

II. *Ueber die Vertheilung der freien Spannung auf
dem Schließungsdrahte der elektrischen Batterie;
von K. W. Knochenhauer.*

Nach der vorläufigen Mittheilung in meiner letzten Abhandlung erlaube ich mir gegenwärtig eine Reihe von Versuchen darzulegen, welche über die Vertheilung der freien Spannung auf dem Schließungsdrahte der Batterie nähere Auskunft geben. — Ich liefs zu diesen Versuchen einen neuen Funkenmesser nach folgender Construction anfertigen. Auf dem massiven messingenen Fußbrett *AB* (Fig. 14, Taf. I) von 10 Zoll Länge und $3\frac{1}{4}$ Zoll Breite ist der 7 Zoll lange eingefugte Schlitten *CD* durch die Mikrometerschraube *EG* verschiebbar und kann mittelst der Scheibe *G*, deren Umfang in 32 Theile getheilt ist, am Zeiger *F* scharf eingestellt werden. Hierdurch kommen die beiden massiven Kugeln *K* und *L* von 16 Linien Durchmesser in eine bestimmte Distanz von einander und geben die Schlagweite des Funkens an. Diese Kugeln ruhen mit den stark aus Metall gearbeiteten Fassungen *H* und *I* auf den gläsernen Säulen *O* und *P*, und haben hinter sich die Metallnäpfe *M* und *N*, welche zur Verbindung der Dräthe mit Quecksilber gefüllt werden. Da die Windungen der sauber gearbeiteten Schraube um 0,40 Linien auseinander stehen, so ändert eine Drehung der Schraube um einen Theilstrich die Distanz der Kugeln nur um 0,0125 Linien. Für diesen Funkenmesser wurden zunächst mittelst der Lane'schen Flasche die Ladungen der Batterie bestimmt, welche zum Ueberschlagen erforderlich sind. Berührten sich beide Kugeln, so stand der Zeiger auf der Scheibe um zwei Theilstriche hinter 0, d. h. bei 0 standen die Kugeln schon um zwei Theilstriche auseinander. Eine weitere Drehung der Scheibe *G* von 0 ab um $\frac{1}{4}$, 1, 2 u. s. w. Umdrehungen gab in vier Reihen als Mittelwerthe aus je vier Beobachtungen folgende Ladungen:

Umdr.	L. F.				Mittel.	Differenz.
$\frac{1}{2}$	4,31	4,44	4,03	4,22	4,25	
1	7,06	7,06	7,03	6,94	7,02	5,02
2	12,18	12,12	11,94	11,94	12,04	4,91
3	17,00	17,06	16,78	16,94	16,95	4,71
4	21,69	21,94	21,44	21,56	21,66	4,80
5	26,50	26,62	26,19	26,56	26,46	

Nach den erhaltenen Differenzen kann sicher von zwei Umdrehungen ab das Gesetz in Anwendung kommen, daß die Ladung der Batterie proportional zu den Distanzen steigt; setzt man also die mittlere Differenz 4,81 der leichteren Rechnung wegen $\approx 8,00$, so erhält man die nachstehende Tabelle, welche zu den gemessenen Distanzen der Kugeln diejenigen Ladungen der Batterie angiebt, welche in dem Folgenden mit dem Namen der Funkenlänge oder der Schlagweite (SW.) belegt werden sollen.

Umdr.	SVV.	Umdr.	SVV.
$\frac{1}{2}$	7,07	3	28,02
1	11,68	4	36,02
2	20,02	5	44,02

Messungen unter einer halben Umdrehung blieben in der Regel ausgeschlossen, darüber hinaus ist ein Theilstrich zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 $\approx 0,29$, zwischen 1 und 2 $\approx 0,26$, und von 2 ab $\approx 0,25$ Schlagweite.

Die ersten Versuche wurden mit einem Schließungsbogen angestellt, der außer dem Auslader nur Kupferdraht von derselben Sorte enthielt mit einem nach dem Gewicht bestimmten Durchmesser von 0,513 Linien. Ich werde ihn schlechthin mit dem Namen Kupferdraht (K.) bezeichnen. Es gingen nämlich (Fig. 15, Taf. I) von der Innenseite *I* der nicht isolirten Batterie aus vier Flaschen 2' Kupferdraht *IA* bis in das Quecksilbergefaß *A* des in der letzten Abhandlung beschriebenen Funkenmessers *AB*, der hier als Auslader diente und dessen Kugeln mit *C* und *D* bezeichnet sind. Von *B* lief 1' K. nach *M* dem Napf des Funkenmessers Fig. 14, Taf. I; die Entladung erstreckte sich weiter über *K* und *L*, und von *N* ab über 3' K. nach *E* der

Aufsenseite der Batterie. Waren die Kugeln CD des Ausladers in eine feste Entfernung von einander gestellt, so wurde die Entfernung von K und L so lange verändert, bis die Entladung der Batterie über beide Kugelpaare zu gleicher Zeit erfolgte. Dies gab die Schlagweite der Batterie. Darauf wurden in M und N nach der Form $MGHN$ durch seidene Fäden gehaltene Kupferdräthe von 2', 4', 8', 12' Länge eingeschaltet, und wieder die Schlagweite für diese besondern Fälle bestimmt. Endlich schaltete ich bei A , oder bei B , oder bei N , also entweder vor dem Auslader, oder zwischen Auslader und Funkenmesser, oder nach dem Funkenmesser 4' K. ein und machte neue Beobachtungen. Natürlich konnte bei der feinen Schraube der Theilstrich nicht absolut genau gefunden werden, bei welchem die scharfe Gränze des Funkenschlags lag, denn es blieb, wie es bei dergleichen Versuchen natürlich ist, eine gewisse Zahl von Theilstrichen übrig, bei welchen der Funke theils übersprang, theils ausblieb. Um also den richtigen Mittelwerth zu erhalten, fing ich von einem Theilstriche an, bei welchem der Funke jedesmal übersprang und ging nach und nach bis zu einem Theilstriche fort, wo der Funke sicher versagte. Indem ich bei jeder Stellung zwei Beobachtungen machte, rechnete ich die Mitte zwischen zwei Beobachtungen mit Funken und zwei ohne Funken doppelt, die Theilstriche, wo der Funke erschien und ausblieb, einfach und nahm aus den Zahlen das Mittel. Die nachfolgende Reihe wird das ganze Verfahren anschaulich machen und zugleich zeigen, welche Punkte durch die Beobachtung ermittelt werden müssen. In ihr will ich die ganzen Umdrehungen der Schraube mit den Zahlen vor dem Komma, die weitem Theilstriche durch die Zahlen hinter demselben der Kürze wegen bezeichnen, so daß also $2,4 = 2\frac{4}{10}$ Umdrehungen ist. Wo ein Funke erschien, steht +, wo er ausblieb 0. Jede Beobachtungsreihe wurde noch rückwärts wiederholt und lieferte einen neuen Mittelwerth. So entstanden folgende Angaben:

Schließungsdrath *IABMNE* Fig. 15, Taf. I. Kein Drath in *MN*.

