

II. *Ueber die Magnetisirung der Stahlnadeln durch den Entladungsfunken einer elektrischen Batterie; von Hankel.*

Zweite Abhandlung

Im 65. Bande dieser Annalen (S. 537 ff.) habe ich einige Versuche über die Magnetisirung der Stahlnadeln durch die Entladung einer elektrischen Batterie mitgetheilt. Ich mußte mich in dieser Abhandlung mit der Angabe der allgemeinen Thatsachen begnügen, weil es mir wegen Mangels an Zeit nicht möglich war die einzelnen Gesetze genauer zu erforschen. Diese Lucke meiner ersten Mittheilung hoffe ich zum Theil durch diese zweite auszufüllen. Ich werde in derselben besonders folgende Punkte näher zu erörtern suchen:

- 1) Die Anzahl und Aufeinanderfolge der Wechsel in der Lage der magnetischen Pole.
- 2) Die Einwirkung verschiedener Spiralen.
- 3) Die Einwirkung des Schließungsdrahts auf sich selbst.
- 4) Den Einfluß der Dicke der Nadeln.
- 5) Den Einfluß der Oberfläche der Batterie.
- 6) Die Aenderungen der Wechsel durch eingeschaltete Widerstände.
- 7) Den besonderen, von der Leitungsfähigkeit gänzlich verschiedenen Einfluß einzelner Metalle, nebst einigen vorläufigen Bemerkungen über diese als Interferenzphänomen sich darstellende Erscheinung.

Die Versuche wurden im Allgemeinen ganz auf dieselbe Weise angestellt, wie früher (Bd. 65, S. 542). Die auf vier Glasstäben isolirte Batterie enthält in den folgenden Versuchen, wenn keine nähere Angabe gemacht ist, stets neun ziemlich große Flaschen. Als Maasflasche für die von der Außenseite der Batterie entweichende Elektricität diente eine neu angefertigte Lane'sche Entladungsflasche,

deren Kugeln in bestimmter Entfernung befestigt waren. Es sind deshalb die in dieser zweiten Abhandlung angegebenen Elektrizitätsmengen nicht mit den früheren zu vergleichen.

Als Magnetisirungsspirale wirkte jetzt eine Silberdrahtspirale von so engen Windungen, daß 31 Windungen die in dieselbe eingeschobene Nadel bedeckten; die ganze Spirale hatte 57 Windungen, so daß 13 Windungen an jedem Ende die Nadel überragten; die Dicke des Silberdrahts betrug 0,5414 Mm. Um den Draht völlig gleichmäfsig aufzuwinden, wurden zwei gleich dicke Silberdrähte zu gleicher Zeit auf eine Glasröhre von 6,53 Mm. äufserem Durchmesser dicht aufgewunden, und sobald ein hinreichend langes Stück der Spirale gebildet war, nur die Enden des einen Drahts auf der Glasröhre befestigt. Darauf wurde der zweite Draht zwischen den Windungen des ersten herausgewickelt, so daß dann der erste Draht in völlig regelmäfsigen Windungen, die um seine eigene Dicke von einander abstanden, die Nadel umgab.

Alle Verbindungen der Drähte wurden jetzt durch Zusammenlöthen bewerkstelligt; es geht das Löthen mittelst Chlorzink in der Flamme der Spirituslampe eben so leicht und schnell, als die Verbindung durch Klemmen oder Schrauben. Nur an einer einzigen Stelle fand noch ein Zusammenpressen statt; die untere Kugel des Entladers legte sich nämlich beim Herablassen in eine flache Vertiefung einer mit dem äufseren Beleg in Verbindung stehenden Kugel. Um diese Berührung noch inniger zu machen, wurde nach dem Niederlassen stets eine aus starkem Eisendraht gefertigte klemmende Feder über beide Kugeln geschoben; erst dann erfolgte das Niederlassen der oberen Kugel des Entladers mittelst einer in der Hand gehaltenen seidenen Schnur. Diese obere Kugel wurde der Kugel der Batterie stets nur bis zum Ueberschlagen des Funkens, aber nicht bis zur Berührung genähert. Es ist die in den nachfolgenden Versuchen angegebene Elektrizitätsmenge also nicht ganz durch die Spirale gegangen, sondern nur der mit ihr ziemlich proportionale, in der Schlagweite vernichtete Theil (nach Riefs

ungefähr $\frac{1}{4}$); bei geringen Ladungen, bei welchen die Schlagweite sehr klein ist, kann aber auch wohl bisweilen eine Berührung der Kugeln unbemerkt geblieben seyn. — Die Verbindungen der Kugeln der einzelnen Flaschen mit der großen Kugel der mittelsten Flasche wurden durch eingeschobene Messingröhren, welche nur durch ihre eigene Schwere sich an die Kugeln andrückten, bewirkt; es hat indess diese Einrichtung keinen Einfluß auf die Versuche gehabt. Obwohl die Batterie, um sie zu reinigen oder an einen andern Ort zu transportiren, öfter auseinandergenommen wurde, so waren dennoch nach der Zusammensetzung die Erscheinungen stets wieder dieselben.

Die gewöhnlich gebrauchten Nadeln sind die schon in der ersten Abhandlung erwähnten (R. Hemming et Son's *genuine old patent, sharps No. 7*), und sie sind stets gemeint, wo in den folgenden Versuchen nichts Näheres über die Nadeln angegeben worden ist.

1. Die Anzahl und Aufeinanderfolge der Wechsel in der Lage der magnetischen Pole.

Die früher mitgetheilten Versuche hatten mich darauf aufmerksam gemacht, daß nur eine sehr genaue und in's Einzelne gehende Untersuchung alle die verschiedenen Abänderungen und Wechsel in der Polarität der Nadeln bei immer steigender Batterieladung deutlich zeigen könne, weshalb es nothwendig wurde, die Ladungen der Batterie stets nur um kleine Elektrizitätsmengen zu vermehren, und den Magnetismus der Nadel durch die Messung der Zeit, welche die Nadel zu einer festgesetzten Anzahl Schwingungen (30 Schwingungen) gebrauchte, genau zu bestimmen. Wenn nun auch die früheren Versuche schon eine Reihe von Wechseln in der Polarität bemerklich gemacht haben ¹⁾, so ergibt sich doch aus den nachher mitzutheilenden, daß die Anzahl dieser Perioden bedeutend größer ist, und zugleich

1) Es wurden in einem Falle, während die Ladung von 0 bis gegen 90 (gemessen nach der jetzigen Maassflasche) stieg, sieben negative Perioden beobachtet (Bd. 65 dieser Annalen, S. 554).

dafs diese Perioden der normalen und anomalen Magnetisirung in regelmässigen Intervallen auf einander folgen. Aber auch bei stets nur um die Einheit der Maafsflasche steigender Batterieladung gelingt es noch nicht immer, die anomalen Perioden genau zu treffen; in solchen Fällen wird die Stahlnadel nicht anomal, sondern schwach normal magnetisirt sich zeigen. Es sind dann diese Schwächungen der normalen Polarität gleichbedeutend mit den anomalen Perioden.

Uebrigens ist es nicht einmal in jedem dieser Fälle nöthig anzunehmen, dafs die für die anomale Polarisirung nöthige Elektricitätsmenge nicht genau getroffen worden sey; öfter ist die anomale Periode wirklich in eine schwache normale umgewandelt, und zwar in Folge der schon eingeschalteten Drahtlängen, ohne die ja überhaupt keiner dieser Versuche möglich ist. Aufser der Silberspirale von 57 Windungen und dem Entlader befanden sich in dem kürzesten Schliessungskreise noch 2,63 Meter 1,2966 Mm. dicker Kupferdraht. Dafs aber die Einschaltung von Drähten auch auf diese Weise die Perioden umändert, wird sich aus den späteren Versuchen unter VI. hinlänglich ergeben. So gelingt es namentlich durchaus nicht, anstatt der geschwächten normalen Magnetisirungen bei den sehr geringen Ladungen 3 und 6, die ihnen entsprechenden anomalen zu erhalten; könnte man ohne alle Drähte untersuchen, so würden sie sich als solche ergeben.

Ich habe wiederholte Versuche angestellt, um bei der erwähnten kürzesten Drahteinschaltung die Lage der anomalen oder der gleichbedeutenden schwach normalen Perioden zu bestimmen, und aus allen diesen Versuchen das Resultat gewonnen, dafs dieselben für die Nadeln No. 7 sich finden bei den Ladungen der Batterie (aus 9 Flaschen), deren Stärke durch folgende Zahlen bezeichnet wird:

3. 6. 9. 11. 14. 16. 18. 21. 23. 26. 29. 32. 36. 40 etc.
Man sieht, dafs diese Wechsel in der Polarität regelmässig wiederkehren. Diese Regelmässigkeit hätte sich durch Einführung von Bruchwerthen noch schärfer darlegen lassen;

ich vermied dieselben aber absichtlich, da ich sie nicht genau messen, sondern nur abschätzen konnte. — Die Intervalle nehmen bei steigender Ladung etwas zu; es könnte dieses andeuten, daß die Elektrizität durch die erhöhte Spannung eine ähnliche Aenderung erlitte, wie die aus heisseren Wärmequellen ausstrahlende Wärme. Durch einen Verlust, den die in der Batterie angehäuften Elektrizität in um so stärkerem Grade erlitten hätte, je größer die Spannung derselben gewesen, läßt sich jedoch diese Erscheinung ebenfalls erklären. Die während der Ladung der Batterie nach aussen in die Luft entwichene Quantität kann freilich von keinem Einfluß seyn, da sie gar nicht in die Maassflasche gelangt, eben so wenig wie ein Verlust von freier positiver Elektrizität an der Außenseite der Batterie. Letzterer muß stets der Elektrizitätsmenge proportional seyn, weil nach jeder Entladung der Maassflasche die Außenseite der Batterie wieder auf den anfänglichen Zustand zurückkehrt. Wenn aber während der Ladung ein Theil der positiven Elektrizität des inneren Belegs sich mit einem entsprechenden negativen auf der äußeren Belegung über den Rand der Flaschen hinweg verbindet, so ist dies ein Verlust, der mit steigender Spannung sich offenbar vermehren wird, und deshalb wohl die obige Erscheinung veranlaßt.

Statt aller von mir angestellten Versuche diene zum Beweise des Obigen gleich die erste Versuchsreihe, die ich mit der Spirale (bei welcher 31 Windungen die Nadel No. 7 bedecken) angestellt habe. Die Zahlenwerthe derselben sollen gleich in dem folgenden zweiten Abschnitte mitgetheilt werden, um sie dort mit den durch andere Spiralen gewonnenen Resultaten zusammenzustellen und deren Uebersicht zu erleichtern. Bequemer läßt sich diese regelmäßige Aufeinanderfolge der Wechsel auf der beigefügten Zeichnung, Tafel IV (Curve I und XXXIV), übersehen. Die erste Curve zur Linken, welche vor ihrem Anfange die Worte »ohne Einschaltung« trägt, stellt nämlich die so eben erwähnten Resultate der ersten Versuchsreihe graphisch dar.

Wird die durch den Anfangspunkt dieser gebrochenen Linie (Curve) gehende horizontale gerade Linie als Abscissenaxe betrachtet, auf welcher die Stärke der Batterieladungen gezählt wird, wie sie die in der obersten Reihe stehenden Zahlen angeben, so bedeutet die GröÙe der Ordinate in dem entsprechenden Punkte die Stärke der magnetischen Polarität der Nadel. Die positive Lage dieser Ordinate (nach oben) deutet normale Polarität, die negative (nach unten) dagegen anomale Polarität an. In dieser Versuchsreihe fehlt der Wechsel bei der Ladung 23, und die beiden Wechsel bei 4 und 6 erscheinen zu einem einzigen vereinigt, was auch sonst vorkommt, und eine Folge des schon vorhandenen Drahtwiderstands ist. Es scheint mir folglich die Mittheilung dieser einen Versuchsreihe für diesen Fall zu genügen, zumal da andere später mitzutheilende Versuche dieselbe durchaus bestätigen und ergänzen, wie z. B. gleich in der zweiten, unter der vorigen befindlichen Curve der Wechsel bei 23 wirklich vorhanden ist, zum klaren Beweise, daß derselbe bei dem ersten Versuche nur übersprungen wurde.

Es hat sich also ergeben, daß *die Wechsel der der Anzahl nach unbegrenzten normalen und anomalen Perioden in regelmäßigen Intervallen aufeinanderfolgen.*

