

Der
Rückstand der Leidener Batterie

als
Prüfungsmittel für die Art der Entladung.

Eine zur Erlangung der
Magisterwürde
verfasste und
mit Bewilligung der Hochverordneten
Physico-mathem. Facultät der Kaiserl. Universität zu

DORPAT

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmte

Abhandlung

von

Arthur von Oettingen.

DORPAT.

Gedruckt bei E. J. Karow, Universitäts-Buchhändler.

1862.

Der Druck ist gestattet und die gesetzliche Anzahl von Exemplaren der Censurbehörde abzuliefern.

Dorpat, den 29. Mai 1862.

Dr. C. Schmidt,

No. 27.

d. Z. Prodecan der Physico-mathem. Facultät.

(L. S.)

D24580

*Der Rückstand der Leidener Batterie als Prüfungsmittel für die Art der Entladung;
von A. von Oettingen aus Dorpat.*

Wird eine Leidner Batterie entladen, indem man einen Draht mit den beiden Belegungen derselben in Berührung bringt, so verschwindet nach Kohlrausch's Bezeichnung die disponible Ladung ¹⁾. Hat man darauf die Innenseite der Batterie isolirt, so findet man dieselbe nach einiger Zeit wieder geladen, und diesen Theil der ursprünglich vorhandenen Elektrizitätsmenge hat man den »verborgenen« oder »wiederauftretenden« Rückstand ¹⁾ genannt. Von diesem soll indess in der Folge nicht die Rede seyn, sondern blofs von demjenigen Rückstande, den man gleich nach Entladung der Batterie durch eine Luftstrecke in derselben vorfindet. Nachzuweisen, in wie weit dieser ein wesentliches Merkmal für die Art der Entladung darbietet, ist die Aufgabe nachfolgender Betrachtungen.

Savary ²⁾ war der erste, der durch seine Versuche über Magnetisirung von Stahlnadeln zur Annahme alternirender Ströme geführt wurde. Seine nur andeutungsweise mitgetheilten Vorstellungen wurden neuerdings von Feddersen ³⁾ und Paalzow ⁴⁾ als richtig erwiesen.

Ersterer bediente sich des Wheatstone'schen rotirenden Spiegels, letzterer der evacuirten Geißler'schen Röhre.

1) Pogg. Ann. Bd. XCI, S. 61.

2) Pogg. Ann. Bd. X, S. 100 bis 104.

3) Pogg. Ann. Bd. CVIII, S. 197. Bd. CXII, S. 452. Bd. CXIII, S. 439.

4) Pogg. Ann. Bd. CXII, S. 567 und Berl. Monatsber. 1861.

Ich hatte das Glück, die letzterwähnte Arbeit entstehen zu sehen, indem mein verehrter Freund, Hr. Dr. Paalzow, mir nicht allein die Gelegenheit darbot, allen seinen Untersuchungen beizuwohnen, sondern mich selbst auch zu Forschungen auf demselben Gebiete anregte. Wir haben gemeinschaftlich zahlreiche Beobachtungen angestellt über das Laden der Batterie mit Inductionselektricität, worüber bei einer andern Gelegenheit Mittheilungen gemacht werden sollen.

Nachher habe ich dasselbe Kapitel allein zu untersuchen unternommen und entdeckte dabei, als ich die Selbstentladung der Batterie durch das Inductorium untersuchte, das Vorkommen negativer Rückstände bei positiv geladener Batterie.

Dr. Paalzow, der schon früher bei der Entladung der Batterie negative Rückstände gesucht, aber nur zweifelhaft gefunden hatte, gab mir den Rath, bei der Ladung der Batterie mit der Elektrisirmaschine den Schließungsbogen ähnlich wie den des Inductoriums einzurichten.

Da ich jetzt nicht allein bei solchem, sondern auch bei anders beschaffenem Schließungsbogen häufig negative Rückstände fand, so benutzte ich dieselben, um Fragen über die Entladung der Batterie, mit deren Bearbeitung Dr. Paalzow zum Theil noch nach andern Methoden beschäftigt ist, mit beantworten zu helfen.

Einer noch nicht gedruckten Arbeit von Dr. R. v. Liphart über die Magnetisirung von Stahlnadeln muß ich noch erwähnen, die derselbe, gestützt auf die Merkmale der Art der Entladung, wie sie Dr. Paalzow gegeben, auf die Aufforderung des letzteren hin unternommen hat, aus welcher ich hier nur das Resultat anführe, daß eine sogenannte anomale Magnetisirung nie bei einfachen Entladungen vorkam.

Ueber den Rückstand der Batterie liegen nur wenig Beobachtungen vor. M. van Marum¹⁾ erwähnt, daß ein

1) M. v. Marum: *Eerste Vervolg der Proefneemingen, gedaan met Teyler's Electrizeer-Machine. Haarlem 1787, p. 9.*

Theil der Ladung zurückbleibe, wenn ein Stück des Schließungsbogens geschmolzen wird. Messende Versuche sind meines Wissens zuerst von Riefs ¹⁾ angestellt worden, welcher fand, daß der Rückstand bei metallischem Widerstand kleiner ist, als wenn destillirtes Wasser in den Schließungsbogen eingeschaltet wird. Ganz dieselben Versuche wurden neuerdings von Rijke ²⁾ wiederholt. Feddersen ³⁾ behauptete ferner, daß der Rückstand im Verhältniß zur ursprünglichen Ladung bei sehr großem Widerstande mit der Schlagweite zunehme.

Ich habe in den nachfolgenden Versuchen das Galvanometer zum Messen der Rückstände angewandt, und war dadurch im Stande, sehr genau den Werth derselben zu ermitteln. Ich will indess vorher in Kürze die leitenden theoretischen Begriffe über den Verlauf einer alternirenden Entladung voranschicken, an welche die nothwendigen Bezeichnungen angeknüpft werden sollen.

Helmholtz ⁴⁾ war der erste, der theoretisch die Nothwendigkeit einer solchen Elektricitätsbewegung aussprach. Nachher haben Thomson ⁵⁾ und allgemeiner Kirchhoff ⁶⁾ die Aufgabe mathematisch behandelt.

Betrachtet man die auf der innern Belegung während der Entladung der Batterie vorhandene Elektricitätsmenge q als eine Function der Zeit t , und sieht von dem Vorgange auf dem Schließungsbogen ab, so läßt sich, übereinstimmend mit den Resultaten der beiden genannten Mathematiker, für eine alternirende Entladung folgende Gleichung aufstellen:

$$q = Q \cdot e^{-ht} \left(\cos \frac{2nt}{\theta} + \frac{h\theta}{2n} \sin \frac{2nt}{\theta} \right),$$

wo Q die Ladung der Batterie bei Beginn der Entladung zur Zeit $t = 0$ ist. θ , die Dauer einer Alternation, und h

1) Lehre von der Reibungselektricität Bd. II S. 576 634 646.

2) Pogg. Ann. Bd. CXIII S. 327.

3) Pogg. Ann. Bd. CIII S. 82 ff.

4) Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847 S. 44.

5) Philosoph. Magazine, Juni 1853.

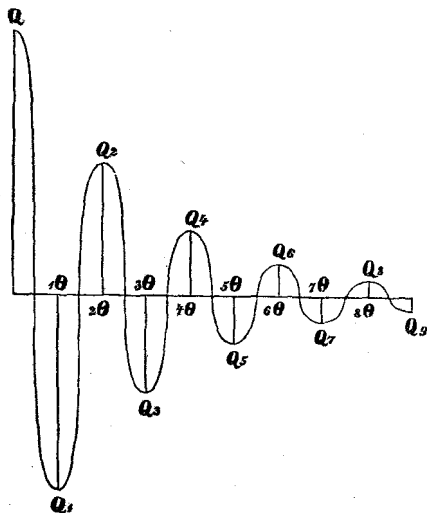
6) Pogg. Ann. Bd. 100 S. 193 und Bd. 102 S. 529.

sind Zahlen, die irgendwie von den Constanten des Schließungsbogens und der Batterie abhängen mögen. Jedesmal, wenn t ein Vielfaches von θ erreicht, ist $\frac{dq}{dt} = 0$. Die gleichzeitigen Werthe von q sind alsdann ihrem absoluten Werth nach Maxima, und zwar positiv oder negativ, je nachdem n gerade oder ungerade. Bezeichnen wir dieselben mit $Q, Q_1, Q_2 \dots Q_{n-1}, Q_n$, so ist

$$Q_n = (-1)^n \cdot e^{-nh\theta} \cdot Q = m^n \cdot Q,$$

wo also $m = -e^{-h\theta}$ gesetzt ist. Beistehende Figur giebt

Fig. a.



uns ein Bild dieser Entladung, wo die Zeit t als Abcisse, und q als Ordinate aufgetragen ist.

Der Theorie nach ist n , die Anzahl von Alternationen, streng genommen, unendlich. Im Experiment ist aber stets eine Funkenstrecke im Schließungsbogen, wodurch die Entladung schon früher unterbrochen wird. Da die Entladung in der Schlagweite überhaupt immer

unvollständig ist, so kann es keinen Irrthum veranlassen, wenn ich solche Entladungen, die bei einem dem Coëfficienten n entsprechenden Maximum einer Alternation abbrechen, „vollständige“ einfache oder alternirende Entladungen nenne, im Gegensatz zu solchen „unvollständigen“, wo die Entladung in irgend einer Phase zwischen zwei Maximalwerthen Q_{n-1} und Q_n aufhört. Beispielsweise wäre eine vollständige einfache Entladung diejenige, die von der Zeit $t = 0$ bis $t = \theta$ gedauert hat und wo der Rückstand $-Q_1$ beträgt, eine unvollständige zweifache eine solche, die innerhalb der zweiten

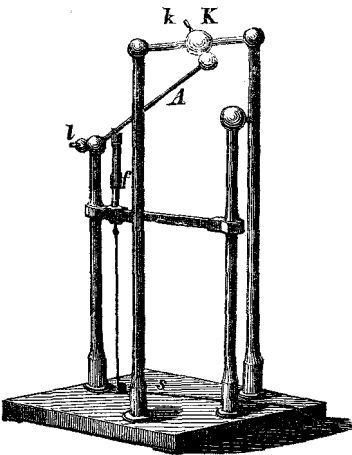
gewandten Mikrometer, das in Millimeter getheilt war, besser verglichen werden konnten.

Die Batterie bestand aus acht vom Mechanicus Herrn Sauerwald gearbeiteten Flaschen von 0,25 □ Meter Belegung, die durch dicke Kupferstangen mit einander verbunden waren. Da die Zusammenstellung mehrerer Flaschen stets in derselben Art geschah, so gebe ich die Capacität derselben summarisch an:

Flaschenzahl	Capacität
1	1,00
2	2,14
4	4,09
8	8,05

An der äußeren Belegung war die Erdleitung *E*, ein Kupferdraht, der zu den Gasröhren des Hauses führte, an

Fig. c.



gebracht. In einem zweiten Schließungsbogen war ein Entladungs- oder Fallapparat, ähnlich wie ihn Riefs ¹⁾ beschrieben hat und ein Galvanometer bei *T* eingeschaltet. Der Entladungsapparat ist in nebenstehender Figur besonders abgebildet. Senkrecht zur Bewegungsebene des Fallarms *A* hat Dr. v. Liphart einen Galgen aus Glasstäben aufsetzen lassen, der in der Mitte eine Metallkugel *K* mit Befestigungsschraube *k* trägt. Eine mit einer

Hülse umgebene Feder *f* drückt den Arm *A* gegen *K*. Ein Draht verbindet den Conductor *C* (Fig. a) der Elektrisirmaschine mittelst der Schraube *k* mit dem Fallarm, ein anderer kurzer Draht wurde am Knopf der Batterie und der Klemm-

1) Lehre von der Reibungselektricität. I., §. 365, siehe auch v. Marum: *Tweede Vervolg der Proefneemingen, gedaan met Teyler's Electricizer-Machine.* 1795 S. 203 bis 205 und Taf. V.

schraube l befestigt. So wird die Batterie durch den Fallarm selbst geladen. Sobald die Entladung durch die Funkenstrecke F im Hauptschließungsbogen gehört worden, wurde mittelst der Schnur s (Fig. c) der Arm A gesenkt, hiermit der Conductor ausgeschlossen, und die Elektrizitätsmenge des Rückstandes durch den Ausschlag am Galvanometer G gemessen. Letzteres verdanke ich der Güte des Hrn. Dr. Paalzow. Zwei Drahtspiralen, von je 8,6 Meter Länge aus gut isolirtem, 1^{mm},3 dickem Telegraphendraht, in je 36 Windungen gewickelt, umgeben den kupfernen Dämpfer von 58^{mm} Durchmesser, innerhalb welches ein magnetischer Stahlspiegel an einem Coconfaden hängt. Mittelst Fernrohr und Scale, die in einer Entfernung von 2,3 Meter vom Spiegel entfernt standen, wurden die Ablenkungen des letzteren gemessen, so daß 1^{mm} der Scale einer Winkelbewegung des Spiegels von 44 Bogensekunden entsprach. Die Aufstellung dieser Apparate blieb in der ganzen Reihe der nachfolgenden Untersuchungen unverändert. Der Ausschlag des Galvanometers ist nach Weber¹⁾:

$$= -a \int_0^T i dt,$$

wo $i dt$ die in der Zeit dt durch einen Querschnitt des Schließungsbogens fließende Elektrizitätsmenge ist. Mithin wird, welche Function der Zeit i auch seyn mag, die Ablenkung

$$A = -a \int_0^T i dt = -a \int_0^T \frac{dq}{dt} dt = a(Q - R),$$

wenn R der Rückstand der Batterie zur Zeit T ist. A , Q und R sollen stets auf dieselbe Einheit bezogen werden, nämlich auf diejenige Elektrizitätsmenge, die dem Magnet-

1) Elektrodynamische Maafsbestimmungen 1846 S. (78) 286, und Riefs, Lehre von der Reibungselektricität Bd. I §. 502 bis 526. Die ersten Versuche über die Ablenkung der Magnetnadel durch Reibungselektricität rühren von Colladon (Pogg. Ann. Bd. 8 S. 336) und Faraday (Pogg. Ann. Bd. 29 S. 284). her.

spiegel eine Ablenkung von einem Millimeter der Scale ertheilt; dann ist $A = Q - R$.

