

I. *Ueber die Magnetisirung von Stahlnadeln durch den Entladungsstrom der Leydner Batterie; von Dr. von Liphart aus Dorpat.*

§. 1.

Savary <sup>1)</sup> bemerkte zuerst bei der Magnetisirung von harten Stahlnadeln durch die Entladung der Leydner Batterie, dafs dieselbe nicht immer der Ampère'schen <sup>2)</sup> Regel gemäfs ausfalle. Er unterschied daher eine normale und anomale Magnetisirung; Hankel <sup>3)</sup> bestätigte diese von Savary gefundene Thatsache, ebenso Riefs <sup>4)</sup> beim Nebenstrom.

Eine Erklärung der Anomalität suchte Savary <sup>5)</sup> in der Annahme von »entgegengesetzten,« »abwechselnden Bewegungen,« »Impulsen« im Schließungsdrahte; er scheint entgegengesetzte oscillatorische Bewegungen der Massentheiligen im Drahte anzunehmen. Dafs diese Annahme Savary's nichts der Elektricitätsbewegung Widersprechendes enthalte, haben die theoretischen Arbeiten von Thomson <sup>6)</sup> und Kirchhoff <sup>7)</sup> gezeigt; jedoch unter Voraussetzungen, welche die Anwendung ihrer Resultate auf die Entladung einer elektrischen Batterie nicht gestatten. Es

1) *Ann. de Chim. et de Phys. T. 34 p. 5.* Pogg. Ann. Jahrg. 1827 Bd. 84 S. 352; Bd. 85 St. 3 S. 443; Bd. 86 St. 1 S. 73.

2) Pogg. Ann. Bd. 72 S. 136, 221.

3) Pogg. Ann. Bd. 65 St. 4 S. 536; Bd. 69 S. 321.

4) Pogg. Ann. 1839 Bd. 47 St. 1 S. 55.

5) Pogg. Ann. Bd. 86 St. 1 Jahrg. 1827; St. 5 S. 102 bis 104.

6) *Philosophical Magazine* 1853 Vol. V p. 393.

7) Pogg. Ann. 1857 Bd. 100 S. 193.

gelang jedoch in letzter Zeit Feddersen <sup>1)</sup> in Leipzig und Paalzow <sup>2)</sup> in Berlin die Richtigkeit der von Savary unbestimmt zur Ermöglichung einer Erklärung dieser bei der Magnetisirung vorkommenden Anomalitäten, angedeuteten Vorstellung von einander folgenden und einander entgegengesetzten Strömungen in dem Schließungsbogen der Batterie auf experimentellem Wege nachzuweisen. Ersterer wies diese Art der Entladung vermittelt eines rasch rotirenden Spiegels, letzterer aus der Lichterscheinung der Geißler'schen Röhren nach. Vermittelt dieser neuen Thatsachen und Hilfsmittel die von Savary vorgeschlagene Erklärung der hier vorkommenden Anomalitäten durchzuführen und die Uebereinstimmung der Magnetisirungserscheinungen mit denen der Geißler'schen Röhren nachzuweisen, schlug mir Dr. Paalzow vor, und ich unternahm es auf seine gütige Aufforderung hin.

*Den genannten experimentellen Forschungen gemäß, denken wir uns nun den Vorgang bei der Entladung der Batterie, wie folgt:*

Wir unterscheiden zwei Arten der Entladung: die *eine*, welche der bisherigen Vorstellung gemäß nur in der Richtung von der inneren (positiv geladenen) Belegung zur äußeren stattfindet, und daher eine einfache, einfach gerichtete, normale genannt werden mag (nach Feddersen *continuirliche* Entladung). Die *zweite* alternirende, bei welcher die Ausgleichung der auf beiden Belegungen der Batterie angehäuften Elektrizitätsmengen zuerst in der eben beschriebenen normalen Richtung stattfindet, dieser aber eine zweite Ausgleichung in der entgegengesetzten Richtung folgt, dieser dann wiederum eine in der ursprünglichen normalen und so fort. Die Intensitätsmaxima dieser auf einander folgenden alternirenden Partialentladungen nehmen mit zunehmender Ladung zu; wie rasch oder langsam diese Zunahme aber mit zunehmender Ladung geschieht, hängt ab von dem Widerstande, der sich in dem Schließungsbogen befindet, und

1) Pogg. Ann. Bd. 108 S. 497; Bd. 112 S. 452.

2) Pogg. Ann. Bd. 112 S. 567.

zwar nehmen diese Intensitätsmaxima um so langsamer zu, als dieser Widerstand gröfser ist. Denn je geringer der eingeschaltete Widerstand ist, um so früher treten die alternirenden Entladungserscheinungen in der Geißler'schen Röhre auf, und um so kleiner ist die Gränze innerhalb deren sich das negative Licht am positiven Pole (der Geißler'schen Röhre) zeigt. Dagegen ist die Gränze, bis zu der die Entladungen einfach sind, um so gröfser, je gröfser der Widerstand ist, und um so länger zeigt sich das negative Licht bei der ersten alternirenden Entladung an der positiven Elektrode der Röhre. Die Intensität der einzelnen alternirenden Partialentladungen wird immer geringer und nimmt nach den Arbeiten von Thomson und Kirchhoff in einer geometrischen Reihe ab. Nach den photographischen Abbildungen von Feddersen überwiegt jedenfalls die Heftigkeit der ersten Ausgleichung bei Weitem alle folgenden. Nach denselben Abbildungen folgen sie in gleichen Intervallen auf einander, ihre Zeitdauer ist dieselbe. Es ändert diese während jeder Totalentladung sich gleichbleibende Zeitdauer der einzelnen Partialentladungen (nach Feddersen Oscillationen) ihre Gröfse bei Veränderung des Schließungsbogens oder der Batterieoberfläche.

#### Apparate.

Die Stärke des den Nadeln ertheilten Magnetismus wurde durch die Ablenkung, welche dieselben auf einen magnetischen Stahlspiegel ausübten und diese wiederum vermitteltst eines Fernrohrs mit Scale-Ablesung bestimmt. Die Nadeln befinden sich, wenn nähere Angaben fehlen, stets um die Dicke des Kupferringes, welcher den Magnetspiegel zu dessen rascherer Beruhigung umgiebt, von diesem entfernt und beträgt 17 Mm. Die Breite dieses Ringes betrug 30 Mm. gleich der Länge der dünneren Nadeln, mit welchen ich meist operirte, die Entfernung der Scale von dem Spiegel blieb fast durchweg dieselbe, jedenfalls aber während einer geschlossenen Reihe von Versuchen völlig ungeändert; es betrug dieselbe durchschnittlich 260 Cm. Es genügen somit

bei den folgenden Versuchen, so lange es bei denselben nur darauf ankommt, Zahlenwerthe zur Vergleichung der unter verschiedenen Verhältnissen den Nadeln ertheilten magnetischen Intensitäten zu erhalten, die einfachen Angaben der auf der Scale beobachteten Ablenkung, da diese der Tangente des Ablenkungswinkels proportional ist. Meist kommt es sogar im Folgenden nur darauf an zu erfahren, ob der Magnetismus der Nadel zu- oder abgenommen habe, oder derselbe geblieben sey, wo dann diese Methode vollkommen ausreicht, da bei der ziemlich bedeutend gewählten Entfernung des Spiegels von der Scale, die geringste Mehrablenkung desselben sich auf letzterer schon sehr bemerkbar machen mußte. Die Nadeln sind englische Nähadeln von R. Hemming & Sohn in bester Qualität oder noch dünnere Perladeln von H. A. Dubois *royal improved silver-eyed cast steel sharps pearl*. Jede meiner Flaschen hatte eine Belegung von  $2\frac{1}{2}$  Quadratfuß; an dem Funkenmesser, welcher in die Schließung geschaltet wurde, war jegliche scharfe Kante oder Schraubenklemme vermieden. Die Leitung wurde in konisch zulaufende Metallstücke eingelöthet und diese unter den Kugeln des Mikrometers in passende Oeffnung fest eingeprefst; der Durchmesser der Kugeln beträgt 12 Mm. Die nothwendige Schließung bestand aus einem 6,3 Met. langen, 1 Mm. dicken Kupferdraht, der auf seiner ganzen Länge in Kautschuck und Filzpapier isolirt und über Glasstangen, die noch mit geschmolzenem Schellack überzogen waren, geleitet war. Meine Maafsflasche hatte 0,5208 Quadratfuß Belegung. Die Schlagweite des oben erwähnten Funkenmessers, durch welche dieselbe entladen wurde, wird bei jedem Versuche, in pariser Linien, besonders angegeben werden. Bei den Arbeiten mit der Maafsflasche wurden zwei Fallapparate mit eingeschaltet und zwar so, dafs, wenn die Hebelarme beider hoch standen, durch den einen der positive Conductor der Maschine mit der inneren Belegung der Batterie in Verbindung stand und dieselbe durch ihn geladen wurde, der andere Hebelarm aber die äußere Belegung der sorgfältig isolirten Batterie

in leitende Verbindung mit der inneren Belegung der Maafsflasche brachte und diese so durch die abgestofsene Electricität die Batterie lud. Wurden dagegen die Hebelarme gesenkt, so näherten sie sich einer passenden Aushöhlung einer unter ihnen befindlichen Metallkugel, die auf einer Glasstange noch mit geschmolzenem Schellack isolirt befestigt war, und schlossen so, den Conductor der Maschine und die Maafsfläche ausschaltend, die völlig isolirte Batterie. Die gewöhnlichen Magnetisirungsspiralen aus einem 0,3 Millim. dicken Silberdraht, der in 66 Windungen auf eine Glasröhre von 9 Millim. äusserem und 7 Millim. innerem Durchmesser aufgewickelt war, bedeckten mit 40 Windungen die Nadel No. 12 *H. et Sohn*. Es waren die Windungen nur um die Dicke des Drahtes selbst von einander entfernt, auf die durch *Hankel* <sup>1)</sup> angegebene Art gewickelt und mit Schellack von einander isolirt.

Die Verbindung der Schliessung mit den eingeschalteten Widerständen geschah theils durch Zusammenlöthung, theils durch Klemmen, wie sie in der Fig. 5 Taf. IV abgebildet sind. Zwischen den drei Theilen *a*, *b*, *c*, die auf einander aufgeschraubt werden können, wurden die zu verbindenden Drähte, nachdem sie zuvor um die Schrauben des Stückes *b* umgebogen waren, eingeklemmt.

## §. 2.

### Beschreibung der Versuche mit Einschaltung einer Geißler'schen Röhre.

Es ist klar, daß der Beweis für die Richtigkeit und Anwendbarkeit der *Ampère'schen* Regel auch bei *Leydner* Batterie Strömen geliefert wäre, sobald es gelänge zu zeigen, daß die Magnetisirung bei einfachen normalen Strömen stets positiv ist und mit zunehmender Intensität derselben anfangs auch zunimmt bis sie das Maximum des Magnetismus der Nadel erreicht, dann aber trotz weiterer Steigerung der Intensität des Stromes ungeändert dieselbe bleibt

1) *Pogg. Ann.* Bd. 69 S. 322.

Eine Schwächung dürfte erst eintreten, wenn eine Anomalie in der Richtung der Entladung bemerkt wird.