II. Die Einwirkung verschiedener Spiralen.

Um den Einfluß der Anzahl der auf die Nadel wirkenden Spiralwindungen zu bestimmen, wurden nach einander drei Versuchsreihen mit drei verschiedenen Spiralen von Silberdraht angestellt. In der ersten (der schon vorhin erwähnten) Spirale bedeckten 31 Windungen die Nadel No. 7, in der zweiten 28, und in der dritten $11\frac{1}{2}$ Windungen. Die Versuche ergeben für die Zeit, welche die voranstehenden Ladungen magnetisirten Nadeln zu 30 Schwingungen gebrauchten, folgende Werthe:

| Spirale 1. | | | Spirale 2. | | | Spirale 3. | | |
|------------|------------------------|------------------|------------|------------------------|------------------|------------|------------------------|---------------|
| Ladung | Zeit zu 30
Schwing. | Lage d.
Pole. | Ladung | Zeit zu 30
Schwing. | Lage d.
Pole. | Ladung | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. P. |
| 1 | 1' 1" | + | 1 | 0' 37" | + | 2 | 0' 59' | + |
| 2 | 0 36 | + | 2 | 0 45 | + | 4 | 1 4 | + |
| 3 | 0 44 | + | 3 | 1 30 | + | 6 | 0 52 | + |
| 4 | 0 50 | + | 4 | 0 47 | + | 8 | 0 45 | + |
| 5 | 0 45 | + | 5 | 0 45 | + | 10 | 0 45 | + |
| 6 | 0 42 | + | 6 | 0 37 | + | 12 | 0 50 | + |
| 7 | 0 38 | + | 7 | 0 40 | + | 14 | 1 0 | + |
| 8 | 0 44 | + | 8 | 0 53 | + | 16 | 0 47 | + |
| 9 | 1 15 | + | 9 | 0 49 | + | 18 | 0 58 | + |
| 10 | 1 10 | + | 10 | 1 0 | + | 20 | 0 48 | + |
| 11 | 1 35 | — | 11 | 0 43 | + | 22 | 0 54 | + |
| 12 | 0 47 | + | 12 | 0 46 | + | 24 | 0 55 | + |
| 13 | 0 50 | + | 13 | 3 45 | + | 26 | 0 58 | + |
| 14 | 1 0 | + | 14 | 0 46 | + | 28 | 1 7 | + |
| 15 | 0 50 | + | 15 | 1 5 | + | 30 | 1 20 | + |
| 16 | 2 10 | + | 16 | 0 52 | + | 32 | 2 34 | — |
| 17 | 1 15 | + | 17 | 0 50 | + | 34 | 1 9 | + |
| 18 | 1 40 | — | 18 | 1 44 | — | 36 | 1 30 | + |
| 19 | 0 52 | + | 19 | 1 30 | — | 38 | 3 0 | + |
| 20 | 4 40 | + | 20 | 1 30 | + | 40 | 1 50 | + |
| 21 | 1 16 | — | 21 | 1 38 | + | 42 | 1 30 | + |
| 22 | 2 45 | + | 22 | 1 12 | + | 44 | 3 45 | + |
| 23 | 2 0 | + | 23 | 1 25 | + | 46 | 1 50 | + |
| 24 | 0 55 | + | 24 | 1 15 | + | 48 | 1 50 | + |
| 25 | 1 40 | + | 25 | 1 25 | + | 50 | 1 40 | + |
| 26 | 1 7 | — | 26 | ∞ | 0 | 54 | ∞ | 0 |
| 27 | 0 58 | + | 27 | 1 50 | — | 58 | 2 10 | + |
| 28 | 2 10 | — | 28 | 2 10 | — | 62 | 2 0 | + |
| 29 | 1 50 | — | 29 | 1 10 | + | 66 | 2 16 | + |
| 30 | 1 40 | + | 30 | 1 38 | + | | | |
| 31 | ∞ | 0 | 32 | 1 50 | — | | | |
| 32 | 1 50 | — | | | | | | |
| 33 | 1 30 | + | 34 | 0 55 | + | | | |
| 34 | 1 26 | — | | | | | | |
| 35 | 3 0 | — | 36 | ∞ | 0 | | | |
| 36 | 3 0 | — | 38 | 0 40 | + | | | |
| 37 | 2 10 | + | | | | | | |
| 38 | 1 0 | + | 40 | 1 17 | + | | | |
| 39 | ∞ | 0 | | | | | | |
| 40 | 1 32 | — | 42 | ∞ | 0 | | | |
| | | | 44 | 2 20 | — | | | |
| | | | 46 | 1 15 | — | | | |
| | | | 48 | 1 3 | + | | | |
| | | | 50 | 2 10 | — | | | |

Da 31 Windungen die Nadel in der ersten Spirale bedeckten, aber nur 28 in der zweiten, so werden gleich starke Batterieladungen bei beiden im geraden Verhältnisse zu der Anzahl der Windungen auf die Nadel einwirken, also wie 31 : 28. Verlangt man aber in beiden Spiralen gleiche Einwirkung auf die Nadel, so müssen die hiezu nöthigen Batterieladungen sich umgekehrt wie die Anzahl der Windungen verhalten. — Die einfachste Voraussetzung, die man über die magnetisirende Kraft des magnetischen Funkens machen kann, möchte nun wohl eben seyn, daß diese Kraft der Einwirkung desselben proportional sey; und es wird sich in der That leicht zeigen lassen, daß diese Voraussetzung völlig richtig ist. Unter dieser Voraussetzung müssen nämlich die einander in beiden Spiralen entsprechenden normalen und anomalen Perioden zu Ladungen gehören, die sich umgekehrt verhalten wie die Anzahl der Windungen. Sehr charakteristisch ist die anomale Periode in der ersten Spirale bei der Ladung 11, und in der zweiten bei der Ladung 13. Setzt man, indem man von der zweiten, bei welcher die gemessenen Ladungen in kleineren Intervallen fortschreiten, $31 : 28 = 13 : x$, so kommt $x = 11,7$; durch vielfache andere Versuche hatte sich aber ergeben, daß das Maximum der anomalen Periode wirklich zwischen 11 und 12 fiel. — Da die dritte Spirale 11,5 Windungen auf 28 der zweiten enthält, so müssen diejenigen Ladungen, welche in ihnen gleiche Magnetisirungen erzeugen sollen, sich verhalten, wie $28 : 11,5$. Geht man wieder von der zweiten aus, um die schon vorhin betrachtete sehr auffallend anomale Periode für die dritte Spirale zu berechnen, so ist $11,5 : 28 = 13 : x$, $x = 31,6$; in obigen Versuchsreihen, wo die Ladungen für die dritte Spirale um 2 steigen, ist die negative Periode mit 32 bezeichnet, was also mit dem berechneten Werthe in völliger Uebereinstimmung ist.

Am besten wird man die Aehnlichkeit der Magnetisirungen in allen drei Spiralen durch die auf der Taf. IV (Curve XXXIV, XXXV und XXXVI) rechts unten gezeich-

neten Curven der magnetischen Intensität der Nadeln übersehen; es sind hiebei, um den Ueberblick zu erleichtern, alle Ladungen (der vorhergehenden Tabelle) der zweiten und dritten Spirale im umgekehrten Verhältnisse der Anzahl ihrer Windungen zur ersten Spirale verkleinert, so dafs die gleichwerthigen Perioden sich unter einander gestellt finden. Es herrscht hinreichende Uebereinstimmung in der Lage der oberen und unteren Spitzen dieser Linien. Zugleich sieht man auch in den Versuchsreihen mit der zweiten (XXXV) und dritten Spirale (XXXVI) die anomalen Perioden auf 3 und 6. Ich habe übrigens die Curven nur so weit gezeichnet, als die Intervallen der Ladungen gering waren, weil bei gröfseren Intervallen die Wechsel leicht übersprungen werden.

Betrachtet man die Curven nicht in Beziehung auf ihren allgemeinen Gang, sondern in Beziehung auf die Gröfse der positiven und negativen Ordinaten oder der relativen Maxima und Minima, so scheint es, als ob mit der Anzahl der Windungen die Stärke der normalen und anomalen Perioden wachse, weil die Spitzen und Zacken der ersten und zweiten Curven viel stärker auf- und absteigen als in der dritten (zwischen der ersten und zweiten ist die Differenz der Windungen zu klein, um auffallende Unterschiede in dieser Hinsicht zu erzeugen). Will man also die Wechsel in schönster Entwicklung beobachten, so wird es gut seyn, eine möglichst enggewundene Spirale anzuwenden und die Ladung entsprechend zu verkleinern. Eine Gränze ist freilich dadurch gesetzt, dafs ein zu dünner Draht einen gröfseren Widerstand in die Schließung bringt, und bei zu nahen Windungen der Funke überspringt.

Die magnetisirende Einwirkung der Spiralen ist also proportional der Anzahl ihrer Windungen, welche die Nadel bedecken, und die normalen und anomalen Magnetisirungsperioden treten stets bei derselben magnetischen Einwirkung ein; nur werden die Maxima und Minima derselben um so stärker, je geringer die dazu nöthige Ladung der elektrischen Batterie ist.

III. Die Einwirkung des Schließungsdrahts auf sich selbst.

Riefs hat im 50. Bande dieser Annalen, S. 19 und 20, den Satz aufgestellt: »Bei der Entladung der Batterie wirkt kein Theil des Schließungsdrahts vertheilend auf den andern.« Dieser Ausspruch verleitete mich auch anfangs zu glauben, daß es gleichgültig sey, ob der bei meinen Versuchen einzuschaltende Draht geradlinig ausgespannt sey, oder auf Glasröhren isolirt aufgewunden. Es wäre bei der Einschaltung von mehreren hundert Fufs Draht sehr bequem gewesen, wenn ich die Drähte hätte zu einer Spirale aufwinden, und so stets zum Gebrauch in der Nähe haben können. Indefs die Untersuchung gab ein ganz anderes Resultat, als obiger Satz voraussehen liefs; es zeigte sich eine sehr bedeutende Einwirkung des Schließungsdrahts auf sich selbst.

Riefs hat seine Messungen mit dem Luftthermometer angestellt, und in den Entladungskreis, ausser dem Platindraht des Thermometers, noch zwei ebene Spiralen (jede von 13 Fufs eines 0,55 Lin. dicken Kupferdrahts) theils in gleichem, theils in entgegengesetztem Sinne bei 1 Linie und 2 Fufs Entfernung von einander eingeschaltet. »Es wurde aber in drei Versuchsreihen die Erwärmung des Platindrahts in dem Thermometer sehr nahe dieselbe gefunden.« Riefs giebt mit diesen Worten nur das allgemeine Resultat, wonach aber die gefundenen Werthe doch nicht völlig dieselben gewesen zu seyn scheinen; hätte er die speciellen Versuche mitgetheilt, so ließe sich vielleicht feststellen, ob die gemessenen Werthe nach einer bestimmten Seite hin von einander abweichen. Es ist aber sehr wohl denkbar, daß bei den kurzen Drähten (26 Fufs) der Unterschied für das Luftthermometer noch nicht merkbar gewesen ist; auch wäre es nicht unmöglich, daß in Beziehung auf die Erwärmung des Platindrahts durch die Batterieentladung eine solche Einwirkung des Schließungsdrahts auf sich selbst nicht stattfände. Ich selbst habe mit dem Luftthermometer keine Versuche hierüber angestellt.

Die nachfolgenden Versuche werden nun zeigen, daß die Einwirkung eines Schließungsdrahts auf sich selbst sehr bedeutend ist. Ich habe die gleich mitzutheilenden Versuche nicht besonders zum Beweise dieses Satzes angestellt, sondern sie nebenher bei Verfolgung anderer Zwecke gewonnen; es sind deshalb auch die Unterschiede zwischen denselben nie so bedeutend, als sie unter günstigen Umständen hätten seyn können; dessen ungeachtet werden diese Angaben die erwähnte Einwirkung zur Genüge darthun.

Es waren auf vier Glasstäben 27,87 Meter eines 0,23363 Mm. dicken Kupferdrahts als Spirale von 24 Windungen (ungefähr 6 Mm. von einander entfernt) aufgewickelt. Dann wurde von einem neuen eben so starken, ungefähr 75 Meter langen Kupferdrahte noch 13,94 Fufs in 12 Windungen auf dieselben vier Glasstäbe gewunden, während das Uebrige auf vier neue Glasstäbe, welche die vorigen umgaben und von dem nächsten immer nur 0,1 Meter abstanden, in 34 Windungen aufgewickelt wurde. Es konnten demnach sämtliche 103 Meter Draht in derselben Richtung von den Funken durchlaufen werden, aber auch, wenn die Verbindung abgeändert wurde, die 27,87 Meter in der einen und die 75 Meter in entgegengesetzter Richtung. Im letzten Falle waren von den auf den inneren vier Glasstäben befindlichen 36 Windungen jedoch nur 24 den äusseren (also auch nur 23) entgegengesetzt, während die anderen 12 inneren mit den außerhalb über ihnen liegenden 11 äusseren stets noch in derselben Richtung durchlaufen wurden. Hätte ich sämtliche 36 innere Windungen den 34 äusseren entgegengesetzt, so würden die Unterschiede noch viel bedeutender ausgefallen seyn.

| Einschalt. 103 M. Kupferdr. v. 0,23363 Mm Durchm.; Spirale 27,87 M. in einer Richt., 75 M. in entgegengesetzter Richt. durchlaufen | | | Einschalt. 103 M. Kupferdr., alle Windung in derselben Richtung durchlauf. | | | Einschalt. v. 204 M. Kupferdr., alle Windungen in einer Richtung. | | | Einschalt. von 325 M. Kupferdr., alle Windungen in einer Richtung. | | | Einschalt. von 237 M. gerade ausgesp. Kupferdr. Zweite Spirale (28 Windungen über der Nadel). Maassflasche die frühere. | | |
|--|------------------------|----------------|--|----------------|------------------------|---|------------------------|----------------|--|----------------|------------------------------|---|----------------|--|
| Ladung. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | Lad. nach der früh. Maassfl. | Abstoss. einer Magnetnadel in Graden. | Lage der Pole. | |
| 5 | | | 0' 57" | + | 0' 48" | + | 1' 2" | + | | | 9 | 2 | + | |
| 6 | 0' 54" | + | | | | | | | | | 12 | 11 | + | |
| 8 | 0 55 | + | | | | | | | | | 15 | 18 | + | |
| | | | | | | | | | | | 18 | 24 | + | |
| 10 | 1 6 | + | 0 51 | + | 0 51 | + | 0 36 | + | | | 21 | 24 | + | |
| | | | | | | | | | | | 24 | 21 | + | |
| 12 | 1 0 | + | | | | | | | | | 27 | 29 | + | |
| 14 | 0 51 | + | | | | | | | | | 30 | 30 | + | |
| | | | | | | | | | | | 33 | 31 | + | |
| 15 | | | 1 36 | + | 1 12 | + | 0 37 | + | | | 36 | 33 | + | |
| | | | | | | | | | | | 39 | 34 | + | |
| 16 | 0 50 | + | | | | | | | | | 42 | 35 | + | |
| 18 | 1 2 | + | | | | | | | | | 45 | 40 | + | |
| 20 | 1 30 | + | 2 5 | - | 1 15 | + | 1 14 | + | | | 50 | 38 | + | |
| 22 | 1 40 | + | | | | | | | | | 55 | 39 | + | |
| 24 | 2 2 | + | | | | | | | | | 60 | 32 | + | |
| 25 | | | 2 7 | + | 1 20 | + | 1 59 | + | | | 70 | 40 | + | |
| 26 | 1 19 | - | | | | | | | | | 80 | 39 | + | |
| 28 | 1 7 | - | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 1 6 | - | 2 47 | + | 1 30 | + | 1 34 | - | 100 | 38 | | | + | |
| 32 | 1 0 | - | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 1 3 | - | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | 1 26 | + | 4 6 | - | 1 6 | - | | | | | | |
| 36 | 1 12 | - | | | | | | | 120 | 35 | | | + | |
| 38 | 1 18 | - | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 1 15 | - | 1 28 | + | 2 21 | - | 1 29 | - | | | | | | |
| 42 | 1 4 | - | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 1 12 | - | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | 3 36 | + | 1 48 | - | 4 48 | - | 150 | 28 | | | + | |
| 46 | 1 12 | - | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 1 24 | - | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 1 25 | - | 2 28 | - | 1 34 | - | 2 43 | + | | | | | | |
| 52 | 1 35 | - | | | | | | | | | | | | |
| 54 | 2 15 | - | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | 2 10 | - | 2 30 | - | 2 8 | + | | | | | | |
| 56 | 7 30 | - | | | | | | | | | | | | |
| 58 | 4 30 | + | | | | | | | 180 | 21 | | | + | |
| 60 | 1 33 | + | 1 39 | - | 1 34 | - | 1 38 | + | | | | | | |
| 64 | 1 14 | + | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | 3 57 | + | 1 49 | - | 1 25 | + | | | | | | |

| Einschalt. v. 103 M. Kupferdr. v. 0,23363 Mm. Durchm. Spirale 27,87 M. in einer Richt., 75 M. in entgegengesetzter Richt. durchlaufen. | | | Einschalt. 103 M. Kupferdr., alle VVindung. in derselben Richtung durchlaufen. | | | Einschalt. v. 204 M. Kupferdr., alle VVindung. in einer Richtung. | | | Einschalt. von 325 M. Kupferdr., alle VVindungen in einer Richtung. | | | Einschalt. von 237 M. gerade ausgesp. Kupferdr. Zweite Spirale (28 VVindungen über der Nadel). Maafsflasche die frühere. | | |
|--|------------------------|---------------|--|---------------|--|---|----------------|--|---|----------------|--|--|--------------------------------------|----------------|
| Ladung. | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole | | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | | Zeit zu 30 Schwingung. | Lage der Pole. | | Lad. nach der fröh. Maafsfl. | Abstoß. einer Magnetnadel in Graden. | Lage der Pole. |
| 68 | 1' 21" | + | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | 2' 5" | — | | 2' 57" | — | | 1' 14" | + | | 200 | 19 | + |
| 72 | 1 5 | + | | | | | | | | | | 220 | 9 | + |
| 75 | | | 2 44 | — | | 6 0 | — | | 1 1 | + | | 240 | 5 | + |
| 76 | 1 1 | + | | | | | | | | | | 260 | 9 | — |
| 80 | 0 59 | + | 3 57 | — | | 3 30 | + | | 1 21 | + | | | | |

