit dem positiven Vorzeichen angedeutet werden soll, dass das Fliessen der positiven Elektrizität nach dem Boden hin stattfindet. Nachdem diese Constanz genau bestätigt worden ist, stellen wir die Zweigleitung mit der Funkenstrecke  $F$  wieder her. Es zeigt sich nun, dass für gewisse Werte von  $F$ , welche bis zu 20 mm, also das doppelte von  $f$ , betragen können, die

Elektricitätsmenge, welche durch die Hauptleitung hindurchgeht, und am Galvanometer  $b$  abgelesen wird, bedeutend grösser als  $+100$  ist. In  $F$  tritt hiebei ein intensiver Funke auf, und am Galvanometer  $c$  beobachtet man, dass nunmehr eine Menge von Elektricität vom Boden heraufgekommen ist, welche genau so gross ist als der Betrag, um welchen die durch  $b$  entladene Menge grösser war als  $+100$ . Dieser Menge geben wir, weil sie von der Erde heraufströmt, das negative Vorzeichen, und wir können sagen, dass unter allen Umständen die algebraische Summe der durch die Hauptleitung und der durch die Zweigleitung hindurchfliessenden Elektricitätsmengen gleich  $+100$  ist. Dieser Vorgang hat, wie man sieht, eine sehr auffallende Analogie mit den Saugwirkungen wie sie bei strömenden Flüssigkeiten oder Gasen vorkommen, und Herr Prof. Hagenbach hat auch diese Erscheinung als elektrische Aspiration bezeichnet. Im Folgenden werde ich mich dieser Bezeichnung ebenfalls bedienen, und im Gegensatz dazu soll von gewöhnlicher Entladung gesprochen werden, wenn keine Aspiration im angegebenen Sinne stattfindet. Um eine Idee zu geben, wie stark eine derartige Transformation durch Einwirkung einer elektrischen Aspiration sein kann, möge folgendes Beispiel angeführt werden. Es war  $f = 12$  mm., und ohne Aspiration betrug die entladene Elektricitätsmenge  $+400$  Mikrocoulomb. Als dann die Zweigleitung eingeschaltet wurde, wobei  $F = 23$  mm. war, betrug die am Galvanometer  $b$  abgelesene Menge  $+10\,400$ , und die bei  $c$  beobachtete  $-10\,000$  Mikrocoulomb. Die algebraische Summe  $+400$  war also wieder gleich der von der Batterie abgegebenen Quantität, die auch bei  $a$  constatiert wurde.



Es wurden sogar noch grössere Transformationen beobachtet, und wenn auch gerade die starken Aspirationswirkungen noch von manchen anderen rätselhaften Erscheinungen begleitet sind, so hat sich die Constanz der algebraischen Summe der entladenen Quantitäten in Haupt- und Zweigleitung mit der grössten Sicherheit bestätigt.

Soviel über jene Versuche, welche wie gesagt worden ist, noch nicht abgeschlossen sind, und an welche sich eine grosse Anzahl von ebenso interessanten als schwierigen Problemen knüpfen.

Inwiefern sich nun der Gegenstand der vorliegenden Arbeit an diese Erscheinungen anlehnt, soll jetzt auseinandergesetzt werden.

Wenn eine Entladung durch ein Galvanometer hindurchgeht, so kann es geschehen, dass die Nadel nachher nicht mehr in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückkehrt, sondern, dass sich ihre magnetische Axe verändert, woraus für die Nadel eine neue Ruhelage resultiert. Solches ist unter Anderen auch von Riess beobachtet worden<sup>1)</sup>. Bei den Galvanometern, welche in den vorhin beschriebenen Versuchen gebraucht wurden, und welche nach Wiedemann'schem System einen Ringmagnet besaßen, wurde dieses für eine gewöhnliche Entladung niemals beobachtet. Disponierten wir aber die oben besprochenen Versuche so, dass eine Aspirationsentladung eintrat, so stellte sich sofort eine derartige Veränderung der Ruhelage ein. Für eine starke Aspiration konnte dieselbe bis zu 20 Scalenteilen betragen, wenn der Ausschlag selber etwa 600 Scalenteile betragen hatte. Was die Lage des neuen Ruhepunktes betrifft, so war dieselbe bald auf derjenigen

---

1) Riess Lehre der Reibungselektricität Bd. I. p. 478.

Seite der Scale, nach welcher der Ausschlag stattgefunden hatte, bald auf der entgegengesetzten. Im allgemeinen entsprachen starken Aspirationen auch starke Veränderungen der Ruhelage, wie aber der Sinn dieser Veränderungen mit demjenigen der Entladung zusammenhing konnte durchaus nicht festgestellt werden.

Wenn eine zweite Aspirationsentladung erfolgte, so wurde diese neue Ruhelage meistens nicht mehr verändert, und jede weitere Aspirationsentladung derselben Ordnung brachte auch keine neue Störung herbei. Liess man aber durch das so veränderte Galvanometer nunmehr eine gewöhnliche Entladung in dem gleichen Sinn, wie ihn die Aspiration hatte, hindurchschlagen, so trat eine höchst merkwürdige Erscheinung ein. Nachdem die Nadel unter Einwirkung dieser gewöhnlichen Entladung ausgeschlagen hatte und wieder zur Ruhe gekommen war, hatte sich die ursprüngliche Ruhelage wieder eingestellt, d. h. die Veränderung, welche vorher die Aspiration erzeugt hatte, war wieder verschwunden. Es war also eine gewöhnliche Entladung im Stande eine Veränderung der Ruhelage, wie sie beschrieben worden ist, wieder rückgängig zu machen, und es sei bemerkt, dass schon sehr schwache Entladungen solches zu bewirken vermochten. Allerdings kam es auch vor, dass eine einzige einfache Entladung nicht ausreichte, sondern dass die ursprüngliche Ruhelage erst nach mehrmaliger Anwendung einfacher Entladungen sich allmählich wieder einstellte. Man kann nach diesen Thatsachen vermuten, dass bezüglich seiner magnetischen Wirkungen der Entladungsvorgang bei der Aspiration sich sehr wesentlich von demjenigen bei der gewöhnlichen Entladung unterscheidet, und man kann sich davon folgende Vorstellung machen.

Aus angestellten Versuchen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, folgt, dass bezüglich der Quantität (Integral von  $idt$ ) die Aspirationsentladung im Vergleich zu der gewöhnlichen Entladung sehr gross ist, dass sie aber bezüglich der Energie (Integral von  $i^2dt$ ) viel kleiner ist als diese. Welche Schlüsse hieraus für den Verlauf der Oscillationen gezogen werden können, ist hier nicht zu erörtern, es wird aber das von wesentlichem Belange für die erwähnten magnetischen Erscheinungen sein. Umgekehrt werden sich vielleicht aus den magnetischen Erscheinungen Consequenzen über die Natur der Oscillationen ziehen lassen.