Aus einer einzelnen Rückstandsbeobachtung läßt sich nur selten die Art der Entladung beurtheilen; deshalb mußte stets bei einem bestimmten Widerstande eine ganze Versuchsreihe mit allmählich veränderter Schlagweite angestellt werden. Ich will mit den Beobachtungen beginnen, die die sichersten Schlüsse gestatten und demgemäfs zuerst spiralförmige metallische, dann geradlinige Drähte und zuletzt flüssige Widerstände im Schließungsbogen betrachten. Schließlich werde ich nachweisen, daß man mit Hülfe des Galvanometers unter allen Umständen die Ladung der Batterie genau ermitteln kann.

I. Metallische Widerstände.

A. Spiralen.

In den nachfolgend zusammengestellten Versuchsreihen, die an verschiedenen Tagen angestellt wurden, findet man die Dimensionen der Widerstände verzeichnet.

(Hier folgt die Tabelle.)

Rückstände der Batterie in ihrer Abhängigkeit von dem Widerstande, der Schlagweite und der Batterieoberfläche.

D. Schlagweite. Mm.	1. Widerstand = 60000 Meter Kupferdraht, 0 ^{mm} ,2 dick mit Eisenkern.									2. Widerstand = 60000 Meter Kupferdraht, 0 ^{mm} ,2 dick.									3. Widerstand = 5200 Meter, 0 ^{mm} ,2 dick.							
	a			b			c			a			b			c			a		b					
	4 Fl.			2 Fl.			1 Fl.			4 Fl.			2 Fl.			1 Fl.			2 Fl.		1 Fl.					
0,05	+ 3	+ 3	+3	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+1	+1	+1	+ 2	+ 2	0	-0,6	+1,7	+0,3	+0,3	+0,2	+0,3	0	+0,5	+0,7	+0,5	+0,5		
0,09	+ 3,5	+ 3,5		+ 1,5	+ 1,3		+ 2	+0,5	+1		- 7	- 1,1	-0,9	-1,2	-0,9		-0,6	+0,3	-0,7	- 0,5	- 1	-1,7	-1,3	-0,7		
0,18	+ 3	+ 4	+4	+ 2,3	+ 2,5		+ 2,3	+2	+2		- 2,1	- 2,1		-1,2	-1,2		-0,6	-0,7		+ 1,5	+1	II	+2	+1,5	0	
0,27	0	+ 0,5	+4,5	+ 1	+ 2,7		+ 1	+1,5	+1,7		- 3,8	- 4,5		-2,0			-1,1	-0,9		+ 0,5	-3	+1,3	+1,7	+1,5		
0,36	- 1,7	- 2		0	0		+ 1	+1			- 4,6	- 3,4		-2,9	-2,9		-1,2	-0,8		+ 2,5	+1		+2	+1,5		
0,45	- 2,5			- 1	- 1,3		+ 0,5	+1	+1		- 5,1	- 6,0		-2,4	+0,1	II	+0,2	+0,2	II	+ 4	+3		+2			
0,54	- 4,5			- 1,5			0	0			+ 1,9	- 0,5	II	+0,6	+1,8		+1,0	+1,1		+ 4	+3		+0,5	+4	+4	
0,63	- 7	- 9		- 1,5	- 2,5		0	-0,5			+ 0,5	- 8,0		+1,4			+0,9	+0,6		+ 4	+3,8		+3	+2,5		
0,72	-11			- 3,7	- 4		- 1				+ 2,5	+ 3		+2	+3		+2,0			+ 0,7	+5		0	+0,5	III	
0,81	-12			- 6			- 2				+ 3			+2			+1,5			+ 2	+5,5	+6	0	0		
0,90	-14			- 6			- 1,5	-1,7			+ 1	+ 2,5		+3			+1,8			+ 1	+7,5	+7	III	-1	-0,5	
0,99	-15			- 7			- 1	-2			+ 2			+2,7			+1,8			0	+1		-0,5	0		
1,08	-16			- 7			- 2	-2			+ 2,5			+2,9			+2,0			+ 1	+0,5		-2	+1	-1,5	
1,17	-17			- 7,5			- 3,0	-3,0			+ 3	+ 3		+3,5	+3,7		+2,2			- 1	+1,5	0	-1,3	-1	-2	
1,35	0	+ 0,5	II	- 8	- 8		- 3,5	-4			+ 3			+4			+2,5	+2,7		- 2	-2		-1	+1,5	+0,7	IV
1,53	+ 2,5			- 0,5	+ 1	II	- 3,5	-4			+ 5,5			+5			+3,0			- 2,5			+2	+2		
1,71	+11			+ 2			0	-1	II		+ 7			+5,5			+3,5			- 4	-3,5		+2	+2,5		
1,89	+14			+ 3			+ 1	0	-1		+ 7,3	+ 8		+6,5			+3			- 4			+4			
2,07	+16			+ 7	+ 8		+ 1	+1,5			+ 9			+8			+3,2	+4		+ 2		IV	+4			
2,25	+18			+ 8			+ 1,5	+1,5			+ 9,5			+7			0	-0,5	III	+ 3			+5			
2,47	+20			+10			+ 4	+5			+11			+8,5	+9		-0,5			+ 3,5			+5,5			
2,70	+24			+12			+ 6				+11,7			+8,5	+7,5		-1,2			+ 5			+1,5	+6		
2,92	+26			+14			+ 6				+13			+0	+0,4	III	-1,2			+ 7			+6,5	+2		
3,15	+31			+16			+ 7				+13,8			+0,7	+0,3		-1,4			+ 8	+4		+2,5			
3,37	+34			+17			+ 8				+14,8			-0,5	-0,5		-1,2	-1,6		+ 9,5			+1,5			
3,60	+36			+19			+ 9,5				+16,0			-0,8			-2,2			+11			+1,5			
3,82	+38			+19	+19		+ 9,5				+17,5			-1,6			-2,4			+12		V	0			
4,05	+39	+40		- 2	+20	+23	- 6	+2	-4		+18,3			-1,9			-2,4	-2,8		+ 7			-0,5		VI	
4,27	+43			+24	+ 2		+ 6	+4			+18,0			-2,7			-2,2			+ 5,3			+0,5	0		
4,50	+45			+24			+11	+9	0		+ 5	+19	III	-3,0			-1,6	-2,2		+ 6,5			+3			
4,72	+48			- 2		III	- 0,5	0	III		+ 4		III	-2,8			+0,5		IV	+ 8			+3,9			
4,95	+10		III	- 3,5			- 3				+ 3,5			-3,0			0	+1								
6,30				- 7			- 3,5				+ 0,5			-5			+3	+3								

Rückstände der Batterie in ihrer Abhängigkeit von dem Widerstande, der Schlagweite und der Batterieoberfläche.

D. Schlagweite. Mm.	4. Widerstand = 3100 Meter, 0mm,2 dick.				5. Widerstand = 1500 Meter, 0mm,2 dick.				6. Widerstand = 32 Meter, 1mm,3 dick.													
	a		b		a		b		a		b		c		d							
	4 Fl.		2 Fl.		4 Fl.		2 Fl.		8 Fl.		4 Fl.		2 Fl.		1 Fl.							
0,03					+0,6	+0,4	+ 0,3	+0,3	+2,5	-0,8	-0,4	+0,4	-0,3	-0,2	+0,7	+0,4	+0,2	+0,2	+0,2			
0,06	+ 1	+0,5	+0,5	+0,5	-0,6	-0,5	- 0,3	-0,2	+2,2	-0,5	+0,3	+1,4	-0,2	-0,8	+0,3	+0,3	-0,2	+0,4	0	-0,1		
0,09	- 1	0	0	- 1	0	0	II	0	-0,1	II	+3,2	+2,0	+0,0	+2,0	+1,0	0	+1,2	+0,5	0	0	0	0
0,18	+ 2,5	+1,7	+2	II	+1,5	+2	II	+1	+1	+ 0,5	+1,5	+3,8	-1,8	+0,7	+2,0	-0,1	-0,2	+1,0	+0,5	0	+0,6	+0,3
0,27	+ 1	+4	+2	+3	+2,5	+4	+4,5	+ 2,5	+2	III	+4,5	-1,4	-1,5	+2,1	-0,2	-0,2	+1,4	+1,3	+0,1	+0,6	+0,6	
0,36	+ 2	+2,5	+2	+2	+1,5	0	-0,3	III	0	+1	+4	-1,6	-1,0	+2,5	-0,8	-0,4	+1,4	-0,3	+0,1	+0,6	+0,6	0
0,45	+ 3,8	+3	+3	+2,5	+1,0	-2,5	- 0,3	-0,1	+5,0	-1,7	-1,5	+2,7	+2,6	+1,5	-2	0	+0,7	+0,8	0			
0,54	+ 4	+5	+1	+4	+3	+3,5	+5	IV	+ 1,3	+2,5	IV	+5,5	+4,6	+2,6	0	+1,6	+1,5	+0,7	+0,1	0		
0,63	+ 6,5	+5,5	+1,5	+0,5	+1	III	+5	+5	+ 2	+2,5	+4,8	-0,6	-0,2	+2,8	-0,1	0	+1,6	-0,1	0	+0,8	+0,6	
0,72	+ 1	+1,6	III	0	0	+6	+4,5	0	0	V	+0,2	0	+3	+2,7	+2	+1,6	+1,2	+0,6				
0,81	- 1,5	-2,2	-3	0	+0,5	+5,5	0	V	+ 0,5	0,9	+0,1	0	0	+2,6	+0,1	+1,6	+1,6	+0,8	+0,7			
0,90	- 1	+1	-2	-0,5	-0,5	+1	+1	- 1,0	-1,5	+6	+6	-5,1	+3,1	+2,9	+1,8	+1,7	+1,6	+0,8				
0,99	- 1	-1	-1,5	-1	+0,5	+0,1	- 0,7	0	0	0	0	+3,0	0	+1,8	+0,7							
1,08	- 2	-2,5	-1	-1	-0,6	-2,3	- 1,0	-1,5	+5,3	+1,0	+3,2	+3	+1,8	+0,5	+1	+0,5						
1,17	- 4	-2,5	-0,5	+1,5	IV	-1	-0,3	VI	+ 1	-0,5	VI	+1,5	+3,5	0	+0,8	+0,5						
1,35	- 2,5	+1	IV	+1,5	+2,5	+1	+1,7	VI	+ 3	+3	+7	+0,5	+4	+1	+2	+2	+0,5	+1,0	+1,0	+0,1		
1,53	+ 1,5	+1,5	+2	+2	+2,3	+1,5	+ 3	+4	+3,1	+2,2	+4	+1	+1	+2,7	+1,1	+1,3	+1,1					
1,71	+ 3	+3,5	+3	+3,5	+5	+4	VII	+ 4	+3,5	+2,7	+5	+1	+2,4	+1,3	+1,3	+1,1						
1,89	+ 5	+3	+4	+3	-1,3	-0,3	VII	+10,3	+0,5	VII	+2,7	+4,5	+1	+2,7	+1,3							
2,07	+ 7	+5,5	+2	+4	-1	-1	- 2	-0,7	+7,5	+7,5	+3	+4,8	+1	+2	+0,8	+1,8	+0,6					
2,25	+ 7	+4,5	-0,1	+0,5	VIII	+ 1,4	+1,7	VIII	4,9	+5	+0,9	+1	+1,6	+0,5								
2,47	+ 8	+6	+5	V	+1,5	+0,5	+ 2,3	+ 2,0	+2,0	+2,3	+1	+2,0	+0,9									
2,70	+10	+1	+3	V	+1	+1	+ 3	+4	+5	+1	+1,5	+2	+1,9									
2,92	+ 1	+5	+2	VI	+5,5	+ 4	+ 2,8	+1,5	+1,0													
3,15	+ 2,5	+2,5	+8	+ 3	+4	+5,3	+2	+3,0	+1,7	+1,0												
3,37	+ 6	+4	+7,5	+ 1,5	+2,5	IX?																
3,60	+10	+6	+5,5	IX	+ 2,5	+5	+2,3	+2														
3,82	+ 0,5	0	+2	+3	VIII	+5	+2	+1	+2	+2												
4,05	+ 4	+0	+5	+ 2	+2	+2	+2	+2	+2													
4,27	+ 4	+4	+5	+ 1,5	+1,7	+2,2																
4,50	+5	+4	+4	+ 1	X?																	
4,95	+ 8	+6	+4	+ 1	X?																	
5,40	+0,5	+0,1	+ 3	+2,2																		
6,30	+4	X?	+ 3,5	+2																		

Die Rückstände befolgen, wie man sieht, einen eigenthümlichen periodischen Gang. Sie beginnen bei der kleinsten Schlagweite mit positiven Werthen, welche allmählich kleiner werden, durch 0 hindurchgehend das negative Zeichen annehmen, und nachdem sie ein Maximum erreicht, mit einem plötzlichen Sprung das Zeichen wechseln, dann wiederum bis zu einem Maximum ansteigen, wonach eine dritte Periode mit negativen Rückständen beginnt u. s. f., bis bei kleineren Widerständen der Gang undeutlich wird und die Maxima, nach welchen stets *der Eintritt einer neuen Periode* mit einer römischen Ziffer bezeichnet wurde, nicht mehr mit Sicherheit unterschieden werden können.