Umdr.	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	
	+	+	+	0	0	0	0	} $4,6\frac{1}{2}$
	+	0	+	0	+	0	0	
	+	+	0	0	0	0	0	} $4,6$
	+	+	0	+	0	0	0	
								$4,6\frac{1}{2}=37,58 \text{ SW.}$

4' K. in *MN*.

Umdr.	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	
	+	+	0	0	0	0	} $1,3\frac{1}{2}$
	+	+	0	0	0	0	
	+	+	0	0			} $1,3\frac{1}{2}$
	+	+	0	0			
							$1,3\frac{1}{2}=12,59 \text{ SW.}$

8' K. in *MN*.

Umdr.	1,29	1,30	1,31	2,0	2,1	2,2	
	+	+	0	0	0	0	} $1,31$
	+	+	0	0	+	0	
	+	+	0	0	0	0	} $1,30\frac{1}{2}$
	+	+	0	0	0	0	
							$1,30\frac{1}{2}=19,71 \text{ SW.}$

4' K. in *MN* und 4' K. bei *A* eingefügt.

Umdr.	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	
	+	+	+	+	0	0	} $0,22$
	+	+	+	0	0	0	
	+	+	0	+	0	0	} $0,22$
	+	+	+	+	0	0	
							$0,22=8,81 \text{ SW.}$

4' K. in *MN* und 4' K. bei *M* eingefügt.

Umdr.	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	
	+	+	+	+	0	0	} $0,23$
	+	+	+	+	+	0	
	+	+	+	0	0	0	} $0,21$
	+	+	0	0	0	0	
							$0,22=8,81 \text{ SW.}$

4' K. in *MN* und 4' K. bei *N* eingefügt.

$$\begin{array}{r}
 \text{Umdr. } 0,20 \quad 0,21 \quad 0,22 \quad 0,23 \\
 \begin{array}{cccc}
 + & + & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 \\
 + & + & + & 0
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,21\frac{1}{2} \\ 0,22 \\ \hline 0,21\frac{1}{2} = 8,74 \text{ SW.} \end{array}
 \end{array}$$

8' K. in *MN* und 4' K. bei *A* eingefügt.

$$\begin{array}{r}
 \text{Umdr. } 1,12 \quad 1,13 \quad 1,14 \quad 1,15 \quad 1,16 \\
 \begin{array}{ccccc}
 + & 0 & 0 & + & 0 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & 0 & + & 0 & 0
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1,13\frac{1}{2} \\ 1,13\frac{1}{2} \\ \hline 1,13\frac{1}{2} = 15,19 \text{ SW.} \end{array}
 \end{array}$$

8' K. in *MN* und 4' K. bei *M* eingefügt.

$$\begin{array}{r}
 \text{Umdr. } 1,12 \quad 1,13 \quad 1,14 \quad 1,15 \quad 1,16 \quad 1,17 \\
 \begin{array}{cccccc}
 + & + & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & 0 & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & + & 0 & + & 0
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1,14 \\ 1,14\frac{1}{2} \\ \hline 1,14\frac{1}{2} = 15,38 \text{ SW.} \end{array}
 \end{array}$$

8' K. in *MN* und 4' K. bei *N* eingefügt.

$$\begin{array}{r}
 \text{Umdr. } 1,12 \quad 1,13 \quad 1,14 \quad 1,15 \quad 1,16 \\
 \begin{array}{ccccc}
 + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 \\
 + & + & 0 & 0 & 0
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1,13\frac{1}{2} \\ 1,13\frac{1}{2} \\ \hline 1,13\frac{1}{2} = 15,19 \text{ SW.} \end{array}
 \end{array}$$

Zu dieser Reihe füge ich sogleich eine andere Beobachtung hinzu. Als die Kugeln *CD* des Ausladers einen neuen Stand hatten und 8' K. in *MN* eingelegt waren, gab der Funkenmesser:

1)

1) Wenn 4' K. bei A zugefügt waren:

Umdr. 1,15 1,16 1,17 1,18

$$\begin{array}{rcccl}
 + & + & 0 & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,17 \\
 + & + & + & 0 & \\
 + & + & + & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,17\frac{1}{2} \\
 + & + & + & 0 & \hline
 & & & & 1,17\frac{1}{2} = 16,16 \text{ SW.}
 \end{array}$$

2) Wenn 4' K. bei N zugefügt waren:

Umdr. 1,15 1,16 1,17 1,18 1,19

$$\begin{array}{rcccl}
 + & + & + & 0 & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,17\frac{1}{2} \\
 + & + & + & 0 & 0 & \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,15\frac{1}{2} \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & \hline
 & & & & & 1,16\frac{1}{2} = 15,97 \text{ SW.}
 \end{array}$$

3) Wenn der Auslader AB aus seiner Stelle genommen, die Näpfe A und B mit den 4' K. verbunden und der Auslader bei N, also hinter den Funkenmesser, eingeschaltet wurde:

Umdr. 1,15 1,16 1,17 1,18 1,19

$$\begin{array}{rcccl}
 + & + & + & 0 & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,17 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 & \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array}} \right\} 1,16 \\
 + & + & 0 & 0 & 0 & \hline
 & & & & & 1,16\frac{1}{2} = 15,97 \text{ SW.}
 \end{array}$$

Uebersieht man diese Beobachtungen, so ist ohne Weiteres so viel klar, daß bei der Entladung der Batterie über einen durchweg gleichen Schließungsdraht die freie Spannung der Elektrizität oder ihre Schlagweite von der Innenseite der Batterie bis zur Außenseite stetig abnimmt; sie hat ihr Maximum in der Batterie selbst, ihr Minimum an der Außenseite derselben. Das Maximum bestimmt die Distanz der Kugeln am Auslader, welche Distanz erst die Ladung der Batterie möglich macht; das Minimum ist = Null. Von dieser freien Spannung verschwindet auf jedem Theile eines Drahtes, seine Stelle im Schließungsbogen sei welche sie wolle, ein seiner Länge irgendwie proportionaler Theil. Denn verlängert man den Schließungsdraht an irgend einer