Denken wir uns den Vorgang einer oscillatorischen Entladung graphisch dargestellt, indem die Zeiten als Abscissen, die periodisch abwechselnden positiven und negativen Intensitäten als Ordinaten aufgetragen werden. Die von der Curve und der Abscissenaxe eingeschlossene Fläche setzt sich aus einer Reihe von Lappen zusammen, die abwechselnd oberhalb und unterhalb der Abscissenaxe liegen. Bei der gewöhnlichen Entladung nehmen nun in den aufeinanderfolgenden Lappen die Intensitätsmaxima dem absoluten Werte nach langsam ab, und es entspricht das in Bezug auf die Magnetisierung einer Reihe von Stössen auf die Elementarmagnete, in abwechselndem Sinn und von abnehmender Stärke. Es wirkt demnach die gewöhnliche Entladung wie eine Art Erschütterung auf die Elementarmagnete. Bei der Aspirationsentladung sind höchstwahrscheinlich die Verhältnisse für den aufeinanderfolgenden Lappen ganz andere, und eine solche Entladungsart wird, allem Anscheine nach, auf die Elementarmagnete wie ein äusserst heftiger Stoss überwiegend nur in einem Sinne wirken.

Durch einen solchen Stoss werden die Elementarmagnete aus ihrer Gleichgewichtslage gedreht, und es

resultiert eine neue aber sehr labile Gleichgewichtslage. Wenn dann eine gewöhnliche Entladung folgt, so wirkt diese wie eine Erschütterung, welche die Elementarmagnete in ihre alte Lage zurückzukehren veranlasst.

Wie nun auch die Sache sich verhalten mag, so wird bei diesen Erscheinungen jedenfalls ein Energieverbrauch stattfinden, und bei den Versuchen über die elektrische Aspiration konnte man sich fragen, in wie fern derselbe auf die Bestimmung der Elektrizitätsmengen mit dem balistischen Galvanometer einen störenden Einfluss ausübt.

Dieses war ursprünglich die Frage, welche ich auf Rat von Herrn Professor Hagenbach in Angriff nehmen wollte. Zu diesem Zwecke construierte ich einen Apparat, eine Art von Galvanometer, welcher gestattete den aufzuhängenden Magneten geeignetere Formen zu geben als die, welche zu galvanometrischen Zwecken verwendet werden. Der Ringmagnet eines Wiedemann'schen Galvanometers verhält sich nämlich zum Feld, welches die Entladung erzeugt, wie ein Körper, dessen Dimension in der Richtung der Kraftlinien sehr klein ist gegenüber seinen andern Dimensionen, und man weiss wie sehr dieser Umstand die Complication erhöht<sup>1)</sup>. Die Magnete, welche in dem Apparat aufgehängt werden konnten, hatten die Form von rechteckigen, quadratischen oder kreisrunden Platten, deren Ebene horizontal zu hängen kam. Eine flache, zweiteilige Spuhle konnte über sie geschoben werden, wie bei einem Galvanometer. Ein Spiegel, welcher jeweilen mit der Platte verbunden war, und eine passende Vorrichtung gestatteten, Drehungen irgend welcher Grösse zu messen. Mit Hilfe dieses Ap-

---

<sup>1)</sup> Vergl. Donle, Wied. Ann. Bd. 41. p. 288. 1890. Quermagnetisierung dünner Stahllamellen.



parates gelang es mir, schon mit gewöhnlichen Flaschenentladungen Veränderungen der magnetischen Axe zu erhalten, und es traten die oben erwähnten Erscheinungen bei Aspirationsentladungen hier in viel grösserem Massstabe auf. Auch das rückgängig machen der Veränderungen der Ruhelage war sehr deutlich ausgesprochen. Zugleich stellten sich aber auch wesentliche Verschiedenheiten ein je nach den Formen und Dimensionen der Magnete, so dass es ratsam erschien, zunächst sich der einfacheren Frage zuzuwenden, wie überhaupt eine oscillatorische Entladung ein Stück gänzlich unmagnetischen Stahles magnetisiert.

### **Magnetisierung von unmagnetischem Stahl.**

Die ersten methodischen Versuche, Stahladeln durch Batterieentladungen zu magnetisieren, stammen von Savary<sup>1)</sup>. Bei diesen bekannten Versuchen war der Draht, durch welchen die Batterie entladen wurde, entweder geradlinig ausgespannt, und kreuzte rechtwinklig in grösserer oder kleinerer Entfernung die zu magnetisierenden Nadeln, oder er war in Form eines Solenoids um die Nadeln herungewunden. Mit dem ersten Verfahren erhielt Savary in einer Reihe parallel liegender Nadeln Gruppen von mehr oder weniger grosser Ausdehnung mit abwechselnd normaler und anomaler Magnetisierung, je nach der Distanz der Nadeln vom Draht, je nach den Ladungsverhältnissen u. s. w. Bei der zweiten Methode erhielt er ähnliche Resultate.

Im Anschluss an ein grosses, auf beide Arten der Magnetisierung gewonnenes Versuchsmaterial, suchte Savary über die Erscheinungen sich Rechenschaft zu geben, und wenn er sich auch sehr reserviert ausdrückt,

---

<sup>1)</sup> Annales de Ch. et Phys. Bd. 34. pag. 5. u. pag. 220. 1827.

so war er sehr geneigt anzunehmen, dass die Entladung kein einfacher Vorgang sei, sondern dass sie sich aus einer Reihe von Hin- und Herbewegungen der elektrischen Fluida zusammensetze.

Im Jahre 1845, also achtzehn Jahre später, nahm Hankel diese Versuche wieder auf, und machte eine umfangreiche Reihe von Beobachtungen in demselben Sinne, um womöglich die Bedingungen aufzustellen, unter welchen die normale Magnetisierung in die anomale übergeht<sup>1)</sup>. Bei seiner Erklärung stützt sich Hankel auf die Vorstellung der Auflösung der Entladung in Partialentladungen. Er nimmt teilweise an, dass durch Entstehen und Vergehen der einzelnen Partialentladungen die Ampère'schen Molecularströme in abwechselnd entgegengesetztem Sinn induciert werden. Der jeweilige Magnetismus wäre dann die Resultante der einzelnen entgegengesetzten Wirkungen, und würde vom Durchmesser der Nadeln sowie von ihrer Entfernung von dem Drahte abhängen.