Legen wir die in der Einleitung vorgebrachte Anschauung für den Verlauf ¹⁾ einer alternirenden Entladung unserer Betrachtung zu Grunde, so läßt sich sehr einfach der Zusammenhang dieser Beobachtungen erkennen.

Bleiben wir zunächst bei der ersten Periode der Columne I stehen, so beweisen uns die verhältnißmäfsig grofsen negativen Rückstände, dafs die Entladungen bei dem ersten, oder dem dritten, oder allgemein in der Nähe eines ungeraden Maximums von q abgebrochen sind. So lange der Gang der Rückstände *stetig* verläuft, wie wir es *innerhalb einer Periode* sehen, *ändert sich auch nicht die Anzahl von Alternationen*; bei dem plötzlichen Sprung dagegen hat die negative Ladung, die bisher in der Flasche geblieben war, jetzt bei der vergrößerten Schlagweite eine entsprechend höhere Dichtigkeit erreicht, so dafs eine Bewegung der Elektrizität in der vorbergehenden entgegengesetzten Richtung, d. h. *eine neue Alternation beginnen kann*. Es würde mithin einer geraden römischen Zahl der Beginn einer geraden Anzahl von Alternationen entsprechen.

Vergleicht man die in irgend einer Verticalcolumne

1) Nach der physikalischen Hypothese von einem einzigen elektrischen Fluidum ist es leichter, sich den Vorgang zu versinnlichen. Es sinkt die Batterie bei der ersten Alternation um Q_1 unter diejenige Elektrizitätsmenge herab, die dem neutralen Zustande entspricht. Bei der zweiten strömt $Q_1 + Q_2$ wieder in die Batterie zurück u. s. w.

(z. B. I a, b, c) bei verschiedener Oberfläche gewonnenen Maxima mit einander, so überzeugt man sich bald, daß die Dichtigkeit stets dieselbe, (in I. a = $\frac{17}{4}$; in I. b = $\frac{8}{2}$; in c = $\frac{4}{1}$). Verfolgen wir die Rückstände der zweiten Periode, so steigt die Dichtigkeit derselben rasch an, das Maximum ist weit größer, als bei der ersten Periode, aber die Dichtigkeit wiederum bei allen Oberflächen dieselbe: $\frac{48}{4}$; $\frac{24}{2}$; $\frac{11}{1}$ oder in Col. 2: $\frac{19}{4}$; $\frac{9}{2}$; $\frac{4}{1}$. Daraus schliesse ich, daß zur Rückwärtsbewegung der Elektrizität in einer der vorhergehenden entgegengesetzten Richtung eine bestimmte, von der Länge der bereits durchbrochenen Funkenstrecke abhängige Dichtigkeit gehört.

Dasselbe Resultat ergibt sich auch schon aus der Thatsache, daß es möglich ist, eine Leidener Batterie mit Inductionselektrizität bleibend zu laden, und die Elektrizität nicht durch die, durch den Inductionsfunken vorgebildete Funkenstrecke hindurch ins Inductorium zurückfließt. Diefes geschieht allerdings, aber nur bei einer bestimmten von der Schlagweite abhängigen Dichtigkeit, wie ich an einem andern Orte zeigen werde.

Allein nicht blofs die Länge, sondern auch die Beschaffenheit der Funkenstrecke, d. h. die Art ihrer Modification ist von Einfluß. Nur so ist es verständlich, weshalb die dritte Periode in Columne 2 bei einer Dichtigkeit ($\frac{19}{4}$) beginnen kann, wo in Columne 1 der Rückstand + 45 (Dichtigkeit $\frac{45}{4}$) bei derselben Schlagweite noch in der Batterie zurückbleibt.

Gehen wir weiter zu den übrigen Versuchsreihen über, so erkennen wir bald, daß es noch eine zweite Ursache für den früheren Eintritt der Perioden giebt.

Ich werde voraussetzen, daß wir von der Schlagweite 0 bis II in allen Columnen einfache Entladungen haben, (der Beweis kann erst später gegeben werden) so haben

wir nach dem vorhin angeführten von II bis III zweifache, von III bis IV dreifache Entladungen u. s. w.

Man bemerkt nun sogleich, daß die zweite Periode nicht allein um so früher beginnt, je kleiner der Widerstand, sondern daß alsdann auch die Anzahl von Alternationen mit der Schlagweite schneller zunimmt, so daß wir z. B. bei derselben Schlagweite 1,71 einmal eine zweifache (Columnne 2*b*), dann eine dreifache (Columnne 3*a*), ferner eine vierfache (Columnne 4*b*), und schliesslich eine sechsfache Entladung haben (Columnne 5*b*). Bei den drei letzten hat nun der Rückstand denselben Werth 3,5, folglich muß, je kleiner der Widerstand, um so größer der Coefficient m seyn, der das Verhältniß der während der Entladung aufeinander folgenden Maxima der Ladung entgegengesetzten Zeichen angiebt.

Giebt man dieses zu, so wird also, wenigstens innerhalb Gränzen, in denen die vorliegenden Versuche an gestellt sind, die Anzahl von Alternationen bei ein und derselben Schlagweite um so größer seyn, je kleiner der Widerstand ist, erstens weil der Coefficient m größer ist, und zweitens weil eine neue Alternation bei geringerer Dichtigkeit beginnen kann, da die Funkenstrecke durch die heftigere Entladung stärker erwärmt wird, und vielleicht auch wegen der geringeren Dauer der Entladung weniger Zeit zur Abkühlung hat.

Daraus ergibt sich dann von selbst, weshalb die Rückstände im Allgemeinen um so höhere Werthe erreichen, je größer der Widerstand, und worin die Inconstanzen ihren Grund haben, die wir vielfach an der Gränzschlagweite zwischen zwei Perioden sehen. (Schlagweite $D=4,05$ und $4,27$ in 1*b* und 2*a*; $D=0,47$ in 2*b* und $D=0,54$ in 4*b*). Das Maximum nämlich, bei welchem die eine Entladung abbrach, kann ein zweites Mal, weil die Ladung der Batterie auch bei unveränderter Schlagweite nie ganz constant ist, ein wenig größer seyn, so daß eine neue Alternation beginnen kann und in Folge dessen der beobachtete Rückstand bedeutend vom ersten abweichen, und in der Regel

sogar das entgegengesetzte Zeichen haben wird. Beispiele der Art sehen wir in Columne 6 bei 32 Meter Widerstand fast bei allen Schlagweiten. Es wurde in dieser Versuchsreihe immer zuerst der grössere, dann der kleinere, häufig negative Rückstand notirt, der dann einer Entladung entspricht, die eine Alternation mehr hatte. Die Perioden sind der Art zusammengedrückt, dass keine Gränzpunkte zwischen denselben angegeben werden können, und die Anzahl von Alternationen lässt sich hier nicht mehr ermitteln.

Der Bestimmung von m für einen bestimmten Widerstand stehen in dieser Form der Versuche vielerlei Hindernisse im Wege. Es lässt sich nämlich erstens niemals sicher bestimmen, ob der beobachtete Rückstand einer vollständigen Entladung entspricht, in dem Sinne des Wortes, wie es oben definirt wurde. Die einfachen Entladungen mit positivem Rückstande sind jedenfalls unvollständig, ferner diejenigen, wo eine neue Alternation soeben beginnt, wie gleichfalls aus dem absoluten Werth des Rückstandes hervorgeht, (Beispiele Columne 2 a III, 1 a und b II); unsicher bleibt es aber, wann die vollständige Entladung eintritt. Besser wäre m bei kleineren Widerständen annähernd zu bestimmen, wo man mehrere Alternationen hat und in der Gleichung $R = m^n \cdot Q$, die bekannten Werthe, für R , n und Q einzusetzen hätte. Q lässt sich ermitteln, wenn man die Ablenkung A im Hauptschließungsbogen misst, da stets $Q = A + R$ ist (s. S. 549).

So habe ich versucht, aus den Rückständen bei der Schlagweite 1,71, und der derselben entsprechenden Ladung, die $= + 29$ beobachtet wurde, folgende Werthe zu berechnen.

Für den Widerstand der Columne	M.	nach der Gleichung
2	-0,41	5,0 = $m^2 \cdot 29$
3	-0,49	3,5 = $m^3 \cdot 29$
4	-0,59	3,5 = $m^4 \cdot 29$
5	-0,69	2,5 = $m^6 \cdot 29$

Wir erhalten so ein deutliches Bild vom Verlauf der

Entladungen, obgleich diese Bestimmung von m nicht zuverlässig ist, auch wenn wirklich die Abnahme der Maxima in einem geometrischen Verhältniss stattfinden sollte. Eine nach diesen Werthen berechnete Rückstandsreihe stimmt allerdings ziemlich gut mit dem Gange der Beobachtungen; allein je kleiner die Schlagweite, um so grösser sind die Abweichungen, und zwar sind die berechneten Werthe stets zu groß. Es wäre denkbar, dass die Funkenstrecke bei jeder einzelnen Alternation einen die Elektrizitätsbewegung hemmenden Einfluss ausübt, so dass die Maxima um so mehr von dem berechneten Werthe abweichen, je geringer die Dichtigkeit der Ladung beim Beginn der Alternation ist. Nur so werden einfache Entladungen mit positiven Rückständen begreiflich bei solchen Widerständen wie sie hier angewandt sind. Ich muss indess auf einen andern Uebelstand aufmerksam machen, der für sich allein schon zum Theil die angedeuteten Abweichungen erklärt.

Vergleicht man nämlich die einzelnen Perioden einer Versuchsreihe unter einander, so sieht man, dass die positiven Maxima mit der Schlagweite grössere Werthe erhalten, während die negativen zurückbleiben, oft sogar blofs ein Minimum positiven Zeichens erreicht wird (3b VI und 5a b X), so dass es überhaupt fraglich wird, ob mit diesem Wendepunkt wirklich eine neue Alternation auftritt. Mir scheint es indess, als müssten diese positiven Rückstände doch als negative angesehen werden, die aber ihrem eigentlichen Wesen nach durch verschiedene Ursachen verdeckt erscheinen. Die Batterie ist erstens gleich nach der Entladung noch mit dem Conductor der Elektrirmaschine in Verbindung, wodurch ein Theil des hypothetisch negativen Rückstandes sich neutralisirt nach der stark positiv elektrischen Scheibe der Maschine hin; weshalb auch die oben beschriebene Einrichtung des Entladungsapparats zur möglichsten Verminderung des Fehlers mir wichtig scheint. Zweitens ist der in der ersten Zeit nach der Entladung »wiederauftretende« Rückstand nicht unbedeutend und stets positiv. Drittens endlich ist in der geladenen Batterie ein

Ueberschufs an freier positiver Elektrizität vorhanden, von dem aus die Rückstandswerthe gerechnet werden müßten. Der Gang der Entladung wird dadurch sonst nicht gestört¹⁾, da während derselben nur die Differenz der Dichtigkeiten auf den beiden Kugeln des Funkenmessers in Betracht kommt, ähnlich wie der galvanische Strom derselbe bleibt, wenn dem ganzen System freie Elektrizität mitgetheilt ist, oder was dasselbe wäre, der Schließungsbogen irgendwo ableitend berührt wird.

Daraus folgt, daß sämtliche Rückstandswerthe um eine der Schlagweite nahezu proportionale Gröfse vermindert werden müßten, wenn man die in Rechnung zu bringenden Maxima der Alternationen kennen wollte, ein Versuch, den ich noch nicht gemacht, weil ich glaube, daß er einer speciellen Untersuchung bedürfte.

Um die Ladung der Batterie Q bestimmen zu können, liefs ich mir von dem Hrn. Mechanikus Sauerwald ein zweites Galvanometer construiren, welches genau dieselben Dimensionen hat, wie das früher beschriebene. Nachdem ich die beiden Instrumente in ein und denselben Schließungsbogen eingeschaltet hatte, wurden die Ablenkungen gleichzeitig von zwei Beobachtern abgelesen. Durch eine geringe Verschiebung der einen Spirale des neuen Galvanometers gelang es, eine solche Einstellung zu treffen, daß die Ausschläge beider Apparate gleich wurden, und sich dann bei jedweder Schlagweite gleich blieben. Dann wurde das ältere in den Hauptschließungsbogen S (Fig. b), das neue in die Nebenschließung, die den Fallapparat enthielt, eingeschaltet.

Ich führe hier nur eine Versuchsreihe an, die mit dem Widerstande von 60000 Meter Kupferdraht angestellt wurde.

1) Pogg. Ann. Bd. C, S. 209.

A = Ablenkung des Galvanometers im Hauptschließungsbogen;

R = Ablenkung durch den Rückstand; Q berechnet = $A + R$.

Widerstand 60000 Meter, Kupferdraht, 0^{mm},2 dick.