beliebigen Stelle um dieselbe Drahtlänge, oder verändert man, was dasselbe ist, die Stelle des Ausladers im Schließungsdrahte ganz nach Belieben, selbst wenn man ihn hinter den Funkenmesser setzt, so springt stets von dem Anfang zu dem Ende des im Funkenmesser bei M und N eingeschalteten Drahtes ein Funke von gleicher Länge über. Da aber dieser Funke in seiner Schlagweite nicht die Schlagweite der Stelle M oder der Stelle N im Schließungsdrahte angiebt, sondern nur die Differenz der Schlagweiten an den beiden Punkten, so lehrt er, daß auf demselben Drahte die Elektrizität gleich viel an Schlagweite einbüßt, wo sich auch derselbe in der gleich langen Schließung befindet. Nach diesen Vorlagen können zunächst nur zwei Fragen Gegenstand der Untersuchung werden, nämlich 1) ob die freie Spannung direct proportional mit der Länge der Drähte abnimmt, und 2) ob etwa zwischen den Kugeln C und D des Ausladers ein Sprung in der Spannung vorkommt. Diese beiden Fragen verstehe ich folgendermaßen: Beantwortet man die zweite mit Nein, so sei nach Fig. 16, Taf. I der gleichmäßige Schließungsdraht IAE aus 10' Draht gebildet und die Spannung der Batterie auf 20 gebracht. Bezeichnen dann die Zahlen 10, 9, 8 ... immer einen Fuß Draht, so kann die freie Spannung so den Längen proportional abnehmen, daß sie bei $10=20$, bei $9=18$, bei $8=16$... ist, daß also, wenn man 6 mit 2 oder 7 mit 3 durch den Funkenmesser verbindet, die Differenz der Schlagweiten $=12-4=14-6=8$ seyn wird. Es könnte aber auch seyn, daß die Elektrizität bei E noch mit einer Schlagweite $=10$ z. B. ankäme, dann wären die Spannungen bei 10, 9, 8, 7 ... $=20, 19, 18, 17$..., und die Constanz der Schlagweite bei Verbindung gleich weit von einander entfernter Stellen, welche es auch wären, fände ebenfalls statt. Nur die Annahme kann nicht durchgeführt werden, daß die Spannung im Anfange des Schließungsbogens von I ab gerechnet, wenn nicht, was jedoch ganz unwahrscheinlich ist, sprungweise in I , schneller abnehme als am Ende des Bogens in der Nähe von E , denn bei

dieser Annahme würden beliebig gewählte Stellen bei gleicher Distanz nicht mehr eine gleich große Differenz der Schlagweiten liefern. Die zweite Frage stellt sich so: Ist der Auslader in *A* (Fig. 16, Taf. I), der Schließungsbogen 10' und die Spannung der Batterie = 20, so kann in *A* entweder ein Sprung seyn z. B. um 10 oder keiner; im erstern Falle haben wir bei 10, 9, 8, 7, 6, 5 ... die Spannungen 20, 19, 18, 17, 16 — 6, 5 ..., also, wenn wir zwei Punkte mit einer Distanz = 4 verbinden, eine Differenz der Schlagweiten = 4; im andern Falle haben wir die Spannungen 20, 18, 16, 14, 12 ..., folglich eine Differenz der Schlagweiten = 8. — Diese beiden ineinandergreifenden Fragen will ich durch die nachstehenden Versuche zur Entscheidung bringen, doch muß ich noch eine Bemerkung zuvorschicken, da ich für genaue Zahlenangaben anfänglich ein Hinderniß fand. Während nämlich die Angaben des Funkenmessers in allen übrigen Fällen genügend übereinstimmende Zahlen darboten, wollte sich diese Constanz in dem einzigen Falle nicht herausstellen, wenn die Spannung der Batterie durch einfachen Funkenüberschlag über *KL* (Fig. 15, Taf. I) gemessen werden sollte. Bei einigem Nachdenken wird man bald den Grund hiervon einsehen. Ist die Batterie durch *CD* vollkommen geladen, so tritt ein kleiner Funke auf *DM* und theilt diesem Stücke dieselbe Spannung mit; ist sie gerade so groß, daß sie auch die Luft zwischen *K* und *L* durchbrechen kann, so geht der Funke weiter und die ganze Batterie entladet sich; wo nicht, muß man die Maschine weiter drehen, bis ein neuer Funke überspringt. Mit dem ersten Funken indess kommt die ganze Elektrizität in Erschütterung, und in dieser Wallung liegt offenbar der Grund zu den beobachteten Differenzen. Es bleibt also hier nichts übrig, als die Ladung der Batterie nicht, wie ich es in der letzten Abhandlung rieth, und es hier anfänglich versuchte, durch den Funkenmesser selbst, sondern vielmehr nach dem Auslader ganz in der Weise zu bestimmen, der ich früher gefolgt war. Ich stellte also die Kugeln des Ausladers in fünf verschiedene Distanzen,

die gut markirt waren, um sie zu jeder Zeit in gleicher Weise wieder zu erhalten, und bestimmte aus Vergleichen mit dem Funkenmesser die Ladungen der Batterie für diese Distanzen zu 32,50 36,00 39,50 43,00 und 46,50 SW. Sonach entsteht nur noch in Bezug auf die letzte Abhandlung die Frage nach der Gültigkeit der dort aufgenommenen Correction von $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{40}$ der Ladung. Nach fünf Versuchen, in welchen ich hier die Ladung nach dem Funkenmesser bestimmt hatte, giebt derselbe aus der Vergleichung der Angaben bei eingeschalteten 4' K. in *MN* (Fig. 15, Taf. I) mit den Angaben, wo die Ladung unmittelbar nach dem Auslader genommen wurde, die Ladung der Batterie zu 36,41 40,06 36,17 40,65 35,91 im Mittel zu 37,84 an, während der Auslader 40,00 erfordert. Hiernach sind die Angaben des Funkenmessers eher zu klein als zu groß, und wenn sich nach den frühern Beobachtungen noch eine Correction zu Gunsten des Ausladers hervorstellte, so kann diese sicher nur zu klein, keineswegs aber zu groß genommen worden seyn. Die hier vorliegende Differenz findet, wie ich glaube, ihre Erklärung in der Form des frühern Ausladers, der mit seinen langen Armen die Ladungen der Batterie nicht ganz genau angab, weil sich auf beiden Kugeln die während der Ladung der Lane'schen Flasche im Innern und Aeußern der Batterie freiwerdenden Elektricitäten nicht gleichmäfsig vertheilten. Jedenfalls war eine kleine Correction dort nothwendig, die hier nun, wo der Auslader mit dem Funkenmesser correspondirt, ganz aufser Acht fällt. — So mögen denn die Beobachtungen folgen, welche mit einer nur aus zwei Flaschen bestehenden Batterie erhalten wurden. Zuerst blieb der Schließungsdraht unverändert und es wurden nach und nach 2', 4', 8', 12' K. in *MN* eingeschaltet, und damit die nachstehenden Angaben gewonnen. Die erste Columnne giebt die Ladung der Batterie an, die zweite die beiden Werthe der Schraubenumdrehungen, die dritte das Mittel derselben, die vierte die diesem Stande der Kugeln entsprechende Schlagweite, die fünfte endlich die Reduction derselben auf eine Ladung der Batterie = 40,00.

