

I. *Ueber die Schlagweite der elektrischen Batterie; von Peter Rieffs.*

Die Entladung einer elektrischen Batterie geschieht gewöhnlich in der Weise, daß man, während das eine Ende eines leitenden Bogens an der äußeren Belegung der Batterie anliegt, das andere Ende mit der inneren Belegung oder einem metallischen Fortsatze derselben in Berührung zu bringen sucht. Ehe aber die Berührung eintritt, entsteht ein Funke zwischen den genäher-ten Metallflächen, und der größte Theil der Ladung der Batterie ist verschwunden; die Entfernung der Flächen von einander im Augenblicke, wo der Funke zwischen ihnen sichtbar wird, heißt die *Schlagweite* der Batterie. — Da die Batterie durch den in der Schlagweite befindlichen Leiter nicht gänzlich entladen wird, so muß bei größserer Annäherung dieses Leiters an die innere Belegung wiederum ein Punkt eintreten, an welchem eine Entladung stattfindet, und es wird sich daher eine zweite, dritte Entfernung angeben lassen, in welche gelangt, das Ende des Schließungsbogens von der rückständig geladenen Batterie einen Funken empfängt. Wir wollen diese nachfolgenden Entladungen zuvörderst bei Seite lassen, und überhaupt unter Schlagweite nur die erste oder Hauptschlagweite verstehen.

Im 40sten Bande dieser Annalen, S. 333, habe ich aus früher vorliegenden und eigenen Versuchen gezeigt, daß die Schlagweite der Batterie proportional der Dichtigkeit der in derselben angehäuften Elektricitätsmenge, zugleich aber abhängig von der Form der Flächen ist, zwischen welchen der Entladungsfunke überspringt. Be-

zeichnet man mit d die Schlagweite, mit q die Elektrizitätsmenge, mit s die Größe der Fläche, auf der sie angehäuft ist, so hat man den Ausdruck:

$$d = b \frac{q}{s},$$

in welchem b die Schlagweite für die zur Einheit gewählte Ladung angiebt. Diese Constante b ist veränderlich mit der Gestalt und der gegenseitigen Stellung der beiden Metallflächen, zwischen welchen der Entladungsfunke auftritt, wodurch denn die Nothwendigkeit gegeben ist, diese Stellung niemals durch die Hand, sondern durch eine mechanische Vorrichtung zu bewirken, wenn man des Erfolgs eines Versuchs an der Batterie sicher seyn will.

Die Schlagweite ist nothwendig mit der elektrischen Entladung verknüpft und nach bestimmten Gesetzen von der Ladung abhängig, so daß man durchaus keinen Grund hat, dieselbe zu beschränken und künstlich zu modificiren. Es ist daher als Mißgriff zu bezeichnen, wenn ein Beobachter die Entladung der Batterie dadurch regelmäßiger zu machen glaubte, daß er eine dünne Glasplatte auf den Fortsatz der inneren Belegung legte, die durch ein darauf fallendes Stück des Schließungsbogens vor der Entladung zertrümmert werden mußte; ein Verfahren, dem auch die schädlichen Folgen auf dem Fusse gefolgt sind.

Diese wenigen Bemerkungen genügen zur Kenntniß der Schlagweite, so weit sie bei den Batteriewirkungen in Betracht kommt; ein anderes aber und nicht geringes Interesse bietet die Erscheinung an ihr selbst dar, deren genauere, bisher gänzlich vernachlässigte Untersuchung ich durch die folgende Mittheilung eingeleitet zu haben wünsche.

Schon sehr frühe wurde die Aufmerksamkeit der Beobachter auf die Erscheinungen gelenkt, welche die Entladung der Batterie begleiten und mit der Schlagweite

in Verbindung zu stehen scheinen, auf den Entladungsfunken nämlich und den durch ihn hervorgebrachten Schall. Es konnte Keinem entgehen, daß der Glanz des Funkens und die Stärke des Schalls bei gleichbleibenden Endflächen, zwischen welchen der Funke überspringt, veränderlich ist, sowohl mit der Dichtigkeit der Elektrizität in der Batterie als mit der Beschaffenheit des Schließungsbogens. Die Aenderung der Schlagweite nach der Dichtigkeit der angesammelten Elektrizität wurde durch Lane und Volta aufgezeigt; über die Schlagweite aber bei veränderter Beschaffenheit des Schließungsbogens wurden keine oder nur ungenügende Messungen angestellt. So viel mir bekannt, liegen nur die Versuche von Heller vor, der eine Leidener Flasche durch einen Bogen entlud, der entweder ganz metallisch oder durch einen mit Wasser benetzten Papierstreifen unterbrochen war ¹⁾. Bei dem ganz metallischen Bogen bezeichnet er den Entladungsfunken als weiß, lang und knallend, bei dem unterbrochenen als roth, dumpfschallend und klein, und will die Länge des Funkens mit zunehmender Länge des eingeschalteten Papierstreifens abnehmend gefunden haben. Diese, nur beiläufig gegebene Behauptung über die Länge des Funkens ist seitdem häufig wiederholt worden, und wahrscheinlich ist sie es, die zu der Verallgemeinerung in der neuen Ausgabe des Gehler'schen phys. Wörterbuchs geführt hat. Es wird dort ²⁾ die Schlagweite, in der die Entladung der Batterie zu Stande kommt, durch die Formel $\frac{T}{L}$ ausgedrückt, wo T die freie Spannung der inneren Belegung, L den Leitungswiderstand in der ganzen Strecke der leitenden Verbindung von einer Belegung zur andern bezeichnet. Die folgenden Versuche werden zeigen, daß diese Annahme, wie selbst die spe-