Oberfläche.	4.			2.		
D. Schlagweite. Mm.	A	R	Q	A	R	Q
0,03	+3	+ 2	+5	+ 2	+ 0,9	+2,9
	3,5	+ 1,5	5	2	+ 0,8	2,8
	+3	+ 2	5	3	+ 0,4	3,4
0,06	6	+ 2	8			
	6	+ 2,3	8,3			
0,09	8,5	+ 0,9	9,4	3,4	+ 1,2	4,6
	8	+ 1,2	9,2	4,0	+ 0,5	4,5
	8	+ 1,3	9,3	4,0	+ 0,5	4,5
0,18	15	- 1,2	13,8	6,5	0	6,5
	15,2	- 1,3	13,9	6,7	- 0,2	6,5
»	16,0	- 2,0	14,0	7,0	- 0,3	6,7
	22	- 3,5	18,5	+11	- 1,5	9,5
0,27	20,5	- 3,0	17,5	10	- 1,0	9,0
	21,5	- 3,1	18,4	11,5	- 2,0	9,5
»	22,5	- 4,1	18,4	9,2	- 0,5	8,7
	24	- 5,2	18,8	12,3	- 2,2	10,1
0,36	25	- 5,0	20,0	14,8	- 3,0	11,8
	23	- 4,0	19,0	13	- 2,5	10,5
0,45	33	- 6,9	26,1	15,5	- 0,9	14,6
	33	- 6,5	26,5	13,5	0	13,5
	34	- 8,2	25,8	14	- 1,0	13,0
0,54	37	- 7	30,0	15	+ 0,1	15,1
	31	+ 1,5	32,5	17	- 4,5	12,5
	30	+ 2,0	32,0	14	+ 2,0	16,0
0,63	34,5	+ 2,5	37	16	+ 3,0	19,0
	43	- 8	35	15	+ 2,0	17
	34,5	+ 3,0	37,5	15,5	+ 2,5	18
0,81	37	+ 2	39	16	+ 3,7	19,7
	45	- 9	36			
	36	+ 3	39			
1,17	42	+ 4,5	46,5	19,5	+ 5	24,5
	42,5	+ 5,5	48,0	19,1	+ 4,5	23,5
1,53	48	+ 7,0	55	23	+ 5	28
	48	+ 7,5	55,5	23	+ 5,5	28,5
1,89	52	+ 6,2	58,2	24	+ 5,5	29,5
	53	+ 5,5	58,5	24,5	+16,0	30,5
2,25	58	+ 8,7	66,7	27	+ 7,5	34,5
	58	+ 9,0	67,0	27	+ 6,5	33,5
2,70	67	+12	79	34	+ 6,8	40,8
	68	+13	81	32	+ 7,0	39
3,15	74	+14	88	45	0	45
	75	+13	88	46	+ 0,5	46,5

Oberfläche.	4.			2.		
	<i>A</i>	<i>R</i>	<i>Q</i>	<i>A</i>	<i>R</i>	<i>Q</i>
<i>D.</i> Schlagweite Mm.						
3,60	84	+ 17	101	52	0	52
	84	+ 17,5	101,5	53	- 1,0	52
4,05	91	+ 17	108	59	- 1,4	57,6
	90	+ 17	107	58	- 1,2	56,8
4,50	100	+ 20,5	120,5	65	- 2,0	63,0
	99	+ 20	119			
4,72	104	+ 21	125	70	- 2,8	67,2
	104	+ 20,5	124,5	69	- 3,0	66,0
4,95	126	+ 3	429	72	- 3,5	68,5
	127	+ 3	130			
5,40				78	- 3,5	74,5
6,30				90	- 4,0	86,0

Der Eintritt der Perioden geschieht bei derselben Schlagweite, wie in Columnne 2 der früheren Versuchsreihe. Das aus *A* und *R* berechnete *Q* verläuft stetig, während *A* an den Gränzschlagweiten einen ganz eigenthümlichen Gang befolgt, beim Beginn der zweiten Periode ab- während *Q* wie gehörig zu nimmt. Durch die zweite Alternation ist dem Spiegel ein neuer Impuls in entgegengesetzter Richtung ertheilt worden. Aus demselben Grunde nimmt bei Schlagweite $D = 4,95$ die Ablenkung *A* um mehr als 20 Scalentheile zu, während die Ladung langsam anwächst. Später werde ich zeigen, daß unter allen Umständen diese Bestimmung der Ladung bei jedem Schließungsbogen möglich. Lehrreiche Beispiele, die wir der inconstanten Ladung verdanken, sieht man namentlich bei dem Eintritt der zweiten Periode, wo stets der schwächeren Ladung eine einfache Entladung mit negativem Rückstand entspricht. Aus allen Beobachtungen am Ende der zweiten Periode ($D = 3,15$ bis $4,72$), wo wir am ehesten rechnen dürfen, das Maximum der zweiten Alternation zu beobachten, ergibt sich $m = -\sqrt{\frac{R}{Q}}$ nahezu $= -0,41$.

Der Gang der Perioden wäre offenbar ein anderer gewesen, wenn entweder die Glasdicke, oder die isolirende

Substanz der Batteriefaschen verändert worden wäre. Auf diese Versuche war ich indess nicht eingerichtet und beschränkte mich auf eine andere Art, die Dichtigkeit der Elektrizität bei gleich langer Luftstrecke zu verändern. Man erreicht dies am besten dadurch, daß man die Batterie durch ihren eigenen Schließungsbogen mit Inductionselektrizität ladet, worauf ich diesmal nicht eingehe, obgleich durch diese Versuche am sichersten der Beweis geführt werden kann, daß die ersten Entladungen bis II wirklich einfach gerichtete sind. Durch einen mehrfach unterbrochenen Schließungsbogen erreicht man auch den genannten Zweck, sowie durch veränderte Form der Elektroden.

Einen extremen Fall will ich anführen, wo ich zwei Spitzen aus Messing am Funkenmesser anbrachte. Die jeder Beobachtung in Klammern beigefügte Zahl bezeichnet die Anzahl von Umdrehungen der Elektrisirmaschine, zur ungefähren Schätzung der Ladung. Für nebeneinander angeordnete Beobachtung genügt dieses Mittel vollkommen.

Widerstand = 60000 Meter Kupferdraht. Am Funkenmesser zwei Spitzen.

Oberfläche. Schlagweite.	4. Rückstand.	2. Rückstand.	1. Rückstand.
0,04	+ 2 (1,8)	+ 1,3 (0,6)	+ 0,1 (0,5)
0,08	+ 2 (2,0)	+ 0,7 (1,3)	+ 0,1 (0,6)
0,12	- 2,3 (4,2)	- 1,5 (2,3)	- 0,1 (0,7)
0,16	- 3 (5,0)	- 0 (2,1)	0 (1,1)
0,2	+ 3 (3,6)	+ 0,5 (2,0)	- 0,7 (1,4)
»	- 1 (5,0)	- 2,1 (2,7)	
»	- 2,2 (6,0)		
0,3	- 3 (6,5)	+ 2 (2,3)	+ 0,3 (1,5)
»		- 2,0 (3,3)	- 0,2 (2,0)
»			- 0,7 (1,2)
0,4	- 2,2 (6,8)	- 1,1 (2,7)	0 (1,6)
»	- 5 (9,3)	- 1,1 (2,7)	- 1 (1,6)
0,5	- 3 (7,0)	- 1,3 (3,5)	- 0,1 (2,3)
0,6	- 4,7 (9)	- 2 (3,5)	+ 1,5 (1,0)
»			- 1 (1,6)
»			- 1 (1,6)
0,8	- 3 (8,5)	- 2 (4,4)	- 1,5 (2,4)
1,0	- 4 (9,1)	- 3,1 (4,9)	- 1 (2,3)
1,4	- 5 (11)	- 3,7 (5,9)	- 1 (2,9)
1,8	- 6 (13,5)	- 4 (6,5)	- 1 (2,9)
2,2	- 6 (15)	- 4 (9,7)	- 1,2 (2,9)

Oberfläche. Schlagweite.	4.	2.	1.
2,6	-7,5 (18)	- 3,4 (8,5)	- 1,5 (3,1)
3,0	-5,5 (16)	- 2,7 (8)	- 2 (3,2)
3,5	-7 (18,3)	- 5 (10,4)	- 1 (3,2)
4,0	-6 (19)	- 4 (9,5)	- 1 (3,6)
4,5	-7 (19,8)	- 4,3 (10,2)	- 2 (4,5)
5,0	-7 (23)	- 4 (11,5)	- 2 (4,9)
6,0		+ 16 Büschel	- 2,3 (6,2)
7,0		+ 19 "	+ 9 Büschel
10,0			+ 9,5 "
20,0			+ 11,5 "
40,0		+ 34	+ 16,5 "
60,0		+ 40	+ 20 "

Die Rückstände, fast durchgängig negativ, verlaufen nicht ganz constant, was bei der angewandten Form der Elektroden nicht auffallen kann. Sämmtliche Entladungen waren hier einfach, die einzelnen positiven Rückstände entsprachen unvollständigen einfachen, *gewiss nicht* alternirenden Entladungen, wie aus der entsprechenden Anzahl von Umdrehungen sicher zu schliessen ist. Die Dichtigkeit der Batterie ist bei dieser Form der Elektroden im Moment der Entladung viel geringer als sonst, ebenso das erste negative Maximum, das gar nicht mehr die Höhe erreicht, die zum Beginn einer zweiten Alternation erforderlich wäre. Bei 6^{mm},0 beginnt eine drei bis vier Sekunden lang hörbare Büschelentladung, die bei einer ganz bestimmten von der Schlagweite abhängigen Dichtigkeit abbricht.

Sehr eigenthümlich verlaufende Rückstände erhielt ich mit anderer Form von Elektroden, z. B. von Spitze zu Platte, und umgekehrt; ich will diese indess um des kostbaren Raumes willen übergehen.

Wenn der Schließungsbogen der Batterie an mehreren Stellen unterbrochen ist, so wird voraussichtlich die Anzahl von Alternationen eine verhältnißmäßig geringere seyn, da der Beginn einer neuen jetzt von der Beschaffenheit mehrerer Funkenstrecken abhängen wird. Durch die nun eintretenden Veränderungen wird man auch ein Urtheil gewinnen über den Einfluss beliebiger Einschaltungen auf die

Art der Entladung. Mit Hrn. Dr. Paalzow habe ich nachfolgende Versuchsreihe angestellt, wo außer dem metallischen Widerstande noch die in Pogg. Ann. Bd. 112, S. 573 beschriebene Geißler'sche Röhre No. 3 und ein zweites Funkenmikrometer im Schließungsbogen sich befand, dessen Elektroden, zwei messingene Spitzen, unverändert 0^{mm},1 von einander abstanden, und der Funke nach der (a. a. O. S. 584) angegebenen Art mit der Lupe beobachtet wurde.

Da in *keinem einzigen* Falle die Spitzen ein anderes Resultat als die Röhre ergaben, so bezieht sich die Angabe der Erscheinungen auf beide Prüfungsmittel.

Rückstände der Batterie mit Einschaltung einer Geißler'schen Röhre in den Schließungsbogen
von 60000 Meter Kupferdraht, 0,2^{mm} Dicke.

Oberfläche. Schlagweite.	8. Rückstand.	4. Rückstand.	2. Rückstand.	Oberfläche. Schlagweite.	4. Rückstand.	2. Rückstand.
0,00	+ 39 einfach	+ 15 einfach	+ 9 einfach	1,71	+ 11 altern.	- 7 einfach
"	- 10 "	+ 18 "	+ 7 "	"	- 24 einfach	- 9 "
"	- 11 "			"	- 24 "	- 8 "
"	+ 30 "			1,80	- 25 "	+ 3 altern.
"	+ 31 "			"		- 10,5 einfach
0,05	+ 30 "			"		+ 1,5 altern.
"	- 10 "			1,89	+ 11 altern.	- 12 einfach
0,09	+ 44 "	+ 20 "	+ 10 "	"	+ 10 "	- 12 "
0,36	+ 49 "		+ 11 "	"	+ 11 "	+ 5,5 altern.
0,54			- 1 "	1,98	+ 10 "	+ 8 "
0,63	- 16 "		- 1,5 "	2,07	+ 11 "	+ 7 "
"	- 18 "			"	- 26 einfach	- 13 einfach
"	- 18 "			"	+ 15 altern.	+ 8 altern.
0,72	- 19,5 "	- 10 "	- 2,5 "	"	+ 16 "	
"	- 14 "	- 7 "		2,25	+ 16 "	+ 8 "
0,90	- 26 "	- 15 "	- 4,5 "	2,43	+ 18 "	- 14 einfach
"	- 20 "	- 7 "		"		+ 10 altern.
1,08		+ 38 "	- 7 "	2,61	+ 15 "	+ 11 "
"		- 15 "		"		+ 11,5 "
1,26		- 20 "	- 8 "	2,79	+ 21 "	+ 11 "
1,44		- 21,5 "	- 11 "	2,97	+ 22 "	+ 12 "
1,62	+ 6 altern.	+ 8 altern.	+ 4 altern.	3,15	+ 24 "	+ 12 "
"		- 5 schwach altern.	- 12 einfach	3,33	+ 26 "	+ 13 "
"		- 24 einfach	- 11 "	3,81		+ 21 altern.
"		- 22 "		4,50		+ 1,5 altern.

Man sieht, daß bis zu den höchsten negativen Rückständen die Entladung stets als einfach sich erwies; treten die Alternationen auf, so entspricht der positive Rückstand, oder ein kleinerer negativer Rückstand der alternirenden Entladung so z. B. bei Schlagweite $D = 1,62$ der Rückstand -5 einer unvollständigen zweifachen. Die zweifachen Entladungen treten, wie vorauszusehen war, bei viel größerer Schlagweite auf, als früher (Tafel, S. 8 Col. 2); die erste dreifache beginnt offenbar bei $D = 4,5$. Sehr deutlich unterscheiden sich hier die unvollständigen einfachen mit großen positiven Rückständen von den vollständigen einfachen. Die Lichterscheinungen waren bei letzteren dieselben wie bei jenen, nur bedeutend heller.