Diese Schwächung müßte bei weiter steigender Ladung zunehmen, der Zeichenwechsel erst bei dem Uebergange des Magnetismus durch Null eintreten, dann mit dieser anomalen Anordnung bei noch weiter steigender Ladung wachsen usw. Die Anzahl der Wechsel wäre somit ein Mittel (wenn keiner übersprungen wird) zur Angabe der Anzahl der magnetisirungsfähigen Partialentladungen in der einen und der andern Richtung.

Diese entscheidende Reihe mit den im vorigen Abschnitt erwähnten Magnetisirungsspiralen aus Silberdraht zu erhalten, gelang nicht, da die einfachen Entladungen, welche durch Einschaltung großer Widerstände erhalten werden können, zu schwach sind, um den Nadeln einen bedeutenden Magnetismus zu ertheilen, geschweige sie bis zum Maximum zu magnetisiren. Wohl aber gelang dieses bei Anwendung einer Spirale von bedeutend größerer Anzahl von Windungen. Da bei Einschaltung großer Widerstände die einfachen Entladungen erst bei sehr hohen Ladungen aufhören, da ferner durch Einschaltung von Widerstandsspiralen die Dauer jeder einzelnen alternirenden Partialentladung verlängert<sup>1)</sup>, somit also auch ihre Wirkungsdauer auf die Nadel erhöht werden muß, da endlich das Ansteigen der Intensität jeder einzelnen Entladung hier weit langsamer geschieht als bei geringen geradlinigen Widerständen, somit also auch die Gefahr der Magnetisirungsperiode zu überspringen mehr verschwindet<sup>2)</sup>, so ist klar, daß sich die Art der Wirkung jeder einzelnen und so der Totalentladung hier am deutlichsten zeigen muß. Es lag nahe die als Widerstand in die Schließung eingeschaltete Spirale zugleich als Magnetisirungsspirale zu benutzen. Die Wirkung der einfachen Entladungen, so wie die jeder einzelnen der folgenden alternirenden Partialentladungen war

1) Feddersen, Pogg. Ann. Bd. 108 S. 500; Bd. 112 S. 458. Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. Bd. 11 S. 173.

2) Hankel, Pogg. Ann. Bd. 69 S. 337.

nun so gesteigert, daß sie das gewünschte Resultat lieferten.  
Ich erhielt folgende Resultate:

## Reihe I.

*Magnetisirungsspirale von 3138 Meter Kupferdraht von  
0,18 Millim. Dicke in 18170 Windungen aufgewickelt.  
Nadel No. 11 H. et Sohn, 6 Batteriefaschen (15 □' Be-  
legung), Geißler'sche Röhre.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,00	13	+	einfach
0,02	0	+	
0,04	0	+	
0,06	0	+	
0,08	50	+	
0,10	125	+	
0,12	140	+	
0,14	270	+	
0,16	305	+	
0,18	400	+	
0,20	565	+	
0,22	715	+	
0,24	980	+	
0,26	1000	+	
0,28	1040	+	
0,30	1240	+	
0,32	1470	+	
0,34	1460	+	
0,36	1460	+	
0,38	1460	+	
0,40	1570	+	
0,42	1710	+	
0,44	1710	+	
0,46	1710	+	
0,48	1370	+	alternierend
0,50	1340	+	
0,52	1010	+	
0,54	950	+	
0,56	610	+	
0,58	330	+	
0,60	510	—	
0,62	1095	—	
0,64	1145	—	
0,66	1245	—	
0,68	1520	—	

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,70	1570	—	alternierend
0,72	1590	—	
0,74	1610*	—	
0,76	1700	—	
0,78	1850	—	
0,80	1870	—	
0,82	1670	—	
0,84	1660	—	
0,86	1720	—	
0,88	1690	—	
0,90	1650	—	
0,92	1770	—	
0,94	1800	—	
0,96	1690	—	
0,98	1780	—	
1,00	1700	—	
1,02	1660	—	
1,04	1660	—	
1,06	1660	—	
1,08	1740	—	
1,10	1900	—	
1,12	1640	—	
1,14	1700	—	
1,16	1650	—	
1,18	1770	—	
1,20	1650	—	
1,22	1700	—	
1,24	1440	—	
1,26	15 ..	—	
1,28	1460	+	
1,30	1680	+	
1,32	1720	+	
1,34	1730	+	
1,36	1630	+	
1,38	1640	+	
1,40	1780	+	
1,42	1770	+	
1,44	1900	+	
1,46	1880	+	
1,48	1850	+	
1,50	1790	+	
1,52	1700	+	
1,54	1710	—	
1,56	1830	—	
1,58	1750	—	
1,60	1880	—	
1,62	1880	—	
1,64	235	—	
1,66	1600	+	

Es waren die Entladungen bis zu 0,46 Linien Schlagweite einfach, bei 0,48 Linien Schlagweite zeigte sich die erste Spur eines rücklaufenden Stromes. Die Magnetisirung steigt also in der That so lange die Entladungen einfach sind mit zunehmender Intensität des Stromes und normaler Anordnung der Pole, und sie erreicht ihr Maximum zuerst bei 0,42 Linien Schlagweite. Auf diesem Maximum bleibt dieselbe stehen bis sie durch den ersten rücklaufenden Strom eine Schwächung erleidet; dafs die Ablenkung von 1710 Mm. wirklich das Maximum der Drehung war, welches die völlig gesättigte Nadel auf den magnetischen Stahlspiegel ausüben konnte, erhellt daraus dafs dieselbe nicht gesteigert wurde, nachdem die Nadel auf den Polen eines starken Elektromagneten in demselben Sinne magnetisirt worden war. Ebenso die folgenden zwei Nadeln. Fast noch schlagender ist folgende Reihe: (Auf die letzte komme ich noch einmal zurück) mit der in der Einleitung genannten dünnsten Nadelsorte H. A. Dubois; die bei diesen beiden Reihen benutzte Geifslersche Röhre hatte einen Druck von 2 Mm., eine Länge von 0,25 M., auf ihrer ganzen Länge den gleichen Durchmesser (27 Mm.) und Elektroden, deren Enden 0,12 M. von einander entfernt waren. Die Füllung bestand aus atmosphärischer Luft.

## Reihe II.

*Magnetisirungsspirale von 31<sup>38</sup> M. Kupferdraht von 0,18 Mm. Dicke in 18170 Windungen. Geifslerschen Röhren. Nadeln von H. A. Dubois, 6 Batterie-Flaschen.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geifslerschen Röhre
0,0 <i>a</i>	710	+	} einfach
0,0 <i>b</i>	245	+	
0,02	5	+	
0,04	8	+	
0,06	18	+	
0,08	28	+	
0,10	55	+	

Schlagweite des Funkennikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,12	85	+	einfach
0,14	520	+	
0,16	730	+	
0,18	760	+	
0,20	760	+	
0,22	800	+	
0,24	780	+	
0,26	800	+	
0,28	740	+	
0,30	755	+	
0,32	745	+	
0,34	760	+	
0,36	770	+	
0,38	800	+	
0,40	800	+	
0,42	780	+	
0,44	790	+	
0,46	800	+	
0,48	720	+	
0,50	660	+	alternierend
0,52	610	+	
0,54	340	+	
0,56	210	+	
0,58	45	-	
0,60	160	-	

Es erreichte diese Nadel schon bei 0,18 Linien Schlagweite ihr Maximum und blieb bis zu 0,48 auf demselben unverrückt stehen, bis dasselbe mit dem Auftreten des ersten anomalen Stromes abnahm und, während des Ueberganges durch 0, bei 0,56 Linien Schlagweite das Zeichen wechselte.

Bei der Reihe I ist es sehr auffallend, daß gleich der erste rücklaufende Strom den Magnetismus der Nadel zu schwächen im Stande ist, während die ersten normalen Ströme bis 0,08 Linien Schlagweite nicht den geringsten Grad der Magnetisirung zu bewirken vermochten; ebenso daß bei der zweiten Reihe die durch den ersten rücklaufenden Strom bewirkte Abnahme des Magnetismus weit rascher ist als die durch den ersten normalen bewirkte Zunahme desselben. Es stimmt dieses Factum jedoch völlig mit den

schon früher durch die Versuche von Wiedemann<sup>1)</sup> und Quetelet<sup>2)</sup> bekannten Thatsachen, daß zur Vernichtung des einem Stabstabe ertheilten ersten Magnetismus weit geringere Kraft gehört, als zur Ertheilung desselben nöthig war. Die Uebereinstimmung dieses für galvanische Ströme und directe magnetische Einwirkungen von den genannten Herren gefundenen Gesetzes und dessen völlige Anwendbarkeit auf Ströme der Leydner Batterie, geht noch klarer aus folgendem Experimente hervor. Es wurde eine der Nadeln von No. 11 Reihe I, die durch die Entladung bei 0,42 Linien Schlagweite bis zum Maximum magnetisirt worden war, in umgekehrter Lage der Entladung bei 0,02 Linien ausgesetzt; die Ablenkung des Spiegels betrug hierauf nur noch 1570 Mm. Bei wiederholter Einwirkung nahm sie noch bis zu einer gewissen Gränze ab. Den ursprünglichen Magnetismus der Nadel durch diese Entladung ganz zu vernichten gelang nicht. Eine immer stärkere Schwächung übten die folgenden Entladungen bei 0,04 und 0,06 Linien Schlagweite aus.

Es kann somit eine Entladung wohl zu schwach seyn zum Magnetisiren, kann aber darum doch schon die Kraft besitzen den Magnetismus einer Nadel zu schwächen. Näher hierauf eingehende Versuche werde ich noch anstellen, sobald die Umstände mir die Fortsetzung dieser Arbeit gestatten.

Sehr auffallend ist es ferner bei den angeführten Reihen, daß die Magnetisirung weit stärker ist bei Berührung der Kugeln des Mikrometers, wo also nur die Geißler'sche Röhre sich als Schlagweite in der Schließung befand, als nachdem dieselben um ein wenig von einander entfernt waren. Die Magnetisirung hat fast ihr Maximum erreicht bei 0,0 a der Reihe II, wo ich die Kugeln des Mikrometers fest gegen einander geschraubt hatte. Etwas hiermit völlig übereinstimmendes hatte schon Paalzow bei seinen Arbeiten über die verschiedenen Arten der Entla-

1) Pogg. Ann. Bd. 103 S. 563.

2) Ann. de chim. et de phys. Vol. 53, p. 248.

dung der Leydner Batterie bemerkt. Es waren die Entladungen bei Einschaltung geringer Widerstände, wenn sich nur die Röhre als Schlagweite in der Schließung befand, häufig schon alternirend, während sie einfach wurden sobald an einer anderen Stelle der Schließung sich noch eine geringe Unterbrechung befand, die Kugeln des Mikrometers um ein geringes von einander entfernt wurden.