Anmerkung. Ausser dem Gestell mit den acht Glasröhren, worauf die ersten 103 Meter sich befanden, waren noch zwei ähnliche vorgerichtet, und in der 6. und 7. Spalte finden sich die Resultate als die auf zwei Gestellen aufgewickelten Drähte, in der 8. und 9. dagegen als die Drähte aller drei eingeschaltet waren. Die 10. Spalte enthält Messungen, welche noch mit der früheren Maafsflasche gemacht sind; die 11. dagegen die Abstoßung, welche die magnetisirte Nadel auf eine freilich nicht sehr leicht bewegliche Magnetnadel ausübte.

Vergleicht man die in der 2. und 3. Spalte stehenden Resultate mit den in der 4. und 5. angegebenen, so herrscht zwischen beiden auch nicht die geringste Uebereinstimmung. Am besten übersieht man dieß, wenn man die Werthe sich graphisch darstellt.

Die in den fünf ersten Spalten befindlichen Resultate können auch noch ziemlich gut verglichen werden mit den Versuchen, die unter No. VI nachher werden mitgetheilt werden. Dasselbst sind nämlich Versuche mit 96,4 Meter desselben Kupferdrahts, der gerade ausgespannt war, mitgetheilt (sie sind auf der linken Hälfte der Taf. IV unter XX auch graphisch dargestellt). Diese letzten Versuche

zeigen zuerst eine normale Periode bis zur Ladung 30, und dann bis zu fast einer negativen, mit geringen Erhebungen. Dagegen bieten 103 Meter in 70 Windungen befindlichen Kupferdrahts noch drei normale und drei anomale Perioden dar, ja selbst bei 204 und 325 Meter in ähnlichen Spiralen aufgewundenen Drahtlängen entsteht nach der anomalen Periode nochmals die normale, während bei geradeausgespannten Drähten von 325 Meter Länge und gleicher Dicke mit dem vorigen sicherlich noch nicht die erste anomale Periode erhalten wird. Die in der 10., 11., 12. Spalte mitgetheilten, freilich nur roh angestellten Versuche zeigen, dafs bei 237 Meter obigen Kupferdrahts nur erst ganz gegen Ende der Batterieladung die anomale Periode sich zeigt. Es sind diese Versuche freilich mit anderer Maafsflasche und Spirale (der zweiten) angestellt; werden sie aber reducirt auf die neue Maafsflasche und die erste Spirale, so entspricht 260 der alten Bestimmung ungefähr 80 in der neuen. Sie genügen also zu beweisen, dafs bis gegen das Ende hin bei so grofser Einschaltung nur stark normale magnetische Nadeln sich finden.

Es ist aber nöthig auch ein Beispiel von der Einwirkung eines dicken, sehr gut leitenden Schliefsungsdrahts auf sich selbst zu geben. Auf vier in einem Gestelle befindliche Glasröhren wurden erst 12,81, dann 25,62 und zuletzt 94,15 Meter eines 1,2966 Mm. dicken Kupferdrahts sowohl über diese vier inneren, als auch noch über vier äufsere Glasstäbe in Spiralen aufgewunden. Das Ergebnifs der Versuche war folgendes:

| Ladung. | Einschaltung von
12,81 M. in 13
VVindungen. | | Einschaltung von
25,62 M. in 26
VVindungen. | | Einschaltungen
von 94,15 Meter
Kupferdraht in 32
inneren und 31
äußeren VVindun-
gen. | |
|---------|---|----------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | Zeit zu 30
Schwin-
gungen. | Lage
der
Pole. | Zeit zu 30
Schwin-
gungen. | Lage
der
Pole. | Zeit zu 30
Schwin-
gungen. | Lage
der
Pole. |
| 1 | 1' 2" | + | 1' 45" | + | 4' 24" | + |
| 2 | 1 5 | + | 1 10 | + | 2 20 | + |
| 3 | 0 59 | + | 1 8 | + | 1 41 | + |
| 4 | 0 59 | + | 1 15 | + | 1 46 | + |
| 5 | 1 0 | + | 1 21 | + | 1 27 | + |
| 6 | 1 12 | + | 1 30 | + | 1 37 | + |
| 7 | 0 55 | + | 1 37 | + | 1 28 | + |
| 8 | 3 0 | + | 1 37 | + | 1 40 | + |
| 9 | 2 10 | + | 2 0 | + | 1 42 | + |
| 10 | 2 0 | + | 3 15 | + | 2 0 | + |
| 11 | 3 15 | + | 3 40 | — | 2 20 | + |
| 12 | 1 33 | — | 1 33 | + | 2 10 | + |
| 13 | 2 50 | + | 1 37 | + | 3 9 | + |
| 14 | 1 5 | + | 1 40 | + | 3 27 | + |
| 15 | 1 54 | + | 2 0 | + | 4 35 | + |
| 16 | 1 37 | — | 3 0 | + | 5 40 | + |
| 17 | 3 0 | — | 3 12 | + | 0 0 | + |
| 18 | 1 10 | — | 2 39 | + | 10 0 | + |
| 19 | 2 50 | + | 1 40 | + | 1 ∞ | 0 |
| 20 | 3 25 | + | 1 52 | + | 7 30 | — |
| 21 | 3 30 | — | ∞ | 0 | 6 0 | + |
| 22 | 4 10 | + | 5 30 | — | 4 0 | — |
| 23 | 2 4 | — | 2 4 | — | 3 27 | — |
| 24 | ∞ | 0 | 2 30 | + | | |
| 25 | 1 17 | + | | | | |
| 26 | 2 0 | — | | | | |
| 44 | | | 3 12 | + | | |
| 64 | | | 4 35 | + | | |
| 84 | | | 5 48 | — | | |

Aus diesen Versuchen ergibt es sich klar, daß bei der Einschaltung von Spiralwindungen eines dicken Kupferdrahts nicht nur die anomalen Perioden, sondern auch die magnetischen Intensitäten der Nadeln ungemein geschwächt werden. Ein Theil dieser Einwirkung ist freilich, wie sich später zeigen wird, eine bloße Folge der Einschaltung des Kupferdrahts; denn dieser Theil würde eben so gut erfolgen, wenn auch der Draht geradlinig ausgespannt wäre. Um diesen Einfluß des Drahts überhaupt von dem Einfluß der

Windungen zu sondern, kann man den letzten Versuch (Einschaltung von 94,15 Meter Kupferdraht in 32 inneren und 31 äußeren Windungen) vergleichen mit dem unter No. VI mitzutheilenden, bei welchem eine geradlinige Einschaltung von 113 Meter dieses Drahts nebst 26 Meter eines außerordentlich dicken viereckigen Kupferdrahts gemacht war. Es zeigen sich in dieser letzteren auf der Taf. IV unter No. XII graphisch dargestellten Versuchsreihe allerdings bedeutende Schwächungen, aber selbst bei dieser längeren Einschaltung noch nicht so stark, als bei der Einschaltung von 94,15 Meter in Spiralwindungen. Zur leichteren Uebersicht ist diese Versuchsreihe mit 94,15 Meter Draht in Spiralwindungen ebenfalls unter No. XIV graphisch dargestellt worden; die Vergleichung der beiden erwähnten Curven zeigt deutlich den Unterschied, und somit auch den Einfluß der Spiralwindungen.

Anscheinend ist der Einfluß dieser Windungen bei dem dünnen und dicken Kupferdraht ein sehr verschiedener; bei dem dünnen erzeugt er noch anomale Perioden, bei dem dicken hebt er sie auf. Dessen ungeachtet ist aber der Einfluß in beiden Fällen derselbe; die gegenseitige Einwirkung der Spiralwindungen verstärkt und verbreitert nämlich die anomalen Perioden. Indem nun diese Einwirkung bei einem dünnen langen Draht eintritt, wo alle normalen und anomalen Perioden durch den Einfluß des Drahtwiderstands schon gehörig getrennt und auseinandergeschoben sind (vergl. den VI. Abschnitt über diesen Punkt), so können die anomalen Perioden sich entwickeln, ohne dafs ihr Maximum sogleich mit dem Maximum der normalen zusammenfällt, und selbst da wieder erscheinen, wo der bloße Einfluß des geradlinigen Drahts sie verschwinden gemacht hätte. Findet aber diese Einwirkung bei einem langen dicken Draht statt, der wenig Widerstand leistet, also die Perioden auch wenig trennt, so werden die anomalen Perioden bei ihrem Wachsen den sonst bedeutend stärkeren normalen immer mehr und mehr gleich kommen, ihre Maxima zusammenfallen, und die Magnetisirung daher fast gänzlich auf Null reduciren.

Der

Der Einfluss eines Schließungsdrahts auf sich selbst besteht also darin, die anomalen Perioden zu verstärken und zu erweitern, so dass sie den normalen mehr gleich werden.

IV. Der Einfluss der Dicke der Nadeln.

Es wurden drei verschiedene Sorten Nadeln aus derselben Fabrik untersucht, No. 7, No. 5, No. 1. Die Nadel No. 7 war 34,65 Mm. lang und 0,5856 Mm. dick; No. 5 37,68 Mm. lang und 0,7525 Mm. dick, und No. 1 46,2 Mm. lang und 1,1341 Mm. dick. Der Unterschied von 5 zu 1 war also bedeutender als von 7 zu 5. Ich will zwei Versuchsreihen mittheilen; bei der einen war der Draht geradlinig ausgespannt, bei der anderen in Spiralen aufgewunden.

Einschaltung von 12,05 Meter eines 0,26248 Mm. dicken Eisendrahts, geradlinig ausgespannt.

| Ladung. | Nadel No. 7. | | Nadel No. 5. | | Nadel No. 1. | |
|---------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pole. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pole. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pole. |
| 5 | 0' 29" | + | 0' 39" | + | | |
| 10 | 0 34 | + | 0 40 | + | 1' 1" | + |
| 15 | 0 47 | + | 0 39 | + | | |
| 20 | 1 36 | + | 0 46 | + | 0 58 | + |
| 25 | 2 8 | — | 1 5 | + | | |
| 30 | 1 6 | — | 0 57 | + | 1 3 | + |
| 35 | 1 5 | — | 1 11 | + | | |
| 40 | 1 4 | — | 0 57 | + | 0 54 | + |
| 45 | 1 5 | — | 1 6 | + | | |
| 50 | 1 46 | — | 0 54 | + | 0 47 | + |
| 60 | 1 18 | — | 0 54 | + | 0 42 | + |
| 70 | 1 57 | — | 1 0 | + | 0 46 | + |
| 80 | 3 0 | — | 0 55 | + | 0 47 | + |
| 90 | 2 16 | — | 0 57 | + | 0 45 | + |

Während bei den Nadeln No. 7 die anomale Periode sehr groß ist, kann sie sich bei den Nadeln No. 5 und No. 1 gar nicht mehr bilden. Dass aber die Nadeln No. 5 überhaupt fähig sind, solche Wechsel in der Polarität anzunehmen, beweisen schon die Schwankungen in der Intensität, noch mehr aber die folgenden Versuche, wo die ano-

malen Perioden wirklich als solche erscheinen; ob bei den Nadeln No. 1 sich auch wirkliche Umkehrungen mittelst der neun Flaschen der Batterie erzeugen lassen, muß ich dahin gestellt seyn lassen. Bei größerer Oberfläche der Batterie wird es unzweifelhaft gelingen.