In der ganzen Versuchsreihe findet man *nicht eine einzige* Beobachtung, wo die *drei verschiedenen Prüfungsmittel* von einander abweichende Resultate gegeben hätten.

Die Methode, mit dem rotirenden Spiegel die Anzahl von Alternationen einer Entladung und die Dauer derselben zu bestimmen, hatte Feddersen zu wichtigen Resultaten geführt. Diese Methode ist indess nicht mit vollkommener Sicherheit in allen Fällen anzuwenden, wenn veränderliche Funkenstrecken im Schließungsbogen sich befinden. Wenn wirklich, wie früher nachgewiesen worden, der Beginn einer neuen Alternation von der Relation zwischen der Dichtigkeit eines Maximums und der Länge der durchbrochenen Funkenstrecke abhängt, so muß voraussichtlich der Rückstand sich ändern je nach der Geschwindigkeit, mit der die Funkenstrecke sich während der Entladung vergrößert.

Ich liefs die Elektrizität von einem Metallkugelchen von 5^{mm} Durchmesser nach einem zweiten Kugelchen von 3^{mm} Durchmesser, welches an einem Stift von 100^{mm} Länge befestigt war, überspringen. Das andere Ende des letzteren befand sich in der Axe eines Rotationsapparates, wie er zu optischen Versuchen über subjective Farbenerscheinungen angewandt wird. Die Axe machte in der Sekunde 130 bis 150 Umdrehungen, so daß das kleinere Kugelchen,

dessen Stift senkrecht auf der Rotationsaxe stand, einen Weg von ungefähr 80 bis 90 Meter in der Sekunde zurücklegte. Wurden jetzt spiralförmige Drähte von beträchtlicher Länge eingeschaltet, so war der Funke oft von ansehnlicher Länge. Bei 3100 Meter Kupferdraht und einer Schlagweite von 3^{mm} konnte ich Funken erhalten, die einen vollen Kreis bildeten. Der rotirende Spiegel müßte von solch einem Funken, ein objectives Bild geben, das zwei volle Umkreise bedecken würde!

Um auf der matten Glastafel ein vollständiges Bild der Entladung zu erhalten, mußte der rotirende Spiegel, den Dr. Paalzow nach dem Vorbilde des Feddersen'schen hatte machen lassen, langsam mit der Hand in Bewegung gesetzt werden; dann erschienen die Alternationen von einander getrennt. Bei mäßiger Rotationsgeschwindigkeit war bereits bloß die erste Entladung sichtbar, über das Vorhandenseyn einer zweiten liefs sich so nichts bestimmen. Allein die Rückstände verriethen jetzt den Vorgang.

War der Stift in Ruhe, so wurde eine Versuchsreihe gemacht zur Bestimmung der Anzahl von Alternationen, die bei der gewünschten Schlagweite stattfand. Auf unzweifelhafte Weise ergaben sich vier Alternationen bei der Schlagweite 3^{mm}, 4. Bei acht Flaschen betrug die Ablenkung des Magnetspiegels im Hauptschließungsbogen + 159, der Rückstand + 10. Jetzt wurde der Stift, der die eine Elektrode trug, in Rotation versetzt, und jedesmal nach erfolgter Entladung der Rückstand beobachtet. War die Geschwindigkeit gering, so schwankte der Rückstand; bald war er negativ, bald positiv, groß oder klein. Bei etwa 30 Rotationen in der Sekunde wurden bereits bloß negative Rückstände beobachtet, das Maximum derselben betrug - 92. Bei drei Flaschen wurden die Rückstände - 31, - 36, bei zwei Flaschen - 22, - 21 beobachtet. Constante Zahlen sind bei diesen Versuchen selbstverständlich nicht zu erhalten. Es war also durch die Vergrößerung der Schlagweite während der Entladung aus der vierfachen eine einfache Entladung geworden, und zugleich der

unmittelbare Beweis gewonnen, dafs erstens die Batterie zu einer namhaften Höhe der Ladung entgegengesetzten Zeichens gekommen war, und zweitens, dafs die Alternationen von der Funkenstrecke abhängen in der Art, wie wir früher besprochen haben. Sehen wir — 92 für das dem Widerstande entsprechende Maximum der ersten negativen Ladung an, so wäre hier $m = -\frac{92}{159} = -0,58$, während wir früher für denselben Widerstand auf ganz andere Weise — 0,59 berechnet hatten. Die grofse Uebereinstimmung mufs ich bei den vielen Fehlerquellen der vorliegenden Versuche allerdings für einen Zufall halten. Wurde die grofse Spirale von 60000 Metern in den Schliessungsbogen gebracht, so erhielt man bei kleineren Schlagweiten (bis 1^{mm},5) bei gröfserer Rotationsgeschwindigkeit gar keine vollständige Entladung, bei mäfsiger Geschwindigkeit eine einfache¹⁾, und bei unbewegter Elektrode eine zweifache Entladung.

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs der Funke je nach dem Widerstande seinen Charakter ändert. Aber auch bei unverändertem Schliessungsbogen ist der Klang und die Farbe bei verschiedenen Schlagweiten verschieden. Beim Eintritt der zweiten Periode und der grofsen Spirale ist der Unterschied sehr bemerkbar, am auffallendsten aber bei kleineren Widerständen (1000 bis 5000 Meter) in der Nähe der siebenten Periode. Wurden diese Spiralen in den Schliessungsbogen eingeschaltet, und die eine Elektrode des Funkenmessers in Rotation versetzt, so wurde der Funke mit der Schlagweite länger, bis plötzlich mit einer auffallenden Aenderung des Klanges der ganze Schweif verschwand, und nun ein kurzer hellglänzender Funke auftrat, der sich nur sehr wenig in die Länge zog. Von dieser ganz bestimmten, vom Widerstande abhängigen Schlagweite an tritt eine ganz andere Art von Entladung auf, deren Dauer vielleicht um das Funzigfache geringer ist, als jene bei kleineren Schlagweiten. In einer kleinen mit

1) Der Funkenschweif bei diesen einfachen Entladungen sieht genau so aus, wie die sogenannte Aureole bei kräftigen Inductionsfunken.

Wasserstoff gefüllten und bis 2^{mm} Druck evacuirten Röhre sah man gleichfalls ganz verschiedene Erscheinungen. Bei denen von *kurzer Dauer* war das positive Licht roth und geschichtet, das negative Licht blau; bei den Entladungen von *langer Dauer*, das positive Licht weiss und geschichtet, das negative mattgrau. Obgleich der Funke bei jenen Entladungen einen ähnlichen Charakter hat, wie der bei kurzem Schliessungsbogen, so ist doch ein Ueberspringen der Elektrizität über die einzelnen Windungen der Spirale nicht die Ursache, weil bei kleineren Widerständen entsprechend früher, d. h. bei geringerer Dichtigkeit der Ladung, diese Entladungen beginnen, bei der vortrefflich isolirten Spirale von 32 Meter schon bei den kleinsten Schlagweiten.

Diese Entladungen so wie andere mit vielen Alternationen konnte ich durch noch so grosse Rotationsgeschwindigkeit nicht in einfache verwandeln. Die Ablenkungen im Hauptschliessungsbogen waren ziemlich constant, die Rückstände aber sehr schwankend. Deshalb glaube ich, dass auch bei kurzen Drähten die letzten Alternationen, wo verhältnissmässig geringere Elektrizitätsmengen in Bewegung gesetzt werden, wohl durch Veränderung der Funkenstrecke beeinträchtigt werden müssten.

B. Gradlinige Drähte.

Wir haben bisher gesehen, dass je länger der spiralförmige Widerstand war, um so constanter die Beobachtungen, um so gröfser der absolute Zahlenwerth der Rückstände und um so ausgedehnter die einzelnen Perioden wurden.

Kupferne Drähte von solchen Dimensionen wie oben, geradlinig auszuspannen, hat seine grosse Schwierigkeiten; deshalb liefs ich, in der Meinung schneller das Ziel zu erreichen, 2400 Meter Neusilberdraht (0^{mm},24 dick) auf drei grosse Holzrahmen Nförmig ausspannen. Die einzelnen Drähte standen 9^{mm} von einander ab und waren an kleinen Glaspflöcken, die mit Siegelack im Holz eingekittet

wurden, befestigt, so dafs für die Isolation vollkommen gesorgt war.

Wurde dieser Draht in den Schliessungsbogen eingeschaltet, so waren die Rückstände stets positiv, allmählich von den kleinsten bis zu den grössten Schlagweiten zunehmend. Eine zur Prüfung eingeschaltete evacuirte Röhre verrieth aber von der Schlagweite 1^{mm},20 an eine andere Art von Entladung. Bis dahin waren dieselben stets einfach, während an dieser Gränze sich zuweilen an der negativen Elektrode ein intensiv leuchtender Punkt zeigte, der eine schwache Alternation vermuthen lassen konnte. Wurden die Rückstände, die diesen verschiedenen Arten von Entladungen entsprachen, verglichen, so zeigte sich durchaus kein Unterschied in denselben, wohl aber bei einer Länge von blofs 60 Metern, wo die Erscheinung der Röhre noch ganz denselben Charakter und dieselben Unterschiede wie oben zeigte. War nämlich jener leuchtende Punkt aufgetreten, so war der Rückstand kleiner als bei der sicher einfachen Entladung.

4 Fl.		2 Fl.		1 Fl.	
Rückstand	Röhre	Rückstand	Röhre	Rückstand	Röhre
+ 12	altern.	+ 12	einfach	+ 5	einfach
+ 21	einfach	+ 6	altern.	+ 3	altern.
+ 22	»	+ 11	einfach	+ 5,5	einfach
+ 13	altern.	+ 6	altern.	+ 6,0	»
+ 11	»	+ 12	einfach	+ 3,2	altern.
+ 20	einfach	+ 11	»	+ 3,0	»
+ 19	»	+ 5,5	altern.	+ 5,7	einfach
+ 12	altern.	+ 6,2	»	+ 3,0	altern.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs wir es mit zwei verschiedenen Arten von Entladungen zu thun haben. Der Kürze wegen ist hier die Bezeichnung alternirend beibehalten, obgleich es unbestimmt ist, ob während der Entladung entgegengerichtete Ströme auf einander folgen.

Den Beweis, dafs während der Entladung die Batterie im vorliegenden Falle keine negative Ladung annimmt, kann man durch den Knochenhauer'schen Versuch mit einer

getheilten Batterie führen. In der Hoffnung später hierüber sichere Resultate mittheilen zu können, will ich denselben hier übergehen und nur noch bemerken, daß wir es hier trotzdem doch mit alternirenden Entladungen, wenn auch ganz anderer Art, zu thun haben können. Wenn nämlich bessere und schlechtere Leiter hinter einander im Schließungsbogen sich befinden, so wird die Entladung nicht mehr so einfach gedacht werden dürfen, wie wir oben angenommen hatten. Da aber die Innenseite der Batterie nie negativ wird während der Entladung, so kann es nicht auffallen, daß man keine negativen Rückstände beobachtete. Solche erhielt ich noch bei einem Neusilberdraht von 5,0 Meter Länge (0^{mm},4 Dicke):

Schlagweite	8 Fl.	4 Fl.	2 Fl.	1 Fl.
0,05	+ 0,1 + 0,2	- 0,2 - 0,3	+ 0,6 + 0,6	+ 0,5
0,09	0 0	- 0,4	+ 0,6	+ 0,5
0,18	+ 0,1 0	- 0,3 - 0,4	+ 0,7	+ 0,5
0,27	- 0,1 - 0,2	+ 0,8 + 1,0	+ 0,8 + 0,9	+ 0,1 + 0,2
0,36	- 0,2	+ 1,4	+ 1,5	0 0
0,45	0 + 2,2	+ 1,7	+ 1,4	+ 0,1
0,54	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 0,4

Wurde die Schlagweite vergrößert, so nahmen die Rückstandswerthe zu, blieben stets positiv, verriethen jedoch einen ähnlichen Charakter, wie wir ihn beim spiralförmigen Widerstande von 32 Meter Länge kennen gelernt haben (Tafel, S. 8 Columne 6).

Hr. Dr. Paalzow stellte mir einen Rahmen zur Disposition, auf welchem er 600 Meter Kupferdraht von 1^{mm},5 Dicke hatte Nförmig aufspannen lassen. Aus den bei diesem Schließungsbogen beobachteten Rückständen läßt sich auch nicht die Anzahl von Alternationen erkennen, obgleich das Vorhandenseyn und ebenso die Zunahme bei vergrößerter Schlagweite wohl bemerkbar wird. Die Ablenkung im Hauptschließungsbogen wurde jetzt auch gemessen, weil sich die Schlüsse auf die Art der Entladung sicherer ziehen lassen.

Rückstände der Batterie bei einem Schließungsbogen von
600 Meter Kupferdraht, 1^{mm},5 Dicke (Nförmig).