1. 2' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
43,00	0,16	0,15½	0,15½	7,00	6,51
43,00	0,16	0,16½	0,16½	7,14	6,64
46,50	0,18½	0,17½	0,18	7,63	6,58
46,50	0,17½	0,17½	0,17½	7,51	6,46
Mittel=6,55.					

2. 4' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,26	0,26	0,26	9,97	12,27
32,50	0,25½	0,25½	0,25½	9,83	12,10
36,00	0,29½	0,29½	0,29½	10,98	12,20
36,00	0,30	0,30	0,30	11,12	12,35
39,50	1,1½	1,1½	1,1½	12,12	12,27
39,50	1,2	1,2½	1,2½	12,27	12,42
43,00	1,6½	1,6	1,6½	13,30	12,37
43,00	1,6	1,5	1,5½	13,11	12,20
46,50	1,9½	1,9½	1,9½	14,15	12,17
46,50	1,9½	1,9½	1,9½	14,15	12,17
Mittel=12,25.					

3. 8' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,15½	1,15½	1,15½	15,76	19,40
32,50	1,14	1,13½	1,13½	15,25	18,77
36,00	1,22½	1,22	1,22½	17,46	19,40
36,00	1,23½	1,22	1,22½	17,59	19,54
39,50	1,28	1,28½	1,28½	19,02	19,26
39,50	1,29	1,28	1,28½	19,11	19,35
43,00	2,2½	2,2	2,2½	20,58	19,14
43,00	2,2½	2,3	2,2½	20,70	19,26
46,50	2,8½	2,8½	2,8½	22,14	19,04
46,50	2,8	2,8½	2,8½	22,08	18,99
Mittel=19,22.					

4. 12' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,25½	1,27	1,26½	18,52	22,79
32,50	1,26½	1,26	1,26½	18,52	22,79
36,00	2,2½	2,3½	2,3	20,75	23,05
36,00	2,2	2,1½	2,1½	20,45	22,72
39,50	2,10½	2,11	2,10½	22,71	22,99
39,50	2,10	2,10	2,10	22,52	22,80
43,00	2,16½	2,16	2,16½	24,08	22,40
43,00	2,17½	2,18	2,17½	24,45	22,75
46,50	2,25½	2,23½	2,24½	26,14	22,49
46,50	2,25½	2,26	2,25½	26,39	22,70
Mittel=22,75.					

Ferner wurden vor dem Auslader 4' K. in den Schließungsdraht eingefügt, weil es sich an dieser Stelle am bequemsten thun liefs. Die neuen Beobachtungen mit 4', 8', 12' K., also mit Ausschluss von 2' K., das eine zu kleine Schlagweite bedingte, gaben folgende Zahlen:

5. 4' K. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,14	0,14	0,14	6,51	8,01
36,00	0,17	0,17½	0,17½	7,42	8,24
39,50	0,20	0,20½	0,20½	8,30	8,40
43,00	0,23½	0,23	0,23½	9,17	8,52
46,50	0,26½	0,26	0,26½	10,04	8,63

Mittel=8,36.

6. 8' K. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,1	1,1½	1,1	11,94	14,63
36,00	1,6½	1,7	1,6½	13,30	14,78
39,50	1,12	1,11	1,11½	14,68	14,86
43,00	1,17	1,16	1,16½	15,97	14,86
46,50	1,22	1,21	1,21½	17,27	14,85

Mittel=14,79.

7. 12' K. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,11½	1,11½	1,11½	14,68	18,07
36,00	1,19	1,18	1,18½	16,49	18,32
39,50	1,26½	1,26	1,26½	18,53	18,76
43,00	2,1½	2,1	2,1½	20,25	18,84
46,50	2,6½	2,6½	2,6½	21,62	18,60

Mittel=18,52.

Gehen wir zur Berechnung dieser Beobachtungen von der natürlichsten Annahme aus, dass die freie Spannung der Elektrizität auf jedem Drahte seiner Länge porportional verschwindet, und zwar, dass im Innern der Batterie die Schlagweite = 40,00, auf der Außenseite = 0 ist, nehmen wir dazu, dass zwischen den Kugeln des Ausladers ein Sprung in der Spannung vorhanden seyn mag, der durch eine bestimmte Drahtlänge repräsentirt werden kann, so ist, wenn die Länge des Schließungsdrahtes aufser dem in *MN* ein-

geschalteten Draht $=x$ gesetzt wird und die Länge dieses eingeschalteten Drahtes $=l$, die Differenz der Spannungen in den Punkten M und N oder die beobachtete reducirte Schlagweite offenbar der $\frac{l+x}{l}$ te Theil von 40,00. Hier-
nach geben die vier ersten Reihen:

$$\begin{aligned}\frac{2}{2+x} &= \frac{6,55}{40,00} \text{ und daraus } x = 10,23 \\ \frac{4}{4+x} &= \frac{12,25}{40,00} \quad - \quad - \quad x = 9,07 \\ \frac{8}{8+x} &= \frac{19,22}{40,00} \quad - \quad - \quad x = 8,65 \\ \frac{12}{12+x} &= \frac{22,75}{40,00} \quad - \quad - \quad x = 9,10.\end{aligned}$$

Ferner erhält man aus den drei andern Reihen, wenn der um 4' K. verlängerte Schließungsdraht $=x'$ gesetzt wird:

$$\begin{aligned}\frac{4}{4+x'} &= \frac{8,36}{40,00} \text{ und daraus } x' = 15,14 \\ \frac{8}{8+x'} &= \frac{14,79}{40,00} \quad - \quad - \quad x' = 13,64 \\ \frac{12}{12+x'} &= \frac{18,52}{40,00} \quad - \quad - \quad x' = 13,92.\end{aligned}$$

Diese Berechnung bietet wenig Befriedigendes dar; denn da die Länge des Schließungsdrahtes außer dem Auslader im ersten Falle nur 6', im zweiten nur 10' K. beträgt, so kommen auf die im Auslader oder auch anderswo sprunghaft verschwindende Spannung ganz ungleiche Zahlen, nämlich 4,23 3,07 2,65 3,10 5,14 3,64 3,92. Diesen Uebelstand mehrt die folgende Beobachtung. Als ich den zweiten Auslader, welchen ich besitze und der dem gebrauchten ganz gleich ist, hinter dem Funkenmesser in den Schließungsdraht einfügte und die Kugeln desselben in einer solchen wechselnden Distanz aufliefs, daß der Funke gerade noch ohne Anstoß überspringen konnte, so erhielt ich, indem 4' K. in den Funkenmesser eingelegt waren, folgende Zahlen:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,24½	0,24	0,24½	9,38	11,54
36,00	0,28½	0,28	0,28½	10,19	11,32
39,50	0,31½	0,31½	0,31½	11,54	11,68
43,00	1,4	1,4½	1,4½	12,79	11,90
46,50	1,7	1,8	1,7½	13,65	11,74
Mittel = 11,64.					