Die Schwankungen der Intensitäten der Nadeln innerhalb der einzelnen Perioden, nachdem die Magnetisirung ihr Maximum schon erreicht, rühren lediglich von dem verschiedenen Maximum des magnetischen Momentes der einzelnen Nadeln her. Es wird diese Verschiedenheit um so bedeutender, je dünner die Nadelsorte ist, und ist somit bei der letzten Reihe am auffallendsten. Das Mittel aus den verschiedenen Magnetisirungen, die ich bei derselben Schlagweite erhalten, hätte stets die gleiche Zahl ergeben; ich wählte aber dennoch nicht dieses Mittel, sondern führte die einzelnen Fälle selbst auf, um auf diesen Uebelstand aufmerksam zu machen. Die Magnetisirung durch den erwähnten starken Elektromagnet ergab dieselben Schwankungen in dem Maximum des magnetischen Moments der einzelnen Nadeln der gleichen Nummer. Das dem positiven Maximum von 1710 Mm. Ablenkung entsprechende negative Maximum ist 1640. Ich habe daher die letztere Zahl als erstes negatives Maximum bei 0,74 Linien Schlagweite, dem ersten positiven Maximum bei 0,42 Linien Schlagweite entsprechend, aufgeführt und mit \* bezeichnet. Es wurde diese Zugehörigkeit bestimmt, indem eine bis zum Maximum von 1710 Mm. Ablenkung durch die Entladung bei 0,42 Linien Schlagweite magnetisirte Nadel in umgekehrter Lage der Entladung ausgesetzt wurde; die Ablenkung betrug nun 1640 Mm. Entsprechend wurde darauf eine Nadel, die durch den Elektromagnet bis zur Sättigung magnetisirt eine Ablenkung von 1710 Mm. ergab, entgegengesetzt durch diesen zur Sättigung gebracht; die Ablenkung ergab den nämlichen Werth 1640 Mm.

Es geht ferner aus der Reihe I klar hervor, dafs die

Intensität der einzelnen alternirenden Partialentladungen keineswegs der Schlagweite proportional zunimmt. Wäre dieses der Fall, so müßte die Ausdehnung der Perioden, sowie das Abnehmen und Ansteigen der Intensitäten des ertheilten Magnetismus beim Uebergang der einen Anordnungsweise der Pole in die andere stets die gleiche bleiben. Es geschieht aber keines von beiden, der Umfang der Perioden nimmt immer mehr ab, je größer die Schlagweite wird; die Intensität der alternirenden Partialentladungen wächst also immer schneller, je größer die Schlagweite wird; desgleichen geschieht der Uebergang beim Zeichenwechsel immer rascher.

Während der Uebergang durch Null beim Anfang der zweiten Periode noch deutlich verfolgt werden kann, ist er beim Uebergange der dritten in die vierte gar nicht mehr vorhanden; daß bei 1,26 und 1,64 Linien Schlagweite die bedeutenden Schwächungen statt des völligen Zeichenwechsels erhalten wurden, ist ein Glücksfall, weil hier gerade die Schlagweite getroffen wurde; bei der geringsten Verschiebung nach rechts oder links war sie verschwunden und der Uebergang fand ebenso plötzlich statt, wie bei 1,54 Linien. Es ist dieses ein großer Uebelstand bei den Arbeiten mit der Schlagweite, der immer ärger wird, je mehr dieselbe wächst. Bei Anwendung des Fallapparates und der Maafsflasche verschwindet dieser Uebelstand allerdings, doch macht sich hier ein anderer bemerkbar, der in gewissen Fällen weit störender werden kann. Auf diesen komme ich bei einer anderen Gelegenheit zurück.

### §. 3.

#### Versuche ohne Geißler'sche Röhre. Funkenstrecke unter dem Mikroskop.

Um den magnetisirenden Einfluß der Entladung der Batterie unabhängig von den Einflüssen einer in den Schließungsbogen geschalteten Geißler'schen Röhre beobachten zu können, ohne durch Ausschaltung derselben ein sicheres Urtheil über die Art der betreffenden Entladung zu ver-

lieren, versuchte ich auf anderem Wege zu entscheiden, ob die betreffende Entladung einfach oder alternierend gewesen sey. Es wurden in den Schließungsbogen mit Hülfe eines Henley'schen Ausladers zwei Platindrähte oder Stahlnadeln No. 12 *H. et Sohn* eingeschaltet, welche  $\frac{1}{2}$  bis 1 Mm. von einander entfernt waren, und mit Hülfe des Mikroskopes die zwischen denselben übergehenden Funken beobachtet. Diese gaben ebenso charakteristische Merkmale zur Entscheidung der Frage, ob die Entladung einfach oder alternierend war (siehe Paalzow's Arbeit Pogg. Ann. Bd. 112 S. 584 u. 585), als die Geißler'sche Röhre. Wurde nun die Versuchsreihe I mit der einzigen Abänderung, daß sich statt der Geißler'schen Röhre eine geringe Funkenstrecke, aufser der Unterbrechung beim Funkenmikrometer, in der Schließung befand, wiederholt, so ergab sich folgende Reihe.

## Reihe III.

*Magnetisirungsspirale von 3138 Meter Kupferdraht von 0,18 Millim. Dicke, in 18170 Windungen. Nadel No. 11 H. et Sohn, 6 Batteriefaschen (15 □' Belegung), keine Geißler'sche Röhre, Platindrähte unter dem Mikroskop.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,00 <sup>1)</sup>	1140	+	alternierend mit negativem Licht an beiden Elektroden
0,00 <sup>2)</sup>	1140	+	
0,02	1320	+	
0,04	1320	+	
0,06	1430	+	
0,08	1530	+	
0,10	1530	+	
0,12	1540	+	
0,14	1540	+	
0,16	1630	+	
0,18	1630	+	
0,20	1220	+	
0,22	345	—	
0,24	640	—	
0,26	680	—	
0,28	900	—	

1) Eingepreßt.

2) Kaum berührend.

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,30	1130	—	alternierend mit negativem Licht an beiden Elektroden
0,32	1130	—	
0,34	1000	—	
0,36	1000	—	
0,38	1310	—	
0,40	1010	—	
0,42	1270	—	
0,44	1580	—	
0,46	1420	—	
0,48	1170	—	
0,50	1500	—	
0,52	1650	—	
0,54	1560	—	
0,56	1220	—	
0,58	230	—	
0,60	110	+	
0,62	410	+	
0,64	580	+	

Die Entladungen waren also sämtlich alternierend und es fiel sehr auf, daß, trotzdem die Nadeln der Wirkung der Entladung in der nämlichen Spirale wie bei der Reihe I ausgesetzt wurden (wo doch gleich der erste rücklaufende Strom eine Schwächung und bald eine Umkehrung ausübte), sie hier dennoch auch durch die schwächsten Entladungen, welche erzielt werden konnten, schon stark positiv magnetisiert waren. Eine Erklärung schien mir einzig möglich in der Annahme, daß die hier erhaltene erste normale Periode schon mindestens der dritten wieder normalen Periode der Reihe I entspräche. Um hierüber in's Klare zu kommen, wurde der Widerstand des Schließungsbogens, der sich augenscheinlich durch die Ausschaltung der Geißler'schen Röhre bedeutend vermindert haben mußte (wie dieses das Verschwinden der normalen Entladungen bei den geringsten Schlagweiten deutlich bekundet), durch Einschaltung großer metallischer Widerstände bedeutend vergrößert. Ich erhielt nun folgende Reihe.

## Reihe IV.

*Magnetisirungsspirale von 3138 Meter Kupferdraht von 0,18 Millim. Dicke, in 18170 Windungen plus 8450 Windungen in 52 Lagen von einem 0,27 Millim. dicken u. 680 Meter langen, plus 2220 Windungen in 30 Lagen eines 0,47 Millim. dicken u. 160 Meter langen, plus noch 200 Meter von einem 1 Millim. dicken Kupferdraht, der theils spiralförmig theils geradlinig ausgespannt war; keine Geißler'sche Röhre, Platindrähte unter dem Mikroskop, 6 Batterie-Flaschen, Nadel No. 11 H. et Sohn.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,00	1145	—	alternirend
0,00	1160	—	Beschreibung siehe unten
0,02	1280	—	„
0,04	1300	—	„
0,06	1400	—	„
0,08	1580	—	„
0,10	1500	—	„
0,12	1500	—	„
0,14	1500	—	„
0,16	1500	—	„
0,18	1520	—	„
0,20 I	430	+	alternirend mit negativem Licht an beiden Elektroden
0,20 II	1500	—	alternirend wie oben
0,22 I	920	+	alternirend mit negativem Licht an beiden Elektroden
0,22 II	1520	—	alternirend wie oben

Von nun an waren die Entladungen stets alternierend mit negativem Licht an beiden Elektroden. Die Magnetisirung stark normal.

Es wurde hier also wirklich die der ersten normalen Periode der vorigen Reihe vorangehende anomale Periode erhalten. Die Entladungen waren wohl noch bei allen Schlagweiten alternierend, jedoch war ihre Intensität bedeutend geringer, das negative Licht an der positiven Elektrode war völlig verschwunden; es zeigte sich eine schwache Andeutung für den dunkeln Raum, der sich bei völlig einfachen Entladungen auch hier deutlich zeigt. In der blauviolettten Lichthülle der negativen Elektrode zeigte sich, als sicherer Beweis für das Vorhandenseyn eines rücklaufenden Stromes, ein hell leuchtender Punkt, der wohl von den stellenweisen Glühen der Stahl- oder Platintheilchen bei sehr heftigen einfachen Entladungen zu unterscheiden ist. Die positive Elektrode umgab an ihrer äußersten Spitze von derselben ausstrahlend eine hellrosa gefärbte Lichtkugel, die sich zur negativen Elektrode hin mehr und mehr ausdehnte, je größer die Schlagweite wurde. Beim Auftreten des negativen Lichtes an der positiven Elektrode bei 0,20 I und 0,22 I der vorigen Reihe (IV) wechselte die Magnetisirung das Zeichen, während sie negativ blieb, sobald der Erscheinung das negative Licht der positiven Elektrode fehlte, das heißt die im Vorhergehenden beschriebene geblieben war (0,20 II und 0,22 II). Um völlig einfache Entladungen, wie sie bei Einschaltung von flüssigen Widerständen erhalten wurden, auch hier durch Einschaltung metallischer Widerstände zu erhalten, hätten noch sehr bedeutende Längen verwandt werden müssen, wie sie mir bisher noch nicht zu Gebote standen. Die Schwankungen und Unregelmäßigkeiten der Entladungen unter gleichen Umständen, sind hier bei Ausschaltung der Geißler'schen Röhre ganz dieselben wie wir sie mit Einschaltung einer solchen im §. 5 kennen lernen werden, sich also durch diese nicht bedingt. Es verursacht die Röhre nur starke Unregelmäßigkeiten, wenn der Druck in derselben sehr bedeu-

tend ist. Je geringer dieser wird, um so mehr scheint dieselbe in ihren Eigenschaften sich einer grossen metallischen Einschaltung zu nähern. Die Magnetisirung der ersten alternirenden Entladungen ist also, sobald die Wirkung derselben auf die Nadel nur genügend verstärkt wird, stets schon anomal. Die Magnetisierungserscheinungen stimmen also auch mit den Erscheinungen bei der Unterbrechungsstelle unter dem Mikroskope überein. Es wird sich diese Uebereinstimmung noch klarer bei der Einschaltung von flüssigen Widerständen zeigen lassen, da es bei diesen leichter möglich ist, völlig einfache Entladungen zu erhalten, die dann stets normal magnetisiren. Auf die Uebelstände, die sich dabei zeigen, gehe ich an Orte näher ein.