An diese Arbeit reihte sich sodann eine von Herrn von Liphart<sup>2)</sup> an, welche darum interessant ist, weil sie in eine Zeit fällt, in der man bereits durch die theoretischen Untersuchungen von Lord Kelvin und Kirchhoff und durch die Experimente von Feddersen darauf gekommen war, dass je nach Umständen der Entladungsvorgang sich in Partialentladungen oder in oscillatorische Entladungen auflöst. Bei seinen Untersuchungen schaltete v. Liphart, nach dem Vorgange von Paalzow, eine Geissler'sche Röhre ein, welche ihm dazu dienen sollte die Art der jeweiligen gebrauchten Entladung zu beurteilen. Auch versuchte er, den Schliessungskreis durch

---

<sup>1)</sup> Hankel, Pogg. Ann. Bd. 65. p. 537. 1845. Bd. 69. p. 321. 1846.

<sup>2)</sup> v. Liphart, Pogg. Ann. Bd. 116. p. 513. 1862.

Gaugain'sche Ventilröhren zu verzweigen, in der Hoffnung, dass die in den beiden Teilen der Leitung hervorgebrachten Magnetismen entgegengesetzt ausfallen würden, was sich je nach dem im Ventil herrschenden Druck mehr oder weniger bestätigte.

Endlich mag noch gesagt werden, dass es auch gelingt, mit gewöhnlichen galvanischen Strömen sogenannte anomale Magnetisierungen zu erhalten <sup>1)</sup>. Hiebei kommt es darauf an, dass die Öffnung oder Schliessung des Stromes möglichst rasch geschehe. In diesen Momenten, wo die Intensität von Null auf ihren konstanten Wert steigt, oder von diesem auf Null herabfällt, hat die Elektrizitätsbewegung den Charakter der Entladung, und es werden die hier auftretenden magnetischen Erscheinungen nicht wesentlich von denjenigen, welche uns hier beschäftigen, verschieden sein.

### Eigene Versuche.

Zunächst gieng ich darauf hinaus die Savary'schen Versuche nochmals zu wiederholen. Diese zerfallen, wie wir sahen, in die Magnetisierung durch einen gradlinig ausgespannten Draht, unter welchem Nadeln horizontal in verschiedenen Entfernungen gelegt werden, und in die Magnetisierung mittelst einer Spuhle gut isolierten Drahtes. Bei der ersteren Disposition war es mir trotz vielfacher Abänderung der Capacitäten, der Ladungen, der Grösse der Selbstinduction u. s. w. nicht möglich, Resultate zu erhalten, welche mit den von Savary verzeichneten ganz übereingestimmt hätten. Ich schreibe das dem Umstand zu, dass es schwer fällt sich genau in die Savary'schen Versuchsbedingungen zu stellen, und

<sup>1)</sup> Righi, Journal de Phys. 1<sup>re</sup> série. t. X. p. 482. 1882. — v. Waltenhofen. Wien. Sitz.-Ber. 48. Abt. II. p. 565. 1863.

dass namentlich die Capacität der Batterie, über welche ich verfügte, jedenfalls bedeutend geringer war als die, welche Savary zu Gebote stand. Die Methode, welche ich zur Bestimmung des Magnetismus benützte, war die, welche van Rees zuerst angewendet hat<sup>1)</sup>. Eine kleine flache Spuhle wird über den Magnet von seiner Mitte aus bis sehr weit von ihm weg abgezogen, während die inducierte Elektrizitätsmenge an einem empfindlichen balistischen Galvanometer abgelesen wird. Diese Methode hat vor der von Savary benützten den Vorteil, dass Erschütterungen vermieden werden können, und dass mit derselben gleichzeitig die Menge des freien Magnetismus und die Polarität erhalten werden.

Das Resultat sehr vieler Versuche, welche ich mit verschiedenen Capacitäten und verschiedenen Schliessungsbögen angestellt habe, war fast immer das, dass mit wachsender Entfernung der Nadeln vom Draht der Magnetismus anfänglich zunahm, dann aber immer mehr und mehr abnahm, ohne dass eine weitere Periode eintrat. Wechsel in der Polarität konnte ich bei der Anwendung des geradlinigen Drahtes nicht erhalten. Solche Resultate finden sich übrigens bei Savary auch.

Ein Beispiel, welches ich mit einer Batterie von zwölf Flaschen und starker Entladung durch einen 3 m. langen Messingdraht erhalten habe, ist folgendes:

Distanz (mm):	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	...
Magnetismus:	+9	+15	+19	+21	+18	+14	+12	+10	+9	+8	+7	...

Die Nadeln waren also normal, oder positiv nach der üblichen Bezeichnungsweise, und diejenige, welche in der Distanz 15 war, hatte den stärksten Magnetismus erhalten.

<sup>1)</sup> van Rees, Pogg. Ann. Bd. 70. p. 1. 1847.



Von dieser Erscheinung, dass bei geradlinigem Draht die stärkste Magnetisierung nicht in unmittelbarer Nähe des Leiters stattfindet, sondern dass sie erst in einer gewissen Entfernung auftritt, kann man sich durch folgende Überlegung Rechenschaft geben. Wenn ein Strom durch einen gerade ausgespannten Draht fließt, so haben die Kraftlinien die Form von concentrischen Kreisen, deren Ebenen senkrecht zum Draht stehen und deren Mittelpunkt im Draht selber liegen.

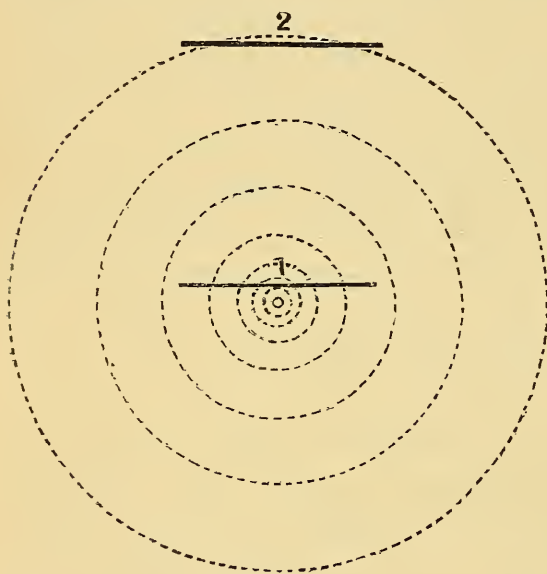


Fig. 2.