Hiermit x'' die Länge des Schließungsdrahtes aus $\frac{4}{4+x''}$
 $= \frac{11,64}{40,00}$ berechnet, giebt $x'' = 9,75$, was mit dem frühern
 correspondirenden Werthe $x = 9,07$ verglichen für den Aus-
 lader nur eine Länge von 0,7 K. zulässt, welche Länge nach
 einem Ueberschlage gerade auf die Metalltheile des Ausla-
 ders aufgeht, also im Funken selbst keinen Sprung der Span-
 nung gestattet. Findet sich aber ein solcher Sprung nicht
 einmal beim Funken, so kann er sicher noch weniger an
 Stellen vorkommen, wo metallische Berührung da ist. So
 viel ich absehe, bleibt hier nur eine einzige Annahme übrig,
 nämlich dass die Elektrizität nicht mit ihrer ganzen Span-
 nung abspringt, sondern dass die sich entladende und auf
 dem Drahte abgeleitete Elektrizität durch irgend eine ihr
 zukommende Kraft die Sprungweite um eine bestimmte Di-
 stanz verringert. Nach dieser Annahme hätte man die ge-
 fundenen Zahlen um einem constanten Werth $= m$ zu ver-
 größern. Setzt man also $m = 2,61$ und die Länge des Aus-
 laders $= 0,7$, demnach die Länge x des Schließungsdrahtes
 für No. 1 — 4 $= 6,7$ K., und für No. 5 — 7 $= 10,7$ K., so
 erhält man nach der Formel

$$\frac{l}{l+x} = \frac{SV + m}{40,00}$$

folgende Tabelle:

l.	Schldr. = 6,7 K.		Schldr. = 10,7 K.	
	SVV. beob.	SVV. ber.	SVV. beob.	SVV. ber.
2' K.	6,55	6,58	—	—
4' K.	12,25	12,34	8,36	8,28
8' K.	19,23	19,16	14,79	14,50
12' K.	22,75	23,06	18,52	18,53

Die Uebereinstimmung ist so groß, dass die auch im
 Folgenden bestätigte Annahme kaum bezweifelt werden kann,
 und dies gerade um so weniger, als sich damit zur Lösung
 der obigen Fragen die ganz einfache Thatsache hervorstellt,
 dass auf einem durchweg gleichartigen Schließungsdrahte die
 freie Spannung von der Innenseite der Batterie nach außen
 hin ohne allen Sprung, weder bei den Kugeln des Ausla-

ders, noch an irgend einer andern Stelle, vollkommen proportional zu den Längen abnimmt.

Nach diesen Versuchen haben wir ferner die Abnahme der Spannung auf einem Drahte von verändertem Durchmesser zu bestimmen. Hierzu liefs ich aus dem bisher gebrauchten Kupferdrahte vier feinere Sorten ziehen, von denen die feinste einen Durchmesser von 0,104 Linien hat. Ich nahm zuerst 4' von diesem feinen Drahte und schaltete sie in den Funkenmesser ein, während der übrige Schließungsbogen in seiner ursprünglichen Länge blieb. Die Beobachtungen gaben:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red SVV.
32,50	0,30	0,30	0,30	11,10	13,66
36,00	1,3	1,2	1,2½	12,33	13,70
39,50	1,7	1,8	1,7½	13,63	13,80
43,00	1,11½	1,11½	1,11½	14,67	13,65
46,50	1,16½	1,17	1,16½	16,05	13,81
46,50	1,16½	1,16	1,16½	15,92	13,70
Mittel = 13,72.					

$$\text{Hiermit } l \text{ aus der Formel } \frac{l}{l+6,7} = \frac{13,72+m}{40,00} = \frac{16,33}{40,00}$$

berechnet, findet sich $l=4,62$, d. h. der feine Draht wirkt auf die Verminderung der Spannung ebenso ein, als es ein Kupferdraht der frühern Sorte von 4',62 Länge gethan haben würde. Dieser Werth ist meinen frühern Beobachtungen über die compensirten Drahtlängen völlig conform, allein da er nur wenig von 4' abweicht, so zeigt er die Unmöglichkeit, auf experimentellem Wege die einander entsprechenden Längen der Drähte als Functionen ihrer Radien aufzufinden. Jede Formel würde offenbar zu viel Willkürliches enthalten. Hiermit stand ich von fernern Beobachtungen ab. — Doch fragt es sich hier, wie wir uns die Wirkung dieses feinen Drahtes denken wollen. Da in gleichen Zeiten gleiche Quantitäten Elektricität durch den stärkern und den feinen Draht hindurchgehen, die Elektricität aber auf dem letztern der verkleinerten Oberfläche oder des verkleinerten Querschnitts wegen enger zusam-

mengezogen wird, so entsteht ohne allen Zweifel auf ihm eine stärkere Spannung, die nach der Innen- und Aufsen-seite der Batterie zu die Spannung zurückhält, also dort ein Aufstauen, hier ein Abströmen verursacht, und somit an seinen beiden Endpunkten in *M* und *N* eine größere Differenz der Spannungen verursacht, als sonst bei 4' stärkern Draht stattfinden würde. Nur sollte man meinen, daß ein solches Zusammendrängen der Elektrizität auf eine fünfmal kleinere Oberfläche oder in einen fünfundzwanzigfach kleinern Querschnitt einen größern Effect als den beobachteten hervorbringen müßte, und man dürfte deshalb wohl geneigt seyn, für die Schwingungen der Elektrizität nicht bloß den Draht allein, sondern auch die umgebende Luft oder vielmehr den Aether hinzuzunehmen, damit der Draht gewissermaßen nur der nothwendige Anhalt werde, an welchen sich die weiter hinausgehenden Schwingungen knüpfen. Doch ich will diese für jetzt noch zu kühne Hypothese übergehen und die weitem Facta einfach referiren. — Schaltet man bei unverändertem Schließungsdrahte in *M* und *N* des Funkenmessers zugleich zwei Kupferdrähte (erste Sorte) so ein, daß sie nach entgegengesetzten Seiten liegen, zuerst 4' und 4' K., dann 4' und 8' K., so erhält man folgende Angaben:

1. 4' und 4' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
39,50	0,14 $\frac{1}{2}$	0,14 $\frac{1}{2}$	0,14 $\frac{1}{2}$	6,62	6,70
39,50	0,15 $\frac{1}{2}$	0,15	0,15 $\frac{1}{2}$	6,85	6,93
43,00	0,17 $\frac{1}{2}$	0,17	0,17 $\frac{1}{2}$	7,43	6,91
43,00	0,17	0,18 $\frac{1}{2}$	0,17 $\frac{3}{4}$	7,57	7,04
46,50	0,19 $\frac{1}{2}$	0,18 $\frac{1}{2}$	0,19	7,94	6,84
46,50	0,20	0,19 $\frac{1}{2}$	0,19 $\frac{1}{2}$	8,15	7,01
Mittel = 6,90.					