Einschaltung des oben unter III erwähnten 103 Meter langen dünnen Kupferdrahts, der auf acht (vier inneren, vier äußeren), in einem Gestell befindlichen Glasröhren aufgewunden war. 27,87 Meter (24 innere Windungen) wurden von dem Funken in entgegengesetzter Richtung durchlaufen als die übrigen 75 Meter (12 inneren und 34 äußeren Windungen).

| Ladung. | Nadel No. 5. | | Nadel No. 1. | |
|---------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pole. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pole. |
| 5 | 0' 54" | + | 1' 26" | + |
| 10 | 0 57 | + | 1 12 | + |
| 15 | 0 48 | + | 0 54 | + |
| 20 | 0 42 | + | 0 59 | + |
| 25 | 1 0 | + | 1 1 | + |
| 30 | 1 10 | + | 1 1 | + |
| 35 | 2 0 | + | 1 8 | + |
| 40 | 3 24 | — | 1 8 | + |
| 45 | 1 22 | — | 1 7 | + |
| 50 | 1 13 | — | 0 57 | + |
| 55 | 1 20 | — | 0 58 | + |
| 60 | 2 5 | — | 0 58 | + |
| 65 | 2 0 | — | 0 57 | + |
| 70 | 2 26 | — | 0 56 | + |
| 75 | ∞ | 0 | 0 58 | + |
| 80 | 3 30 | + | 1 0 | + |

Die mit gleicher Einschaltung und der Nadel No. 7 angestellten Versuche sind schon in dem vorigen Abschnitte mitgetheilt worden. Bei diesen zeigte sich normale Polarität von 2 bis 24, anomale von 26 bis 56, und wieder normale von 58 bis 80. Bei den Nadeln No. 5 sehen wir in der eben mitgetheilten Tabelle normale Polarität von 5 bis 30, anomale von 35 bis 75, und dann wieder normale. Die Nadeln No. 1 deuten diese Perioden nur durch Schwankungen in ihrer Intensität an. Stellt man die Werthe für

die Nadel No. 7 und No. 5 mittelst einer Curve dar, so zeigen beide Curven einen entsprechenden Verlauf; nur sind die Maxima der normalen und anomalen Periode bei der Nadel No. 5 weiter nach hinten auf stärkere Ladungen verschoben; auch scheinen die anomalen Perioden bei den Nadeln No. 5 etwas schwächer zu seyn, als bei den Nadeln No. 7. Die Nadeln No. 1 erlauben keine genaue Vergleichung mit den beiden anderen, da ihr Querschnitt zu bedeutend von dem Querschnitt der anderen beiden verschieden ist.

Im Allgemeinen scheinen durch *dickere Nadeln* die Erscheinungen *nicht geändert zu werden*; es treten die *anomalien Perioden erst bei größeren Ladungen ein, und könnten auch an Stärke verloren haben.*

V. Der Einfluss der Oberfläche der Batterie.

Schon in der ersten Abhandlung, Bd. 65, S. 545, sind Versuche mitgetheilt über die Aenderung der Magnetisierungserscheinungen, wenn die Oberfläche der Batterie verkleinert wird. Bei denselben waren aber die eingeschalteten Drähte spiralförmig aufgewunden, und zugleich die an der Batterie gemachten Abänderungen ziemlich bedeutend. Es folgt deshalb hier eine Versuchsreihe, bei welcher 12,05 Meter eines 0,26248 Mm. dicken Eisendrahts eingeschaltet und die Oberfläche der Batterie nur allmählig verkleinert wurde; auf diese Weise ist es möglich den Gang der Erscheinung genau zu verfolgen. Die Nadeln sind von jetzt an wieder sämmtlich No. 7.

Einschaltung von 12,05 Meter des oben genannten Eisendrahts.

| Ladung. | 9 Flaschen. | | 8 Flaschen. | | 7 Flaschen. | | 6 Flaschen. | | 5 Flaschen. | |
|---------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | Zeit
zu 30
Schw. | Lage
der
Pole | Zeit
zu 30
Schw. | Lage
der
Pole | Zeit
zu 30
Schw. | Lage
der
Pole | Zeit
zu 30
Schw. | Lage
der
Pole | Zeit
zu 30
Schw. | Lage
der
Pole |
| 5 | 0' 29" | + | | | | | | | 0' 40" | + |
| 10 | 0 34 | + | 0' 37" | + | 0' 51" | + | 0' 49" | + | 1 1 | + |
| 12 | | | | | | | | | 1 4 | + |
| 15 | 1 47 | + | | | 1 2 | + | 1 17 | + | 0 50 | + |
| 20 | 1 36 | + | 1 38 | + | 2 34 | — | 5 12 | + | 0 43 | + |
| 25 | 2 8 | — | 1 12 | — | | | 0 58 | + | 0 50 | + |
| 30 | 1 6 | — | 1 1 | — | 5 0 | — | 0 58 | + | 0 50 | + |
| 35 | 1 5 | — | | | 1 21 | + | | | 0 51 | + |
| 40 | 1 4 | — | 1 43 | — | 1 14 | + | 1 2 | + | 1 5 | + |
| 45 | 1 5 | — | | | | | | | 1 36 | + |
| 50 | 1 46 | — | 1 45 | — | 1 21 | + | 1 6 | + | 2 2 | + |
| 60 | 1 18 | — | 2 31 | — | 1 52 | + | 1 11 | + | | |
| 70 | 1 57 | — | 1 54 | + | 1 17 | + | | | | |
| 80 | 3 0 | — | 2 45 | + | | | | | | |
| 90 | 2 16 | — | | | | | | | | |

Uebereinstimmend mit den früheren Versuchen zeigt sich, daß eine Verkleinerung der Batterieoberfläche die anomalen Perioden auf immer kleinere Ladungen zurückführt, aber dieselben zugleich auch so verkürzt, daß sie bei einer gewissen GröÙe der Batterie aufhören als anomale Magnetisirungen zu erscheinen; man beobachtet dann nur noch abwechselnd starke und schwache normale Perioden. Werden die vorstehenden Werthe durch Zeichnung dargestellt, so ergibt sich in allen Curven ein ähnlicher Verlauf, wie solches auch schon aus der Betrachtung der vorigen Tabelle sich ergibt.

Da die verschiedenen Perioden sich mit der Vergrößerung der Oberfläche der Batterie ausdehnen, so bietet sich darin ein Mittel dar, die Umkehrungen in der Polarität der Nadeln zu verstärken, und selbst in Fällen zu erzeugen, wo sie sonst nicht eintreten würden. Ich werde in der nächsten Zeit noch Versuche anstellen mit einer größeren Oberfläche als die obigen neun Flaschen darboten, und dabei zugleich erforschen, ob es einen Unterschied macht, wenn eine und dieselbe GröÙe der Oberfläche einmal in einer

T a f e l I.

(Zur S. 341 gehörig.)

Kupferdraht von 0,23363 Millimeter Durchmesser, eingeschaltet.

| Ladung. | 0 Meter. | | 0,38 Meter. | | 0,75 Meter. | | 1,51 Meter. | | 3,01 Meter. | | 6,02 Meter. | | 12,05 Meter. | | 24,10 Meter. | | 48,20 Meter. | | 96,40 Meter. | |
|---------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lg.d.
Pol. |
| 1 | 1' 1" | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0 36 | + | 0' 53" | + | 0' 43" | + | 1' 15" | + | 0' 55" | + | 0' 42" | + | 0' 47" | + | 0' 55" | + | | | | |
| 3 | 0 44 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0 50 | + | 0 53 | + | 0 36 | + | 0 59 | + | 1 12 | + | 0 40 | + | 0 43 | + | 0 46 | + | | | | |
| 5 | 0 45 | + | | | | | | | 0 40 | + | | | | | | | 0' 43" | + | 0' 31" | + |
| 6 | 0 42 | + | 0 53 | + | 0 59 | + | 0 50 | + | | | 0 45 | + | 0 38 | + | 0 55 | + | | | | |
| 7 | 0 38 | + | | | 0 49 | + | | | 1 7 | + | | | | | | | | | | |
| 8 | 0 44 | + | 0 49 | + | 1 4 | + | 1 7 | + | 0 45 | + | 0 37 | + | 0 41 | + | 0 46 | + | | | | |
| 9 | 1 15 | + | 1 20 | + | 1 5 | + | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1 10 | + | 0 46 | + | 0 51 | + | 4 48 | + | 0 48 | + | 1 11 | + | 1 6 | + | 0 40 | + | 0 38 | + | 0 34 | + |
| 11 | 1 35 | + | 1 35 | + | 1 10 | + | 0 51 | + | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0 47 | + | 0 59 | + | 2 6 | + | 4 27 | + | 1 25 | + | 1 31 | + | 1 11 | + | 0 47 | + | | | | |
| 13 | 0 50 | + | 2 13 | + | 1 50 | + | 3 5 | + | 1 3 | + | | | | | | | | | | |
| 14 | 1 0 | + | 2 17 | + | 1 3 | + | 1 39 | + | 1 6 | + | 0 58 | + | 1 47 | + | 0 54 | + | | | | |
| 15 | 0 50 | + | 1 20 | + | 0 55 | + | 2 10 | + | | | | | | | | | 0 35 | + | 0 46 | + |
| 16 | 2 10 | + | 3 54 | + | 1 19 | + | 2 29 | + | 2 11 | + | 1 26 | + | 1 1 | + | 1 12 | + | | | | |
| 17 | 1 15 | + | 1 41 | + | 1 23 | + | 1 20 | + | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 1 40 | + | 1 7 | + | 1 25 | + | 1 9 | + | 1 25 | + | 1 41 | + | 1 43 | + | 1 5 | + | | | | |
| 19 | 0 52 | + | 1 34 | + | 1 23 | + | 0 59 | + | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 4 40 | + | 2 20 | + | 1 14 | + | 1 55 | + | 1 35 | + | 3 44 | + | 2 14 | + | 0 55 | + | 1 36 | + | 0 59 | + |
| 21 | 1 16 | + | 3 5 | + | 2 3 | + | 5 12 | + | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 2 45 | + | 1 46 | + | 3 29 | + | 1 13 | + | 1 49 | + | 1 15 | + | ∞ | 0 | 2 17 | + | | | | |
| 23 | 2 0 | + | 1 37 | + | 2 10 | + | 1 31 | + | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 0 55 | + | 2 24 | + | 1 37 | + | 1 30 | + | 2 10 | + | 2 10 | + | 1 34 | + | 2 8 | + | | | | |
| 25 | 1 40 | + | 1 4 | + | 1 4 | + | 2 8 | + | | | | | | | | | 1 27 | + | 1 16 | + |
| 26 | 1 7 | + | 1 26 | + | 1 6 | + | 1 22 | + | 4 58 | + | 5 5 | + | 2 46 | + | 1 12 | + | | | | |
| 27 | 0 58 | + | | | 1 3 | + | 1 21 | + | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 2 10 | + | | | 2 18 | + | 2 0 | + | 3 12 | + | 2 13 | + | 3 22 | + | 1 29 | + | | | | |
| 29 | 1 50 | + | | | 1 8 | + | 1 38 | + | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 1 40 | + | | | 1 15 | + | 1 49 | + | 2 47 | + | 1 21 | + | 1 34 | + | 1 44 | + | 1 14 | + | 3 15 | + |
| 31 | ∞ | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 1 50 | + | | | 1 23 | + | 1 20 | + | 1 23 | + | 1 52 | + | 1 31 | + | 2 3 | + | | | | |
| 33 | 1 30 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 1 26 | + | | | 2 25 | + | 3 40 | + | 2 43 | + | 1 16 | + | 2 25 | + | 4 4 | + | 1 9 | + | 1 12 | + |
| 35 | 3 0 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 3 0 | + | | | 2 3 | + | 1 53 | + | 2 25 | + | 4 55 | + | 2 25 | + | 2 31 | + | | | | |
| 37 | 2 10 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 1 0 | + | | | 2 41 | + | 1 57 | + | 3 48 | + | 2 35 | + | 2 11 | + | 2 3 | + | | | | |
| 39 | ∞ | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 1 32 | + | | | 1 36 | + | 3 36 | + | 3 48 | + | 1 22 | + | 10 0 | + | 1 26 | + | 1 15 | + | 2 41 | + |
| 42 | | | | | 2 31 | + | 8 0 | + | 2 32 | + | 1 57 | + | 2 55 | + | 1 37 | + | | | | |
| 44 | | | | | 1 21 | + | 2 10 | + | 2 0 | + | 1 50 | + | 2 39 | + | 1 18 | + | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 13 | + | 1 17 | + |
| 46 | | | | | 2 18 | + | 1 47 | + | 1 34 | + | 2 11 | + | 3 10 | + | 1 15 | + | | | | |
| 48 | | | | | 2 2 | + | 2 2 | + | 2 50 | + | 1 45 | + | 4 41 | + | 1 8 | + | | | | |
| 50 | | | | | 1 15 | + | 1 15 | + | 4 4 | + | 1 20 | + | 5 15 | + | 1 5 | + | 5 12 | + | 1 37 | + |
| 52 | | | | | 1 27 | + | 1 27 | + | 1 57 | + | 1 15 | + | 3 2 | + | 1 10 | + | | | | |
| 54 | | | | | 1 47 | + | 1 47 | + | 10 50 | + | 1 47 | + | 2 14 | + | 1 12 | + | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 48 | + | 1 22 | + |
| 56 | | | | | | | 1 21 | + | 1 50 | + | 1 51 | + | 1 46 | + | 1 19 | + | | | | |
| 58 | | | | | 1 38 | + | 1 38 | + | 3 29 | + | 1 26 | + | 1 41 | + | 1 31 | + | | | | |
| 60 | | | | | 2 25 | + | 2 25 | + | 3 56 | + | 2 24 | + | 1 38 | + | 1 5 | + | 1 27 | + | 2 5 | + |
| 62 | | | | | 1 59 | + | 1 59 | + | 2 5 | + | 11 30 | + | 1 15 | + | 1 26 | + | | | | |
| 64 | | | | | 1 31 | + | 1 31 | + | 2 48 | + | 1 17 | + | 1 21 | + | 1 31 | + | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 22 | + | 1 7 | + |
| 66 | | | | | 1 28 | + | 1 28 | + | 5 24 | + | 8 0 | + | 1 33 | + | 1 41 | + | | | | |
| 68 | | | | | 1 14 | + | 1 14 | + | 1 51 | + | 1 8 | + | 1 14 | + | 2 25 | + | 1 9 | + | 0 59 | + |
| 70 | | | | | 1 41 | + | 1 41 | + | 2 45 | + | 1 27 | + | | | | | | | | |
| 72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | | | | | 2 51 | + | | | | | | | 1 15 | + | 4 55 | + | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 4 | + | 1 11 | + |
| 76 | | | | | | | | | | | | | 1 33 | + | 5 19 | + | | | | |
| 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | 1 36 | + | 2 17 | + | 1 0 | + | 1 22 | + |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 1 | + | 1 10 | + |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 59 | + | 1 11 | + |

Tafel II.