In Figur 2 sei ein solches System von Kraftlinien dargestellt. Im Mittelpunkt hat man sich den gerade ausgespannten Draht senkrecht zur Zeichnungsebene zu denken. Betrachten wir nun eine Nadel, welche in dieser Ebene liegt und den Draht rechtwinklig kreuzt,

wie das bei den Versuchen, welche uns beschäftigen, der Fall ist. Nehmen wir an, dass die Nadel in Anbetracht der Kleinheit ihrer Masse das Feld nicht wesentlich modificiert. Um die Wirkung in einem Punkt der Nadel zu erhalten, haben wir die Kraft, deren Direction den Kreis tangiert, der durch den betreffenden Punkt geht, auf die Längsaxe der Nadel zu projicieren. Die Gesamtwirkung auf die Nadel setzt sich aus allen Componenten zusammen, welche auf diese Weise ermittelt werden können. Bei einer gegebenen Distanz der Nadel sind also

für alle ihre Punkte die Feldstärke und die Feldrichtung zu berücksichtigen. Liegt die Nadel sehr nahe beim Drahte, wie in Stellung 1 der Figur, so sind die Verhältnisse bezüglich Feldstärke günstig und bezüglich Feldrichtung ungünstig. Liegt die Nadel weit vom Drahte, wie in Stellung 2, so sind umgekehrt die Verhältnisse bezüglich Feldstärke ungünstig und bezüglich Feldrichtung günstig. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass es für eine gegebene Nadellänge irgendwo ein Maximum der Wirkung gebe, und es lässt sich in der That dieses auch mathematisch nachweisen.

In der Ebene  $E$  liege in der Richtung  $mn$  die Nadel. Die Richtung des Stromes sei  $oq$ , senkrecht zu  $E$ , und  $ot$  stehe auf beiden Richtungen senkrecht. Es bezeichne ferner  $t$  die Mitte der Nadel, welche wir als unendlich dünn voraussetzen. Die Distanz eines Punktes der Nadel von ihrer Mitte aus sei  $x$ . Dann ist,

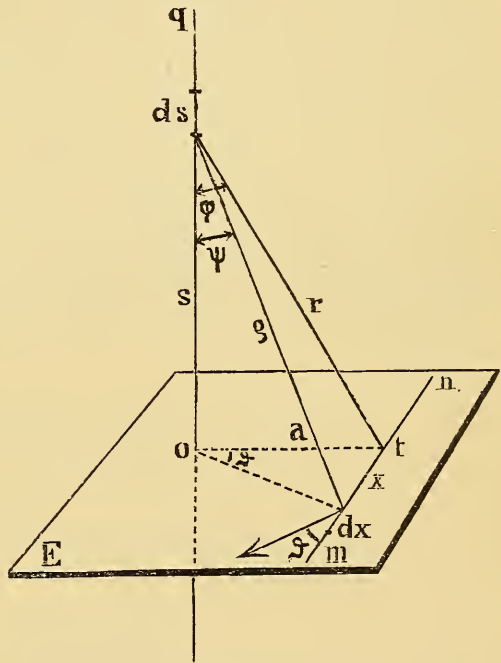


Fig. 3.

abgesehen von Constanten, die Wirkung eines Stromelementes  $ds$  im Abstände  $s$  auf ein Teilchen  $dx$  der Nadel im Abstände  $x$ , nach dem Biot-Savart'schen Gesetze :

$$\frac{ds \, dx \, \sin \psi}{\varrho^2}$$

Diese Wirkung ist dargestellt durch den Pfeil in der Figur, und fällt immer in die Ebene  $E$ . Von dieser Wirkung haben wir die Componente nach der Richtung  $mn$  zu nehmen, also den Ausdruck noch mit  $\cos \mathcal{J}$  zu multiplicieren. Die Wirkung des Stromes auf das Element wird also sein :

$$\int_{s=0}^{s=\infty} \frac{\sin \psi \cos \mathcal{J} \, dx \, ds}{\varrho^2} \quad (1)$$

Diese Wirkung kann nun eine gewisse Grösse nicht übersteigen, nämlich das Mass der Sättigung. Bezeichnen wir also die Sättigung für die Einheit der Länge mit  $\mu$ , so ist die Sättigung für ein Element  $\mu dx$ . Denken wir uns jetzt ein solches Element an der Stelle  $t$  und berechnen wir für welchen Wert des Abstandes  $a$  von dem Strom die Sättigung erreicht wird. Dieser gesuchte Wert von  $a$  sei  $\beta$ , dann haben wir im obigen Ausdruck einfach  $\mathcal{J} = 0$ ,  $\varrho = r$ ,  $\psi = \varphi$  zu setzen und wir erhalten :

$$\int_{s=0}^{s=\infty} \frac{\sin \varphi \, dx \, ds}{r^2} = \mu dx$$

oder :

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin \varphi \, ds}{r^2} = \mu$$

Beachtet man dass :

$$r = \sqrt{a^2 + s^2} \quad \sin \varphi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + s^2}}$$

sind und führt man die Integration aus, so folgt die sehr einfache Relation:

$$\beta = \frac{1}{\mu} \quad (2)$$

Dieser Wert  $\beta$  ist also der Abstand, in welchem ein Element, das sich in der Ebene  $E$  auf  $ot$  verschiebt, indem es beständig zu  $ot$  senkrecht bleibt, die stärkste Magnetisierung erhält. Kommt es näher an den Draht heran, so kann sein Magnetismus nicht mehr gesteigert werden. Nun wollen wir uns wieder die Nadel denken, und annehmen sie befinde sich in einer Entfernung  $a$ , welche kleiner ist als das eben gefundene  $\beta$ . Dann können noch weitere Elemente gesättigt werden, und wir wollen denjenigen Wert von  $x$ , bis zu welchem Sättigung eintritt, mit  $\xi$  bezeichnen. Um für den gegebenen Abstand  $a$  dieses  $\xi$  zu berechnen, haben wir einfach den Ausdruck (1) gleich  $\mu dx$  zu setzen.