1) Gilbert's Annalen, Bd. VI S. 249.

2) Bd. VIII S. 529.

ciellere Heller'sche Behauptung nicht in der Natur begründet ist.

Ich verband die innere Belegung einer elektrischen Batterie durch einen $1\frac{1}{2}$ Fufs langen $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdraht mit einem verticalen, auf einer dünnen Glasstange isolirten Messingzapfen, dem in derselben Höhe ein gleicher Zapfen gegenüberstand, dessen Fufs auf einem Metallschlitten befestigt war. Die beiden Zapfen (an welchen Fortsätze mit Druckschrauben zur Befestigung der Drähte angebracht waren), und die auf dieselben gesteckten Metallkörper wurden durch eine Mikrometerschraube gegen einander bewegt, wodurch die Entfernungen, in welchen der Entladungsfunke überspringen mußte, genau gemessen werden konnten. Ich werde diese Vorrichtung mit dem Namen *Funkenmikrometer* bezeichnen. Der äußere Zapfen wurde durch einen 1 Fufs langen $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdraht mit dem einen messingenen Arme (7" lang 2",8 dick) eines gut isolirten Henley'schen Ausladers in Verbindung gesetzt, von dessen anderem Arme ein 8 Zoll langer $\frac{1}{2}$ Linie dicker Kupferdraht unmittelbar zur äußeren Belegung der Batterie führte. Die freien Enden der Arme des Ausladers hatten Druckschrauben, in welchen die später zu nennenden Verbindungsstücke angebracht wurden. Zur Messung der angehäuften Elektrizitätsmenge führte (wie früher beschrieben worden) ein Draht von der äußeren Belegung der Batterie zu der Maafsflasche. Zwischen den Armen des Henley'schen Ausladers wurde nun entweder ein, 4 Linien langer $\frac{1}{2}$ Linie dicker, Kupferdraht befestigt, oder ein Platindraht von 102 Zoll Länge 0,052 Linie Dicke, oder endlich eine mit destillirtem Wasser gefüllte Glasröhre von 8,3 Zoll Länge 4,5 Linien Dicke, deren Enden durch Kupferfassungen geschlossen waren, von welchen kurze Spitzen in das Innere der Röhre hineinragten. Je nach diesen Einschaltungen bot der Schliefungsbogen der Elektrizität eine sehr vollkommene, eine

metallische unvollkommene, oder eine feuchte, sehr unvollkommene Leitung. Auf die Zapfen des Funkenmikrometers wurden zwei messingene Kugeln von 6^{'''},25 Durchmesser aufgesteckt, die in verschiedene Entfernungen (d) von einander gestellt wurden (die Einheit für d ist $\frac{1}{2}$ Linie genommen). Die folgende Tabelle giebt die Beobachtungen der zu bestimmten Schlagweiten gehörigen Elektricitätsmengen bei Anwendung der verschiedenen Schließungsbogen; sie sind Mittel aus drei nahe übereinstimmenden Versuchsreihen. Die Kugeln der Maafsflasche standen hier, wie in der Folge, 0,3 Linie von einander entfernt, um die Zählung der Elektricitätsmengen möglichst sicher zu machen.

Taf. I. Elektricitätsmengen bei bestimmter Schlagweite.

Flaschenzahl <i>s.</i>	Schlagw. <i>d.</i>	Einschaltung in den Schließungsbogen.		
		Kupferdraht 4 Linien.	Platindraht 102 Zoll.	Wasserröhre.
		Elektr. Menge <i>q.</i>	<i>q.</i>	<i>q.</i>
3	1	6	6	6
	2	10,2	10,5	10,5
	3	15	15	14,5
4	1	8	8	8
	2	14,5	14	14
	3	21,5	19,7	19,5
5	1	10	10	11
	2	18	19	19
	3	27	25,5	26
Schlagweite für Einheit der Ladung. <i>b</i>		0,55	0,55	0,55

Man findet die Beobachtungen in fast vollkommener Uebereinstimmung, und die Schlagweite für die Einheit der Ladung der Batterie ganz dieselbe, der Schließungsbogen mag die Elektricität besser oder schlechter leiten; vorausgesetzt, daß die Flächen, zwischen welchen

die Entladung stattfindet, unverändert bleiben. Die Constante b in dem Ausdrücke $d = b \frac{q}{s}$ wird durch Aenderung der Dimensionen oder des Stoffes des Schließungsbogens nicht verändert. Wir haben hiernit die Widerlegung der bisherigen Annahme und den Satz gewonnen:

Die Schlagweite der elektrischen Batterie ist gänzlich unabhängig von der Beschaffenheit des Schließungsbogens.