Versuche mit dickem Kupferdraht,
eingeschaltet

| Ladung. | 26 M. vier-
eckigen Ku-
pferdrahts. | | Die vorherge-
nannten 26 M.
viereckig. Drahts,
und 113 M. des
1,2966 Mm. dik-
ken runden
Kupferdrahts. | | Die vorherge-
nannten 26 M.
viereckigen
Kupferdrahts,
und ein Blitz-
ableiter von
94 M. Länge. | |
|---------|---|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. |
| 1 | 0' 53" | + | 1' 5" * | + | 1' 35" | + |
| 2 | 0 46 | + | 1 9 | + | 1 17 | + |
| 3 | 0 43 | + | 1 6 | + | 1 4 | + |
| 4 | 1 57 | + | 1 5 | + | 1 1 | + |
| 5 | 1 19 | + | 0 58 | + | 1 13 | + |
| 6 | 0 46 | + | 1 4 * | + | 1 18 | + |
| 7 | 1 19 | + | 1 34 | + | 1 35 | + |
| 8 | 0 53 | + | 1 14 | + | 1 47 | + |
| 9 | 1 2 | + | 1 19 | + | 2 8 | + |
| 10 | 1 44 | + | 2 2 | + | 9 36 | + |
| 11 | 1 23 | + | 2 45 | + | 4 41 | + |
| 12 | 2 58 | + | 2 6 | + | 2 27 | + |
| 13 | 1 22 | + | 2 18 | + | 1 23 | + |
| 14 | 1 13 | + | 3 8 | + | 2 48 | + |
| 15 | 1 33 | + | 2 31 | + | 2 45 | + |
| 16 | 1 53 | + | 2 45 | + | 7 12 | + |
| 17 | 1 17 | + | 4 7 | + | 7 52 | + |
| 18 | 1 14 | + | 3 26 | + | 2 13 | + |
| 19 | 1 57 | + | 3 5 | + | 2 47 | + |
| 20 | 5 56 | + | 4 28 | + | 5 10 | + |
| 21 | 1 29 | + | | | 4 48 | + |
| 22 | | | | | 5 20 | + |
| 23 | | | | | 2 39 | + |
| 24 | | | | | 3 19 | + |
| 25 | | | | | 0 | + |
| 30 | | | 1 57 | + | 2 51 | + |
| 40 | | | 1 29 | + | 4 4 | + |
| 50 | | | 4 14 | + | 3 43 | + |
| 60 | | | 5 43 | + | 5 9 | + |
| 70 | | | 3 5 | + | 2 51 | + |
| 80 | | | 4 11 | + | 2 9 | + |
| 90 | | | 2 14 | + | 2 8 | + |
| 100 | | | | | 3 37 | + |

Tafel III.

Messingdraht, eingeschaltet.

| Ladung. | Durchmesser des Drahts 0,24633 Millimeter. | | | | | | | | Durchm. d. Drahts 0,6551 Mm. | | | |
|---------|--|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | 0,75 Meter. | | 3,01 Meter. | | 6,02 Meter. | | 12,05 Meter. | | 76,83 Meter. | | 131,45 Meter. | |
| | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. | Zeit
zu 30
Schw. | Lg.
des
Pol. |
| 2 | 0' 53" | + | 0' 50" | + | 1' 37" | + | | | 1' 11' | + | 0' 50" | + |
| 4 | 0 43 | + | 0 40 | + | 0 42 | + | | | 0 46 | + | 0 49 | + |
| 5 | | | | | | | 0' 40" | + | | | | |
| 6 | 0 46 | + | 0 50 | + | 0 49 | + | | | 0 53 | + | 0 41 | + |
| 8 | 0 50 | + | 1 6 | + | 0 41 | + | | | 0 47 | + | 0 42 | + |
| 10 | 0 55 | + | 0 42 | + | 0 42 | + | 0 37 | + | 0 48 | + | 0 52 | + |
| 11 | 0 43 | + | 0 48 | + | | | | | | | | |
| 12 | 1 26 | + | 0 49 | + | 0 43 | + | | | 0 59 | + | 0 57 | + |
| 13 | 2 17 | + | | | | | | | | | | |
| 14 | 1 23 | + | 1 11 | + | 0 50 | + | | | | | | |
| 15 | 0 58 | + | | | | | 0 50 | + | 1 21 | + | 1 6 | + |
| 16 | 1 13 | + | 1 47 | + | 1 4 | + | | | | | | |
| 17 | 3 19 | + | | | | | | | 1 31 | + | 1 7 | + |
| 18 | 1 44 | + | 1 25 | + | 1 38 | + | | | | | | |
| 19 | 1 11 | + | | | | | | | | | | |
| 20 | 2 47 | + | 1 37 | + | 1 44 | + | 1 25 | + | 1 35 | + | 1 27 | + |
| 21 | 1 26 | + | | | | | | | | | | |
| 22 | 3 8 | + | 1 57 | + | 1 54 | + | | | | | | |
| 23 | 1 18 | + | | | | | | | | | | |
| 24 | 1 4 | + | 1 35 | + | 2 54 | + | | | 2 10 | + | 1 22 | + |
| 25 | 1 57 | + | | | | | 1 36 | + | | | | |
| 26 | 3 44 | + | 0 59 | + | 4 7 | + | | | | | | |
| 27 | 1 51 | + | | | | | | | | | | |
| 28 | 1 46 | + | 1 2 | + | 2 58 | + | | | 3 56 | + | 3 25 | + |
| 30 | 2 35 | + | 3 29 | + | 2 40 | + | 1 51 | + | | | | |
| 32 | 1 47 | + | 1 29 | + | 2 14 | + | | | 2 24 | + | 3 14 | + |
| 34 | 1 22 | + | 2 55 | + | 1 46 | + | | | | | | |
| 35 | | | | | | | 1 30 | + | | | | |
| 36 | 1 52 | + | 1 57 | + | 2 5 | + | | | 1 57 | + | 1 57 | + |
| 38 | 3 24 | + | 5 19 | + | 1 36 | + | | | | | | |
| 40 | 2 16 | + | 2 17 | + | 1 50 | + | 2 0 | + | 5 15 | + | 2 44 | + |
| 42 | 1 31 | + | 3 10 | + | 1 11 | + | | | | | | |
| 44 | 1 11 | + | 1 43 | + | 1 22 | + | | | | | | |
| 45 | | | | | | | 2 11 | + | 5 40 | + | 1 33 | + |
| 46 | 2 14 | + | 1 26 | + | 1 21 | + | | | | | | |
| 48 | 2 10 | + | 1 27 | + | 1 14 | + | | | | | | |
| 50 | 5 24 | + | 1 10 | + | 1 45 | + | 2 0 | + | 4 11 | + | 5 24 | + |
| 52 | 1 23 | + | 1 18 | + | 1 17 | + | | | | | | |
| 54 | 1 39 | + | 1 38 | + | 1 26 | + | | | | | | |
| 55 | | | | | | | 4 0 | + | | | 7 50 | + |
| 56 | 2 23 | + | 1 27 | + | 1 14 | + | | | | | | |
| 58 | 1 6 | + | 1 32 | + | 1 21 | + | | | | | | |
| 60 | 2 8 | + | 1 30 | + | 1 20 | + | 3 23 | + | 2 31 | + | 1 39 | + |
| 62 | | | 2 10 | + | 1 58 | + | | | | | | |
| 64 | | | 2 17 | + | 2 0 | + | | | | | | |
| 65 | | | | | | | 1 25 | + | | | 1 18 | + |
| 66 | | | 1 12 | + | 1 35 | + | | | | | | |
| 68 | | | 1 34 | + | | | | | | | | |
| 70 | | | 2 32 | + | 2 8 | + | 1 12 | + | 2 33 | + | 1 7 | + |
| 72 | | | 2 18 | + | | | | | | | | |
| 74 | | | 1 6 | + | | | | | | | | |
| 75 | | | | | 7 0 | + | 1 11 | + | | | | |
| 76 | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | 1 23 | + | | | 1 12 | + |
| 90 | | | | | | | 1 12 | + | | | | |

T a f e l I V .

| Ladung. | Silberdraht, Durchmesser 0,07742 Millimeter. | | | | | | Neusilberdraht, Durchm. 0,4575 Mm. | | | |
|---------|--|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| | 3,77 Meter. | | 7,08 Meter. | | 56,49 Meter. | | 7,01 Meter. | | 15,36 Meter. | |
| | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Länge
d. Pol. | Zeit zu 30
Schwing. | Lage
d. Pol. |
| 2 | | | | | 1' 13" | + | 0' 55" | + | 0' 40" | + |
| 3 | 0' 39" | + | | | | | | | | |
| 4 | | | | | 0 45 | + | 0 51 | + | | |
| 5 | | | 0 34 | + | | | | | 0 41 | + |
| 6 | 0 40 | + | | | 0 31 | + | 0 35 | + | | |
| 8 | | | | | 0 30 | + | 0 33 | + | | |
| 9 | 0 34 ,5 | + | | | | | | | | |
| 10 | | | 0 34 | + | 0 28 ,6 | + | 0 38 | + | 0 40 | + |
| 12 | 0 32 | + | | | 0 25 ,7 | + | 0 41 | + | | |
| 15 | | | 0 39 | + | 0 25 | + | 0 58 | + | 0 43 ,4 | + |
| 16 | 0 34 ,5 | + | | | 0 24 | + | | | | |
| 17 | | | | | 0 24 | | 0 57 | + | | |
| 20 | 0 32 | + | 0 42 | + | 0 24 ,5 | + | 1 12 | + | 0 47 | + |
| 22 | | | | | | | 0 55 | + | | |
| 25 | 1 7 | + | 0 48 | + | 0 23 ,5 | + | 0 57 | + | 0 38 | + |
| 27 | | | | | | | 0 56 | + | | |
| 30 | 0 47 | + | 0 47 | + | 0 23 ,5 | + | 1 3 | + | 0 48 | + |
| 35 | 1 4 | + | 0 57 | + | 0 23 ,5 | + | 2 10 | + | 1 9 | + |
| 40 | 1 24 | + | 1 7 | + | 0 23 ,5 | + | 1 47 | — | 2 10 | — |
| 45 | 1 6 | + | 1 11 | + | | | 3 47 | — | 2 1 | — |
| 50 | 1 5 | + | 1 35 | + | 0 24 | + | 1 28 | — | 1 15 | — |
| 55 | 1 18 | + | 1 19 | + | | | 1 29 | — | 1 3 | — |
| 60 | 1 6 | + | 2 21 | + | 0 24 | + | 1 6 | — | 0 55 | — |
| 65 | 1 2 | + | 1 59 | — | | | 1 37 | — | 0 51 ,5 | — |
| 70 | 2 2 | + | 2 27 | + | 0 23 ,5 | + | 4 44 | — | 0 55 | — |
| 75 | 3 17 | — | 3 5 | — | | | | | | |
| 80 | 1 29 | — | 2 3 | — | 0 23 | + | 2 16 | + | 0 44 ,5 | — |
| 85 | | | 1 37 | + | | | | | | |
| 90 | 0 36 | — | 0 56 | + | 0 24 | + | 1 1 | + | 0 51 ,5 | — |
| 100 | 0 44 | — | 0 37 | + | | | | | | |

T a f e l V.

Eisendraht, eingeschaltet.