#### §. 4.

##### Gaugain'sches Ventil.

Es wurde in die Hauptschliessung der elektrischen Batterie ein Gaugain'sches Ventil, wie es Feddersen schon angewendet, eingeschaltet (*V V* Fig. 6 Taf. IV). Es ist dieses ein Glascylinder, welcher auf beiden Seiten luftdicht verschlossen ist durch aufgeschraubte Messingdeckel, in denen auf der einen Seite *a* ein spitz zulaufender Messingstift, auf der andern eine Messingplatte (*b*), in einer Stopfbüchse verschiebbar, enthalten ist. Der Spitze bei *a* gegenüber befinden sich der Reihe nach die Messingplatten 1, 2, 3, 4, 5; diese haben alle nach *b* zu eine Metallspitze. Alle diese Scheiben sind in der Röhre verschiebbar und werden gehalten durch starke mit Tuch beschlagene Stahlfedern, die sich fest an die Wandungen anlegen. Bei der mittleren Platte ist die Röhre seitlich durchbohrt, und von aussen ein starker Draht in die Scheibe eingeschraubt; dieser trägt bei *d* eine Klemme, wie sie in der Figur 5 abgebildet ist. Diese Platte ist unverrückbar, die Durchbohrungsstelle ebenfalls luftdicht verschlossen. Seitlich bei *c* befindet sich eine zweite Durchbohrung, in welcher luftdicht schliessend eine Metallröhre mit Hahnverschluss angebracht ist. Es wird diese beim Auspumpen auf die Luftpumpe geschraubt

und dient später als Träger des Apparates. Bei *a* und *b* sind ebenfalls die erwähnten Klemmen angebracht. Bei dieser Einrichtung ist jede Reinigung des Apparates und Veränderung der Schlagweiten in demselben leicht zu bewerkstelligen. In den beiden Zweigen *e* und *g* (Fig. 6 Taf. IV) desselben befanden sich fünf von den gewöhnlichen in der Einleitung erwähnten Magnetisirungsspiralen (Fig. 6  $M_1$  und  $M_2$ ). In diesen wurden Nadeln *H. et Sohn* von sehr verschiedener Dicke magnetisirt. Die Nummern derselben sind in der ersten Colonne der folgenden Tabelle angegeben und zwar ist No. 11 die dünnste, No. 3 die dickste hier benutzte Nadel. Die Erscheinungen in den in beide Zweige eingeschalteten Röhren ( $R_1$  und  $R_2$ , Fig. 6), welche in ihren Erscheinungen und Dimensionen (124 Mm. lang, 7 Mm. innere Dicke, die inneren Spitzen der Elektroden waren 40 Mm. von einander entfernt) einander bis auf's Genaueste glichen, waren stets noch alternirend, doch je nach dem Drucke im Ventil mehr oder weniger in beiden überwiegend nach entgegengesetzten Richtungen. Es glichen die Erscheinungen den von Paalzow <sup>1)</sup> bei den Zweigströmen beobachteten Erscheinungen. Es war in dem Zweige *g*, wo der positive Strom, welcher bei *d* in das Ventil eintrat, von der Spitze zur Platte ging, der positive Draht der Geißler'schen Röhre  $R_2$  kahl, der negative von Licht bedeckt, in dem anderen Zweige *e*, wo der Strom von der Platte zur Spitze ging, war der negative Draht kahl, der positive bedeckt;  $R_1$ , Fig. 6. Es ging der Strom in beiden Richtungen überwiegend von der Spitze zur Platte; die Magnetisirung war der Richtung des Stromes, wie sie die Geißler'sche Röhre angab, entsprechend und somit in dem Zweige, wo die Richtung der Entladung überwiegend normal war, (Zweig *g*) überwiegend normal, in dem andern (Zweig *e*) überwiegend anomal, *in beiden entgegengesetzt*. Nur der stärkste Strom hatte, bei der geringen Einwirkung auf die Nadeln, welcher die kleinen Silberspiralen fähig waren, magnetisiren können.

1) Pogg. Ann. Bd. 112 S. 580.

Die Theilung der Entladung in ihre beiden Richtungen gelang am besten bei einem Drucke von einer Linie im Ventil.

Es ergab sich:

Nummer der Nadel	Reihe V.	
	Magnetisirung im normalen Zweige	Magnetisirung im anomalen Zweige
11	1450 +	740 —
9	1350 +	1620 —
7	2500 +	2300 —
5	4000 +	3600 —
3	1530 +	4000 —

Weniger gut war die Theilung bei  $\frac{2}{3}$  Linien Druck und sonst gleichen Verhältnissen.

Nummer der Nadel	Reihe VI.	
	Magnetisirung im normalen Zweige	Magnetisirung im anomalen Zweige
11	970 +	870 —
9	710 +	1080 —
7	360 +	840 —
5	255 +	285 +
3	100 —	2300 —

In dem normalen Zweige war der von der inneren Belegung kommende, in dem anomalen der von der äußeren Belegung rücklaufende Strom von der Spitze zur Platte übergegangen. Die Wiederholung und weitere Ausführung dieser Versuche, die ich, sobald es die Umstände mir gestatten, vornehmen werde, wird wohl noch Näheres über den Zusammenhang der Schlagweite, d. h. der Stromintensität, mit dem Grade der Verdünnung im Ventil ergeben, und so eine bessere Theilung der Entladung in ihre beiden Richtungen möglich machen.

#### §. 5.

Es zeigte sich, daß bei Einschaltung des nur nothwendigen Widerstandes die Entladungen, auch der geringsten Elektrizitätsmengen, stets schon alternirend sind, daß die einfachen Entladungen erst bei größeren Widerständen auftreten. Es war sogar nicht immer möglich bei allein noth-

wendiger Schließung und Einschaltung einer Geißler'schen Röhre, die schon einen bedeutenderen Widerstand in die Schließung bringt, immer völlig einfache Entladungen erhalten. Bei vielen Röhren waren die Erscheinungen sogleich alternirend, wie groß auch die Oberfläche der Batterie (soweit mir dieses wenigstens möglich war) und wie gering die Ladung derselben auch gewählt wurde. Erst bei Einschaltung größerer metallischer oder flüssiger Widerstände treten dieselben sicher auf, sind jedoch in allen Fällen so ungemein schwach, daß sie selbst bei den dünnsten Nadeln, die ihrem Einflusse in den gewöhnlichen oben erwähnten Magnetisirungsspiralen unterworfen wurden, nur höchst unbedeutende Magnetismen ertheilen, wie schon oben erwähnt. Sehr auffallend war es, daß in allen Fällen, wo der Uebergang der einfachen in die alternirende Art der Entladung stattfand (ausgenommen bei Einschaltung von sehr bedeutenden spiralförmig aufgewundenen metallischen Widerständen) der Grad der Magnetisirung, nachdem er vorher kaum 15 bis 20 Mm. betragen, um viele 100 Mm. zugenommen, oft den Sättigungsgrad der Nadel erreicht hatte, ja selbst häufig schon negativ geworden war. Auf die Erscheinungen bei Einschaltung von flüssigen Widerständen gehe ich später näher ein. Zum Beleg des oben gesagten mögen folgende Versuche und Zahlen dienen. Es war die Entladung einer Batterie von 15 Quadratfuß Belegung (6 Flaschen), schon alternirend bei nur nothwendiger Schließung, geladen durch eine Maafsflasche, wo die Schlagweite des Funkenmikrometers derselben nur 0,02 Linien betrug; die Ablenkung der Nadel No. 12 *H. et Sohn* war hierbei 120 Mm. Eine geringere Ladung der Batterie war nicht zu erzielen. Bei Einschaltung einer Geißler'schen Röhre mit verhältnißmäßig sehr geringem Widerstande (sehr geringem Drucke etwa 1 Mm.) erhielt ich bei Einschaltung der Maafsflasche folgende Werthe.

Reihe VII. *Maafsflasche, Schlagweite 0,06 Linien, Wider-  
Röhre von ge-*

Anzahl der Batteriefaschen	II		III			IV					
Anzahl der Maafs- flaschen	7	8	8	9	10	9	10	11	12	13	14
Ablenkung des Spiegels	8	1080	10	5	1180	0	0	0	5	10	1110
Lage der Pole	+	+	+	+	+	0	0	0	+	+	+
Erscheinung in d Geißler'schen Röhre	einf.	al- tern.	einfach	al- tern		einfach					al- tern.

Noch auffallender wird dieses rasche Ansteigen der In-  
funkenmesser.

Reihe VIII. *Funkenmesser (6 Batteriefaschen), Nadel Nr. 12  
von gerin-*

Schlagweite des Funkenmikrome- ters	0		0,02	
Ablenkung des Spiegels	0	1160	0	1100
Lage der Pole	0	+	0	+
Erscheinung in der Geißler'schen Röhre	einfach	altern.	einfach	altern.

Bei gröfserer Schlagweite waren die Entladungen stets  
alternirend; die Magnetisirung bei 0,08 und alternirender  
Entladung wurde nicht beobachtet. Eine einfache Entla-  
dung bei gleicher Schlagweite magnetisirt kaum oder gar

Reihe IX. *(6 Batteriefaschen) Maafsflasche, Schlagweite  
Geißler'sche Röhre*

Anzahl der Maafsflaschen	15	16	17	18	20	22	24	25
Ablenkung des Spiegels	0	4	4	5	8	8	8	8
Lage der Pole	0	+	+	+	+	+	+	+

*stand nothwendiger, Nadel No. 12 H. et Sohn. Geifslersche ringem Druck.*

V					VI							
11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22
0	0	0	5	1110	0	0	0	10	5	5	5	1110
0	0	0	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+
einfach				al- tern.	einfach							al- tern.

tensität der Entladungen bei folgendem Versuche mit dem

*H et Sohn. Widerstand nothwendiger, Geifslersche Röhre ringem Druck.*

0,04		0,06		0,80	
5	1160	15	1160	20	?
+	+	+	+	+	?
einfach	alternierend	einfach	alternierend	einfach	alternierend

nicht, während die alternierende die Nadel fast auf das Maximum bringt. Bei der Einschaltung einer Geifslerschen Röhre mit bedeutend höherem Drucke erhielt ich sogar folgende Reihe.