Dieser Ausdruck lässt sich aber leicht berechnen. Es ist nämlich:

$$\sin \psi = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{\sqrt{a^2 + x^2 + s^2}} \quad \cos \vartheta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$$\varrho = \sqrt{a^2 + x^2 + s^2}$$

Wir erhalten somit:

$$\int_{s=0}^{s=\infty} \frac{a \, dx \, ds}{(a^2 + x^2 + s^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{a \, dx}{a^2 + x^2} \left[ \frac{s}{\sqrt{a^2 + x^2 + s^2}} \right]_{s=0}^{s=\infty}$$

und, da der Klammerausdruck 1 ist, so ist das Integral

$$= \frac{a \, dx}{a^2 + x^2} \quad (3)$$



Dieses soll also für  $x = \xi$  gleich  $\mu dx$  sein, was die Relation gibt:

$$\frac{a}{a^2 + \xi^2} = \mu$$

woraus dann mit Berücksichtigung von (2) folgt:

$$\xi = \sqrt{a(\beta - a)} \quad (4)$$

Diese Gleichung sagt aus, dass alle Punkte, für welche noch Sättigung eintritt, auf einem Kreise liegen, dessen Durchmesser  $\beta$  ist, und der durch den Punkt  $o$  geht.

Heissen wir die halbe Länge der Nadel  $p$ , so tritt bei einer Distanz  $a$  für alle Werte von  $x = 0$  bis  $x = \xi$  Sättigung ein, für die Werte von  $x = \xi$  bis  $x = p$  dagegen nicht. Die Gesamtwirkung auf die ganze Nadel setzt sich also zusammen aus 2 Teilen. Im ersten ist überall Sättigung, und auf jedes Element ist die Wirkung  $\mu dx$  oder  $\frac{dx}{\beta}$ . Im zweiten Teil ist die Wirkung auf jedes Element gleich dem vorhin berechneten Ausdruck (3), und wenn wir die Gesamtwirkung  $K$  nennen, so haben wir:

$$K = \int_0^{\xi} \frac{dx}{\beta} + \int_{\xi}^p \frac{a dx}{a^2 + x^2}$$

$$K = \frac{\xi}{\beta} + \text{arc tg } \frac{p}{a} - \text{arc tg } \frac{\xi}{a} \quad (5)$$

Um nun zu wissen, bei welcher Distanz  $a$  ein Maximum der Gesamtwirkung eintritt, bilden wir den Differentialquotienten nach  $a$  und setzen ihn gleich Null. Vorerst müssen wir aber in die Gleichung für  $\xi$  seinen

Wert aus (4) einsetzen. Die Ausführung der Rechnung ergibt:

$$\frac{\beta - a}{\beta^2 a} = \frac{p^2}{(a^2 + p^2)^2} \quad (6)$$

Diese Bedingungsgleichung für  $a$  ist vom 5<sup>ten</sup> Grad, und hat jedenfalls eine reelle positive Wurzel, wenn  $2p > \beta$  ist. Es ist somit gezeigt, dass in der That ein Maximum eintreten kann, wenn die Nadel länger ist als die Distanz, bei welcher für das mittlere Element die Sättigung eintritt. Ist die Nadel kürzer, so zeigt eine einfache Betrachtung, dass sie vollständig gesättigt wird, sobald sie ganz innerhalb des Kreises liegt, der durch die Gleichung (4) dargestellt wird.

Dieses zeigt zur Genüge, dass in der Magnetisierungsart mit dem geradlinigen Draht ein erschwerendes Moment liegt. Es war daher angezeigt die Sache mit der andern Art, also mit Hilfe einer Magnetisierungsspule zu verfolgen, weil es hier möglich wird, die zu magnetisierenden Nadeln oder Stäbe in ein homogenes Feld zu bringen.

Hier war es nun nicht schwer, anomale Magnetisierungen zu erhalten, allein es war mir nicht möglich, so scharf ausgesprochene Gesetzmässigkeiten wie sie Savary, Hankel und von Liphart aufstellten, zu constatieren. Es geschah meistens, dass Entladungen von ganz gleicher Quantität (am balistischen Galvanometer gemessen), bei ein und demselben Potential, auf Nadeln von genau gleichen Dimensionen und demselben Härtegrad, sehr verschiedene Wirkungen ausübten. Diese Verschiedenheit betraf sowohl die Stärke der Magnetisierung als auch den Sinn derselben, und viele Versuche, welche ich in der Hoffnung anstellte, einige Regelmässigkeit in die Erscheinung zu bringen, hatten leider nicht den ge-

wünschten Erfolg. Ein Versuch mag indessen erwähnt werden, da er einiges Interesse bietet. Da die Elektrizitätsmenge, welche in den Flaschen zur Entladung angesammelt wird, dem Producte der Capacität und des Potentials gleich ist, so kann man eine gegebene Quantität dadurch erhalten, dass man die Capacität gross und das Potential klein, oder umgekehrt die Capacität klein und das Potential hoch wählt. Mit Hilfe eines balistischen Galvanometers kann man die Verhältnisse leicht so herausprobieren, dass die Mengen in beiden Fällen genau gleich gross werden. Indem ich nun mit zwei solchen Entladungsarten magnetisierte, zeigte sich sehr deutlich, dass der in dünnen Nähnadeln erzeugte Magnetismus, seinem absoluten Werte nach, bei grosser Capacität und kleinem Potential viel stärker war als bei kleiner Capacität und grossem Potential. Je dicker die Nadeln gewählt wurden, um so mehr schienen sich die Unterschiede zu verwischen.

Da es mir nicht möglich schien, auf dem betretenen Weg sichere Gesetzmässigkeiten für diese complicierten Erscheinungen zu erhalten, so glaubte ich, der Sache dadurch näher zu kommen, dass ich zu ermitteln suchte, wie sich im Innern des Stabes die Verteilung des Magnetismus unter Einwirkung der Entladung gestaltet. Die Methode, welche mir, trotz der Einwände, die man berechtigt ist gegen sie zu erheben, geeignet schien, diese Frage zu beleuchten, ist die, welche Jamin zuerst für gewöhnliche durch Strich oder galvanischen Strom erhaltene Magnete anwendete. Sie besteht darin, dass der zu untersuchende Magnet schichtenweise durch eine Säure abgeätzt wird, wobei nach jeder Abätzung sein Magnetismus bestimmt wird. Es handelte sich dabei für mich wesentlich darum, den Unterschied festzustellen, der zwischen der Magnetisierung durch einen constanten

Strom und derjenigen durch eine Entladung stattfindet. Die Resultate, welche ich mit Hilfe dieses Vorganges erhalten habe, hielt ich für neu, bis ich soweit die Arbeit abgeschlossen hatte, wie sie jetzt vorliegt. Dabei war mir aber eine Arbeit von Claverie entgangen, welcher diese Methode schon auf die Magnetisierung mit Entladungen angewendet hatte<sup>1)</sup>. Diese Abhandlung enthält ein einziges Beispiel, welches mit meinen Versuchen übrigens nicht vollkommen übereinstimmt, wie man sehen wird.