2. 4' und 8' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,17	0,16	0,16 $\frac{1}{2}$	7,21	8,89
32,50	0,17	0,17 $\frac{1}{2}$	0,17 $\frac{1}{2}$	7,42	9,14
36,00	0,19 $\frac{1}{2}$	0,19	0,19 $\frac{1}{2}$	8,01	8,90
36,00	0,20	0,20 $\frac{1}{2}$	0,20 $\frac{1}{2}$	8,30	9,22

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
39,50	0,22½	0,22½	0,22½	8,93	9,04
39,50	0,21	0,21½	0,21½	8,59	8,70
43,00	0,25	0,24	0,24½	9,63	8,95
43,00	0,26½	0,26	0,26½	10,13	9,40
46,50	0,28½	0,28½	0,28½	10,67	9,17
46,50	0,29½	0,29½	0,29½	10,96	9,42
Mittel = 9,08.					

Die Berechnung giebt für den zwiefachen Draht 4' und 4' K. die gleichwirkende Länge eines einfachen Drahtes $l=2,09$ aus $\frac{l}{l+6,7} = \frac{6,90+2,61}{40,00}$, und für den zwiefachen Draht 4' und 8' K. aus $\frac{l'}{l'+6,7} = \frac{9,08+2,61}{40,00}$ die gleichwirkende Länge eines einfachen Drahtes $l'=2,77$. Nun wissen wir, daß auf jeden Zweig der 4' und 4' K. die halbe Elektrizität kommt, ebenso bei den Zweigen 4' und 8' K. auf jenen $\frac{2}{3}$, auf diesen $\frac{1}{3}$ des Stromes; demnach sinkt die Spannungsdifferenz bei zwei Zweigen auf denjenigen Theil der durch den einzelnen Zweig, wenn er allein genommen wäre, bewirkten Spannungsdifferenz zurück, welchen seine Stromstärke im Verhältniß zur ganzen ausdrückt. Man erhält so im ersten Falle 2,00 statt 2,09, im andern 2,67 statt 2,77 für l und l' . Die kleinen Differenzen finden in der nachfolgenden Beobachtung ihre volle Erklärung. Man hüte sich nämlich aus dieser Thatsache zu folgern, daß die Abnahme des Spannungsunterschiedes allein von der Vertheilung der Elektrizität auf die beiden Drähte abhängt, ohne dabei ihre Lage gegen einander zu beachten. Denn verbindet man die beiden 4' langen Drähte durch Umwicklung einiger Stellen mit etwas Seide so mit einander, daß sie gewissermaßen nur einen Draht bilden, so giebt dieser in den Funkenmesser eingefügt nachstehende Zahlen:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,24	0,23½	0,23½	9,30	11,45
36,00	0,27	0,28	0,27½	10,40	11,55
39,50	0,31½	1,0	0,31½	11,61	11,75
43,00	1,4	1,3	1,3½	12,59	11,71
46,50	1,6	1,6½	1,6½	13,30	11,44
Mittel = 11,58,					

und repräsentirt aus $\frac{l}{l+6,7} = \frac{11,58+2,61}{40,00}$ wieder eine

Länge von 3',68 K. In diesem Falle gelten also beide Drähte für einen einfachen, nur an Durchmesser stärkern. Dasselbe Verhältniß zeigte auch, wie zu erwarten war, der feine Kupferdraht; 4' und 4' getrennt von einander eingeschaltet gaben in einer Beobachtung die reducirte SW. = 8,25, dagegen nur sehr lose mit einander umschlungen 11,68; sie repräsentirten also im erstern Falle eine Länge von 2,50 K., im andern von 3',72 K. — Nach diesen That-sachen entsteht noch die Frage nach der Spannung, welche auf den von einander getrennten Zweigen stattfindet. Man bilde also einen Schließungsdraht wie in Fig. 17, Taf. I so, daß von der Innenseite *I* der Batterie (aus zwei Flaschen) erst 2' K. nach dem Auslader *A* gehen, von *B* 1' K. nach dem Quecksilbernapf *E*; hier spalte sich der Strom in zwei Drähte von 4' K. nach *F* und von 2' K. nach *M* dem ersten Napfe des Funkenmessers und wieder 2' K. nach *F*; endlich gehen 4' K. von *F* nach *N* dem zweiten Napfe des Funkenmessers und von *N* 3' K. nach *Z* der Außenseite der Batterie. Man bilde also einen Schließungsdraht, der erst einen Draht von 3',7 Länge hat, dann zwei Zweige jeden von 4', endlich wieder einen vereinigten Draht von 7' Länge, und verbinde durch den Funkenmesser die Mitte *M* des einen Zweiges mit der vereinigten Leitung in *N* 3' vor der Außenseite der Batterie. Die Beobachtungen werden jetzt die Spannungsdifferenz in *M* und *N* angeben. Da die beiden Zweige zusammen nach dem Obigen eine einfache Drahtlänge von 2',09 repräsentiren, so folgt die Span-

nung *p* in *N* unzweifelhaft aus $\frac{3}{3,7+2,09+7} = \frac{p}{40,00}$ also

$p=9,38$. Für *M* dagegen kommen zwei Ansichten in Betrachtung. Denkt man sich nämlich beide Zweige zusam-

men und *M* in der Mitte, so ist aus $\frac{3+4+1,045}{3,7+2,09+7} = \frac{p'}{40,00}$

die gemeinsame Spannung $p'=25,16$. Da nun aber auf dem Zweige durch *M* nur die Hälfte der Elektrizität hin-

durchgeht, so kann entweder, wie es vielleicht am einfachsten scheint, die Spannung in $M \frac{1}{2} p'$ seyn $= 12,58$, oder sie könnte auch nichts desto weniger $= p'$ seyn, so daß die beiden getrennten Zweige trotz der verringerten Stromstärke eine Spannung hätten, wie sie ihrem Orte im Schließungsbogen zukäme. Im ersten Falle wird der Funkenmesser $12,58 - 9,38 - m = 0,59$, im andern $25,16 - 9,38 - m = 13,17$ geben, also ganz verschiedene Werthe. Die Beobachtungen lieferten:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
39,50	1,5 $\frac{1}{2}$	1,5	1,5 $\frac{1}{2}$	13,07	13,23
43,00	1,9 $\frac{1}{2}$	1,9	1,9 $\frac{1}{2}$	14,08	13,10
46,50	1,14	1,13 $\frac{1}{2}$	1,13 $\frac{1}{2}$	15,25	13,12
Mittel = 13,15.					