| La-
dung. | Durchmesser 0,26248 Millimeter. | | | | | | | | Durchmesser 0,6437 Millimeter. | | | | | | | | | | | | | | Durchm. 1,2723 Millim. | | | |
|--------------|---------------------------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------------------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|------------------------|-----|------------|-----|
| | 3,8 Meter. | | 6,02 Meter. | | 9,04 Meter. | | 12,05 Meter. | | 4,18 Meter. | | 9,83 Meter. | | 24,10 Meter. | | 36,17 Meter. | | 48,20 Meter. | | 68,54 Meter. | | 78,32 Meter. | | 131,8 Meter. | | 214 Meter. | |
| | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. | Zeit. | Lg. |
| 2 | 0' 54" | + | 0' 43" | + | | | | | | | 0' 41" | + | | | | | | | | | | | 0' 46" | + | 1 18 | + |
| 4 | 0 57 | + | | | | | | | | | 0 53 | + | 0' 35" | + | | | | | | | | | 0 32 | + | 0 38 | + |
| 5 | | | 0 35 | + | 0' 31" | + | 0' 29" | + | | | | | 0' 32" | + | 0' 34' | + | 0' 31" | + | | | | | | | | |
| 6 | 0 42 | + | | | | | | | 0' 47" | + | 0 53 | + | 0 45 | + | | | | | | | | | 0 30 | + | 0 32 | + |
| 8 | 0 38 | + | 1 11 | + | 0 35 | + | | | 0 55 | + | 0 39 | + | 0 49 | + | | | | | | | | | 0 32 | + | 0 28 | + |
| 10 | 0 34 | + | 0 52 | + | 0 40 | + | 0 34 | + | 0 53 | + | 0 37 | + | 1 36 | + | 1 1 | + | 0 43 | + | 0 33 | + | 0' 30" | + | 0 33 | + | 0 28 | + |
| 11 | | | | | | | | | 0 47 | + | 0 38 | + | 1 28 | + | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0 38 | + | 0 56 | + | | | | | 0 54 | + | 0 43 | + | 1 29 | + | 1 53 | + | | | | | | | 0 37 | + | 0 30 | + |
| 13 | | | 1 37 | + | 0 47 | + | | | 0 43 | + | 0 43 | + | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 0 43 | + | 1 7 | + | | | | | 0 43 | + | 0 57 | + | 1 23 | + | 3 19 | - | | | | | | | | | 0 40 | + |
| 15 | | | 1 1 | + | 0 58 | + | 0 47 | + | 0 49 | + | 1 43 | + | | | | | 1 33 | + | 0 55 | + | 0 41 | + | 0 55 | + | 0 38 | + |
| 16 | 0 58 | + | 1 15 | + | | | | | 0 58 | + | 1 47 | + | 1 35 | + | 1 9 | - | | | | | | | | | | |
| 17 | | | 0 58 | + | | | | | 1 28 | + | 1 31 | - | | | | | | | 1 50 | + | 1 4 | + | | | | |
| 18 | 1 13 | + | 1 6 | + | | | | | 1 27 | - | 1 12 | - | 1 12 | + | 1 30 | - | | | 2 21 | - | 1 44 | - | 3 10 | - | 0 45 | + |
| 19 | | | 0 58 | + | | | | | 2 21 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 1 52 | + | 0 48 | + | 1 9 | + | 1 36 | + | 1 45 | - | 1 25 | - | 0 55 | + | 0 54 | - | 1 5 | - | 1 48 | - | 1 38 | - | | | 1 15 | + |
| 21 | | | | | | | | | 1 19 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 2 23 | - | 0 47 | + | 1 30 | + | | | 1 43 | - | 2 23 | - | 1 14 | + | | | | | | | | | 1 32 | - | 1 23 | + |
| 23 | | | | | | | | | 2 17 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 2 24 | + | 0 50 | + | | | | | 2 17 | - | 2 10 | + | 0 59 | + | 1 5 | - | | | | | | | 0 56 | - | 0 57 | - |
| 25 | | | | | 1 59 | + | 2 8 | - | 3 40 | - | | | | | | | 1 34 | - | | | 0 47 | - | | | | |
| 26 | 2 16 | + | 0 47 | + | | | | | 1 5 | + | | | 1 10 | + | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | 8 0 | - | | | 1 9 | + | 0 54 | + | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 3 19 | - | 0 51 | + | | | | | 1 12 | + | | | 1 22 | + | 2 22 | - | | | | | | | 0 36 | - | 0 46 | - |
| 29 | | | | | | | | | 1 10 | + | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 4 21 | - | 0 46 | + | 1 7 | + | 1 6 | - | 1 18 | + | 1 17 | + | 1 34 | + | | | 2 13 | - | 0 34 | - | 0 34 | - | | | | |
| 32 | 3 3 | + | 0 50 | + | | | | | 1 55 | + | | | 1 58 | + | 2 54 | - | | | | | | | 0 38 | - | 0 37 | - |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 1 35 | + | 0 48 | + | | | | | 5 2 | + | | | 1 51 | + | | | 3 24 | + | | | | | | | | |
| 36 | 1 20 | + | 0 47 | + | 1 14 | + | 1 5 | - | 1 54 | - | 1 44 | + | 1 57 | - | 1 38 | + | | | | | 0 34 | - | 0 32 | - | 0 35 | - |
| 38 | 1 53 | + | 1 4 | + | | | | | 1 23 | - | | | 1 35 | - | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 0 49 | + | 1 5 | + | 1 11 | + | 1 4 | - | | | 3 2 | + | 1 2 | - | 1 18 | + | 1 14 | + | 0 49 | - | 0 39 | - | 0 32 | - | 0 32 | - |
| 42 | | | 1 13 | + | | | | | 1 19 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | 1 23 | + | | | | | 2 19 | + | | | 1 1 | - | 0 59 | + | | | | | | | | | | |
| 45 | 1 4 | + | | | 1 35 | + | 1 5 | - | | | 1 46 | - | | | | | 1 2 | + | | | 0 43 | - | 0 36 | - | 0 31 | - |
| 46 | | | 1 13 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | 1 44 | + | | | | | | | | | 1 1 | - | 1 2 | + | | | | | | | | | | |
| 50 | 1 20 | + | 2 0 | - | 1 4 | + | 1 46 | - | | | 1 31 | - | | | 1 5 | + | 1 5 | + | 1 21 | - | 0 46 | - | 0 33 | - | 0 29 | - |
| 52 | | | | | | | | | | | | | 1 7 | - | 1 5 | + | | | | | | | | | | |
| 55 | 0 50 | + | 1 23 | - | 1 18 | + | 1 13 | - | | | 1 17 | - | | | 1 4 | + | 3 21 | - | 1 6 | - | | | 0 40 | - | 0 33 | - |
| 56 | | | | | | | | | | | | | 1 25 | - | 1 6 | + | | | | | | | | | | |
| 60 | 1 52 | + | 1 5 | - | 1 5 | | 1 18 | - | | | 1 54 | - | 2 42 | - | | | 2 10 | + | 1 41 | + | 3 23 | - | 0 51 | - | 0 35 | - |
| 64 | | | | | | | | | | | | | 1 36 | + | 1 39 | + | | | | | | | | | | |
| 65 | 6 18 | + | 0 55 | - | 1 10 | + | 1 53 | - | | | | | | | | | 2 24 | + | | | 1 23 | + | 1 13 | - | 0 35 | - |
| 68 | | | | | | | | | | | | | 1 6 | + | 1 29 | + | | | | | | | | | | |
| 70 | 1 3 | + | 0 57 | - | 1 9 | + | 1 57 | - | | | 1 14 | + | | | | | 3 8 | + | 0 41 | + | 0 51 | + | 1 24 | + | 0 35 | - |
| 72 | | | | | | | | | | | | | 1 9 | + | 1 45 | - | | | | | | | | | | |
| 75 | 1 52 | + | | | | | 2 8 | - | | | | | | | | | 2 1 | - | | | | | | | 0 41 | - |
| 80 | 2 33 | + | 0 54 | - | 1 14 | + | 3 0 | - | | | | | 1 14 | + | 1 51 | - | 1 30 | - | 0 39 | + | 0 38 | + | 0 45 | + | 1 2 | - |
| 85 | | | | | | | 2 22 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 2 48 | + | 0 50 | - | 1 18 | + | 2 16 | - | | | | | 0 57 | + | 1 20 | - | 1 1 | - | 0 37 | + | 0 32 | + | 0 37 | + | 1 29 | + |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 41 | + | | | | | 0 53 | + |

Flasche, und dann erst von mehreren Flaschen zusammen dargeboten wird.

VI. Veränderungen der normalen und anomalen Perioden durch eingeschaltete Drahtwiderstände.

Da in meiner ersten Abhandlung über die Magnetisirung der Stahladeln die eingeschalteten Drähte zu Spiralen gewunden und die Versuche nur in solchen Intervallen angestellt wurden, als zur Bestimmung des Anfangs und Endes der anomalen Periode nöthig waren, so mußten nach der Auffindung des Einflusses der Drahtwindungen auf einander neue Versuche mit geradlinig ausgespannten Drähten angestellt, und, um die dabei in der Magnetisirung der Nadeln erzeugten Veränderungen genau verfolgen zu können, die Intervalle zwischen den verschiedenen Ladungen und Einschaltungen nur gering genommen werden. Es folgen hier zunächst die deshalb gemachten Versuchsreihen (siehe Tab. No. 1 bis No. 4).

Die vorhergehende Tabelle enthält eine Reihe von Versuchen, die besonders in Beziehung auf Kupfer, Messing und Eisen eine große Ausdehnung besitzen. Ich habe bei diesen genannten Metallen nicht nur die Länge des eingeschalteten Drahts, sondern auch seine Dicke abgeändert, um die Erscheinungen nach beiden Seiten verfolgen zu können; ich werde dieselben Versuche auch später mit den übrigen Metallen, so weit es sich thun läßt, auf ähnliche Weise anstellen. Um die in den beigefügten Tabellen enthaltenen Resultate leichter übersehen zu können, habe ich die das Kupfer, Messing und Eisen betreffenden auf der beigefügten Taf. IV durch Curven oder vielmehr durch gerade Linien dargestellt. Es sind natürlich nicht die vorstehenden Zahlen, sondern die aus ihnen berechneten Intensitäten des Magnetismus der Nadeln als positive oder negative Ordinaten aufgetragen, je nachdem die Nadel normal oder anomal magnetisirt war. Ich hätte in der vorhergehenden Tabelle gleich diese Intensitäten eintragen können, zog jedoch die unmittelbar gemessene Zeit vor, um vor

Irrthümern bei der Mittheilung um so sicherer zu seyn. Als Abscissenaxe, auf welcher die Ladungen gezählt werden, und zugleich als Linie ohne magnetische Intensität, gilt für jede Curve die durch ihre Anfangspunkte gehende gerade horizontale Linie. Auf dieser sind anfangs die Ladungen stets nur um eine Einheit gesteigert bis zu 54 oder 56, wo dann, um die Kupfertafel nicht zu sehr zu vergrößern, die Ladungen gleich um 2,5 oder auch 10 Einheiten zunehmen, wie sich sogleich aus den in der obersten Zeile stehenden Zahlen, welche die Ladungen anzeigen, ergibt; innerhalb dieses letzten Theiles von 54 oder 56 bis 100 habe ich die Curven deshalb auch nicht ausgezogen, sondern nur punktirt, um gleich darauf aufmerksam zu machen, daß hier nothwendig wegen der Verkürzung der Abscissen ein stärkeres Steigen und Fallen eintreten muß. Sind nun zwar diese Theile der Zeichnung nicht mit den horizontal neben ihnen stehenden zu vergleichen, so sind sie doch mit den vertical unter oder über ihnen stehenden recht wohl vergleichbar, weil alle diese dieselbe Verkürzung der Abscissen erlitten haben. Auf diese letzte Vergleichung kommt es aber vorzugsweise an.

Gleich zu Anfang der Linien bei Ladungen von 0 bis 10 finden sich beim Eisendraht zwei Mal punktirte Stellen; hier hatte ich keine Beobachtungen gemacht, und die Curven sind deshalb nach ihrem mir wahrscheinlichen Laufe punktirt angegeben worden. Ferner war es nicht gut möglich, das Ineinandergreifen der Curven in der Zeichnung zu vermeiden, wenn ich nicht die Zwischenräume zwischen den einzelnen Curven sehr groß machen wollte. Um nun gleich für das Auge bemerkbar zu machen, wo eine Curve sich über eine andere erhebt, und um beim Durchschnittspunkte derselben den Fortgang der einzelnen nicht zweifelhaft zu lassen, ist jedesmal die über die vorhergehende sich erhebende Curve mit kleinen Strichen angegeben, so lange sie über der vorhergehenden bleibt.

Es wäre in den meisten Fällen leicht gewesen, statt der gebrochenen Linien wirkliche Curven zu zeichnen, und für

das Auge wäre auch diese Darstellung gefälliger gewesen; ich wollte aber durchaus nichts Willkürliches hineintragen, und habe deshalb jeden beobachteten Werth durch einen Punkt angegeben, so daß die Linien eigentlich nur zur Verbindung der zusammengehörigen Punkte dienen. Die Zeichnung stellt also ein völlig treues Abbild der Versuche dar.

Versuche bei Einschaltung des Kupferdrahts von 0,23363 Mm. Durchmesser (vergl. Taf. IV, Curve I bis X). Da in den mit diesem Drahte angestellten Versuchen die Drahtlängen, anfangs namentlich, um geringe Quantitäten vermehrt sind, so wird die nähere Betrachtung derselben uns am besten Aufschluß über die Veränderungen geben, welche die normalen und anomalen Perioden erleiden. Vergleicht man den Gang der ersten und zweiten Curve (I und II), so ist noch kein auffallender Unterschied vorhanden; daß die anomale Periode auf 23 sich in der zweiten Reihe zeigt, ist nichts Auffallendes, da sie, wie schon bemerkt, in der ersten übersprungen wurde. Auch wenn die auf- und niedersteigenden Spitzen in der einen Curve an einzelnen Stellen größer sind, als in der andern, so ist daraus noch nicht auf eine Ungleichheit zu schließen, indem es nicht möglich ist, bei einer so großen Anzahl von Versuchen jedesmal genau dieselbe Stärke der Ladung und dieselbe Art der Entladung zu erzeugen. Ein geringer Unterschied hierin muß sehr bedeutende Differenzen in der Stärke des Magnetismus der Nadel hervorbringen, da die Maxima der aufeinanderfolgenden entgegengesetzten Perioden nur ein wenig weiter als eine Einheit der Maafsflasche von einander entfernt liegen. Selbst die Maschine konnte nicht einmal so pünktlich angehalten werden, da sie bei jeder Umdrehung der Kurbel, welche mittelst eines Rades und endlosen Riemens den Cylinder umdrehte, zwei, ja bei gutem Zustande des Wetters und Reibzeuges mehr als drei Funken an der Maafsflasche erzeugte.

Ebenso ist in der dritten Curve (III) nur wenig Unterschied zu bemerken, der schon deutlicher in der vierten (IV) sich zeigt, wo einige Perioden sich auf Kosten der

andern zu erweitern scheinen. Ein Verschieben der Wechsel ist, wenn es hier schon wirklich stattfindet, nur in sehr geringem Grade vorhanden, wie es z. B. ein Blick auf die negative Spitze bei 18 oder 19 (in der vierten Curve) nachweist. Die fünfte (V) Curve (bei 3,01 Meter Einschaltung) zeigt dagegen uns schon stark, wie die anomalen Perioden vor 18 sich allmählig verlieren, die anomale Periode auf 18 selbst aber sich ausdehnt, um dann in der sechsten Curve (VI) auch mit der folgenden anomalen Periode bei 23 zu einer größeren Ausdehnung zu verschmelzen. Da aber die Einwirkung des Drahtwiderstandes die erste normale Periode immer mehr auszudehnen strebt, wie denn bei sehr großen Widerständen (vergl. in den Tabellen die Einschaltung von 56,49 Meter eines sehr dünnen Silberdrahts) auch die Nadeln nur stark normal magnetisirt werden, so muß natürlich der Anfang dieser anomalen Perioden immer weiter auf höhere Ladungen zurückgeschoben werden. Indem nun ein Theil der Perioden nach und nach verschwindet, so entsteht eine Curve, die bei 48,20 Meter Einschaltung aus einem großen positiven, negativen und dann wieder positiven Zweige besteht. Bei 96,40 Meter ist auch diese letzte positive Periode verschwunden, aber zugleich die sehr breite negative Periode (von 30 bis 100) schon so geschwächt, daß sie die Nähnadeln fast nur an der dünneren Spitze polarisch macht, das Ohr aber ohne Polarität läßt. Bei noch größeren Einschaltungen hebt sich dann auch diese negative Periode ganz fort, wie es der oben ebenfalls angeführte Versuch mit 237 Meter Draht (freilich mit Anwendung einer anderen Spirale) zeigt.

Versuche mit dickem Kupferdrahte (Taf. IV, Curve XI bis XIV). Als 26 Meter eines sehr dicken viereckigen Kupferdrahts von 30,76 Quadratmillimeter Querschnitts in den Schließungsbogen eingeschaltet wurden, so zeigte sich (XI. Curve) in der Lage der Perioden keine Veränderung, nur waren dieselben im Allgemeinen schwächer geworden. — Als zu diesen 26 Meter noch 113 Meter eines runden, 1,2966 Mm. im Durchmesser haltenden Kupferdrahts eingeschaltet wurden, so verschwanden (XII. Curve) beinahe

alle Umkehrungen, und die Nadeln zeigten sich nur schwach magnetisch. — Dasselbe fand auch statt bei der Hinzufügung eines fast eben so langen (94 Meter), aus acht noch stärkeren Drähten zusammengewundenen Kupferseiles, das zu einem Blitzableiter bestimmt war (XIII. Curve), und mir vom Hrn. Prof. Schweigger zu diesem Versuch geliehen wurde, durch dessen Güte ich auch mehrere andere zu diesen Experimenten nöthige Vorrichtungen und Materialien erhielt. — Schon weiter oben habe ich erwähnt, dafs bei Anwendung eines spiralförmig gewundenen Drahts von 94 Meter (1,2966 Mm. Durchmesser) die Nadeln noch viel schwächer magnetisch geworden waren (XIV. Curve).