*0,06 Linien. Nadel No. 12 H. et Sohn. Nothwendiger Widerstand. von höherem Drucke.*

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40
1200	610	1080	1160	260	370	570	310	1100	1080	1180	720	440	610
-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+

Die Erscheinungen in der Geifslerschen Röhre waren bis zu 25 Maafsflaschen einfach; bei 26 Maafsflaschen zeigte sich die erste alternirende Entladung, bei der die Nadel gleich negativ magnetisirt und bis zum Maximum ihres Magnetismus gebracht wurde. In allen Fällen, wo dieser Uebergang unter den bisher genannten Verhältnissen stattfand, erfolgten bei Einschaltung des Funkenmikrometers die einfachen Entladungen kaum hörbar, und es wurde ein bedeutender Rückstand bemerkt; war dagegen die Entladung alternirend, so erfolgte sie unter lebhaftem Ge-

Reihe X. *Keine Geifslersche Röhre. 3138 Meter Kupferdraht 1 Mm. dick in 160 Windungen. Nadel No. 12*

Schlagweite des Funkenmikrometers	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Ablenkung des Spiegels	0	5	8	10	12	15	4	25	25	30	35	40	40
Lage der Pole	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Die Entladungen waren bis zu 1,2 Linien Schlagweite sehr schwach alternirend, wie sie in §. 3 Reihe IV von 0,00 — 0,18 beschrieben sind. Die erste alternirende Entladung mit doppelt-negativem Lichte erfolgte bei 1,4 Linien Schlagweite und zeigte auffallender Weise schon eine Schwächung des Magnetismus und zwar völlig constant, wie oft ich auch dieselbe bei dieser Schlagweite wiederholte. So auffallend dieses Factum auch zu seyn scheint, so stimmt dieses doch mit dem oben §. 2 S. 522 erwähnten vollkommen überein. Ein so plötzliches Ansteigen der Magnetisirung findet sich beim Uebergange der ersten schwach alternirenden Entladungen von 0,2 bis 1,4" Schlagweite in die alternirende mit doppelt negativem Lichte nicht, wie es

Reihe XI. *Eine Batterief flasche. Widerstand 3138 Met. Kupfer H. et Sohn. Keine Geifslersche*

Schlagweite des Funkenmikrometers	0,0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8
Ablenkung des Spiegels	10	13	5	15	25	30
Lage der Pole	+	+	+	+	+	+



Die beobachteten Lichterscheinungen waren bei 5,6 Linien Schlagweite der ersten Reihe und 5,2 Linien der zweiten die nämlichen. Nachdem bis zu dieser Schlagweite das negative Licht sich an beiden Seiten der Unterbrechungsstelle gezeigt, und die Entladung kaum hörbar vor sich gegangen, auch ein bedeutender Rückstand bemerkt worden, so war jetzt das negative Licht an beiden Seiten verschwunden. Die Erscheinung war die der kräftig alternierenden Entladung, wie sie in der erwähnten Arbeit von Paalzow beschrieben und mit III 3 bezeichnet sind. Der Rückstand war hier fast Null.

### §. 6.

#### Erscheinungen bei Einschaltung von flüssigen Widerständen mit Geißler'scher Röhre.

Ein von dem Verhalten metallischer Widerstände gänzlich verschiedenes Verhalten zeigten flüssige Widerstände, die in die Schließung eingeschaltet wurden. Als solche dienten stets Mischungen von Wasser und Schwefelsäure vom specifischen Gewichte 1,25 oder 1,30. Es ist mir bei Einschaltung auch nur sehr geringer Widerstände dieser Art mit meinen gewöhnlichen kleinen Silberspiralen nie, und mit einer Spirale aus einem 0,47 Mm. dicken Kupferdraht, der in 2220 Windungen auf eine Glasröhre von 7 Mm. innerem und 9 Mm. äußerem Durchmesser und 63 Mm. Länge in 30 Lagen aufgewickelt war, die Nadel also ungefähr mit 1110 Windungen bedeckte, bei einer Einschaltung der genannten Flüssigkeit, die der Berechnung nach ungefähr einem Viertel des metallischen Widerstandes der Reihe I entsprach, nur einmal gelungen, eine anomale Magnetisirung, der eine bedeutende Schwächung der Intensität voranging, zu erhalten (siehe Reihe XII weiter unten). Bei Wiederholung des Versuches gelang es aber auch hier nicht wieder. Die Behauptung von Davy ist völlig irrtümlich, daß man bei Einschaltung von flüssigen Widerständen keine Magnetisirung mehr erhalte. Dieselbe erfolgt noch bei jeder Einschaltung, wenn die Ladung der Batterie genügend ver-

stärkt wird. Die rücklaufenden, so wie sämtliche der ersten Entladung folgenden Entladungen werden derartig durch eine solche Einschaltung geschwächt, daß ihre Wirkung erst *bedeutend* später, als bei den der Berechnung nach entsprechenden metallischen Widerständen, bei der Magnetisirung zur Geltung kommen kann. Die erste bedeutend über alle folgenden überwiegende Entladung ist bei den folgenden Versuchen stets einer deutlichen Wirkung fähig. Die Zunahme der Intensität der einzelnen Entladungen ist hier noch weit geringer, geschieht noch bedeutend langsamer als bei Einschaltung, der Berechnung nach, bedeutend größerer metallischer Widerstände. So war die Magnetisirung, bei 6 Batteriefaschen und Einschaltung einer Säule der genannten Mischung von 60 Mm. Länge und 1 Mm. Durchmesser in den nothwendigen Widerstand, bei einer Entladung von 160 Maafsflaschen, wo die Kugeln des Mikrometers 0,1 Linie von einander entfernt waren, noch normal. Schon bei 16 Maafsflaschen hatte dieselbe ihr Maximum erreicht und blieb unverrückt auf demselben stehen, obgleich die Entladungen stark alternirend waren. Als Magnetisirungsspirale wurde bei beiden Versuchsreihen die in der Einleitung erwähnte Silberspirale benutzt. Die Nadel war die dünnste Perl-nadel von Dubois. Desgleichen war die Magnetisirung noch normal und betrug das Maximum des magnetischen Momentes der Nadelsorte, obgleich die Entladungen schon stark alternirten, als bei völlig denselben Verhältnissen das Funkenmikrometer eingeschaltet wurde und die Schlagweite desselben bis 3 Linien betrug. Die Entladungen bei Einschaltung geringerer Widerstände dieser Art sind ebenfalls, so lange sie völlig einfach sind, in den gewöhnlichen Silberspiralen nicht fähig den Nadeln einen bedeutenden Magnetismus zu ertheilen. Ich erhielt bei Einschaltung von 10 Millim. der genannten Flüssigkeit (1 Millim. im Durchmesser) bis zu 25 Maafsflaschen einfache Entladungen bei 6 Batteriefaschen. Die Ablenkung des Spiegels betrug jedoch bei der stärksten derselben nur 20 Millim. Die Schlagweite des Funkenmes-

sers der Maafsflasche betrug hier, wie oben, 0,1 Linie; dennoch erhielt ich auch hier noch bis zu 160 Maafsflaschen keinen Zeichenwechsel. Bei Einschaltung gröfserer Widerstände bleiben die Entladungen bis zu immer höheren Ladungen hinauf einfach und die Magnetisirung erreicht ebenfalls bedeutend gröfsere Werthe, doch ist es dann auch um so schwieriger einen Zeichenwechsel zu erhalten. Die Magnetisirung nimmt auch jenseits der einfachen Entladungen noch an Intensität zu und bleibt, nachdem sie ihr Maximum erreicht hat, auf diesem unverrückt stehen. So erhielt ich bei 6 Batteriefaschen, als sich in der nothwendigen Schliessung derselben eine *U* förmig gebogene Röhre von 220 Millim. Länge und 0,144 Linien Dicke (die vertical in die Höhe stehenden Theile derselben hatten trichterförmige Ansätze, in welche zwei Spitzen aus dickem Platindraht, die an die Enden der Schliessung angelöthet waren, eintauchten und mit Wachs an den Rändern befestigt wurden; die Entfernung der verticalen Schenkel von einander betrug 70 Millim.) befand, bis zu einer Schlagweite von 2,40 Linien einfache Entladungen. Die durch diese Entladung magnetisirte Nadel No. 12 *H. et Sohn* ergab eine Ablenkung von 240 Millim., noch lange nicht das Maximum dieser Nadelsorte, da dieses etwa 1200 Millim. beträgt. Bei Anwendung der oben erwähnten Magnetisirungsspirale aus 2220 Windungen Kupferdraht erhielt ich folgende Reihe, als sich aufer diesen noch eine Säule von Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,30 (420 Millim. lang, 3,5 Millim. dick) und eine Geifslers'sche Röhre in der nothwendigen Schliessung einer Batterie von 6 Flaschen befand (15 Quadratfufs Belegung).

## Reihe XII.

*Magnetisirungsspirale von 2220 Windungen des 0,47 Millim. dicken Kupferdrahts, Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,30, 420 Millim. lang, 3,5 Millim. dick. Geißler'sche Röhre, 6 Batteriefaschen.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,00	8	+	einfach
0,02	0	0	
0,04	0	0	
0,06	0	0	
0,08	0	0	
0,10	0	0	
0,12	0	0	
0,14	5	+	
0,16	13	+	
0,18	60	+	
0,20	130	+	
0,22	430	+	
0,24	575 I	+	einfach
0,24	835 II	+	alternierend
0,26	620 I	+	einfach
0,26	835 II	+	alternierend
0,28	850	+	alternierend
0,30	840	+	
0,32	850	+	
0,34	850	+	
0,36	845	+	
0,38	830	+	
0,40	835	+	
0,42	860	+	
0,44	860	+	
0,46	825	+	
0,48	825	+	
0,50	850	+	
0,52	830	+	
0,54	825	+	
0,56	840	+	
0,58	830	+	
0,60	800	+	
0,62	800	+	
0,64	840	+	
0,66	800	+	
0,68	850	+	
0,70	810	+	
0,72	775	+	
0,74	855	+	
0,76	775	+	
0,78	730	+	

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,80	780	+	} alternierend
0,82	720	+	
0,84	815	+	
0,86	745	+	
0,88	730	+	
0,90	840	+	
0,92	710	+	
0,94	695	+	
0,96	50 800 810	- + +	
0,98	680	+	
1,00	835	+	
1,02	830	+	
1,04	810	+	
1,06	765	+	
1,08	765	+	
1,10	800	+	
1,12	860	+	
1,14	830	+	
1,16	785	+	
1,18	765	+	

Es war dieses die nämliche Nadelsorte, wie bei der Versuchsreihe II, jedoch eine neue Sendung, und durchgehends das Maximum etwas höher als die frühere gebend. Die Richtigkeit der Ampère'schen Regel möchte nun wohl auch aus diesen Versuchen hervorgehen, da aus ihnen deutlich erhellt, daß, so lange die Entladungen wirklich normal sind, die Magnetisirung ebenfalls normal bleibt, und daß dieselbe auf ihrem Maximum stehen bleibt, so lange die Entladungen in anomaler Richtung zu sehr geschwächt sind, um eine Schwächung oder wirkliche Umkehrung zu bewirken. Da jedoch bei diesen Versuchen eine derartige Schwächung oder Umkehrung des Zeichens erst sehr spät erfolgte, d. h. die anomalen Entladungen zu bedeutende Schwächungen erlitten, als daß ihre Wirkung klar hervortreten könnte, so habe ich diese Versuchsreihe nicht als Beweismittel in den Vordergrund stellen können.

Wurden die bis zum Maximum magnetisirten Nadeln in umgekehrter Lage einer Entladung ausgesetzt, so erfolgte,

je nach den Umständen, entweder zuerst nur eine Schwächung und erst bei wiederholten Einwirkungen ein völliger Zeichenwechsel, oder war die Entladung stark genug, auch sogleich ein Zeichenwechsel; ein deutlicher Beweis, daß es nur daran liegt, daß die anomalen Entladungen nicht die gehörige Stärke haben, eine Schwächung, resp. Umkehrung, des Zeichens zu bewirken.

Beim Uebergange der einfachen Art der Entladung in die alternirende, bei 0,24 und 0,26 Linien Schlagweite, findet auch hier ein ziemlich bedeutendes Ansteigen der Intensität des Stromes statt, denn war bei 0,24 die Entladung einfach, so betrug die Ablenkung nur 575 Millim., war sie dagegen alternirend 835 Millim., desgleichen bei 0,26 Linien Schlagweite 620 Millim. wenn die Entladung einfach, dagegen 835 Millim. wenn dieselbe alternirend war. Es ist diese Zunahme lange nicht so bedeutend wie dieselbe früher beobachtet wurde, jedoch aus dem einfachen Grunde, daß das Maximum des Magnetismus der Nadel erreicht war, dem die früheren einfachen Entladungen schon bedeutend näher gekommen waren, als vorher durch die kleinen Silberspiralen.