Zu meinen Versuchen construierte ich einen Apparat, der es ermöglichte, gleich nachdem die Entladung vorbeigegangen war den Magnetismus zu bestimmen, ohne dass der Stab vorerst irgend einer Manipulation unterworfen wurde. Es hat sich diese Vorsichtsmassregel als sehr notwendig erwiesen, da Erschütterungen die Resultate wesentlich compromittieren können.

Auf dem einen Ende einer Glasröhre war ein Draht schraubenförmig aufgewickelt. In diese Röhre konnten cylindrische Stahlstäbe gebracht werden, um von einer Entladung durch die Spuhle magnetisiert zu werden. Diese Röhre mit dem Solenoid war in eine zweite gesteckt, welche sie so eng als möglich umfasste, und der Zwischenraum zwischen beiden Röhren und den Windungen der Magnetisierungsspuhle war mit geschmolzenem Paraffin ausgefüllt. Auf der zweiten Glasröhre konnte eine flache Spuhle gleiten, deren Drahtwindungen mit einem sehr empfindlichen balistischen Galvanometer in Verbindung standen. Damit nun Stäbe von verschiedenem Durchmesser untersucht werden konnten, war der Apparat in zwei verschiedenen Grössen construiert worden. Beim kleineren bestand die Magnetisierungs-

---

1) Claverie, Compt. rend. tome CI. p. 947. 1885.



spuhle aus Kupferdraht von 0,4 mm. Dicke, welcher in 125 Windungen, in einer einzigen Lage, auf eine Länge von 100 mm. aufgewickelt war. Die zu magnetisierenden Stahlstäbe konnten bis 4 mm. Durchmesser besitzen. Beim grösseren Modell bestand die Magnetisierungsspuhle aus einem Kupferdraht von 0,8 mm. Dicke, der in 150 Windungen auf eine Länge von 240 mm. aufgewunden war. Der Durchmesser der Stäbe konnte bis 8 mm. betragen. In beiden Apparaten war die Länge der Magnetisierungsspuhle gross genug, damit in dem Raum, welchen die zu magnetisierenden Stäbe einnehmen sollten, das Feld als vollkommen homogen betrachtet werden konnte. Der Apparat war stets so aufgestellt, dass die zu magnetisierenden Stäbe senkrecht zum Erdmeridian lagen, eine Vorsicht, welche unentbehrlich ist. Auch sei bemerkt, dass überhaupt alle Manipulationen mit den Stäben derart vorgenommen wurden, dass keine Einwirkung von Seiten des Erdmagnetismus zu befürchten war. Man sieht also, dass die Disposition es gestattete, gleich nachdem die Entladung vorbei war, den freien Magnetismus zu bestimmen, und das, ohne den Stab zu berühren. Da es sich vorderhand nur um qualitative Versuche handelte, welche den Unterschied der Magnetisierung durch Entladungen gegenüber derjenigen durch den constanten Strom scharf feststellen sollten, so wurden keine Messungen der Capacitäten, der Potentiale und des Selbstinductionscoefficienten vorgenommen. Die Batterie war mit einer Massflasche verbunden, welche annähernd die Stärke der Ladungen gab. In dem Schliessungsbogen befand sich ein Auslader mit zwei Kugeln, welcher es möglich machte, den Schliessungsbogen entweder vollständig metallisch oder nur bis zur Schlagweite zu schliessen. Ausser dem eben beschriebenen Apparate konnten noch Widerstände oder

Spuhlen zur Vermehrung der Selbstinduction eingeschaltet werden. Der Stahl, welcher zur Verwendung kam, war theils Stahldraht theils Silberstahl, wie er im Handel vorkommt, theils speziell zu magnetischen Zwecken hergestellter Stahl aus den Eisenwerken von Pinat & Cie in Allevard. Die Stäbe waren überall, wo es nicht besonders bemerkt ist, lang im Verhältnis zu ihrem Durchmesser (megapolar nach Jamin). Vor dem Gebrauch wurde jedes Stück mit grösster Sorgfalt auf Kohlenfeuer ausgeglüht und bisweilen in Wasser gehärtet. Nur solche Exemplare kamen zur Verwendung, welche vor dem Versuche keine Spur von Magnetismus erkennen liessen.

Der Gang der Versuche war nun der, dass ein solcher Stab im beschriebenen Apparat magnetisiert und sofort sein remanenter Magnetismus bestimmt wurde. Hierauf wurde er auf Milligramm genau gewogen und die Auflösung in Salzsäure begonnen. Nach jeder Abätzung wurde der Stab gewaschen und sein Magnetismus und sein Gewicht wieder bestimmt. Dieses wurde fortgesetzt bis der Stab zu einem ganz dünnen Faden abgeätzt war, und es sei hier gleich bemerkt, dass alle Stäbe mit der grössten Gleichmässigkeit in allen Punkten ihrer Oberfläche durch die Säure angegriffen wurden. Sie blieben von Anfang bis Ende vollkommen cylindrisch. Auch sei gesagt, dass durch das Auswaschen und Trocknen keine Störung erwuchs, denn vor dem Beginn des Ätzens versicherte ich mich, dass eine solche Manipulation keine Veränderung hervorbrachte. Bei dünnen Stäben konnten bis zu 60, bei dicken bis zu 100 Bestimmungen gemacht werden.

Als erste Versuchsreihe wurde die Magnetisierung mit constanten Strömen von einer Stärke bis zu 5 Amperes erzeugt. Es wurde dabei stets dafür gesorgt, dass

beim Schliessen und Öffnen des Stromes die Intensität nur allmählich zu- und abnahm. Die Resultate, welche mit dem Ätzverfahren erhalten wurden, waren in ihrem Wesen immer dieselben, und Figur 4, welche durch 50



Fig. 4.

Beobachtungen gewonnen ist, stellt ein Beispiel dar. Als Abscissen sind die abnehmenden Gewichte des Stabes und als Ordinaten die Magnetismen, normale

oder positive nach oben, anomale oder negative nach unten abgetragen. Hier fiel der Magnetismus immer normal aus, und beim successiven Ätzen nahm er an einem fort gleichmässig ab. Alle angewendeten Stäbe zeigten dieses Verhalten, und es wurde kein einziges Mal eine Ausnahme beobachtet.

Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse bei der zweiten Versuchsreihe, die mit gewöhnlichen Entladungen angestellt wurde. Die Figuren 5, 6 und 7 stellen

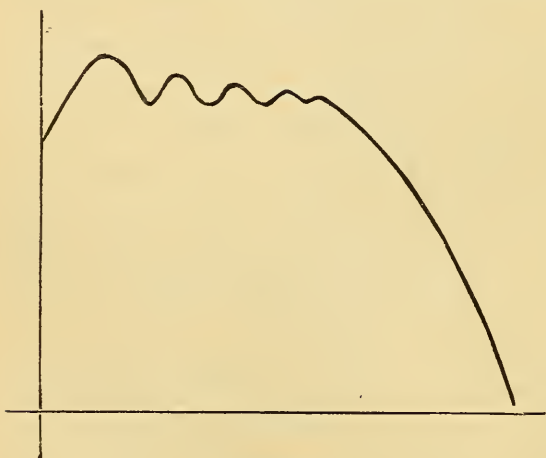


Fig. 5.

getreu drei charakteristische Beispiele unter vielen dar, die erhalten worden sind. Bei dem ersten wurde ein Stück ausgeglühten Stahldrahtes, 60 mm. lang und 1,5 mm. dick magnetisiert. Die Batterie hatte sieben-zehn Flaschen, die

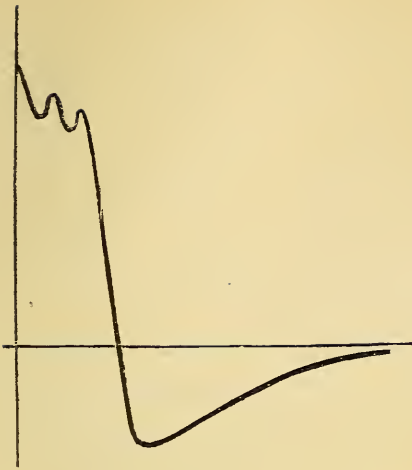


Fig. 6.

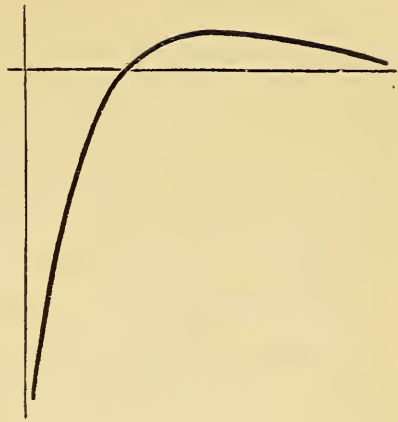


Fig. 7.

Massflasche war auf 1 mm. gestellt und die Ladung war 50. Die Entladung erfolgte indem die Kugeln des Ausladers einander bis zur Berührung genähert wurden. Bei Fig. 6 waren die Verhältnisse gleich, nur hatte der Stahl andere Dimensionen. Er war ausgeglüht, 70 mm. lang und 5 mm. dick.

Die Curve 5 verläuft ganz oberhalb der Abscissenaxe, der freie Magnetismus war also niemals anomal, bei der Curve 6 dagegen hatte der freie Magnetismus nach Wegnahme einer gewissen Dicke des Stahles sein Vorzeichen umgekehrt. Für die Figur 7 endlich war der freie Magnetismus am Anfang schon anomal, und er wurde in einer gewissen Tiefe als normal gefunden. Hier hatte die Batterie nur 13 Flaschen und die Entladung war dadurch erfolgt, dass die Kugeln des Ausladers einander nur bis zur Schlagweite genähert worden waren. Der Stahl war ausgeglüht und hatte dieselben Dimensionen wie der für Figur 5. Die Curve 5 ist durch 44 Punkte, die Curve 6 durch 36 und die Curve 7 durch 27 Punkte bestimmt worden.



Die auf- und absteigenden Teile dieser Linien weisen jedenfalls auf äusserst complicierte Lagerungsverhältnisse der Elementarmagnete hin. In den Teilen oberhalb der Abscissenaxe bedeutet ein Steigen der Curve, dass in der entsprechenden Schicht, welche weggeätzt worden ist, der Magnetismus negative oder anomale Polarität hatte, ein Fallen der Curve deutet dagegen auf eine normale Polarität in der entsprechenden Schicht.

In einigen Fällen, wo gehärteter Stahl zur Verwendung kam, zeigte es sich, dass der freie Magnetismus, welcher sich gleich nach der Entladung vorfand, allmählich und ohne dass irgend welche Manipulation vorgenommen wurde, bei ruhigem Liegen während einiger Zeit abnahm. Der Magnetismus strebte so einer gewissen Grenze zu, bei welcher er dann stationär blieb und selbst bei längerem Liegen sich nicht mehr änderte. Bei ausgeglühtem Stahle wurde diese Erscheinung nicht oder nur sehr wenig ausgesprochen beobachtet. Es wurde die Auflösung in Salzsäure in solchen Fällen nur dann begonnen, wenn die Constanz eingetreten war. Auch sei noch bemerkt, dass bei denjenigen Versuchen, bei welchen die Auflösung eines Stabes mehr als einen Tag beanspruchte, immer genau controlliert, ob der Magnetismus am folgenden Tag genau gleich gefunden wurde wie ihn die letzte Bestimmung tags zuvor bei Unterbrechung der Beobachtungen ergeben hatte.

Sodann machte ich noch einige Versuche mit der ersten Savary'schen Methode, also mit dem geradlinig ausgespannten Draht, um zu sehen, ob hier auch diese schichtenweise Magnetisierung eintrete. Es hat sich das in der That auch gezeigt, und die Curven, die durch Abätzen erhalten wurden, zeigten denselben Character wie die in den vorigen Figuren 5 und 6. Ich habe hier ein einziges Beispiel erhalten, bei welchem

die Curve, nachdem sie unterhalb der Abscissenaxe gelangt war, nachher noch einmal über dieselbe hinauf kam, aber in diesem letzten Zweig waren die Magnetismen nur noch sehr schwach und nicht mehr mit voller Sicherheit zu bestimmen. Ich erwähne das aus dem Grunde, weil das einzige Beispiel, welches sich in der schon citierten Arbeit von Herrn Claverie befindet, durch eine Curve dargestellt werden müsste, welche viermal die Abscissenaxe schneiden würde. In meinen Beobachtungen zeigte sich also, mit Ausnahme dieses vereinzelten Falles, nie mehr als ein einziger Schnittpunkt mit der Abscissenaxe.