Da von der mehr oder minder leitenden Beschaffenheit des Schließungsbogens der Glanz des Entladungsfunkens und die Stärke des ihn begleitenden Schalles abhängt, so ist es leicht, an der Batterie Funken von derselben Länge, aber den verschiedensten Merkmalen zu erhalten. Fünf Flaschen der Batterie gaben bei einer gewissen Ladung und bei Anwendung des Kupferdrahtes $1\frac{1}{2}$ Linien lange Funken von einem unerträglichem Glanze mit einem schmetternden Knal, während bei Anwendung des Platindrahtes ein Funke derselben Länge mit schwachem Lichte und dumpfen Schalle erhalten wurde, und die Wasserröhre einen kaum merkbaren Funken erscheinen liefs.

Die Tafel zeigt, dafs diese so verschiedenartigen Entladungserscheinungen von derselben Elektrizitätsmenge erzeugt wurden; wohl aber kann der Zweifel entstehen, ob während derselben dieselbe Elektrizitätsmenge *verrichtet* worden ist. Ich habe oben bemerkt, dafs nach der Entladung in der Schlagweite die Batterie noch geladen bleibt, und dafs man bei gröfserer Nähe der Entladungsflächen einen zweiten Funken erhält. Um in einigen der mitgetheilten Versuche diese zweite Entladung herbeizuführen, mufsten die beiden Kugeln des Funkenmikrometers so nahe gerückt werden, dafs sich nicht hoffen liefs, in dieser Weise die rückständige Ladung mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Man erreicht dies aber leicht dadurch, dafs man nach der ersten Entladung

in der Schlagweite die Batterie auf's Neue ladet, und so eine zweite Entladung in derselben Weite herbeiführt, wo der Unterschied der hierbei angewandten Elektrizitätsmengen auf die rückständige Ladung schliessen läßt. Ich will zuerst die Versuche über diese zweite Ladung anführen bei ganz metallischem Schließungsbogen, da in diesem Falle die Batterie ihre einfachste normale Einrichtung besitzt. Es wurde die Batterie, wie oben beschrieben, angewandt, in einer Versuchsreihe mit Einschaltung des kurzen Kupferdrahts, und des langen Platindrahts in der andern. Die Ladung der Batterie geschah sorgfältig, bis zur Erscheinung des Funkens zwischen den Mikrometerkugeln; alsdann wurde die äussere Belegung der Batterie einen Augenblick mit dem zum Zinkdache führenden Kupferstreifen verbunden, und somit auch die Maassflasche entladen; alsdann aber die zweite Ladung bewirkt, deren Elektrizitätsmenge, in sofern sie zugeführt und gemessen wurde, in der folgenden Tafel enthalten ist.

Taf. II. Zugeführte Elektrizitätsmenge der zweiten Ladung.

Flaschenzahl <i>s.</i>	Schlagweite <i>d.</i>	Einschaltung in d Schließungsbogen	
		Kupferdraht 4'''	Platindraht 102'''
		Elektrizitätsmenge <i>q'</i>	<i>q'</i>
3	1	5	5
	2	8,8	8,7
	3	13	12,5
4	1	6,5	6,5
	2	12,5	11,7
	3	17	17
5	1	9	9
	2	15	16,5
	3	22,5	22,5
Schlagweite für Einheit der Ladung <i>b'</i>		0,65	0,65

Die Versuche werden durch den Ausdruck $d=0,65\frac{q}{s}$

genügend wiedergegeben, wodurch gezeigt ist, daß die rückständige Elektricitätsmenge stets denselben Theil der anfänglichen Ladung ausmacht und das Verfahren gerechtfertigt wird, statt einzelne Beobachtungen die Mittelwerthe mehrerer mit einander zu vergleichen.

Die Elektricitätsmengen, welche bei den verschiedenen Schließungsbogen hinzugebracht werden mußten, um eine zweite Entladung in derselben Weite zu bewirken, stimmen vollkommen mit einander überein, es folgt also daß dieselbe Elektricitätsmenge bei der Entladung vernichtet wird, es mag nun der sonst gut leitende Schließungsbogen durch einen 4 Linien langen $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdraht oder durch einen 102 Zoll langen 0,052 Linie dicken Platindraht verlängert seyn. Der Verzögerungswerth dieser beiden Verlängerungen ist sehr verschieden; der Unterschied dieses Werthes in den beiden Fällen ist so groß, als ob man einen und denselben Draht einmal 4 Linien, das andere Mal 5017 Fuß lang genommen hätte. Würde man also Drähte solcher Länge successiv zu dem Schließungsbogen hinzusetzen, so liefse sich noch kein Unterschied in der Elektricitätsmenge finden, die bei der Entladung in der Schlagweite verschwindet. Ob bei noch größeren Unterschieden in der Leitungsfähigkeit des Schließungsbogens, oder bei einer feineren Methode, die rückständige Ladung zu bestimmen, ein solcher Unterschied gefunden würde, kann hier dahingestellt bleiben; für die gewöhnlichen Batterieentladungen und die dabei vorkommenden Aenderungen des Schließungsbogens gilt der Satz:

Die Elektricitätsmenge, welche bei Entladung der Batterie in der Schlagweite verschwindet, ist merklich dieselbe, der Schließungsbogen mag aus besser oder schlechter leitenden Metalldrähten zusammengesetzt seyn.

Dafs die in der Schlagweite verschwindende Elektricitätsmenge den bei weitem grössten Theil der Ladung der Batterie ausmacht, ergibt sich aus den in den beiden Tabellen mitgetheilten Versuchen, da in der ersten Tabelle die vollständige, zur Entladung nothwendige Elektricitätsmenge, in der zweiten die nach der ersten Entladung in die Batterie geführte Menge enthalten ist. Wir haben mit b und b' die Constanten bezeichnet, nach welchen die vollständige und die nach der ersten Entladung fehlende Elektricitätsmenge berechnet wird; die vollständige Menge ergibt sich für die Einheit der Oberfläche und der Schlagweite $\frac{1}{b}$, die nach der Entladung

fehlende $\frac{1}{b'}$, so dafs $\frac{b}{b'}$ den Theil ausmacht, der von der vollständigen Ladung in der Schlagweite verschwunden ist. Diesen Bruch geben die mitgetheilten Versuche $= \frac{1}{1\frac{1}{3}}$, und ich habe in vielen, bei sehr verschiedenen atmosphärischen Zuständen angestellten Versuchen dafür einen nur wenig abweichenden Werth gefunden. Die Versuche wurden in einem geheizten, sehr trocknen Locale angestellt, wie denn Trockenheit der Luft und der isolirenden Stützen des Apparats überhaupt ein Erfordernifs für elektrische Veruche ist. Die Kugeln, zwischen welchen die Entladungsfunken übergehen, können nicht gut kleiner genommen werden, als oben geschehen, da sonst ein Ausströmen der Elektricität während der Ladung stattfinden würde; eine Vergrößerung dieser Kugeln hat auf den Theil der während der Entladung verschwundenen Elektricität keinen merklichen Einflufs, wie aus den folgenden Versuchen erhellt. Es wurden auf die Zapfen des Funkenmikrometers statt der Kugeln zwei Messingscheiben von $8\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser aufgesetzt, die einander nicht ganz parallel standen, so dafs die Entladung stets an derselben Stelle der Scheiben nahe dem Rande stattfand. Es wurde zuerst die vollständige La-

dung q beobachtet, und sodann die Elektrizitätsmenge q' , die nach der ersten Entladung in die Batterie geführt werden mußte, um eine zweite Entladung in derselben Schlagweite zu bewirken.

Taf. III. Elektrizitätsmenge bei bestimmter Schlagweite zwischen Scheiben.

Flaschenzahl $s.$	Schlagweite $d.$	Ganze Ladung Elektr. Menge $q.$	Hinzukommende Ladung. $q'.$
3	1	5,0	4
	2	9,5	8
	3	13,5	11,5
4	1	6,5	6
	2	12,5	11
	3	19	16
5	1	8,5	7,5
	2	17	14
	3	24	20,5
Schlagweite für Einheit der Ladung		$b=0,62$	$b'=0,73$

Die in der Schlagweite verschwundene Elektrizitätsmenge ist hier $\frac{2}{3}$ der anfänglichen Ladung, also nur wenig größer als bei den Kugeln. Ich setzte die Kugeln wieder auf die Zapfen, verband aber die Arme des Henley'schen Ausladers mit zwei Metallkugeln (die eine von 5",7, die andere von 4",4 Durchmesser), die, auf Glasstäben isolirt, 0,3 Linien von einander entfernt standen. Es wurde hierdurch ein durchbrochener Schließungsbogen gebildet, so daß der Entladungsfunke in der Schlagweite zwischen den Kugeln des Mikrometers und zwischen den 0",3 von einander entfernten Kugeln des Ausladers überspringen mußte. Die Schlagweite für die Einheit der Ladung wurde begreiflich durch die Unterbrechung des Schließungsbogens verringert, aber die in derselben verschwundene Elektrizitätsmenge hatte fast dasselbe Verhältniß zu der vollständigen Menge wie frü-

her bei continuirlicher Schließung, welches die folgende Tafel zeigt.

Taf. IV. Elektricitätsmenge bei bestimmter Schlagweite und durchbrochenem Schließungsbogen.