Bei Anwendung der Silberspiralen fand bei diesem Uebergange ein ganz ähnliches Ansteigen statt, wie bei der Einschaltung des nur nothwendigen Widerstandes und einer Geißler'schen Röhre bemerkt wurde (von 20 Mm. Ablenkung bis zum Maximum).

Der Berechnung nach entspricht der Widerstand der Flüssigkeitssäule dieser Reihe XII ungefähr  $\frac{1}{4}$  des metallischen Widerstandes der Reihe I. (Den Widerstand der Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,30 = 60,000 Neusilber, 12 Neusilber = 100 Kupfer und die Länge der Röhre =  $\frac{1}{2}$ , die Dicke derselben = 3 gesetzt, ist die entsprechende Länge des obigen Kupferdrahtes 938 M.). Wie weit also flüssige und metallische Widerstände von einander verschieden sind und wie unmöglich eine Vergleichung derselben bei Leydner-Batterie-Strömen ist, geht klar aus der Vergleichung der Reihe I mit der Reihe XII hervor. Um mir darüber Gewissheit zu verschaffen, ob bei Einschaltung

von flüssigen Widerständen überhaupt nach Perioden, wie sie bei Einschaltung metallischer Widerstände beobachtet wurden, vorkommen, stellte ich folgendes Experiment an. Es wurde die nothwendige Schließung an einer beliebigen Stelle unterbrochen, und an die Enden zwei Platindrähte von 50 Mm. Länge und 0,5 Mm. Dicke angelöthet, diese wurden dann mit geschmolzenem Schellack mehrere Mm. dick überdeckt, und nur die äußersten Spitzen des Drahtes durch Feilen wieder bloßgelegt. Diese so isolirten Elektroden wurden nun ihrer ganzen Länge nach in ein offenes Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure vom spec. Gewicht 1,30 untergetaucht und die Spitzen in einer Entfernung von 30 Mm. von einander befestigt. Als Magnetisirungsspirale diente eine Spirale von 4225 Windungen eines 320 M. langen und 0,27 Mm. dicken Kupferdrahtes, der in 52 Lagen auf eine Glasröhre von 58 Mm. Länge, 6,5 Mm. innerem und 11 Mm. äußerem Durchmesser aufgewickelt war. In der nothwendigen Schließung befand sich noch eine Geißler'sche Röhre von 124 Mm. Länge und 7 Mm. innerem Durchmesser. Die Elektroden der Röhre waren 40 Mm. von einander entfernt. Der Druck in der Röhre betrug etwa 0,5 Linien. Die Batterie bestand aus 6 Flaschen. Die Nadel ist No. 12 *H.* und *Sohn.* Ich erhielt folgende Reihe:

Reihe XIII.

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,00	0	0	} einfach
0,02	0	0	
0,04	5	+	
0,06	10	+	
0,04	30	+	
0,10	260	+	
0,12	280	+	
0,14	625	+	
0,16	985	+	
0,18	1050	+	
0,20	1080	+	
0,22	1250	+	

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
0,24	1250	+	} einfach
0,26	1385	+	
0,28	1240	+	
0,30	1375	+	
0,32	1300	+	
0,34	1300	+	
0,36	1300	+	
0,38	1285	+	
0,40	1160	+	
0,42	1260	+	
0,44	1310	+	
0,46	1120	+	
0,48	260 125	+ -	
0,50	1140 40	+ + +	
0,52	35	-	
0,54	165	+	
0,56	50	+	
0,58	40	+	
0,60	190	+	
0,62	85	+	
0,64	50	-	
0,66	150	-	
0,68	130	-	
0,70	280	-	
0,72	200	-	
0,74	90	-	
0,76	95	-	
0,78	60	-	
0,80	470	-	
0,82	85	-	
0,84	155	-	
0,86	150	-	
0,88	115	-	
0,90	200	-	
0,92	200	-	
0,94	150	-	
0,96	200	-	
0,98	160	-	
1,00	155	-	
1,02	165	-	
1,04	200	-	
1,06	119	-	
1,08	200	-	
1,10	195	-	
1,12	210	-	
1,14	210	-	
1,16	200	-	
1,18	195	-	
		-	} alternierend

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Erscheinungen in der Geißler'schen Röhre
1,20	280	—	alternirend
1,22	240	—	
1,24	220	—	
1,26	190	—	
1,28	200	—	
1,30	270	—	
1,32	270	—	
1,34	210	—	
1,36	210	—	
1,38	250	—	
1,40	230	—	
1,42	215	—	
1,44	245	—	
1,46	220	—	
1,48	290	—	
1,50	290	—	
1,52	280	—	
1,54	125	—	
1,56	170	—	
1,58	285	—	
1,60	205	—	
1,62	300	—	
1,64	270	—	
1,70	125 285 0	— + 0	
1,80	260	—	
1,90	230	—	
2,00	205	—	
2,10	250	—	
2,20	270 20	— +	
2,30	85	+	
2,40	70	+	

Dafs Perioden und Zeichenwechsel auch bei Einschaltung von Flüssigkeiten vorkommen, geht klar aus der vorstehenden Reihe hervor. Die Magnetisirung erreicht hier durch die einfachen Entladungen völlig ihr Maximum und bleibt auf demselben stehen. Die Schwächung beim Auftreten des ersten rücklaufenden Stromes geschieht jedoch auch bei dieser geringen Einschaltung nur so langsam, dafs dieselbe anfänglich kaum bemerkbar ist. Sehr beachtenswerth sind die ungeheuren Schwankungen beim Uebergange einer Periode in die andere. Beim Auftreten der ersten alternirenden Entladung traten an beiden Elektroden in der Flüssigkeit

sigkeit leuchtende Punkte auf, ein solcher war bis dahin nur an einer Elektrode bemerkt worden.

Die Entladung ging, so lange sie einfach, ohne ein hörbares Geräusch in dem Gefäße mit Schwefelsäure vor sich; nachdem jedoch in der Röhre die alternirenden Erscheinungen auftraten und an beiden Elektroden in der Flüssigkeit die erwähnten leuchtenden Punkte bemerkt wurden, erfolgte dieselbe mit Geräusch, welches mit zunehmender Schlagweite auch mehr und mehr zunahm. Bei hohen Ladungen wurden heftige Erschütterungen in der Flüssigkeit bemerkt. Bei diesen Versuchen ist sehr auf eine gute Ableitung der Batterie zu achten, da, im Falle dieselbe nicht sehr vollkommen ist, die Störungen und Schwankungen ganz ungeheuer zunehmen, oft sogar ganze Perioden verschwinden und in ewiges Hin- und Herschwanken der Intensität sowohl als des Zeichens der Magnetisirung übergehen. Dieselbe Reihe wurde nun auch ohne Einschaltung einer Geiffler'schen Röhre wiederholt.

### §. 7.

#### Erscheinungen bei Einschaltung flüssiger Widerstände ohne Geiffler'sche Röhre.

Es wurde statt der Geiffler'schen Röhre, wie sie in dem vorigen Paragraphen bei der Reihe XIII beschrieben wurde, zur Entscheidung über die Art der Entladung das Mikroskop über einer Unterbrechungsstelle, welche durch zwei einander möglichst genäbete Stahlnadeln No. 12 *H. et Sohn* gebildet wurde, aufgestellt. Sonst ward an der Schließung der Reihe XIII nichts geändert.

## Reihe XIV.

*Magnetisirungsspirale von 4225 Windungen; offenes Gefäß mit Schwefelsäure, in welchem isolirte Elektroden 30 Millim. von einander entfernt; Funkenstrecke unter dem Mikroskop; 6 Batteriefaschen, Nadel No. 12 H. et Sohn.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,00	110	+	alternirend
0,02	1160	+	
0,04	1320	+	
0,06	20 770	+ -	
0,08	1010	+	
0,10	1260	-	
0,12	1230	+	
0,14	960	-	
0,16	1020	+	
0,18	330	-	
0,20	250	-	
0,22	1290	-	
0,24	1155	+	
0,26	1170	+	
0,28	1280	+	
0,30	1470	+	
0,32	780	+	
0,34	70	+	
0,36	10	-	
0,38	20	-	
0,40	45	-	
0,42	50	-	
0,44	45	-	
0,46	65	-	
0,48	80	-	
0,50	100	-	
0,52	45	-	
0,54	45	-	
0,56	60	-	
0,58	125	-	
0,60	130	-	
0,62	95	-	
0,64	150	-	
0,66	160	-	
0,68	1410	-	
0,70	90	-	
0,72	115	-	
0,74	190	-	
0,76	100	-	

Schlagweite des Funkennikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,78	120	—	alternierend
0,80	1120	—	
0,82	140	—	
0,84	155	—	
0,86	255	—	
0,88	200	—	
0,90	130	—	
0,92	200	—	
0,94	1760	—	
0,96	930	—	
0,98	170	—	
1,00	730	—	
1,02	850 790	+ —	
1,04	230	—	
1,06	250	—	
1,08	220	—	
1,10	230	—	
1,12	210	—	
1,14	260	—	
1,16	210	—	
1,18	250	—	
1,20	250	—	
1,22	230	—	
1,24	300	—	
1,26	160	—	
1,28	240	—	
1,30	120	—	
1,32	170	—	
1,34	45	—	
1,36	260	—	
1,38	60	+	
1,40	60	—	
1,42	40	+	
1,44	135	+	
1,46	160	+	
1,48	170	+	
1,50	85	+	
1,60	85	+	
1,70	60 130 30	+ + —	

Die Entladungen waren also nach Weglassung der Röhre sämtlich alternierend, ebenso wie bei der Reihe III und IV Paragraph 3 bei Einschaltung von nur metallischem Widerstande. Sehr bemerkenswerth ist die ungeweine lange negative Periode von 0,36 bis 1,36 (1,40) der Reihe XIII, mit Geißler'sche Röhre, von 0,64 bis 1,64 (2,20) ent-

sprechend, so auch sind es die ungeheuern Schwankungen der Intensität der Entladungen, welche sich am meisten beim Uebergange einer Periode in die andere bemerklich machen. So von 0,06 bis 0,36, wo die Magnetisirung bald negativ, bald positiv ausfiel, je nachdem der rücklaufende Strom eine gröfsere oder geringere Schwächung erlitt. Ferner bei 1,02, wo noch mitten in der negativen Periode eine positive Magnetisirung vorkam. Es sind diese Schwankungen ganz dieselben bei der Reihe XIII, wo sich die Geißler'sche Röhre in der Schliessung befand (siehe von 0,48 bis 0,62 und von 1,70 bis 2,20). Die Reihe mit Geißler'scher Röhre unterscheidet sich überhaupt nicht wesentlich von der Reihe ohne Geißler'sche Röhre, nur dafs bei letzterer der Widerstand der Schliessung bedeutend geringer ist, die negative Magnetisirung weit früher auftritt, so wie auch früher eine zweite normale Periode. Die Einschaltung einer Geißler'schen Röhre mit gehöriger Verdünnung hat also auch hier keinen andern Einflufs auf die Entladung als ein bedeutender metallischer Widerstand.