Versuche mit dem Messingdraht von 0,24633 Mm. Durchmesser (Taf. IV, Curve XV bis XVIII). Einen ähnlichen Gang, wie bei der Einschaltung des dünnen Kupferdrahts, zeigen die Versuche bei der Einschaltung des eben genannten Messingdrahts. Die beiden negativen Perioden auf 14 und 19 bei 0,75 Meter Einschaltung verringern sich bei 3,01 Meter Einschaltung, und nehmen zur Vergrößerung bei 6,02 und 12,05 Meter auch noch andere in sich auf; natürlich müssen die zwischenliegenden normalen Perioden verschwinden. Dabei rückt aber ebenfalls, wie vorhin, der Anfang dieser breiten negativen Periode immer mehr zurück auf stärkere Ladungen.

Versuche mit dem Messingdrahte von 0,6551 Mm. Durchmesser (Taf. IV, Curve XIX und XX). Obwohl die Erscheinungen bei der Einschaltung des dünnen Messingdrahts den bei der Einschaltung des entsprechenden Kupferdrahts erhaltenen glichen, so schien es mir doch wünschenswerth, auch Versuche mit einem dickeren Messingdraht anzustellen; ich wählte denselben aber absichtlich nicht so stark als den letzten Kupferdraht, um auch Messungen für einen Draht von mittlerem Durchmesser zu erhalten. Wie vor auszusehen, blieb die Erscheinung dieselbe, wie bei dem dünneren Messingdrahte, nur war die Magnetisirung etwas geschwächt, wie es ebenfalls nach den beim Kupfer erhaltenen Resultaten vermuthet werden konnte.

Ich benutze zugleich diese Versuchsreihe mit dem 131,45

Meter langen Messingdrahte (XX), um eine Antwort zu geben auf die Frage: Ist es gleichgültig, wo sich die Magnetisirungsspirale und wo sich der eingeschaltete Draht befindet? Die auf der Taf. IV durch Linien verbundenen Punkte (die Curve) stellt nämlich die Intensitäten der Nadel dar, welche erhalten wurden, als zwischen der Magnetisirungsspirale und der inneren Batteriebelegung sich der 131,45 Meter lange Messingdraht befand, während die daneben gezeichneten Kreuze die Werthe für den Fall angeben, wo die magnetisirende Spirale zunächst der inneren Batteriefläche und der 131,45 Meter lange Draht zwischen der Spirale und der Außenfläche der Batterie angebracht war. Es versteht sich wohl auch ohne eine Erinnerung von meiner Seite, dafs bei sämmtlichen Versuchen die gespannten Drähte stets durch Glasröhren isolirt waren, wodurch freilich bei sehr langen Drahtleitungen außerordentlich grofse Unbequemlichkeiten entstanden.

Ich wählte zur Darlegung des Satzes, dafs es *gleichgültig sey, an welcher Stelle des Schließungsbogens sich die Magnetisirungsspirale befindet*, absichtlich vorliegende Versuchsreihe, weil in ihr eine verschiedene Einwirkung je nach der verschiedenen Stellung der Spirale sich sehr stark gezeigt haben würde. Es bringen nämlich Abänderungen im Schließungsbogen und in der Nadel einen um so gröfseren Unterschied hervor, je mehr die Ladung sich denjenigen nähert, bei welchen die normalen Perioden in die anomalen übergehen, und nur schwache Magnetisirungen stattfinden. In der ganzen Reihe der auf die beiden vorher angegebenen Weisen angestellten Versuche sind die Werthe so gut wie völlig übereinstimmend, mit Ausnahme der Magnetisirungen durch die Ladung 18 und 21, also in der Nähe des Uebergangs der entgegengesetzten Perioden in einander, wo als gröfster Unterschied $1\frac{1}{2}$ der willkürlich angenommenen Einheit sich findet. Es ist dieser Unterschied ungefähr der zwölfte Theil der magnetischen Kraft, welche die Nadel überhaupt annehmen kann, und sicher noch nicht der vierzigste Theil des Magnetismus, der bei

jedem dieser Versuche auf die Nadel gewirkt hat. Die Veränderlichkeit in der Intensität des Magnetismus durch geringfügige Einflüsse ist an diesen Stellen durch das Ineinandergreifen der Perioden leicht zu erklären, und man hat nicht nöthig zu einer ungleichen Härtung der Stahlnadeln seine Zuflucht zu nehmen, die freilich in manchen Fällen mehr oder weniger vorhanden seyn kann: Ich glaube deshalb aus den beiden erwähnten Versuchsreihen den Schluß ziehen zu können, der sich auch in anderen Fällen mir schon früher bewährt gezeigt hatte, dafs es gleichgültig ist, an welcher Stelle des Schließungsbogens die Magnetisirungsspirale eingeschaltet wird. Da die Art und Weise der Entladung durch den ganzen Schließungsbogen bedingt wird, so konnte diefs Resultat erwartet werden.

Versuche mit den Eisendrähten (Taf. IV, Curve XXI bis XXXIII). Bei den Versuchen mit diesen Eisendrähten schienen die verschiedenen anomalen Perioden nicht so zu verschmelzen, wie vorhin, sondern vielmehr sich vorwärts zu verschieben, und durch das Zusammentreffen mit der ersten normalen Periode ihren Untergang zu finden. So rückt die Ausbeugung der Curve nach unten bei der Ladung 8 (Einschaltung 4,18 Meter) auf die Ladung 5 (bei Einschaltung von 9,83 Meter) und verschwindet dann; die anomale Periode von 18 bis 25 bei der Einschaltung 4,18 Meter ändert sich auf 17 bis 22 bei der Einschaltung 9,83 Meter, erscheint bei der Einschaltung von 24,10 Meter noch als schwache normale Periode bei der Ladung 10 bis 20, und ist bei der Einschaltung von 36,17 Meter gänzlich verschwunden, während eine spätere anomale Periode von 36 bis 40 (bei 4,18 Meter Einschaltung) sich allmähig bis auf 17 vordrängt, und dabei zugleich an Stärke gewinnt.

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt sich bei dem dünnen Eisendraht von 0,26248 Mm. Durchmesser; auch hier rücken die Wechsel auf ähnliche Weise noch vor, und verschwinden daselbst, wie dieses aus dem Laufe der drei ersten Curven hervorgeht, während dann in der vierten sich die vorhandenen Perioden der dritten nur ausdehnen. Auf-

fallend ist der ganz ähnliche Gang der Curve bei der Einschaltung von 3,01 Meter des dünnsten Drahts (von 0,26248 Mm. Durchmesser, und von 24,10 Meter des mittleren (von 0,6437 Mm. Durchmesser), da in beiden Versuchsreihen die Einschaltungen beinahe gleich sind, weil sich die Leitungswiderstände beider Drähte wie 1 : 6 zu einander verhalten. Es scheint also dieses Verschieben und Verschwinden der anomalen Perioden bis auf einige Modificationen von der GröÙe des Widerstands im Eisendraht abzuhängen; indem die vorhin genannten Curven offenbar eine Versuchsreihe anzeigen, bei welcher ein Theil der normalen und anomalen Perioden im Verschwinden begriffen ist.

Als ein sehr dicker Eisendraht von 1,2723 Mm. Durchmesser selbst in sehr bedeutender Länge angewendet wurde, zeigte sich die anomale Periode noch bei weitem stärker ausgebildet, so daß ich annehmen muß, es werde bei einer Einschaltung eines Eisendrahts die normale und anomale Periode um so kräftiger auftreten, je dicker die angewandten Eisendrähte sind.

VII. Der besondere, von der Leitungsfähigkeit gänzlich verschiedene Einfluß einzelner Metalle, nebst einigen vorläufigen Bemerkungen über die bis jetzt betrachtete als Interferenzphänomen sich darstellende Erscheinung.

Vergleicht man die mit den verschiedenen Metallen angestellten, in dem vorigen Abschnitte mitgetheilten Versuche, so ergibt sich ein merkwürdiger Unterschied zwischen den durch die Einschaltung des Kupfer- und Messingdrahts, und den durch die Einschaltung des Eisendrahts erhaltenen Resultaten. Während bei der Einschaltung eines dünnen Kupfer- und Messingdrahts die anomalen Perioden mit der Länge des angewandten Drahts sich zwar ausdehnen, aber keine bedeutende magnetische Intensität in der Nadel zu erzeugen vermögen, so entstehen bei der Einschaltung des Eisendrahts anomale Perioden von sehr bedeutender Stärke, die oft der ersten besonders kräftigen anomalen Periode

nicht nachstehen. Noch stärker tritt der Unterschied zwischen den genannten Metallen hervor, wenn man die Einwirkungen dicker Drähte mit einander vergleicht. Während ein dicker Kupferdraht die Magnetisirungen der verschiedenen Perioden außerordentlich schwächt, so verstärkt sie gerade ein dicker Eisendraht, und es scheint diese Verstärkung mit der Dicke des Drahts zu wachsen. Auch ein anderer schon vorhin erwähnter Umstand läßt auf eine ungleiche Einwirkung dieser Metalle schließen, nämlich die Art und Weise, wie die bei geringer Einschaltung noch vorhandenen zahlreichen anomalen Perioden durch eine vermehrte Einschaltung nach und nach verschwinden; beim Kupferdraht verschwinden dieselben durch Zusammenschmelzung mit den zunächst liegenden, ohne ihre Stelle eher zu verlassen, als bis die sich vergrößernde erste normale Periode die Anfänge der folgenden Perioden etwas zurückschiebt. Dem Kupfer schließt sich in seinen Wirkungen das Messing an, nur sind die Erscheinungen in sofern modificirt, als die Leitungsfähigkeit des Messings der Leitungsfähigkeit des Kupfers nachsteht. Bei dem Eisen verliert sich dagegen ein Theil der anomalen Perioden, indem dieselben in den gezeichneten Curven nach vorn rücken, und durch die daselbst vorhandene normale Periode aufgehoben werden.

Das Eisen leitet freilich die Elektrizität noch schlechter als das Messing; daß aber diese Differenz in der Leitungsfähigkeit nicht dasjenige ist, was jenen vorhin erwähnten Unterschied zwischen dem Kupfer (und Messing) und Eisen hervorbringt, zeigt sich sogleich, wenn man die Leitungsfähigkeiten der einzelnen Drähte unter einander vergleicht. Sind auch die einzelnen Versuche nicht mit Längen der verschiedenen Metalldrähte, welche gerade dieselben Widerstände darbieten, angestellt, so liegen doch stets die mit einem Metalle angestellten Versuche zwischen zwei das andere Metall betreffenden Versuchsreihen. Gern hätte ich die Drähte der verschiedenen Metalle auch von solchem Querschnitt angewandt, daß dieselben bei gleichen

Längen genau gleichen Widerstand gewährten; da es sich jedoch nicht durchführen liefs, so habe ich mehrere Versuchsreihen mit wachsendem Durchmesser der Drähte angestellt. Dafs die starke anomale Periode bei der Einschaltung des Eisendrahts nicht von der geringen Leitungsfähigkeit desselben herrührt, sieht man auch sogleich aus den mit dem Neusilber ausgeführten Versuchen, denn obwohl dieses Metall nur etwa halb so gut leitet, als das Eisen, so scheint doch gerade bei diesem Metalle die anomale Periode erst sehr spät einzutreten, während das Eisen sie schon möglichst früh erzeugt. Ob das Silber sich hierin dem Neusilber anschliesse, wie die angeführten Versuche vermuthen lassen, mag ich jetzt nicht bestimmen, da zu einer sicheren Entscheidung noch Versuche mit dickeren Drähten nothwendig sind; es wäre nämlich nicht unmöglich, dafs die so auferordentlich geringe Dicke des Silberdrahts eine solche Aenderung in den Magnetisirungen veranlafst hätte. Sobald Ladungen von ungefähr 35 an durch den Silberdraht selbst von 7,08 Meter Länge geleitet wurden, dehnte derselbe sich merklich aus, wie man deutlich an der Senkung des leicht ausgespannten Drahts sah; wenn zuletzt sehr bedeutende Elektrizitätsmengen durch denselben entladen wurden, so war er in Folge dessen ziemlich regelmäfsig mit winkligen Ausbiegungen versehen. Nicht ohne Interesse werden die Versuche mit dem Platin seyn, da es in manchen seiner Eigenschaften, wie z. B. in den Elasticitätsverhältnissen, und dem Verhalten bei dem Eintritt und der Unterbrechung elektrischer Ströme, ja selbst in der Leitungsfähigkeit dem Eisen sehr nahe steht. Leider ist es nicht möglich so grofse Massen Platindraht anzuwenden, als bei den bisherigen Versuchen erfordert wurden. Dasselbe gilt auch von mehreren anderen Metallen, bei denen entweder der hohe Preis oder die Unmöglichkeit, hinlänglich lange Drähte darzustellen, die genaue Untersuchung verhindert. Ich beabsichtige deshalb mit diesen Metallen Versuche nach der zuerst von Savary angewandten Methode anzustellen, indem ich die Entladung der Batterie mittelst

eines nur einige Meter langen Drahts vor einer Reihe in verschiedenen Entfernungen aufgestellten Nadeln vorbeigehen lasse. Um aber durch dieses Verfahren hinlänglich brauchbare Resultate zu erlangen, muß ich erst die Oberfläche der Batterie noch vergrößern (vergl. den V. Abschnitt).

Soll ich schließlicb nach dem Vorhergehenden noch meine Ansicht aussprechen über die Ursachen, welche im Eisen diese eigenthümliche Wirkung hervorruft, so scheint dieselbe in der magnetischen Natur des Eisens gesucht werden zu müssen. Indem nämlich der Entladungsfunke der Batterie durch die kleinsten Theilchen des Eisendrahts hingeht, erregt er zur Seite in den einzelnen Theilchen Magnetismus, oder die ihn, nach Ampère, ersetzenden kleinen geschlossenen Ströme, und der zurückwirkende Einfluß dieser auf den Funken erzeugt die früher erwähnte Erscheinung. Es wird sich die Richtigkeit des Ebengesagten auch durch das Experiment nachweisen lassen; es ist nur nöthig, neben dem Kupferdraht (durch welchen ein Batteriefunke schlägt) und senkrecht auf demselben ein etwas breites Eisenblech oder eine Eisenröhre anzubringen, und den zurückwirkenden Einfluß derselben auf den Entladungsfunken zu bestimmen. Noch einfacher ist es vielleicht, in eine Spirale einen Eisenkern einzuführen, um zu sehen, ob hiedurch die anomalen Perioden verstärkt werden. Ich werde nicht unterlassen die eben erwähnten Versuche anzustellen und später mitzuthcilen.