Oberfläche.	8.			4.		
Schlagweite. D.	A	R	Q	A	R	Q
0,03	+3	+ 2,5	5,5	+2	+ 1	+3
»	+5,5	- 1	4,5	+1,4	+1,0	2,4
»	5,5	- 0,5	5,0	1,5	+1,0	2,5
0,06	6,5	+ 3,3	9,8	4	+ 2	6
»	7,5	+ 3,5	11,0	5,5	0	5,5
»				6	0	6
0,09	15	0	15	9	- 1	8
»	14	+ 1	15	7	+ 2	9
0,18	19	+ 4,5	23,5	9	+ 3	12
»	18	+ 3,8	21,8	9	+ 3,2	12,2
0,225	20	+ 5	25	11,5	+ 2,5	14
»	20	+ 5,5	25,5	11,0	+ 2,0	13
0,27	22	+ 6	28	12	+ 2,7	14,7
»	22	+ 6,5	28,5	13	+ 1,5	14,5
0,315	28	+ 3,2	31,2	15,5	+ 1	16,5
»	27,5	+ 2,5	30,0	15,5	+ 0,5	16,0
0,36	31	+ 3,5	34,5	17	+ 0,5	17,5
»	30,5	+ 4,0	34,5	17	+ 0,5	17,5
0,45	35,5	+ 5,0	40,0	20	+ 1,5	21,2
»	37	+ 4,5	41,5	18	+ 2,5	20,5
0,54	40	+ 6	46	22	+ 1,0	23,0
»	45	+ 0,6	45,6	21	+ 3,0	24
»	45	0	45			
0,63	45	+ 5	50	24	+ 0,6	24,6
»	45	+ 5	50	25	+ 0,4	29,4
0,72	50	+ 5	55	25	+ 1	26?
»	50	+ 4,5	54,5	25	+ 3,5	28,5
0,81	54	+ 7,5	61,5	28	+ 2	30
»	59	+ 2	61			
0,90	66	+ 1,5	67,5	32	+ 3,5	35,5
»	66	+ 2	68			
0,99	64	+ 5	69	34	+ 4	38
»	66	+ 4	70			
1,17	75	+ 6,5	81,5	37	+ 4	41
»	78	+ 1	79	39	+ 1,5	40,5
1,35	86	+ 3	89	45	+ 2	47
»	82	+ 5,5	87,5	45	+ 3	48
1,53	91	+ 7,5	98	46	+ 4	50
»				47	+ 4,7	51,7
1,71	101	+ 8	109	52	+ 3	55
1,89	109	+ 6,5	115,5	56	+ 5	61
2,07	122	+ 3	125	60	+ 5	65
2,25	124	+ 8	132	63	+ 3,5	66,5
2,47	139	+ 3	142	71	+ 4	75
2,70	142	+ 11	153	72	+ 5,5	77,5
3,15	164	+ 9	173	86	+ 5,5	91,5
3,60	182	+ 9	192	97	+ 6	103

Wie man sieht, kommen auch hier bei kleineren Schlagweiten negative Rückstände vor, allein sichere Schlüsse über den Gang der Entladung lassen sich aus dieser Versuchsreihe nicht gewinnen. Ich glaubte deutlicher sprechende Resultate zu erhalten bei Einschaltung einer zweiten Funkenstrecke. Denn dafs diese Entladungen alternirende waren, unterlag schon deshalb keinem Zweifel, weil gleich Anfangs negative Rückstände, die *a priori* schon die Möglichkeit einer Alternation beweisen, beobachtet wurden, und auch Feddersen bei diesem Widerstande noch mehrere Alternationen hat zählen können. Die Rückstände können, wie wir uns oben überzeugt haben, bei zwei oder mehreren Funkenstrecken absolut gröfsere Werthe erhalten, und deshalb die negativen um so weniger verdeckt werden, wie es in der vorliegenden Versuchsreihe noch mehrfach geschieht, (wie z. B. bei $D = 0,54$ der Rückstand 0 bei acht Flaschen).

Als zweite Funkenstrecke benutzte ich eine kleine evacuirte Röhre, deren Elektroden aus Aluminium 10^{mm} von einander abstanden. Nachdem ich diese mit Wasserstoff gefüllt, und bis auf 2^{mm} Druck geleert hatte, wurde die Röhre zugeschmelzt und in den Schliessungsbogen eingeschaltet. Diese kleine Röhre hatte die Eigenthümlichkeit, dafs man deutlich dreifache und selbst vierfache Entladungen unterscheiden konnte, indem das negative Licht jeder neuen Alternation sich mit einem intensiver leuchtenden Lichtkern abtrennte. Die dreifachen Erscheinungen habe ich notirt, die vierfachen nicht, weil sie unsicher waren, obgleich ich nie einen Widerspruch mit dem beobachteten Rückstandswerth habe wahrnehmen können.

Schließungsbogen, 600 Meter Kupferdraht (Nförmig) mit Einschaltung einer evacuirten Röhre.

Oberfläche.	8.				4.				2.				Periode
	A	R	Q	Röhre	A	R	Q	Röhre	A	R	Q	Röhre	
0,00	10,5	+ 3	13,5	zweifach	11	- 4	7	einfach	4,5	- 1	3,5	einfach	I
0,03	18	- 6	12,0	einfach	5	+ 3	8	zweifach	3,5	+ 1,0	4,5	zweifach	
0,06	18	- 6,5	11,5	»	5	+ 3,5	8,5	»	4,8	- 1,5	3,3	einfach	
0,045	12	+ 7	19	zweifach	5,5	+ 4	9,5	»	3,5	+ 2,5	6	zweifach	II
»	12	+ 7	19	»	5,8	+ 4,2	9,6	»	3,8	+ 2,4	6,2	»	
0,09	13	+ 8	21	»	+ 7,0	+ 4,0	11,0	»	7	- 0,5	6,5	dreifach	
»	14	+ 7,5	21,5	»	6,0	+ 4,2	10,2	»	4	+ 2,3	6,3	zweifach	
0,13	27	- 4	23	dreifach	15	- 1	14	dreifach	9,0	- 1	8,0	dreifach	III
»	26	- 3,5	22,5	»	16	- 1,5	14,5	»	7	+ 1,5	8,5	altern.	
0,18	30	- 5	25	»	16,5	- 1	15,5	»					
»	21	+ 4,5	25,5	altern.	14	+ 2	16,0	altern.					IV
0,27	28	+ 3,5	31,5	»	14	+ 3	17	»	8,5	+ 1,5	10	»	
»	26,5	+ 5	31,5	»									
0,36	36	+ 4	40	»	22	- 1	21	»					V
»	31	+ 10	41	»	21	- 1	20	»					
»	38	+ 2	40	»									
0,45	46	- 1	45	»	26	- 1	25	»	10	+ 2,5	12,5	»	
»	50	- 4	46	»	25	- 1,5	23,5	»	12	+ 1,5	13,5	»	VI
0,54	54	- 3	51	»	26	+ 2	28	»	15	+ 0,3	15,3	»	
»	42	+ 7	49	»	25	+ 2	27	»	14,3	+ 1,4	15,7	»	

Oberfläche.	8.				4.				2.				Periode
	Schlagweite. D.	A	R	Q	Röhre	A	R	Q	Röhre	A	R	Q	
0,72	55	+ 5,5	60,5	altern.	28	+ 3,5	31,5	altern.	16	+ 2,0	18	altern.	
»	56	+ 5,0	61	»	29	+ 4	33	»	14	+ 3,0	17	»	
0,81	67	- 3	64	»	33	0	33	»	15,5	+ 3,5	19	»	VI
»	68	- 2,5	65,5	»	35	0	35	»					
0,99	68	+ 9	77	»	39	+ 1	40	»	20,5	+ 1	21,5	»	
»	78	- 3	75	»	38	+ 1	39	»	21,0	0	21,0	»	
»	75,5	- 1	74,5	»									VIII
1,35	88	+ 5	93	»	44	+ 5	49	»	23	+ 3,5	26,5	»	
»	92	+ 3,5	95,5	»	45	+ 4	49	»	23	+ 3,0	26,0	»	
1,71	102	+ 7,5	109,5	»	57	+ 2,0	59	»	30	+ 0,5	30,5	»	
»	106	+ 4	110	»	53	+ 2,5	55,5	»	29	+ 1,5	30,5	»	
1,89	119	- 1	118	»	60	+ 2,5	62,5	»	31	+ 1,5	32,5	»	IX
»	124	- 2	122	»	59	+ 4	63	»	33	0	33	»	
2,07	126	+ 4	130	»	63	+ 5	68	»	34,5	+ 1,5	36	»	
»	115	+ 13	128	»	63,5	+ 4,5	68	»	33	+ 2,5	35,5	»	X
2,25	131	+ 6	137	»	67	+ 4,0	71	»	33,5	+ 4	37,5	»	
»	134	+ 2	136	»					34	+ 3	37	»	
2,70	151	+ 8	159	»	83	+ 1	84	»	41	+ 1	42	»	
»	144	+ 15	159	»	77	+ 5	82	»	39	+ 2,5	41,5	»	
3,15	173	+ 7	180	»	90	+ 3	93	»	45	+ 2,5	47,5	»	
3,60	191	+ 9	200	»	100	+ 5	105	»	48	+ 4	52	»	

Vergleicht man diese Zahlen mit der vorhergehenden Versuchsreihe, so sieht man zunächst, daß bei entsprechenden Schlagweiten die Ladungen der Batterie hier ohne Ausnahme größer sind, offenbar in Folge der Einschaltung der Röhre. Ferner sind die Rückstände fast ebenso häufig negativ wie positiv; bei nur zwei Flaschen werden die ersteren bei größerer Schlagweite meistentheils verdeckt. Ob die in der letzten Rubrik verzeichneten römischen Zahlen, die sich zunächst auf die Maxima und Minima der Rückstände beziehen, ebenso vielen Alternationen entsprechen, scheint mir bis Periode IV unzweifelhaft. Weiterhin müßten zahlreichere Beobachtungen bei jeder Schlagweite angestellt werden. Der Werth 0,61 für den Coefficienten m stimmt sehr gut mit den Rückständen überein, und würde allerdings beweisen, daß die Anzahl von Alternationen mit Vergrößerung der Schlagweite rasch zunehmen muß.

Ich bedauere, daß ich keine Versuche mit längeren geraden Drähten aus Kupfer, sowie mit längeren schlechtleitenden Spiralen, etwa solchen aus Neusilber, habe anstellen können. Erst dann ließe sich entscheiden, in welcher Art die Spiralförmigkeit die Art der Entladung beeinflusst. Daß diese letztere nicht allein die negativen Rückstände und somit die Alternationen veranlaßt, glaube ich bewiesen zu haben, einen neuen Beleg finden wir im folgenden Abschnitt.

II. Flüssige Widerstände.

Die meisten Versuche habe ich mit verdünnter Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,25 angestellt, theils in verschlossenen Röhren, theils in offenen Gefäßen. Bis zu einem Widerstande von 3 Decimeter Länge und 2^{mm},5 Durchmesser habe ich noch negative Rückstände erhalten; bei größerem Widerstande war der Gang genau derselbe, wie beim längeren Neusilberdraht. Selbst da, wo die evacuirte Röhre nach Paalzwow's Angaben eine Gränzschlagweite

zeigte zwischen einfachen Entladungen und alternirenden, d. h. solchen, wo auf der negativen Elektrode ein intensiv leuchtender Punkt auftrat, erhielt ich den auf Seite 25 besprochenen ganz analoge Resultate, weshalb ich hier die angestellten Versuchsreihen nicht speciell anführe.

Bei kurzem Schließungsbogen, wo nur der zur Verbindung der einzelnen Theile nothwendige Kupferdraht (4 Meter lang, 1^{mm} dick) sich im Schließungsbogen befand, und ein offenes Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure eingeschaltet war, erhielt ich folgende Beobachtungsreihe:

Rückstände der Batterie bei einem 4 Meter langen, 1^{mm},1 dicken Schließungsbogen (nothwendig)
 + verdünnter Schwefelsäure (spec. Gew. 1,25) 206^{mm} lang, 26^{mm} Durchmesser.

Flaschenzahl.