Wurde statt des geringen Widerstandes von Schwefelsäure, wie er in der vorigen Reihe eingeschaltet war, in die nämliche Schliessung eine Alkohol-Säule von 60 Mm. Länge und 7 Mm. Dicke eingeschaltet, so waren die Entladungen, so weit mir eine Steigerung derselben möglich war, sämmtlich einfach. Die Magnetisirung war normal wie die nachstehende Reihe angiebt.

## Reihe XV.

*Keine Geißler'sche Röhre. Funkenstrecke unter dem Mikroskop-Funkenmesser. 6 Batteriefaschen, Alkoholsäule 60 Mm. lang, 7 Mm. dick. Magnetisirungsspirale von 4225 Windungen, wie bei der vorigen Reihe.*

Schlagweite des Funkenmikrometers	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Art der Entladung
0,00	0	0	
0,02	0	0	
0,04	40	+	
0,06	140	+	
0,08	310	+	
1,0	600	+	
1,2	700	+	
1,4	700	+	
1,6	780	+	
1,8	780	+	
2,0	950	+	
2,2	1000	+	einfach
2,4	1040	+	
2,6	1070	+	
2,8	1130	+	
3,0	1130	+	
3,2	1220	+	
3,4	1300	+	
3,6	1300	+	
3,8	1300	+	
4,0	1300	+	
4,2	1300	+	

Diese Entladungen sind anfangs die gewöhnlichen schon oben beschriebenen, deutlich einfachen. Bei den hohen Intensitäten, die dieselben hier erreichen, verschwindet der dunkle Raum fast ganz. Das röthlich positive Licht, so wie das negative schön blau-violette, werden beide fast völlig weiß, schwach rosa gefärbt. Die negative Elektrode fängt an einzelnen Stellen heftig an zu glühen. Diese glühenden Stellen vermehren sich mit zunehmender Stromintensität. Es bilden sich bei häufiger Wiederholung der Entladung an diesen Stellen, starke warzenförmige Erhöhungen, die bei weiterer Steigerung anwachsen, schliesslich abfallen. Diese glühenden Stellen sind von den leuchtenden Punkten, die das Merkmal für das Vorhandenseyn ei-

nes rücklaufenden Stromes sind, wohl zu unterscheiden. Die Richtigkeit der Ampère'schen Regel geht auch aus dieser Reihe deutlich hervor, insofern die Magnetisirung hier stets normal bleibt und mit zunehmender Stromintensität ebenfalls zunimmt, bis sie der Nadel das Maximum des Magnetismus ertheilt, auf welchem sie dann bei weiterer Steigerung stehen bleibt. Die Reihe ist nur für die Darlegung der Wirkung eines rücklaufenden Stromes nicht zu gebrauchen und ward aus diesem Grunde nicht als Beweismittel in den Vordergrund gestellt.

## §. 8.

## Magnetisirung weichen Stahles.

Nach der Ansicht von Savary <sup>1)</sup>, (der jedoch nur über die Magnetisirung weicher Stahladeln durch die geradlinig ausgespannte Schließung spricht) und Hankel <sup>2)</sup> kommt bei Nadeln aus weichem Stahle die bisher besprochene Anomalität in der Anordnung der Pole nicht vor. Hankel <sup>3)</sup> giebt auch eine Erklärung dieser Thatsache, die auf der geringen Coërcitivkraft derselben beruht. Ist nun aber die bisher durchgeführte Erklärung für die Anomalitäten in der Anordnung der Pole die richtige und findet wirklich die Ampère'sche Regel auch bei jeder einzelnen alternirenden Partialentladung ihre volle Anwendung, so scheint

Schlagweite des Funkenmikrometers	0	0,02	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22
Ablenkung des Spiegels	0 <sup>4)</sup>	640	690	782	640	1400	1010
Lage der Pole	0	+	+	+	+	+	+

Dafs ich diesen Versuch mit dem Funkenmesser anstellte, trotzdem mit diesem eine sehr allmähliche und besonders

1) Pogg. Ann.-Bd. 85, St. 3, Jahrg. 1827, St. 3 S. 464 u. f.

2) Pogg. Ann. Bd. 65, St. 4 (d. g. F. Bd. 141, St. 4) Jahrgang 1845, No. 8, S. 556 u. f.

3) Ebendasselbst.

4) Die Entladung war einfach.

mir eben diese leichtere Beweglichkeit der Molecüle, der geringere Widerstand, den dieselben dem richtenden Einflusse der Entladung bei weichem Stahle entgegenstellen, als es beim harten der Fall zu seyn scheint, gerade ein Grund mehr dafür zu seyn, dafs bei ihnen Wechsel in der Anordnung der Pole auftreten müssen, und das Nichtvorkommen solcher bleibt unerklärlich. Freilich ist klar, dafs die Wechsel hier noch weit leichter übersprungen werden, da die Anzahl der auf diese Molecüle wirkungsfähigen Entladungen weit gröfser ist als bei gehärteten Nadeln. Ich suchte, bevor mir Versuche möglich waren, hierin den Grund, dafs die genannten Herren keine Wechsel beobachtet hatten. Jedoch auch bei Einschaltung des allein nothwendigen Widerstandes in die Schliessung einer Batterie von 6 Flaschen, erhielt ich folgende Reihe: Die Magnetisirungsspirale ist die in der Einleitung erwähnte Silberspirale. Nadeln von weichem Stahle verschaffte ich mir, indem ich die gut gehärteten Stahlnadeln von Hemming et Sohn in einem Glühofen bis zum Weissglühen erhitze und allmählich in der magnetischen Ostwestrichtung erkalten liess. Sie waren so biegsam, dafs ich sie nur mit Vorsicht in dem Wachstropfen an der Spitze des Glasstäbchens, vermittelst dessen ich die Nadeln in eine constante und möglichst axiale Lage in der Spirale brachte, befestigen konnte.

0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,56	0,58	0,62	0,66	0,70
940	1040	480	40	580	640	795	220	1000	120	794	760	380
+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+

gleichmässige Steigerung der Stromintensität, auf die es doch hauptsächlich hierbei ankommt, nicht möglich war, wie frühere Versuche gezeigt, geschah aus folgenden Gründen. Aus den genannten Motiven stellte ich meine ersten Versuche über die Magnetisirung weicher Stahlnadeln mit dem Fallapparate und der Maafsflasche an. Der Erfolg war stets im höchsten Grade ungünstig. Niemals erfolgte eine ano-

male Anordnung der Pole; die Nadeln hatten stets einen positiven, doch in Bezug auf die Intensität sehr verschiedenen, unbestimmt schwankenden Magnetismus erhalten. Bald fiel es jedoch auf und wurde mir allerseits bestätigt, daß die Entladungen hier stets mehr oder weniger wie ungeheuer heftig einfache aussahen, mit einer stark alternirenden untermischt. Wie leicht erklärlich waren dieses auf einander folgende Entladungen in verschiedener Entfernung der sich nähernden Kugeln des Fallapparates. Bei sehr behutsamer Annäherung gelang es wohl, sie in so weit zu trennen, daß man sie in ihrer wirklichen chronologischen Aufeinanderfolge sehen konnte: jedoch die nachfolgende einfache, normale gänzlich auszuschließen, gelang auch bei der behutsamsten Annäherung der Kugeln nicht. Dieser Uebelstand scheint mir nun auch der Grund zu seyn, weshalb die früheren Forscher nie eine anomale Magnetisirung erhielten, da dieselben stets mit einer ähnlichen Vorrichtung, wie mein Fallapparat, gearbeitet zu haben scheinen. Da nun aber dieser Uebelstand bei Einschaltung des Funkenmikrometers gänzlich verschwindet, so versuchte ich die Magnetisirung des weichen Stahles mit Einschaltung desselben. Der Erfolg war wie schon oben erwähnt der erwartete. Dieselbe Thatsache bestimmte mich bei späteren Versuchsreihen meist den Funkenmesser anzuwenden.

Wie verschiedenen Perioden die in der obigen Reihe für scheinbar dieselbe Periode erhaltenen Zahlenwerthe angehören, beweist das scheinbar ganz ungesetzmäßige Auf- und Abschwanken derselben innerhalb einer und derselben Periode. Hr. Savary hat die Magnetisirungserscheinungen des weichen Stahles nur bei ansteigender Entfernung der Nadel von der geradlinig angespannten Schließung (wie schon oben erwähnt) beobachtet, und dabei statt der Zeichenwechsel nur noch ein An- und Absteigen der magnetischen Intensitäten der Nadel bemerkt. Ein deutlicher Beweis, daß dieselben, ebenso wie der harte Stahl, der Einwirkung der entgegengesetzten Strömungen unterworfen sind, nur daß die Wirkungssphäre jedes einzelnen Stro-

mes bedeutend vergrößert wird. Die Wirkungen der einfachen Entladungen auf diese weichen Nadeln ist bedeutend stärker, wie leicht erklärlich, als auf Nadeln von hartem Stahle und gleichen Dimensionen. Schon in den gewöhnlichen Silberdrahtspiralen erhielt ich Ablenkungen von 65 Millim. bei gleicher Schließung wie in der Versuchsreihe S. 536 Reihe X, wo die einfachen Entladungen die harten Stahlnadeln bloß bis zu einer Ablenkung von 15 Millim. bei 1,2 Linien Schlagweite gebracht hatten.

### §. 9.

#### Schlussbemerkungen.

Gehe ich nun noch einmal die bisher bei dieser Art der Magnetisirung bekannten Thatsachen durch, so finde ich keine (bis auf die in der Arbeit von Savary <sup>1)</sup> erwähnte, wo Derselbe in verschiedenen Theilen der Schließung, die einen wesentlich verschiedenen Widerstand besitzen, sehr verschiedene Wirkungen auf die über denselben befindlichen Nadeln beobachtete) die sich nicht von diesem neuen Gesichtspunkte aus vollkommen erklärten. Doch etwas dieser von Savary beobachteten Erscheinung völlig Analoges beobachtet man, wenn man drei Geißler'sche Röhren, von denen die mittlere einen bedeutenden, die beiden andern einen sehr geringen Widerstand besitzen, mit einander verbindet und einen ziemlich starken Inductionsstrom durch dieselben leitet. Die Erscheinung in den beiden äußeren Röhren ist alternirend, die in der mittleren einfach normal. Es scheint die mittlere einer Flasche ähnlich zu wirken. Eine Wiederholung des so interessanten Savary'schen Experimentes war mir noch nicht möglich, doch hoffe ich auch dieses Räthsel bei der Fortführung dieser Arbeit lösen zu können. Aehnliche Verschiedenheiten der Magnetisirung, wie sie Savary <sup>2)</sup> bei der Sprengung der Glasröhre mit Quecksilber durch die Entladung bemerkte, zeigen sich auch bei der Magnetisi-

1) Pogg. Ann. Bd. 86, St. 1. J. 1827. St. 5, S. 75 u. 76.

2) Pogg. Ann. Bd. 85, St. 3. J. 1827. St. 3, S. 463 und 464.

rung über der Geißler'schen Röhre. Wurden z. B. über einer solchen, in gleicher Höhe über beiden Elektroden und im mittleren Verlaufe derselben, wo sie jedoch dem Strom bedeutend näher waren, Nadeln No. 12 Hemming et Sohn angebracht, ferner auf einer zweiten Röhre in gleicher Weise Nadeln No. 4 Hemming et Sohn, so ergaben sich vom positiven zum negativen Drahte gerechnet, folgende Werthe der Magnetisirung bei einer Entladung von 6 Batteriefaschen, die mit 80 Maafsflaschen von  $\frac{1}{5}$  Linie Schlagweite des Mikrometers geladen waren.