Flaschenzahl <i>s.</i>	Schlagweite <i>d.</i>	Ganze Ladung Elektr. Menge <i>q.</i>	Hinzukommende Ladung <i>q'</i> .
3	1	7,5	6
	2	13	11
	3	18	15
4	1	8	7
	2	16	13
	3	22	19
5	1	12	10
	2	21	18
	3	28	25
Schlagweite für Einheit der Ladung		$b=0,48$	$b'=0,57$

Die in der Schlagweite verschwundene Elektricitätsmenge betrug hier $\frac{1}{3}$ der anfänglichen Ladung. Wir haben

	in der Schlagweite verschwundene Elektricitätsmenge.
bei den Kugeln	0,846
- - Scheiben	0,849
bei dem durchbrochenen Schließungs- draht	0,842 der ganzen Ladung.

Diese Elektricitätsmenge hat bei den so verschiedenen Anordnungen des Schließungsbogens nahe dasselbe Verhältniß zu der ganzen Ladung, und es kann daher als bewiesen genommen werden: wenn die hier gebrauchte Batterie mittelst eines metallischen Schließungsbogens durch Annäherung zweier Kugeln entladen wird, so *verschwinden nahe $\frac{1}{3}$ der ganzen Ladung, während die Kugeln in der Schlagweite auseinanderstehen.*

Bei dem gewöhnlichen Entladungsverfahren, in welchem eine Kugel einer andern, mit dem Innern der Batterie verbundenen Kugel bis zur Berührung genähert wird, geschieht daher Folgendes: Wenn die bewegliche Kugel in eine Entfernung von der festen gekommen ist, die von der Ladung der Batterie bestimmt wird, tritt eine Entladung ein, bei welcher $\frac{1}{13}$ der Ladung verschwinden; es sey diese Entfernung d . Die bewegliche Kugel wird sodann sich der festen nähern ohne Entladung, die erst in der Entfernung $\frac{2}{13} d$ stattfinden kann, bei welcher $\frac{1}{13} \cdot \frac{2}{13}$ oder ungefähr $\frac{3}{13}$ der anfänglichen Ladung verschwinden. Die Kugel erhält dann in der Entfernung $(\frac{2}{13})^2 d$ die Entladung von $\frac{1}{13}(\frac{2}{13})^2$ oder ungefähr $\frac{1}{49}$ der anfänglichen Ladung und so fort. Die bewegliche Kugel ist während der einzelnen Entladungen als ruhend angenommen, da die Ausgleichung der Elektrizität mit einer Geschwindigkeit geschieht, die in keinem Verhältnisse zu der der entladenden Kugel steht, mag diese mit der Hand oder einem Mechanismus in Bewegung gesetzt seyn. Bei den kleinen Werthen der Schlagweite d in den Batterieversuchen werden selten mehr als drei Entladungen beobachtet werden können. In den oben mitgetheilten Versuchen betrug die größte Schlagweite $1\frac{1}{2}$ Linie, so dafs, wenn die Kugeln des Funkenmikrometers fortwährend genähert werden, die Entladungen eintreten in den Entfernungen

1,5 0,23 0,035 0,0055 einer Pariser Linie,
von welchen schon die dritte Entfernung nicht mehr von der Berührung der Kugeln zu unterscheiden ist. Auch geschehen diese Entladungen mit abnehmend so geringen Elektrizitätsmengen, dafs bei Versuchen über eine Wirkung der Batterieentladung keine Entladung nach der zweiten von merkbarem Einflufs auf das Resultat seyn kann.

Bei dem gewöhnlichen Entladungsverfahren mit der beweglichen Kugel wird also der Schließungsbogen er-

griffen von zwei oder mehreren Entladungen, die in einer geraumen meßbaren Zeit hinter einander erfolgen, der Zeit nämlich, welche die Kugel gebraucht, um von einer Entfernung in die nächstfolgende zu gelangen. Aber auch jede einzelne Entladung geschieht nicht instantan, bei der ersten Entladung z. B. werden die $\frac{1}{13}$ der Ladung nicht in einem Acte, sondern successiv durch den Schließungsbogen vernichtet, wenn auch der Zeitraum, in dem dieß geschieht, in keinen Betracht gegen die Zeit kommt, welche die erste Entladung von der zweiten scheidet. Diese successive Vernichtung der Ladung ergiebt sich aus dem bekannten Versuche, daß wenn durch die Entladung ein Theil des Schließungsbogens zerstört wird, in der Batterie eine viel größere Elektrizitätsmenge zurückbleibt, als wenn der Schließungsbogen unversehrt geblieben ist, sie erhält einen schärferen Beleg in den folgenden Versuchen.