Schlagweite.	8.					4.				2.				1.					
0,04	+2,5	+2,8	+2,5	+2,7		-0,5	+1,4	-1,0	+1,5	-0,3	-0,4	-0,3	+0,9	+0,4	-0,3	-0,3	-0,3	<i>a</i>	
0,08	+4,0	+0,5	+4,8	-1,2	-1,1	-0,8	-1,2	-0,9	-1,2	+1,0	+1,2	+1,2		+0,5	+0,4	-0,2	+0,4	<i>b</i>	
0,12	-2,0	-1,8	-1,6	+2,2		+2,0	+1,7	+2,1		+1,1	+1,0	+1,0		+0,7	+0,5	+0,6			
0,16	-2,3	-2,1	+4,1	-2,2		+2,5	+2,2	+2,3		-0,4	-0,4	-0,4		+0,9	+0,9	0	+0,6	<i>c</i>	
0,20	-2,4	-2,5	+3,5			+3,5	-0,2	-0,4	-0,3	-0,6	-0,5	+1,5	-0,4	-0,1	-0,1	+0,5	+0,5		
0,24	+0,2	+3,4	+3,5	+3,4		-0,6	-0,3	-0,5		0	+0,6	+0,9	+1,1	0	+0,6	0	+0,6		
0,28	+4,8	+4,3	+4,5			-0,2	+2,2	+1,6	+2,2	+1,2	+1,1	+1,3		+0,6	-0,1	+0,6			
0,32	+4,3	+5,1	+5,2	+4,5		-0,6	-0,6	-0,9	+2,2	+0,1	-0,2	-0,1		+0,6	+0,5				
0,36	+5,5	+5,8	-0,1	+0,1	0	-0,3	-0,6	+2,2	+2,3	+2,2	0	-0,2	-0,1	0	+0,5	+0,5	-0,1	0	
0,44	0	-0,2	-0,1			+2,0	+2,3	+2,5	+2,2	+0,2	-0,1	0	+0,7	+0,4	0	0			
0,50	0	-0,2	+0,1			+2,8	+2,7	+2,8		+0,1	0	+0,9	+1,2	0	0	+0,5			
0,60	0	-0,1	0	0	0	+3,0	+3,0	+2,8	+3,1	+1,1	+1,2	+1,1		0	+0,6	+0,5			
0,70	-0,6	-0,5	+4	-0,6		+0,1	+0,2	+0,2		+1,7	+1,6	0	+0,2	+0,1	+0,1	+0,8			
0,80	-0,1	+4,8	+5,1			+0,1	+0,2			0	+0,2	+0,2		0	+0,1	+0,8			
1,0	+5,5	+5,5	+5,1			-0,1	+0,1	+3,0		+0,1	0	+2,0		+0,8	+0,9	+0,8			
1,2	+6,2	+7,0	+2,1	+2,8		+0,1	+3,4	+3,7		+2,1	+2,0	+1,9		+0,3	+1,1	+1,1	+0,2		
1,4	+7,5	+7,8				+3,5	+4,3			+0,6	+0,6	+0,7		+0,4	+0,2	+0,3			
1,6	+2,4	+2,9				+4,0	+1,7	+1,5		+0,6	+0,8			+0,4	+0,3	+1,2			
1,8	+3,2					+4,1	+2,0			+1,0	+0,9	+0,9		+0,5	+1,3	+1,3			
2,0	+2,7	+2,0				+1,4	+1,2	+1,4		+1,2	+0,9	+1,0		+0,5	+1,4	+1,3			
2,5	+3,2					+3,5	+5,0			+1,5	+3,0	+3,1		+0,7	+1,9	+1,8			
3,0										+3,0	+3,8			+1,4	+1,9				
4,0										+2,3									

Leider konnte ich nicht gleichzeitig den Hauptstrom messen, da ich sonst eine beträchtliche Länge spiralförmigen Kupferdrahts im Schließungsbogen gehabt hätte. Nachdem ein Maximum oder Minimum erreicht worden war, wurde mit einem Buchstaben der Eintritt einer neuen Periode bezeichnet. Von den auffallend großen positiven Rückständen, selbst da, wo solche so eben eintreten, so wie von der Abnahme der negativen, gilt das bereits früher gesagte: Der Ueberschuss an freier positiver Elektrizität verdeckt um so mehr die negativen Rückstände, je kürzer der Schließungsbogen ¹⁾).

Bei acht Flaschen sind die fünf angedeuteten Perioden nicht zu verkennen. Allein es läßt sich hier nicht entscheiden, ob die ersten positiven Rückstände einer einfachen oder alternirenden Entladung, die ersten negativen Rückstände bei vier Flaschen dreifachen oder einfachen Entladungen entsprechen. Eine eingeschaltete Röhre würde die Möglichkeit geben, genau die Anzahl von Alternationen zu bestimmen, sobald man die von Paalzow gegebenen Merkmale für das Eintreten der ersten alternirenden Entladung benutzt. Nach diesen Versuchen zu urtheilen, würde die Constante m von der Capacität der Batterie wesentlich abhängen, wie auch aus der Thomson'schen Arbeit folgt.

Ich wiederholte obige Versuchsreihe mit Einschaltung des 600 Meter langen geradlinig gespannten Kupferdrahts.

Schließungsbogen: 600 Meter Kupferdraht, 1^{mm} dick, + verdünnte Schwefelsäure, (spec. Gew. 1,25) 206^{mm} lang, 26^{mm} Durchmesser.
Acht Flaschen.

Schlagweite.	Rückstand.	Schlagweite.	Rückstand.
0,04	+ 3,5 - 3,2 + 2,2	0,90	+ 5
0,09	+ 3,2 + 3,9 + 3,5	1,08	+ 6
0,18	+ 4,8 + 5,1	1,26	+ 7,5
0,29	- 3 + 3 + 4,2 + 4,1	1,44	+ 7,2
0,36	- 0,1 - 0,1	1,62	+ 5
0,45	0 - 0,1	1,80	+ 6,5
0,54	- 0,2 - 0,7	1,98	+ 3,5
0,63	+ 4,5 - 0,9 - 0,2	2,16	+ 8
0,72	- 0,6 - 1,4 + 4,5	2,34	+ 3,5 + 8
0,81	+ 5 + 5,2		

1) Biefs, Lehre von der Reibungselektricität Bd. II, §. 646.

Wir haben nicht mehr fünf, sondern nur drei Perioden bei gleich hoher Schlagweite erreicht; durch die Verlängerung des Schließungsbogens sind m und n kleiner geworden.

Nach seiner letzten Abhandlung zu schließsen, hat Dr. Feddersen bei kurzem Schließungsbogen und flüssigen Widerständen, das Funkenbild, das durch den rotirenden Spiegel auf einer matten Glastafel entworfen wird, nicht in Partialentladungen auflösen können. Der Beweis, daß auch dann die Entladungen alternirend sind, ist durch vorstehende Versuchsreihe gegeben.

Da sowohl hier als bei sämtlichen früheren Beobachtungen stets die Alternationen mit der Schlagweite zunehmen, so muß ich den Begriff eines Gränzwiderstandes, wie ihn Dr. Feddersen aufgestellt hat, gänzlich läugnen; es giebt nach den bisher mitgetheilten Versuchen keinen Widerstand, bei welchem nur einfache Entladungen vorkommen, denn bei gehörig vergrößerter Schlagweite tritt doch eine Alternation ein, wie auch Paalzow schon behauptet hat¹⁾.

Allerdings habe ich bei Neusilberdrähten über 10 Meter Länge (0^{mm},24 dick) keine negativen Rückstände mehr erhalten, und ebenso wenig bei verdünnter Schwefelsäure von 300^{mm} Länge und 2^{mm} Durchmesser. Deshalb aber ist doch mit solchen Widerständen keineswegs eine derartige Gränze erreicht. Denn erstens haben wir schon oben gesehen, daß da, wo die evacuirten Röhren eine andere Art von Entladungen verriethen, auch die Rückstände einen anderen Gang verfolgten, und es blieb dahingestellt, ob hier alternirende Entladungen stattfinden; man kann solche aber stets durch Einschaltung metallischer Drähte von gewisser Länge unzweideutig erhalten. Wurde in den Schließungsbogen außer den 60000 Metern Kupferdraht, die allein schon nach Feddersen's Resultaten den Gränzwiderstand übertreffen, eine Röhre mit verdünnter Schwefelsäure von 1^{mm} Durchmesser und 2055^{mm} Länge gebracht,

1) Pogg. Ann. Bd. CXII, S. 579.

so erhielt ich wiederum negative Rückstände, die das Vorhandenseyn alternirender Entladungen bewiesen.

Flaschenzahl.	Die Schlagweite.	Die Rückstände.			
8	0,30 ^{mm}	+ 24	+ 23	+ 0	+ 2
»	0,35	— 0,5	— 3		
»	0,40	— 1,5	— 1,8		

d. h. bei einer verhältnißmäfsig kleinen Schlagweite negative Rückstände, während Feddersen verdünnte Schwefelsäure von 1^{mm} Dicke und 58^{mm} Länge als Gränzwiderstand schon für eine Flasche angiebt ¹⁾).

Ich habe nur diese wenigen Zahlen zum Beweise angeführt, weil mir die Combination von verschiedenartigen Widerständen von besonderem Interesse zu seyn scheint, und einer specielleren Untersuchung bedarf.

Das Galvanometer.

Zum Schluß theile ich noch eine Reihe von Beobachtungen mit, die ich zur Controle der Angaben des Galvanometers angestellt habe.

Vergleicht man nämlich die Ladungen Q , die durch Summirung der Ablenkungen im Hauptentladungsstrom A und den Rückstand R gewonnen wurden, in verschiedenen Versuchsreihen mit einander, so findet man von einander ein wenig abweichende Werthe bei gleichen Schlagweiten. Da die bisher mitgetheilten Reihen an verschiedenen Tagen angestellt waren, so liefs sich hieraus kein sicherer Schluß ziehen über die Brauchbarkeit des Instruments.

Es wurden deshalb bei vier verschiedenen Schlagweiten, mit Veränderung der Batterieoberfläche, die Ablenkungen gemessen mit Einschaltung solcher Widerstände, dafs die grösste Verschiedenheit der Art, sowohl in Betreff der Alternationen, als der Dauer der Entladung erhalten wurde.

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 462.

Die Ladung der Batterie Q wird, unabhängig vom Schließungsbogen, = A (Ablenkung des Galvanometers, im Hauptschließungsbogen) + R (Ablenkung durch den Rückstand) gefunden.

Schließungsbogen: Galvanometerspiralen +:			I. 7 Meter. Kupferdraht, 0mm, 8 dick.			II. 60000 Meter. Kupferdraht, 0mm, 2 dick.			III. Verdünnte Schwefel- säure (1,25 spec. Gew.). 1,05M. lang, 0mm, 8 dick.			IV. Destillirtes Wasser. Röhre 220mm lang, 10mm, 1 dick.			V.
No.	D. Schlag- weite.	Flaschen- zahl.	A	R	Q	A	R	Q	A	R	Q	A	R	Q	Mittleres Q
1	1mm	8	73	+ 0,3	73,3	87	-14,0	73,0	60	+12,2	72,2	41	+31,5	72,5	72,55
2			68	+ 4,8	72,8	88	-14,5	73,5	60	+12,0	72,0	50	+23	73,0	
3			73	+ 0,4	73,4	86,0	-13,8	72,2	59	+12,4	71,4	50	+23,5	73,5	
4			72,5	+ 0,5	73,0	85,5	-13,9	71,6	60	+12,9	71,9	49,5	+23,0	72,5	
5			64,5	+ 7,5	72,0	86,8	-14,3	72,5	59,5	+13,1	72,6	52	+20,0	72,0	63,89
6	2mm	4	63	+ 1,2	64,2	57	+ 8,5	65,5	55	+ 8,8	63,8	43	+21	64,0	
7			59,5	+ 4,5	64,0	55	+ 8,7	63,7	54	+ 9,2	63,2	42,5	+20,8	63,3	
8			57,5	+ 5,5	63,0	56	+ 8,8	64,8	54	+ 9,7	63,7	43,2	+21	64,2	
9			63	+ 1,2	64,2	57	+ 8,5	65,5	56	+ 8,7	64,7	44,0	+21,5	65,5	
10			63	+ 1,3	64,3	56	+ 9,2	65,2	55	+ 8,3	63,3	44,0	+21	65,0	

Schließungsbogen: Galvanometerspiralen +:			I. 7 Meter. Kupferdraht, 0 ^{mm} , 8 dick			II. 60000 Meter. Kupferdraht, 0 ^{mm} , 2 dick.			III. Verdünnte Schwefel- säure (1,25 spec. Gew.). 1,05 M. lang, 0,8 dick.			IV. Destillirtes Wasser. Röhre 220 ^{mm} lang, 10 ^{mm} , 1 dick.			V. Mittleres Q
No.	D. Schlag- weite.	Flaschen- zahl.	A	R	Q	A	R	Q	A	R	Q	A	R	Q	Q
11	3 ^{mm}	2	43	+ 2,8	45,8	47	+ 0,7	47,7	42	+ 5,2	47,2	39	+ 7,5	46,5	47,17
12			43	+ 3,3	46,3	45	+ 2,5	47,5	42	+ 5,5	47,5	40	+ 8,0	48,0	
13			45	+ 2,0	47,0	38	+ 8,5	46,5	43	+ 4,6	47,6	39	+ 7,3	46,3	
14			46,5	+ 1,5	48,0	48	0,0	48,0	42	+ 5,3	47,3	39,5	+ 7,7	47,2	
15			45	+ 2,0	47,0	46	+ 2,2	48,2	42,8	+ 5,0	47,8	39,0	+ 8,2	47,2	
16			43	+ 3,0	46,0	47	+ 0,5	47,5	42,3	+ 5,2	47,5	38,5	+ 8,0	46,5	
17	4 ^{mm}	1	26,5	+ 2,5	28,5	30	- 1,1	28,9	24,5	+ 3,4	27,9	23,5	+ 4,5	28,0	28,55
18			26,2	+ 2,0	28,2	30	- 1,5	28,5	25,0	+ 2,8	27,8	23,5	+ 4,9	28,4	
19			27,5	+ 2,0	29,5	30,5	- 1,0	29,5	24,0	+ 3,5	27,5	24,0	+ 4,5	28,5	
20			26,5	+ 2,3	28,8	32,8	- 2,5	30,3	25,0	+ 3,4	28,4	24,0	+ 4,0	28,0	
21			26,0	+ 1,5	27,5	30,5	- 1,8	28,7	26,5	+ 2,9	29,4	23,5	+ 5,0	28,5	
22			26,3	+ 2,0	28,3	30,0	- 2,4	27,6	25,0	+ 3,5	28,5	24,0	+ 5,0	29,0	

Mit 2400 Meter Neusilberdraht ($0^{\text{mm}},24$ dick) erhielt ich der Columne III ganz ähnliche Werthe.

Eine solche Uebereinstimmung hatte ich in der That selbst nicht erwartet. Die Schwankungen des Q in den verschiedenen Columnen finden sich bei unveränderter Schlagweite auch bei ein und demselben Widerstande und sind nicht zu vermeiden.

Ich mache nur noch aufmerksam auf die großen Unterschiede für A in Columne II und IV. In letzterer wurde der Rückstand merklich kleiner, nachdem die erste Entladung durch das Wasser gegangen war. In No. 11 bis 16 der Columne II haben wir genau die Gränzschlagweite zwischen zweifachen und dreifachen Entladungen. Ebenso lehrreich sind die inconstanten Rückstände in Columne I, wo der größeren Ladung stets eine Entladung entspricht, die eine Alternation mehr hatte. Die Beobachtungen in Columne III zeigen nur sehr geringe Schwankungen.