Nadel No. 12.		Nadel No. 4.	
Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole	Ablenkung des Spiegels	Anordnung der Pole
0	0	0	0
15	+	41	+
20	+	51	+
27	+	45	+
10	+	8	+

Ein anderes nicht weniger merkwürdiges Resultat ergaben zwei Röhren von gleichem Durchmesser unter sonst gleichen Umständen bei einer Entladung von 150 Maafsflaschen gleicher Schlagweite wie oben, als auf beiden Röhren die gleiche Nadelsorte (No. 12 Hemming et Sohn) befindlich war.



Bei der Reihe I hat die Magnetisirung zwei Maxima, das erste über der positiven Elektrode, das zweite auf dem Anfang des letzten Viertels der Röhre, ferner zwei Minima auf der Mitte der Röhre und auf der negativen Elektrode derselben. Bei der Röhre II findet ein Schwanken der Intensität statt; die Magnetisirung über der negativen Elektrode ist aber auch hier wieder schwächer als über der positiven. Ferner ist die Magnetisirung über der zweiten Röhre, trotzdem dieselbe Entladung wirkte, weit stärker als über der ersten. Die Röhren waren beide gleichzeitig hinter einander in die Schließung eingeschaltet, sind jedoch von ungleicher Länge und wohl auch ungleichem Drucke (ich kenne denselben nicht genau, da diese Röhre von Hrn. Geißler selbst verfertigt und dessen Angaben über den Druck und den Stoff der Füllung zu unzuverlässig sind, als daß ich auf dieselben Rücksicht nehmen könnte); daß also bei ungleichem Widerstande in einzelnen Theilen der Schließung, dieselben auch von sehr verschiedener Wirkung seyn können, geht klar aus Allem hervor. Sogar Zeichenwechsel wurden bei Nadeln in der gleichen Höhe über der Röhre beobachtet. Wurden der positive und negative Conductor meiner Maschine mit einander verbunden (es giebt dieselbe an guten Tagen Funken von 8 bis 10 Zoll Länge), so erfolgte in der gewöhnlichen Magnetisirungspirale aus Silberdraht, trotzdem die Entladungen alternierend waren, mit negativem Lichte an beiden Polen usw. keine Magnetisirung; doch erfolgte dieselbe, sobald sich in der Schließung eine Unterbrechungsstelle befand. So ergab die Nadel No. 11 Hemming et Sohn, bei einer Unterbrechung der Verbindung von  $\frac{1}{3}$  Linie, eine Ablenkung von 80 Millim. Die Wirkung der Entladung auf Nadeln von immer größerem Durchmesser ist leicht zu übersehen, wenn man das immer größere Maximum des magnetischen Momentes derselben und die verhältnißmäßig geringere Coërcitivkraft derselben in Anschlag bringt. Man vergleiche die Versuche von Savary <sup>1)</sup>). Die Untersuchungen über den

1) Pogg. Ann. Bd. 86 St. 3; Jahrg. 1827 St. 3 S. 466 u. 467.

Einfluss der Anzahl von Windungen, mit welchen die Magnetisirungsspirale die Nadel bedeckt, sehe ich mich ebenfalls auf die nächste Zeit zu verschieben genöthigt, wo mir einfache Entladungen der Batterie von beliebiger Stärke zu Gebote stehen werden. Eine Wiederholung der hierüber von Hankel <sup>1)</sup> angestellten Versuche ist nach diesen neuen Thatsachen über die Art der Entladung der Batterie und der hieraus nothwendig entspringenden von der früheren Annahme gänzlich verschiedenen Folgerungen für die Magnetisirung des Stahles durchaus nothwendig.

Von Hrn. Savary <sup>2)</sup> ist behauptet worden, dass sich die Wirkung von Entladungen, welche zu schwach sind, die Nadel bis zum Maximum zu magnetisiren, bei Wiederholung der Einwirkung bis zu einem gewissen Grade addiren. Da es aber nun sehr fraglich war, welcher Art die von Savary angewandten Ströme gewesen seyen und mir sehr fraglich schien, ob er dieses Resultat wirklich mit einfachen Entladungen erhalten, die doch allein über diese Frage entscheiden können, so hielt ich eine Wiederholung dieser Versuche für sehr wünschenswerth. Meine Resultate stimmten völlig mit der Behauptung von Hrn. Savary. Der Grad, bis zu welchem sich die Wirkungen der Entladungen summiren, war je nach der Intensität der Entladung sehr verschieden, konnte auch das Maximum des Magnetismus der Nadel seyn. Es zeigte sich, dass es auch Entladungen giebt, die der Nadel das Maximum nicht zu ertheilen vermögen, wie häufig sie auch auf dieselben einwirken. Die Erhöhung des Grades von ertheiltem Magnetismus durch wiederholte Einwirkung der Entladung ist ein deutlicher Beweis für den Einfluss der *Zeitdauer* eines Stromes. Hätten die einfachen Entladungen, deren jede einzeln zu schwach war, der Nadel das Maximum des Magnetismus zu ertheilen, so lange angedauert, als die Summe der einfachen Entladungen, welche nöthig waren, um die Nadel bis zum Maximum zu magnetisiren, so hätte

1) Pogg. Ann. Bd. 69 S. 326 bis 329.

2) Pogg. Ann. Bd. 86 St. 1, Jahrg. 1827 St. 5 S. 83 u. 84.

diese Entladung sie nothwendig ebenfalls bis zum Maximum magnetisiren müssen. Es war die *Zeitdauer* jeder einzelnen einfachen Entladung zu kurz, um das Maximum ihrer Wirkung auf die Nadel ausüben zu können, nicht ihre *Intensität*, da diese doch bei der Wiederholung nahezu die gleiche bleiben *muß*.

So betrug bei einer Versuchsreihe mit dem Funkenmikrometer, dessen Schlagweite 0,1 Linie betrug, bei Einschaltung einer Schwefelsäuresäule von 42 Cm. Länge und 3,5 Mm. Dicke, der Magnetisirungsspirale von 2220 Windungen des 0,47 Millim. dicken Kupferdrahtes und einer Geißler'schen Röhre von sehr geringem Widerstande in die Schließung einer Batterie von 6 Flaschen, die Magnetisirung der Nadel No. 12 Hemming et Sohn zuerst.

125 Mm. +

bei der ersten Wiederholung der Entladung, welcher die Nadel in gleicher Lage ausgesetzt wurde.

980 Mm. +

bei der zweiten Wiederholung.

1110 Mm. +

bei der dritten Wiederholung.

1150 Mm. +

bei fernerer zwanzigfachen Wiederholung erhielt ich keine Steigerung, da das Maximum erreicht war.

Wurde jedoch (ich füge das Folgende hinzu, obgleich es nicht streng hier zur Sache gehört, da diese Versuche noch manchen interessanten Blick in die Wirkungsweise der Entladung auf die Magnetisirung gestatten) dieselbe Nadel, nachdem sie auf die angeführte Weise bis zum Maximum magnetisirt war, in umgekehrter Lage derselben Entladung ausgesetzt, so erfolgte zuerst eine Schwächung bis zu:

700 Mm. +

dann aber gleich bei der zweiten Einwirkung eine völlige Umkehrung des Magnetismus bis zum negativen Maximum.

1110 Mm. —

es wurde dieser Magnetismus durch eine sechsmalige Wiederholung der Einwirkung weder weiter erhöht noch nahm derselbe an Intensität ab.

Wurde nun diese selbe Nadel (1110 —) in der ursprünglichen Lage der gleichen Entladung ausgesetzt, so erfolgte sofort eine Umkehrung der Pole, die Nadel war wieder bis zum Maximum mit normaler Lage der Pole magnetisirt.

1150 Mm. +

hierauf wieder in der zweiten Lage magnetisirt, ergab sie gleich nach der ersten Entladung eine Ablenkung von:

1110 Mm. —

desgleichen, bei abermaliger Umkehrung der Lage, von Neuem:

1150 Mm. +

Die Uebereinstimmung dieser Resultate mit den schon bekannten Magnetisirungsgesetzen durch Volta'sche Ströme und directe magnetische Einwirkungen ist auffallend. Ich finde somit nach dieser Wiederholung der Versuche über die Magnetisirung durch reibungs-elektrische Ströme keine einzige Anomalität mehr oder wesentliche Verschiedenheit von der Magnetisirung durch Volta'sche Ströme. Es befolgt, so bald man Rücksicht auf die entgegengesetzten Richtungen der Partialströmungen der Entladung der elektrischen Batterie nimmt, die Magnetisirung hier ganz die nämlichen Gesetze, wie bei der Erregung durch galvanische Ströme. Ich hoffe somit die Ampère'sche Regel in ihr unumstößliches Recht, welches ihr hier so lange vorenthalten geblieben, eingesetzt zu haben.

Auf die Magnetisirungserscheinungen bei geradlinig ausgespannter Schließung und ansteigender Entfernung der Nadeln von derselben gehe ich in der folgenden Arbeit näher ein, da zu denselben weit bedeutendere Elektrizitätsmengen nöthig sind, als sie mir bis jetzt zu Gebote standen.

Es erklären sich übrigens schon durch das bis jetzt Gefundene die von Savary erwähnten Thatsachen fast vollkommen. Es möchte vielleicht auch aus dieser Arbeit klar hervorgehen, daß *alle* Umstände, bei welchen die in dieser Arbeit erwähnten Anomalitäten der Magnetisirung vorkommen, auch »für die elektrische Seite der Erscheinung« von *wesentlichster* Bedeutung sind und die Bearbeitung dieses Themas nicht allein »für einen Aachner Nähfadelfabrikanten von Interesse ist.«

---

## II. *Untersuchungen über mehrere Erscheinungen bei der Lichtpolarisation; von Hrn. H. Fizeau.*

(Schluß von S. 492.)

---

### Zweiter Theil.

Ich lenkte neuerlich die Aufmerksamkeit der Akademie auf gewisse Polarisationserscheinungen bei dem Lichte, welches von hellen auf Spiegel gezogenen Furchen oder von sehr schmalen Spalten ausgeht. Diese Erscheinungen schienen mir ein besonderes Interesse darzubieten, weniger wegen der Neuheit einiger derselben, als wegen der Schwierigkeit sie zu erklären, wenn man sie auf verschiedene allgemein bekannte Mittel zur Polarisation des Lichtes bezog.

Ich erlaube mir heute den schon beigebrachten Thatsachen noch einige hinzuzufügen, und zu versuchen aus der Gesamtheit derselben eine Erklärung abzuleiten, die in ihrem Detail ohne Zweifel sehr unvollständig ist, deren Princip aber, da es auf gewissen bekannten Eigenschaften der Reflexion und der Interferenz der Lichtstrahlen beruht, vielleicht mehr gesichert erscheinen wird.

Die früher beschriebenen Erscheinungen haben gezeigt, daß sehr feine Furchen, einzeln oder vielfach auf eine reflectirende Fläche gezogen, ein specielles Polarisationsver-