Nachdem ich auf die beschriebene Weise den Unterschied zwischen der Magnetisierung durch gewöhnliche Entladungen und der durch den constanten Strom festgestellt hatte, versuchte ich die Aspirationsentladung magnetisierend wirken zu lassen. Diese Versuchsweise hat zu Resultaten geführt, welche alle denselben Character trugen. Fig. 8 gibt ein Beispiel für Stahldraht von 60 mm. Länge und

1,5 mm. Dicke und eine Aspirationsentladung, bei welcher die Transformation sehr gross war. Die

gewöhnliche Entladung betrug am Galvanometer gemessen 40, und wenn

sie aspirierend wirkte, wurde die Elektrizitätsmenge auf 590 also beinahe

auf das 15fache gesteigert. Hier ist nun auch eine schichtenweise Lagerung zu erkennen, wie bei den gewöhnlichen Entladungen, allein es besteht doch zwischen dieser Magnetisierung und derjenigen, welche wir in Fig. 4



Fig. 8.

für den constanten Strom erhalten haben, eine unverkennbare Ähnlichkeit. Einige Versuche haben sogar Curven ergeben, welche geradezu die Form derjenigen in Fig. 4 besaßen, und wenn am Eingange gesagt wurde, dass die Aspirationsentladung auf die Elementarmagnete wie ein heftiger Stoss, vorwiegend in einem einzigen Sinne wirke, so mag das durch diese Versuche eine Bestätigung finden.

Sodann ging ich dazu über zu erkennen, was eine gewöhnliche Entladung für eine Wirkung auf einen Stab ausübe, welcher vorher schon durch eine Aspirationsentladung magnetisiert worden war. Ich liess also zunächst eine Entladung der letzten Art magnetisierend wirken. Die Bestimmung ergab als freien Magnetismus + 433, was in der Figur 9 durch den einzelnen Punkt angedeutet

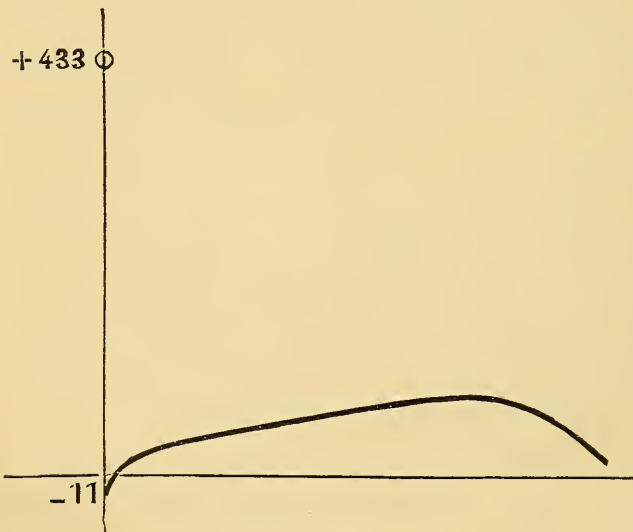


Fig. 9.

ist. Würde ich nun die Ätzung vorgenommen haben, so hätte ich eine Curve bekommen, welche etwa wie die von Figur 8 verlaufen wäre. Ich liess aber nunmehr eine gewöhnliche

Entladung, in demselben Sinne wie vorher die Aspiration wirken. Das Resultat war, dass der freie Magnetismus nur noch  $-11$  war. Es hatte also die gewöhnliche Entladung scheinbar die Wirkung der Aspi-

ration fast vollkommen weggewischt. Jetzt wurde das Ätzen begonnen und die Curve zeigt, dass nun die Verteilung im Stabe eine vollständig andere geworden war. Dieses merkwürdige Resultat berechtigt, wie mir scheint, die Vermutung, welche weiter oben ausgesprochen wurde, dass die gewöhnliche Entladung ähnlich wie eine Erschütterung auf die Elementarmagnete wirkt, welche in Folge der Aspirationsentladung in einem labilen Zustande sind.

Es wird sich vielleicht die am Eingange dieser Arbeit erwähnte Erscheinung der störenden Veränderungen der Ruhelage in den Galvanometern bei den Untersuchungen über die elektrische Aspiration auf Grund hievon in Angriff nehmen lassen.

Wenn man sich fragt, wie eine solche schichtenweise Magnetisierung durch die Entladung zu Stande kommen kann, so kann man sich das folgendermassen auslegen. Die erste Oscillation magnetisiert bis zu einer gewissen Tiefe, und wenn der Stab hinreichend dick genommen wird, so gelangt die Wirkung wahrscheinlich auch nicht bis zu der Axe des Stabes. Das kann sich dadurch erklären, dass die äussern Schichten des Metalles auf die innern eine Art Schirmwirkung ausüben. Die zweite Oscillation würde an und für sich weniger tief magnetisieren als die erste, und die ihr entsprechende Polarität ist der bereits vorhandenen entgegengesetzt. Diese zweite magnetische Schicht wird die erste teilweise zerstören. Sie könnte aus folgendem Grund dieselbe vielleicht auch ganz vernichten und möglicherweise selber noch prädominierend wirken. Die maximale Intensität der zweiten Oscillation ist dem absoluten Wert nach kleiner als die der ersten. Nach den classischen Arbeiten von Wiedemann weiss man aber, dass, wenn ein Strom von einer beliebigen Intensität einen permanenten Magnetis-



mus erzeugt hat, ein entgegengesetzter Strom von viel geringerer Intensität ausreicht, um diesen Magnetismus zu zerstören, und so könnte auch in unserem Fall die zweite Oscillation den permanenten Magnetismus der ersten Oscillation gänzlich vernichten und selber noch magnetisierend wirken. Für die weiteren Oscillationen treten dann dieselben Erscheinungen wieder ein. Der gesamte Magnetismus im cylindrischen Stab setzt sich schliesslich aus einer Reihe von coaxialen magnetischen Schichten mit abwechselnd entgegengesetzter Polarität zusammen. Die Lagerungsverhältnisse der Molekularmagnete sind, wie man sieht, für oscillatorische Entladungen jedenfalls äusserst compliciert, und sie werden auch wesentlich durch die Natur des Stahles sowie durch seine Dimensionen bedingt sein. Eine weitere Complication bringt wohl noch die Hysteresis hinein, indem die Zeit, welche die Elementarmagnete gebrauchen, um sich in ihre jeweiligen Lagen einzustellen, möglicherweise im Vergleich zu der Schwingungsdauer der oscillatorischen Entladung gross ist.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Hagenbach meinen besten Dank dafür auszusprechen, dass er mir mit seinem Rat in der freundlichsten Weise beigestanden hat, und dass er mir zu dieser Untersuchung die nötigen Mittel an die Hand gegeben hat.

Basel, Dezember 1895.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [11\\_1895](#)

Autor(en)/Author(s): Veillon H.

Artikel/Article: [Über die Magnetisierung des Stahles durch die oscillatorische Entladung der Leydener Flasche 370-398](#)