Dieser Werth entscheidet für die zweite Ansicht. Durch die vorstehenden Beobachtungen ist also erwiesen, daß zwei von einander getrennte Zweige, in ihrer Wirkung dem feinen Drahte gerade entgegengesetzt, die Spannung des übrigen Schließungsdrahtes auf sich hineinziehen und damit die Differenz der Spannungen in ihren Endpunkten im Verhältniß zu der in ihnen geminderten Quantität der Elektrizität vermindern; dagegen trotz der geringern Stromstärke, welche jeder von ihnen erhält, doch zu der höhern, ihrem Orte im Schließungsbogen angemessenen Spannung gelangen.

Zur weitem Untersuchung des vorliegenden Gegenstandes nahm ich hierauf Platindraht von 0,081 Linien Durchmesser. Ich liefs den übrigen Schließungsbogen unverändert, nahm die Batterie mit zwei Flaschen, und schaltete erst 2', dann 4' Pl. in den Funkenmesser ein. Es ergab sich

1. 2' Pl.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,15 $\frac{1}{2}$	0,16	0,15 $\frac{1}{2}$	7,00	8,62
36,00	0,19 $\frac{1}{2}$	0,19 $\frac{1}{2}$	0,19 $\frac{1}{2}$	8,08	8,98
39,50	0,23	0,24	0,23 $\frac{1}{2}$	9,24	9,35
43,00	0,26 $\frac{1}{2}$	0,26	0,26 $\frac{1}{2}$	10,14	9,43
46,50	0,28 $\frac{1}{2}$	0,29	0,28 $\frac{1}{2}$	10,75	9,25

2. 4' Pl.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,1	1,0	1,1	11,75	14,52
32,50	1,1	1,1	1,1	12,00	14,77
36,00	1,7	1,6	1,6	13,43	14,92
36,00	1,6	1,6	1,6	13,30	14,77
39,50	1,12	1,12	1,12	14,93	15,11
39,50	1,13	1,13	1,13	15,12	15,31
43,00	1,18	1,17	1,18	16,36	15,22
43,00	1,18	1,17	1,17	16,29	15,15
46,50	1,23	1,22	1,22	17,59	15,13

Ferner wurden in den Schließungsdraht vor dem Auslader 4' K. eingeschaltet; dabei gaben:

3. 4' Pl. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
36,00	0,27	0,27	0,27	10,33	11,48
39,50	1,1	1,1	1,1	12,00	12,15
43,00	1,5	1,5	1,5	13,04	12,13
46,50	1,9	1,9	1,9	14,08	12,11

Auffallend ist in diesen Reihen die Abnahme der SW. bei geringern Ladungen der Batterie, ein Umstand, der früher nicht vorgekommen war. Die vorliegenden Verhältnisse liefern jedoch den Grund hiervon. Da nämlich der dünne Platindraht die Spannung auf dem übrigen Schließungsbogen zurückdrängt, so wird eine kleine Zeit vergehen, bis die dadurch veranlasste Störung in's Gleichgewicht gesetzt ist; in dieser, wenn auch noch so kurzen Zeit ist die Ladung der Batterie schon etwas heruntergesunken, und daraus folgt eine Abnahme der SW., die besonders bei nicht nachhaltiger Elektrizität hervortritt. Besonders des Folgenden wegen habe ich geglaubt die vorstehenden Belege anführen zu müssen. Um nun die Elektrizität nachhaltiger zu machen, nahm ich zu den nachstehenden Versuchen drei Flaschen in die Batterie und entfernte damit den störenden Umstand fast gänzlich. Die Beobachtungen geben bei unverändertem Schließungsdrahte:

1. 2' Pl.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,18	0,18½	0,18½	7,72	9,51
36,00	0,22	0,22½	0,22½	8,88	9,87
39,50	0,25	0,24½	0,24½	9,60	9,72
43,00	0,28	0,27½	0,27½	10,47	9,74
46,50	0,31	0,31	0,31	11,40	9,81
Mittel=9,73.					

2. 4' Pl.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,2½	1,3	1,2½	12,39	15,25
36,00	1,9	1,9½	1,9½	14,08	15,64
39,50	1,14½	1,13	1,13½	15,22	15,41
43,00	1,19	1,20	1,19½	16,75	15,58
46,50	1,26	1,26	1,26	18,46	15,62
Mittel=15,54.					

3. 6' Pl.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,16½	1,16	1,16½	15,90	19,57
36,00	1,22½	1,24	1,23½	17,72	19,69
39,50	1,30½	1,31	1,30½	19,68	19,92
43,00	2,5½	2,5½	2,5½	21,39	19,90
46,50	2,13	2,12	2,12½	23,14	19,91
Mittel=19,80.					

Ferner bei um 4' K. verlängertem Schließungsdrahte:

4. 4' Pl. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	0,27	0,27½	0,27½	10,33	12,71
36,00	0,30	0,30½	0,30½	11,19	12,43
39,50	1,2½	1,2½	1,2½	12,33	12,47
43,00	1,7½	1,8	1,7½	13,70	12,74
46,50	1,12	1,11	1,11½	14,67	12,62
Mittel=12,59.					

5. 6' Pl. Schließungsdraht um 4' K. verlängert.

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,6	1,7	1,6½	13,37	16,46
36,00	1,14	1,13½	1,13½	15,25	16,94
39,50	1,18½	1,19	1,18½	16,50	16,71
43,00	1,25½	1,25	1,25½	18,26	16,99
46,50	1,30½	1,30	1,30½	19,56	16,83
Mittel=16,80.					

Endlich wurden 4' Pl. vor dem Auslader in den Schließungsdraht eingefügt und 8' K. in den Funkenmesser; hierbei ergab sich:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
36,00	0,30½	0,29	0,29½	11,03	12,25
39,50	1,½	1,½	1,½	11,81	11,95
43,00	1,6	1,6	1,6	13,24	12,32
46,50	1,9	1,9½	1,9½	14,08	12,12
Mittel = 12,16.					