Wir haben oben gesehen, daß bei Einschaltung einer Wassersäule in den Schließungsbogen die Schlagweite für eine bestimmte Ladung ganz dieselbe ist, wie bei ganz metallischer Schließung; ein Beweis, daß die Entladung veranlaßt wird allein durch den elektrischen Zustand der beiden Metallkugeln, zwischen welchen der Funke überspringt. Würde nun aber bei dem ersten Erscheinen des Funkens die ganze zur Entladung geeignete Elektrizitätsmenge vernichtet, so müßte bei gleicher Schlagweite diese Menge bei der Schließung durch Metall und durch Wasser dieselbe seyn, welches keineswegs der Fall ist. Die folgende Tabelle giebt die anfängliche und spätere Ladung bei Einschaltung der oben beschriebenen Wasserröhre in den Schließungsbogen.

Taf. V. Elektricitätsmenge für bestimmte Schlagweite bei Einschaltung einer Wasserröhre in den Schließungsbogen.

Flaschenzahl <i>s.</i>	Schlagweite <i>d.</i>	Ganze Ladung Elektr. Menge <i>q.</i>	Hinzukommende Ladung <i>q'.</i>
3	1	6	3,5
	2	10,5	7
	3	14,5	10,5
4	1	8	4,5
	2	14	9
	3	19,5	13,5
5	1	11	5
	2	19	11,7
	3	26	17
Schlagweite für Einheit der Ladung		$b=0,55$	$b'=0,88$

Hier sind von der ganzen Ladung $\frac{5}{8}$ in der Schlagweite verschwunden und $\frac{3}{8}$ in der Batterie zurückgeblieben. Zwischen denselben Kugeln entladen, hat die Batterie bei ganz metallischer Schließung in derselben Schlagweite $\frac{1}{13}$ ihrer Ladung verloren und $\frac{12}{13}$ zurückbehalten. Es ist daher der Rückstand in der Batterie durch Einwirkung der im Schließungsbogen befindlichen Wassersäule mehr als doppelt so groß geworden; eine Einwirkung, die, den bisherigen Erfahrungen zufolge, erst *nach* dem Ausbruche der Entladung thätig gewesen ist. Es folgt hieraus:

Bei der Entladung der Batterie in der Schlagweite wird die Elektricität derselben successiv vernichtet.

Diese successive Vernichtung des größten Theils der angesammelten Elektricitätsmenge bei derselben Entfernung der entladenden Kugeln ist durch die bekannte Erfahrung erklärlich, daß die Schlagweite einer bestimmten elektrischen Entladung vergrößert wird durch Verdünnung der Luft, die der Funke durchbricht. Ist nämlich der kleinste Theil der zu entladenden Elektricitäts-

menge verschwunden, so würde, wenn die Dichtigkeit der Luft zwischen den Kugeln dieselbe geblieben wäre, eine kleinere Entfernung der Kugeln nöthig seyn, um die folgende Entladung zu bewirken. Wird hingegen, wie man zugeben muß, die Luft durch den ersten Funken verdünnt, so kann der zweite Funke übergehen, und da dieser wiederum eine Verdünnung der Luft bewirkt, der dritte, und so fort, bis die Ladung in der Batterie so schwach geworden ist, daß der Uebergang der Elektrizität in der constanten Entfernung der Kugeln nicht mehr stattfinden kann. Hat die Entladung aufgehört, so daß wieder der Zwischenraum zwischen den Kugeln mit Luft von der gewöhnlichen Dichtigkeit erfüllt ist, so wird die Entladung nur bei einer bedeutend kleineren Entfernung der Kugeln stattfinden können, welche Entfernung, wie oben gezeigt worden, zur früheren im Verhältniß der zurückbleibenden Ladung zur anfänglichen steht. Bei einer gewissen Ladung muß z. B., wenn der Schließungsbogen ganz metallisch ist, die Entfernung der Kugeln von 1,5 auf 0,23, und wenn eine Wassersäule die Schließung unterbricht, von 1,5 auf 0,56 Linie vermindert werden, um die neue Entladung möglich zu machen. Die Ungleichheit der Elektrizitätsrückstände in diesen beiden Fällen, und damit die Wirkung der eingeschalteten Wasserröhre, bedarf noch einer besonderen Erörterung. Da die Entladung der Batterie unzweifelhaft von dem elektrischen Zustande der Kugeln abhängt, zwischen welchen der Funke überspringt, so muß es auffallen, daß bei Einschaltung der Wasserröhre an einer entfernten Stelle des Schließungsbogens, durch welche der Zustand der Kugeln unmittelbar nicht geändert wird, die Menge der zurückbleibenden Elektrizität mehr als doppelt so groß ist, als bei ganz metallischer Schließung. Es ist indeß Folgendes zu berücksichtigen.