Ueberhaupt habe ich in vorliegender Abhandlung alles Theoretische fast gänzlich vermieden, und ich behalte mir die weitere Bearbeitung der mitgetheilten Versuche für eine folgende Abhandlung vor. Nur so viel sey hier noch bemerkt, daß das ganze in dieser Abhandlung besprochene Phänomen ein Interferenzphänomen zwischen den aufeinanderfolgenden Partialfunken des Entladungsschlages oder zwischen den gewissermaßen wellenförmigen Bewegungen derselben ist. In dem Drahte besteht die Fortleitung des elektrischen Funkens nur in einer Aenderung des Molecular-

zustands, die nach dem Aufhören des Funkens ebenfalls wieder aufhört. Der Eintritt und das Aufhören dieser Veränderungen erzeugt nun eine den Wellen vergleichbare Erscheinung, und durch das Zusammentreffen des Endes eines Funkens mit dem Anfange eines folgenden entsteht eben so gut eine Interferenz, als durch das Zusammentreffen des Berges und Thales der Wasserwellen. Es könnten nun unter den verschiedenen Einwirkungen von Innen und Aussen theils die Längen dieser Wellen, also die Längen der Funken, oder vielmehr die Zeiten zwischen dem Anfange und dem Ende dieser Molecularveränderungen im Drahte sich vergrößern oder verkleinern (Entstehung verschiedener Farben der Elektricität), oder es könnten durch die eingeschalteten Drähte aus vorhandenen gemischten Wellen (wenn ich dieses Ausdrucks mich bedienen darf) der Perioden einige vernichtet werden, wenn sie sich mit dem Gefüge des Drahts durchaus nicht vereinigen lassen, während andere ungehindert in dem Drahte entstehen und vergehen (farbige Absorption), oder es könnten die Geschwindigkeiten in der Aufeinanderfolge und der Fortleitung sich ändern. Die Ausführung dieser Untersuchung würde aber die vorliegende Abhandlung zu sehr vergrößern, und soll deshalb für eine besondere Abhandlung aufgespart werden.

Nur so viel sey, um diese rein experimentellen Mittheilungen auch mit einem Versuche zu schliessen, noch anmerkt, daß es sich leicht durch das Experiment nachweisen läßt, wie wirklich unter entsprechenden Umständen durch eine einzige Entladung der Batterie eine Reihe von entgegengesetzten Magnetisirungen in der Nadel vorgehen. Legt man z. B. in die Spirale eine Nähnadel, welche man durch einen Magneten in demselben Sinne stark magnetisirt hat, wie sie die anomale Periode magnetisiren würde, und ladet die Batterie so weit, daß die Entladung in einer nicht magnetischen Nadel eine nur schwache anomale Magnetisirung erzeugen würde, so wird die in die Spirale hineingelegte, vorher stark magnetisirte Nadel nach der genannten Entladung sich ebenfalls nur schwach magnetisirt zei-

zeigen, zum deutlichen Beweise, daß schon eine oder mehrere normale Magnetisirungen sie getroffen haben. Eben so verhält es sich, wenn eine durch einen Magneten im normalen Sinne stark magnetisirte Nadel in die Spirale eingelegt wird.

III. *Elektrische Spannungserscheinungen, selbst Funken an ungeschlossenen Inductionsspiralen und an Magneten, welche Elektrizität in diesen Spiralen induciren;*
von Dr. Sinsteden in Pasewalk.

Die Spannungserscheinungen an ungeschlossenen galvanischen Säulen sind häufig untersucht, kürzlich noch in großartiger Weise von J. Gassiot an einer Batterie von 3520 Paaren, welche mittelst Regenwasser geladen wurde ¹⁾. Weniger ist dieses bei Inductionsspiralen geschehen, mochte der Elektromotor ein Stahlmagnet, oder ein Elektromagnet, oder eine bloße Schließungsspirale eines hydroelektrischen Erregers seyn.

Die vor einigen Jahren zufällig gemachte Beobachtung eines Funkens an dem einen Ende einer ungeschlossenen Inductionsspirale, dem ich einen spitzigen Leiter genähert hatte, veranlaßte mich dieser Erscheinung weiter nachzuforschen und die Spannungserscheinungen an offenen Inductionsspiralen überhaupt zu untersuchen, wobei ich auf einige merkwürdige Erscheinungen gekommen bin, welche ich mir erlaube hier mitzutheilen.

1) *Spannungserscheinungen, beobachtet an einer Saxton'schen magneto-elektrischen Maschine.*

Der angewandte Saxton'sche magneto-elektrische Apparat nach der Oertling'schen ²⁾ Einrichtung hat folgende Verhältnisse. Der Stahlmagnet, 27 Pfund schwer, hat eine Tragkraft von 200 Pfund. Die aus weichen isolirten Ei-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 65, S. 476.

2) Dove's Untersuch. im Geb. der Inductionselektricit. Berlin 1842. S. 71.

Poggendorff's Annal. Bd. LXIX.

Magnetisierungen von Stahlnadeln durch den Entladungsfunken der electrischen Batterie bei Anwendung verschiedener Ladungen und Magnetisierungs spiralen und bei Einschaltung verschiedener Drahtlungen.

Taf. IV

Ohne Einschaltung I

0,™ 31,5 II

0,™ 75 III

1,™ 51 IV

3,™ 01 V

6,™ 02 VI

12,™ 05 VII

24,™ 1 VIII

48,™ 2 IX

96,™ 4 X

192,™ 8 XI

384,™ 16 XII

768,™ 32 XIII

1536,™ 64 XIV

3072,™ 128 XV

6144,™ 256 XVI

12288,™ 512 XVII

24576,™ 1024 XVIII

49152,™ 2048 XIX

98304,™ 4096 XX

196608,™ 8192 XXI

393216,™ 16384 XXII

786432,™ 32768 XXIII

1572864,™ 65536 XXIV

3145728,™ 131072 XXV

6291456,™ 262144 XXVI

12582912,™ 524288 XXVII

25165824,™ 1048576 XXVIII

50331648,™ 2097152 XXIX

100663296,™ 4194304 XXX

201326592,™ 8388608 XXXI

402653184,™ 16777216 XXXII

805306368,™ 33554432 XXXIII

1610612736,™ 67108864 XXXIV

3221225472,™ 134217728 XXXV

6442450944,™ 268435456 XXXVI

12884901888,™ 536870912 XXXVII

25769803776,™ 1073741824 XXXVIII

51539607552,™ 2147483648 XXXIX

103079215104,™ 4294967296 XL

206158430208,™ 8589934592 XLI

412316860416,™ 17179869184 XLII

824633720832,™ 34359738368 XLIII

1649267441664,™ 68719476736 XLIV

3298534883328,™ 137438953472 XLV

6597069766656,™ 274877906944 XLVI

13194139533312,™ 549755813888 XLVII

26388279066624,™ 1099511627776 XLVIII

52776558133248,™ 2199023255552 XLIX

105553116266496,™ 4398046511104 L

211106232532992,™ 8796093022208 LI

422212465065984,™ 17592186044416 LII

844424930131968,™ 35184372088832 LIII

1688849860263936,™ 70368744177664 LIV

3377699720527872,™ 140737488355328 LV

6755399441055744,™ 281474976710656 LVI

13510798882111488,™ 562949953421312 LVII

27021597764222976,™ 1125899906842624 LVIII

54043195528445952,™ 2251799813685248 LIX

10808639105689184,™ 4503599627370496 LX

21617278211378368,™ 9007199254740992 LXI

43234556422756736,™ 18014398509481984 LXII

86469112845513472,™ 36028797018963968 LXIII

172938225691026944,™ 72057594037927936 LXIV

345876451382053888,™ 144115188075855872 LXV

691752902764107776,™ 288230376151711744 LXVI

1383505805528215552,™ 576460752303423488 LXVII

2767011611056431104,™ 1152921504606846976 LXVIII

5534023222112862208,™ 2305843009213693952 LXIX

11068046444225724416,™ 4611686018427387904 LXX

22136092888451448832,™ 9223372036854775808 LXXI

44272185776902897664,™ 18446744073709551616 LXXII

88544371553805795328,™ 36893488147419103232 LXXIII

177088743107611590656,™ 73786976294838206464 LXXIV

354177486215223181312,™ 147573952589676412928 LXXV

708354972430446362624,™ 295147905179352825856 LXXVI

1416709944860892725248,™ 590295810358705651712 LXXVII

2833419889721785450496,™ 1180591620717411303424 LXXVIII

5666839779443570900992,™ 2361183241434822606848 LXXIX

11333679558887141801984,™ 4722366482869645213696 LXXX

22667359117774283603968,™ 9444732965739290427392 LXXXI

45334718235548567207936,™ 18889465931478580854784 LXXXII

90669436471097134415872,™ 37778931862957161709568 LXXXIII

181338872942194268831744,™ 75557863725914323419136 LXXXIV

362677745884388537663488,™ 151115727451828646838272 LXXXV

725355491768777075326976,™ 302231454903657293676544 LXXXVI

1450710983537554150653952,™ 604462909807314587353088 LXXXVII

2901421967075108301307904,™ 1208925819614629174706176 LXXXVIII

5802843934150216602615808,™ 2417851639229258349412352 LXXXIX

11605687868300433205231616,™ 4835703278458516698824704 LXXXX

23211375736600866410463232,™ 9671406556917033397649408 LXXXXI

46422751473201732820926464,™ 19342813113834066795298816 LXXXXII

92845502946403465641852928,™ 38685626227668133590597632 LXXXXIII

185691005892806931283715776,™ 77371252455336267181195264 LXXXXIV

371382011785613862567431552,™ 154742504910672534362390528 LXXXXV

742764023571227725133483104,™ 309485009821345068724781056 LXXXXVI

1485528047142455450266966208,™ 618970019642690137449562112 LXXXXVII

2971056094284910900533932416,™ 1237940039285380274899124224 LXXXXVIII

5942112188569821801067864832,™ 2475880078570760549798248448 LXXXXIX

11884224377139643602135729664,™ 4951760157141521099596496896 LXXXXX

23768448754279287204271459328,™ 9903520314283042199192993792 LXXXXXI

47536897508558574408542918656,™ 19807040628566084398385987584 LXXXXXII

95073795017117148817085837312,™ 39614081257132168796771975168 LXXXXXIII

190147590034234297344171674624,™ 79228162514264337593543950336 LXXXXXIV

380295180068468594688343349248,™ 158456325028528675187087900672 LXXXXXV

760590360136937189376686698496,™ 316912650057057350374175801344 LXXXXXVI

1521180720273874378753373396992,™ 633825300114114700748351602688 LXXXXXVII

3042361440547748757506746793984,™ 1267650600228229401496703205376 LXXXXXVIII

6084722881095497515013493587968,™ 2535301200456458802993406410752 LXXXXXIX

12169445762190995030026987175936,™ 5070602400912917605986812821504 LXXXXXX

24338891524381990060053974351872,™ 10141204801825835211973625643008 LXXXXXXI

48677783048763980120107948703744,™ 20282409603651670423947251286016 LXXXXXXII

97355566097527960240215897407488,™ 40564819207303340847894502572032 LXXXXXXIII

194711132195055920480431794814976,™ 81129638414606681695789005144064 LXXXXXXIV

389422264390111840960863589629952,™ 162259276829213363391578010288128 LXXXXXXV

778844528780223681921727179259904,™ 324518553658426726783156020576256 LXXXXXXVI

1557689057560447363843454395119808,™ 649037107316853453566312041152512 LXXXXXXVII

3115378115120894727686908790239616,™ 1298074214633706907132624082305024 LXXXXXXVIII

6230756230241789455373817580479232,™ 2596148429267413814265248164610048 LXXXXXXIX

1246151246048357891074763516094464,™ 5192296858534827628530496329220096 LXXXXXXX

2492302492096715782149527032188928,™ 10384593717069655257060992658440192 LXXXXXXI

4984604984193431564299054064377856,™ 20769187434139310514121985316880384 LXXXXXXII

9969209968386863128598109128755712,™ 41538374868278621028243970633760768 LXXXXXXIII

19938419936773726257196218257511424,™ 83076749736557242056487941267521536 LXXXXXXIV

39876839873547452514392436515022848,™ 166153499473114484112975882535042752 LXXXXXXV

79753679747094905028784873030045696,™ 332306998946228968225951765070085504 LXXXXXXVI

159507359494189810057569746060091392,™ 664613997892457936451903530140171008 LXXXXXXVII

319014718988379620115139492120182784,™ 1329227995784915872903807060280342016 LXXXXXXVIII

638029437976759240230278984240365568,™ 2658455991569831745807614120560684032 LXXXXXXIX

1276058875953518480460557968480731136,™ 5316911983139663491615228241121368064 LXXXXXXX

2552117751907036960921115936961462272,™ 10633823966279326983230456482242736128 LXXXXXXI

5104235503814073921842231873922924544,™ 21267647932558653966460912964485472256 LXXXXXXII

10208471007628147836884463747845849088,™ 4253529586511730793292182592897094512 LXXXXXXIII

20416942015256295673768927495691698176,™ 8507059173023461586584365185794189024 LXXXXXXIV

408338840305125913475378549913833963552,™ 17014118346046923173168730371588378048 LXXXXXXV

816677680610251826950757099827667927104,™ 3402823669209384634633746074317676096 LXXXXXXVI

1633355361220503653901514199655335854208,™ 68056473384187692692674921486353421824 LXXXXXXVII

3266710722441007307803028399310671708416,™ 136112946768375385385349842972706843648 LXXXXXXVIII

6533421444882014615606056798621343416832,™ 272225893536750770770699685945413687296 LXXXXXXIX

13066842889764029231212113597242686833664,™ 544451787073501541541399371890827375744 LXXXXXXX

26133685779528058462424227194485373667328,™ 1088903574147003083082798743781654751488 LXXXXXXI

52267371559056116924848454388970747334752,™ 2177807148294006166165597487563309502976 LXXXXXXII

104534743118112233849696908777941486667008,™ 4355614296588012332331194975126619015552 LXXXXXXIII

209069486236224467699393817555882973333216,™ 8711228583176024664662389900253238031104 LXXXXXXIV

4181389724724489353987876