Ehe das Galvanometer zu messenden Versuchen angewandt wird, müßte eigentlich die Angabe desselben mit einem Sinuselektrometer verglichen werden, mit welchem man Q und R direct messen kann. Leider stand mir ein solches nicht zu Gebote, und ich mußte mich mit der vorliegenden Selbstcontrole des Instruments bescheiden, was ich um so mehr durfte, als es sich nicht um die Ermittlung physikalischer Constanten in der vorliegenden Arbeit handelte. Mit der Maafsflasche zusammen ist das Galvanometer nicht gut zu gebrauchen, weil der Magnetspiegel durch den Ladungsstrom im äußeren Schließungsbogen und den schwachen entgegengesetzten Strom bei jeder Entladung der Maafsflasche in Schwankungen versetzt wird, die eine sichere Beobachtung verhindern.

Zum Vergleich mit Luftthermometerbeobachtungen sind die Galvanometerangaben auch nicht ohne Weiteres geeignet, wie aus einem Blick durch folgende Betrachtung erhellt:

Clausius ¹⁾ hat bewiesen, daß »die Summe aller durch

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXVI, S. 337.

eine elektrische Entladung hervorgebrachten Wirkungen gleich der dabei eingetretenen Veränderung des Potentials der gesammten Elektrizität auf sich selbst ist.«

Bezeichnen wir mit Clausius das Potential einer mit der Elektrizitätsmenge Q geladenen Leidener Batterie auf sich selbst mit $-W$, und nach einer Entladung der Batterie den Rückstand mit R , das Potential desselben auf sich selbst mit W_r , so ist (siehe daselbst Seite 352 und 359)

$$W - W_r = a(Q^2 - R^2),$$

wo a bei unveränderter Oberfläche eine constante Zahl bedeutet. Die Ablenkung des Galvanometers ist jetzt

$$A = Q - R.$$

Sey der Rückstand nach n vollständigen Alternationen $= Q_n$, so ist die Erwärmung eines Stückes im Schließungsbogen nach $(n-1)$ Alternationen, bei passend gewählter Einheit für θ ,

$$\theta_{n-1} = Q^2 - Q_{n-1}^2$$

$$\text{und} \quad A_{n-1} = Q - Q_{n-1};$$

nach n Alternationen

$$\theta_n = Q^2 - Q_n^2$$

$$\text{und} \quad A_n = Q - Q_n$$

folglich θ_n stets $> \theta_{n-1}$, aber $A_n \leq A_{n-1}$, je nachdem n gerade oder ungerade, weil im ersten Falle Q_{n-1} eine negative Zahl ist. Mithin kann einer kleineren Ablenkung im Hauptschließungsbogen eine grössere Erwärmung im Luftthermometer, ferner ein und derselben Ablenkung A eine verschiedene Erwärmung entsprechen.

Sey z. B. beobachtet

$$A = +20, R = 0,$$

so wäre

$$A + R = Q = 20 \text{ und } \theta = 40,0,$$

bei passender Einheit für θ ; aber für $A = +20, R = +4$
 $Q = 24$ und $\theta = 56,0$.

Dagegen für $A = +16, R = +4$, wiederum

$$Q = 20, \text{ aber } \theta = 38,4$$

und für $A = +24, R = -4$

$$Q = 20, \text{ und } \theta = 38,4$$

folglich bei $A = 24$ und 16 dieselbe Erwärmung $38,4$, und bei $A = 20$ die stärkeren Erwärmungen $40,0$ und $56,0$.

Diese Berechnungen wären nur zulässig, wenn alle Arbeit in Wärme umgesetzt wird, und die Entladung in einem Augenblick momentaner Ruhe, d. h. am Ende einer vollständigen Alternation abbricht. Die Erwärmung ist dann durch die Galvanometerbeobachtungen A und R ausgedrückt:

$$\theta = A^2 + 2AR,$$

wo in R das Zeichen der Elektrizität zu berücksichtigen ist.

Um aber diese Formel experimentell prüfen zu können, müßte man den Ueberschufs an positiver Elektrizität, der ein nicht leicht zu ermittelndes Correctionsglied in die Rückstandswerthe bringt, kennen.

Nach Thomson ¹⁾ ist ferner

$$-\frac{1}{2} \partial \left(\frac{q^2}{c} \right) = \frac{1}{2} \partial (A\gamma^2) + k\gamma^2 \partial t$$

wo q die im Innern der Batterie während der Entladung befindliche Elektrizitätsmenge, γ die Intensität zur Zeit t in irgend einem Querschnitt des Schließungsbogens oder die Geschwindigkeit bedeutet, mit welcher die Ladung der Batterie mit der Zeit t sich ändert, also $= \frac{\partial q}{\partial t}$ ist. c , A und k sind Constanten. Wenn wir beim Beginn der Entladung.

$$t = 0, q = Q \text{ und } \gamma = 0,$$

ferner für $t = t_n$

$$q = Q_n, \text{ und } \gamma = \gamma_n$$

setzen, so ist

$$\frac{1}{2} c (Q^2 - Q_n^2) = \frac{1}{2} A \gamma^2 + \int_0^{t_n} k \gamma^2 \partial t.$$

In dem von Clausius betrachteten Falle ist (S. 344) $\gamma_n = 0$, und so folgt dann auch aus dieser Gleichung die Erwärmung

$$\theta = \int_0^{t_n} k \gamma^2 \partial t = a (Q^2 - Q_n^2).$$

1) *Phil. Magaz. June 1853.*

Wenn aber bei einem Schließungsbogen, bei welchem unzweifelhaft alternirende Entladungen stattfinden müßten, die letzte Alternation unvollständig ist, so wird $\frac{1}{2} A \gamma_n^2$ durch den Einfluß der Funkenstrecke verbraucht werden, und für das Luftthermometer verloren gehen, so daß dann die beobachtete Erwärmung nicht mit der aus den Galvanometerangaben berechneten stimmen könnte.

Die Möglichkeit solcher Störungen leuchtet auch aus den Versuchen von Riefs ¹⁾ deutlich hervor, welche Clausius ²⁾ in der citirten Abhandlung ausführlich bespricht.

Schließlich noch mache ich darauf aufmerksam, daß mir das Galvanometer ganz dazu geeignet erscheint, die Abhängigkeit der Ladung der Batterie von der Schlagweite und der Form der Elektroden zu bestimmen. Aus den vorliegenden Versuchsreihen wage ich nichts hierüber auszusagen, da zahlreichere Beobachtungen bei jeder Schlagweite hätten angestellt werden müssen. Die Ladung der Batterie bei sehr kleinen Schlagweiten war stets auffallend groß. Von größtem Interesse wäre ferner eine neue Untersuchung über die Magnetisirung von Stahlnadeln mit gleichzeitiger Beobachtung der Rückstände.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchung zusammen, so ergeben sich folgende Thatfachen, von denen einzelne bereits auf anderem Wege gefunden waren.

1. Bei Entladung der Leidener Batterie durch eine Funkenstrecke kann der Rückstand derselben sowohl gleichnamige als ungleichnamige Elektrizität mit der ursprünglichen Ladung der Batterie haben.

2. Der Rückstand ist in vielen Fällen ein Prüfungsmittel für die Art der Entladung.

3. Diese ist abhängig vom Schließungsbogen, der Dichtigkeit der Ladung und der Funkenstrecke.

4. Nimmt die Dichtigkeit der Batterie mit der Schlagweite stetig zu, so wächst im Allgemeinen auch die Anzahl von Alternationen mit dieser.

1) Lehre von der Reibungselektrizität Bd. I, §. 442.

2) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 357.

5. Das Verhältniß zweier auf einander folgender Maxima der Ladung entgegengesetzten Zeichens m nimmt mit abnehmendem Widerstande zu, und hängt auch von der Capacität der Batterie ab.

6. Einfache so wie alternirende Entladungen können »vollständig« oder »unvollständig« seyn. Bei ersteren hat die letzte Alternation das dem Coëfficienten m entsprechende Maximum der Ladung erreicht, der Rückstand ist dann bei ungerader Anzahl von Alternationen ungleichnamig mit der ursprünglichen Ladung (die erste Partialentladung ist hierbei als erste Alternation gedacht), bei gerader Anzahl gleichnamig.

7. Die Anzahl von Alternationen hängt vom Coëfficienten m , der Oberfläche der Batterie und der Beschaffenheit der Funkenstrecke ab. Ein bestimmtes Abhängigkeitsgesetz läßt sich nicht aussprechen, da die Form der Elektroden wesentlich von Einfluß ist (s. Seite 17). Im Allgemeinen beginnen die alternirenden Entladungen bei um so kleinerer Schlagweite, je kleiner die Oberfläche. (Die einzige Ausnahme hiervon bildete die Versuchsreihe mit den 60000 Metern Kupferdraht mit Eisenkern.) Je kleiner der Widerstand, um so größer die Anzahl von Alternationen bei derselben Schlagweite.

8. Bei größeren Schlagweiten namentlich, können die ihrem Wesen nach negativen Rückstände durch mehrere Gründe verdeckt werden, 1) durch den Ueberschuß an freier positiver Elektrizität auf der inneren Belegung, 2) durch die Verbindung der Batterie mit dem Conductor, 3) durch den »wiederauftretenden« oder »verborgenen« Rückstand. Je größer die Oberfläche, um so geringer ist der durch die beiden ersten Umstände hervorgebrachte Fehler.

9. Sowohl bei geradlinigen Drähten als bei flüssigen Widerständen kommen negative Rückstände vor, die Aufschluß geben über die Anzahl von Alternationen und den Coëfficienten m .

10. Bei schlechter leitendem Schließungsbogen, (Flüssigkeiten, dünnem Neusilberdraht) nimmt die Batterie von

einer gewissen Gröfse des Widerstandes an, keine negative Ladung mehr an. Ob trotzdem die Entladung eine alternirende, blieb dahingestellt. Auch bei diesen Widerständen konnten durch Hinzufügung langer gutleitender Drähte wiederum unzweifelhaft alternirende Entladungen mit negativen Rückständen erhalten werden.

11. Bei spiralförmigen metallischen Drähten ist die *Dauer der Entladung* vom Widerstande und der Dichtigkeit abhängig. Es findet bei einer gewissen von eben dem Widerstande abhängigen Schlagweite ein plötzlicher Sprung statt, so dafs die Entladungen *von kurzer Dauer* (bei gröfseren Schlagweiten) mindestens um das 30- bis 50fache der Zeit von denen *von langer Dauer* (bei kleinen Schlagweiten) abweichen. Jede von beiden Arten nimmt innerhalb ihrer Gränzen mit der Schlagweite an Dauer zu.

12. Durch künstliche Vergröfserung der Funkenstrecke während der Entladung können eine oder mehrere Alternationen verschwinden. Bei Entladung *von kurzer Dauer* erhielt man durch den bezüglichen Versuch die Möglichkeit, das Maximum der ersten negativen Ladung der Batterie unmittelbar zu beobachten, und den Coëfficienten m auf eine neue Art zu bestimmen. Dafs auch Entladungen von kurzer Dauer durch die künstlich vergröfserte Funkenstrecke verändert werden, blieb ungewifs, wurde aber wegen der dabei beobachteten Rückstände als wahrscheinlich hingestellt.

13. Zwei Galvanometer, die in ein und demselben Schliessungsbogen bei *einer* Schlagweite gleiche Ablenkungen gaben, thaten dasselbe bei allen anderen. Wurde das eine im Hauptschliessungsbogen eingeschaltet, und die Ablenkung A durch den Entladungsstrom beobachtet, ferner der Rückstand R mit dem anderen Galvanometer beobachtet, so ergab sich die Ladung $Q = A + R$, bei jedwedem Schliessungsbogen und jeder Art von Entladung, der theoretischen Forderung gemäfs, dafs die Ablenkung stets

$$= \int_0^{\tau} i dt$$
 ist, wo $i dt$ diejenige Elektrizitätsmenge ist, die

in der Zeit ∂t durch einen Querschnitt des Schließungsbogens floß.

14. Die Einschaltung einer evacuirten Röhre in den Schließungsbogen vergrößert die Ladung der Batterie um einen bei allen Schlagweiten nahezu gleichen Werth, d. h. die Entladung beginnt bei einer etwas größeren Dichtigkeit der Electricität.

15. Die durch den Rückstand gewonnenen Kriterien widersprachen in keinem einzigen Falle den von Dr. Paalzow für die Lichterscheinungen gegebenen Kennzeichen für die Art der Entladung.



Thesen.

- 1) Die Riesssche Theorie der Partialentladungen ist unhaltbar.
 - 2) Das Galvanometer ist das beste Messinstrument auch für reibungselektrische Ströme.
 - 3) Es giebt weder feste, noch flüssige Isolatoren der Elektrizität.
 - 4) Gase leiten nicht die Elektrizität.
 - 5) Die Absorption des Lichts ist eine Interferenzerscheinung.
 - 6) Es lässt sich experimentell ergründen, ob Licht und strahlende Wärme identische Bewegungen sind, oder nicht.
 - 7) Die Höhe des Montblanc ist nicht bekannt.
 - 8) Der Blitz ist eine alternirende elektrische Entladung.
 - 9) Das menschliche Auge ist eine Uhr.
 - 10) Alle Maschinen werden durch Sonnenlicht in Bewegung gesetzt.
-