Der vollkommene Ladungszustand einer Batterie besteht darin, daß ihre beiden Belegungen Elektrizität ver-

schiedener Art enthalten, deren Mengen ein ganz bestimmtes (von Dicke und Beschaffenheit des zu den Flaschen gebrauchten Glases abhängiges) Verhältniß zu einander haben. Bei der allmäligen Ladung oder Entladung der Batterie ist dieß Verhältniß in jedem Momente dasselbe, und die Batterie geht auf- oder absteigend durch verschieden starke, aber gleich vollkommene Ladungen hindurch, wobei jeder Ladung eine Schlagweite zukommt, die proportional der angesammelten Elektrizitätsmenge ist. Anders verhält es sich bei der Entladung durch den Schließungsbogen. Indem von der inneren Belegung zur äußeren (als deren Fortsatz der Schließungsbogen zu betrachten ist) Elektrizität übergeht, verschwindet auf jeder der beiden Belegungen genau dieselbe Menge Elektrizität, das Verhältniß der beiden Elektrizitätsmengen kann nicht mehr fortbestehen, und die Batterie geht daher in einen Zustand unvollkommener Ladung über, der sich mehr und mehr dem Zustande der einzeln stehenden elektrisirten Fläche nähert. Hierbei nimmt die Schlagweite in geringerem Verhältniß ab, als die Menge der in der Batterie befindlichen Elektrizität. Man übersieht leicht, daß wenn anfänglich die Elektrizitätsmenge der inneren Belegung l , die der äußeren m war (so daß das Verhältniß m die vollkommene Ladung bedingt), im Augenblick, wo die Quantität p von der inneren Belegung verschwunden ist, die Schlagweite für den vollkommenen Ladungszustand in dem Verhältnisse $(1 - p)$, für den unvollkommenen in dem Verhältnisse $\left(1 - \frac{p}{1+m}\right)$ abgenommen haben muß. Wäre es möglich die Batterie und den Schließungsbogen vollkommen zu isoliren, so würde, ganz unabhängig von der Beschaffenheit des Schließungsbogens, nur die letztere (geringere) Abnahme stattfinden können. Da der Apparat aber nothwendig von fremden Körpern gestützt ist, so tritt während der Entladung eine Aenderung seines elektrischen Zustandes ein,

ein, indem die äußere Belegung den fremden Körpern die Elektrizität entzieht, die sie zur Herstellung des Verhältnisses m bedarf. Hierdurch nimmt die Schlagweite der auf der inneren Belegung angesammelten Elektrizität schneller ab, und die Entladung wird im Allgemeinen früher aufhören, als es ohne diese Rückkehr der Batterie in den vollkommenen Ladungszustand der Fall seyn würde. — Die Zeit, in der die äußere Belegung Elektrizität von den umgebenden Körpern aufnimmt, muß sehr groß seyn gegen die, in welcher die Entladung durch sehr lange und dünne Metalldrähte fortschreitet, da sich oben (s. Taf. II) kein merklicher Unterschied in der Menge der zurückbleibenden Elektrizität fand bei Anwendung des kurzen Kupferdrahts und des langen Platindrahts. Wohl aber kommt diese Zeit in Betracht, wenn das Fortschreiten der Entladung im Schließungsbogen durch eine eingeschaltete Wasserröhre verlangsamt ist; die Batterie kann sodann in den Zustand der vollkommenen^t Ladung zurücktreten, ehe die durch die Schlagweite bedingte Elektrizitätsmenge von der inneren Belegung gänzlich verschwunden ist. Hiermit erklärt sich der Fall des obigen Beispiels, daß eine gewisse Elektrizitätsmenge bei Einschaltung der Wassersäule nicht mehr den Luftraum zwischen den Kugeln durchbrechen konnte, obgleich durch denselben Raum eine viel kleinere Menge hindurchging, wenn der Schließungsbogen ganz metallisch war. Offenbar befand sich die größere Menge in dem Zustande einer viel vollkommneren Ladung als die kleinere.

Man hat sich bisher die Entladung der Batterie durch ein Uebergehen der anfänglichen Ladung zu schwächeren aber vollkommenen Ladungen anschaulich gemacht, so daß es nöthig erscheint den Satz herauszuheben:

Von dem ersten Momente der Batterie-Entladung an ist die Bedingung der vollkommenen Ladung aufge-

hoben, das bestimmte Verhältniß nämlich der Electricitätsmengen beider Belegungen.

Es sind noch zum Schluß einige Worte zu sagen über die Erscheinungen, die den Ausgangspunkt dieser Untersuchung abgaben, über Licht und Knall, welche die Entladung begleiten. Diese Erscheinungen stehen in keinem Zusammenhange mit der Schlagweite. Sie sind abhängig von Dichtigkeit und Menge der Electricität in der Batterie, die Schlagweite hingegen hängt nur von der ersten ab, sie ändern sich mit der Beschaffenheit des Schließungsbogens, welche für die Schlagweite gleichgültig ist, und endlich können sie variiren, wenn auch die Menge der während der Entladung vernichteten Electricität dieselbe bleibt. Es läßt sich aber von der Stärke des Lichts und Knalls auf eine bekannte Wirkung der Entladung schließen. Denkt man sich nämlich einen constanten Draht im Schließungsbogen, so wird die Erwärmung dieses Drahtes durch die Entladung mit der Stärke des Entladungsfunkens und Knalles gleichmäßig vermehrt oder vermindert gefunden werden. Diese Analogie der Entladungserscheinungen und der Erwärmung erstreckt sich weiter als aus den oben beigebrachten Versuchen entnommen werden kann. Ich habe früher gezeigt, daß die Erwärmung im Schließungsbogen un geändert bleibt oder bedeutend vermindert wird, je nach der Schließung eines Nebendrahtes, und auch in diesen Versuchen zeigt sich eine ganz analoge Aenderung der Stärke der Entladungserscheinung. Ich gebrauchte die beiden großen Inductionsspiralen (diese Annal. Bd. LI S. 185), und verband die Hauptspirale einerseits mit der äußeren Kugel des Funkenmikrometers, andererseits mit der äußeren Belegung der Batterie. Die Nebenspirale, die in 2 Linien Entfernung von der Hauptspirale stand und von ihr durch eine Glastafel getrennt war, blieb zuerst offen und wurde dann durch einen 6 Zoll langen Kupferdraht geschlossen. In beiden Fällen trat, als die

Elektricitätsmenge 19 aus vier Flaschen durch die Hauptspirale entladen wurde, die Entladung bei einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Linie der Mikrometerkugeln ein, und Funke und Knall waren sehr stark. War hingegen die Nebenspirale durch einen 102 Zoll langen 0,052 Linie dicken Platindraht geschlossen, so blieb zwar die Schlagweite der früheren Ladung dieselbe, aber Funke und Knall bei der Entladung erschienen ausnehmend geschwächt. In einer früheren Mittheilung habe ich gezeigt, dafs in den beiden ersten Zuständen der Nebenspirale die Erwärmung im Hauptdrahte gleich war, sehr verringert aber bei der dritten Anordnung gefunden wurde. — Es besteht eine unverkennbare Analogie zwischen der Erwärmung im Schließungsbogen und der Stärke der Entladungserscheinungen, und man wird dagegen nicht die Versuche aufführen wollen, die ich früher (diese Annal. Bd. XXXXIII S. 82) mitgetheilt habe. Wenn nämlich der Entladungsfunke durch verschiedene feste Nichtleiter (Kartenpapier, Glas, Glimmer) hindurchbrechen mufs, so findet man die Erwärmung im Schließungsbogen desto kleiner, je glänzender und heftiger Funke und Knall bei der Entladung erscheinen. Man sieht leicht, dafs hier die Entladung mit einer theilweisen Zerstörung des Schließungsbogens beginnt, und dafs die Heftigkeit der dabei entstehenden Explosion nothwendig mit der Festigkeit und Masse der zerstörten Theile variiren mufs. Diese Fälle bleiben daher von dem folgenden Satze ausgeschlossen.

Bei der Entladung der Batterie durch Luft hindurch variirt die Stärke des Funkens und Knalles gleichmäfsig mit der Erwärmung eines constanten Drahtes im Schließungsbogen.

Ob dieser Erfahrungssatz zur Lösung der schwierigen Frage über die Natur des elektrischen Lichtes überhaupt beitragen kann, ob derselbe die öfter ausgesprochene Ansicht, nach welcher man das elektrische Licht

nur als ein secundäres, von einem Verbrennungsprocesse herrührendes, Phänomen betrachtet, zu unterstützen fähig ist, muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

II. *Ueber galvanische Ströme unter gewissen besonderen Verhältnissen, und über sogenannte secundäre galvanische Ströme;*
von C. H. Pfaff in Kiel.

Herr Henrici hat in einem, in dem 47. Bande dieser Annalen, S. 431, eingerückten Aufsätze über die elektrische Polarisirung der Metalle, S. 441, einen Versuch beschrieben, durch welchen das Eintreten eines sogenannten secundären Stromes in entgegengesetzter Richtung von derjenigen des primären oder Hauptstromes, der durch die Schließung der Kette gegeben ist, thatsächlich bewiesen seyn soll. Diesen Versuch, mit einigen Abänderungen, hat derselbe Verfasser von Neuem in seiner Schrift über die Elektrizität in der galvanischen Kette, und zwar mit großer Ausführlichkeit von S. 92 bis 98 beschrieben, und dadurch sowohl die Existenz jener secundären Ströme zu beweisen, als eine vollkommen befriedigende Erklärung der Entstehungsart derselben zu begründen geglaubt. Die Ergebnisse jenes allerdings interessanten Versuchs schienen mir so auffallend, und boten so manche Schwierigkeiten für die Volta'sche Theorie dar, daß ich sogleich beschloß, diese Versuche mit der größten Sorgfalt und in dem größtmöglichen Umfange zu wiederholen. Hiedurch ergaben sich nun mir theils Resultate, die von den Angaben Henrici's wesentlich abwichen, theils bei den von mir vorgenommenen Abänderungen des Versuchs mehrere unerwartete Resultate, welche ich der Aufmerksamkeit der Physiker nicht