Der sichern Berechnung wegen lag mir noch das Bedenken vor, ob, wie hier beim Platin, so auch früher beim Kupferdraht die Angaben des Funkenmessers etwas größer geworden seyn würden, wenn man drei Flaschen statt zwei in die Batterie genommen hätte. Ich schaltete also bei einer aus drei Flaschen gebildeten Batterie 8' K. in den Funkenmesser ein, während der Schließungsdrath unverändert war. Ich bekam:

Lad. d. Batt.	Umdr.		Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	1,16	1,15½	1,15½	15,80	19,45
36,00	1,22	1,21	1,21½	17,26	19,20
39,50	1,27½	1,27½	1,27½	18,85	19,08
43,00	2,2½	2,2½	2,2½	20,61	19,18
46,50	2,9½	2,10½	2,10	22,52	19,37
Mittel = 19,26,					

also eine mit den frühern Beobachtungen vollkommen übereinstimmende Zahl. Hiernach kann zunächst die letzte Beobachtungsreihe ohne Weiteres berechnet werden. Setzt man

$$\text{die Länge von 4' Pl.} = l, \text{ so hat man } \frac{8}{l+14,7} = \frac{12,16+2,61}{40,00}$$

und daraus $l=6,56$, so daß 4' Pl. dieselbe Wirkung als 6',56 K. hervorbringen. Schreitet man darauf zur Berechnung der fünf ersten Reihen, so wird man finden, daß sie auf keine Weise mit einander zu vereinigen sind, wenn man aus ihnen für 4' Pl. eine ähnliche Zahl erhalten und nicht m , was doch unmöglich ist, mit einem negativen Werthe einführen will. Da nun gegen $m=2,61$ kein Bedenken vorliegt, so hat man in den drei ersten Reihen die Länge von

4' Pl. = 5,7 K. und in den beiden andern = 6,6 K. zu nehmen; damit erhält man folgende Zusammenstellung:

Schließungsdraht unverändert.			Schldr. um 4' K. verlängert.		
Eingesch. Dr.	SVV. beob.	SVV. ber.	Eingesch. Dr.	SVV. beob.	SVV. ber.
2' P. = 2,85 K.	9,73	9,33	—	—	—
4' P. = 2,70 K.	15,54	15,78	4' P. = 6,6 K.	12,59	12,65
6' P. = 2,55 K.	19,80	19,82	6' P. = 9,9 K.	16,80	16,61

Auch hier ist die Uebereinstimmung befriedigend zu nennen, weil die Beobachtungen der Verhältnisse wegen nicht ganz dieselbe Schärfe haben, wie die frühern mit stärkerem Kupferdraht. Die somit gefundene Thatsache, dafs bei vergrößertem Schließungsbogen der Platindraht wie ein etwas längerer Kupferdraht einwirkt, ist meinen frühern Beobachtungen über die compensirten Drahtlängen vollkommen entsprechend, auch läßt sich der Grund hiervon nach den bisherigen Vorlagen leicht einsehen. Schon oben bemerkte ich, dafs auf einem feinern Drahte wegen der zusammenge-drängten Elektricität die Spannkraft wächst und dadurch auf den übrigen Theil des Schließungsbogens theils aufstauend, theils die Spannung vermindernd einwirkt. Diesem Andrange widersteht aber der übrige Schließungsbogen desto weniger oder desto mehr, einen je kleinern oder einen je größern Raum er durch seine Länge darbietet; ist er größer, so macht sich die Kraft des feinen Drahtes bemerklicher und er erscheint länger, ist er kleiner, so kann sich die Kraft weniger zeigen und der feine Draht erscheint kürzer.

Nehmen wir nun alle Thatsachen zusammen, die in dem Vorstehenden enthalten sind, so können wir auf die Vertheilung der Elektricität bei verzweigtem Schließungsdrahte, also auf den Gegenstand übergehen, den ich seit längerer Zeit durch Messungen mit dem Luftthermometer aufzuhellen mich bemüht habe. Durch zahlreiche Versuche glaube ich bewiesen zu haben, dafs die Vertheilung in die Zweige sich umgekehrt zu den compensirten Längen derselben stellt. Unter compensirte Länge eines Drahtes ist aber jetzt die-

jenige Länge eines Normaldrahtes zu verstehen, die eine gleiche Spannungsdifferenz wie jener an ihren Endpunkten hervorbringt. Bezeichnen wir also den Spannungsunterschied an den Endpunkten eines Drahtes, dessen compensirte Länge $= l'$ sey, mit q' , mit C die Länge des übrigen Schließungsdrahtes, gleichfalls auf den Normaldraht reducirt, und mit Q die Spannung oder Schlagweite der Batterie, so erhält man l' aus $\frac{l'}{l' + C} = \frac{q'}{Q}$, also $l' = \frac{Cq'}{Q - q'}$; ebenso für einen zweiten Draht, der in denselben Schließungsbogen gebracht wird, $l'' = \frac{Cq''}{Q - q''}$, und hiermit $\frac{l''}{l'}$

$$= \frac{q''(Q - q')}{q'(Q - q'')},$$

dieselbe Formel, die ich in der vorigen Abhandlung aufgestellt habe. Ferner lehren die vorstehenden Thatsachen, daß die compensirte Länge desselben Drahtes sich nicht gleich bleibt, sondern bei feinen Sorten mit der Länge des Schließungsbogens wächst; diess ist wieder eine Thatsache, die ich früher mehrfach zu beobachten Gelegenheit hatte. Nur ein einziges Bedenken liegt noch vor, das ich berühren muß, und um dessenwillen vielleicht noch einmal recht sorgsame Thermometerbeobachtungen zu machen sind, bei welchen die Zweige, nicht wie früher bei mir spiralförmig, sondern geradlinig eingeschaltet werden. Es fragt sich nämlich, ob man in die vorstehende Formel für q' , q'' die unmittelbar am Funkenmesser beobachteten Zahlen eintragen müsse, oder dieselben um m vermehrt, wonach sie erst den wahren Spannungsunterschied angeben. In der vorigen Abhandlung, in der ich die Verhältnisse noch nicht vollständig kannte, nahm ich die beobachteten Werthe unmittelbar in Rechnung und fand nahe die richtigen Resultate; nach den nun beendeten Untersuchungen scheint es jedoch nothwendig m hinzuzufügen, um für alle Fälle die Gültigkeit der Formel zu bewahren. Gehen wir zur Beurtheilung dieses Punktes auf die Thatsachen ein, wie sie eben vorliegen. Gesetzt der einfache Schließungsdraht enthalte 8' K., der eine Zweig 4' Pl. und der andere

12' K. Schaltet man zuerst nur 4' Pl. ein, so entsteht an seinen Endpunkten ein Spannungsunterschied, wie ihn etwa 6' K. hervorbringen würden, und dabei wird die Spannung auf dem einfachen Draht zurückgetrieben. Die 12' K. ebenso einzeln eingeschaltet geben den ihnen entsprechenden Spannungsunterschied, ohne noch weiter auf den einfachen Draht einzuwirken. Schaltet man jetzt beide Drähte zugleich ein, so theilt sich der Strom in die beiden Zweige, auf den Platindraht kommen $\frac{2}{3}$, auf den Kupferdraht $\frac{1}{3}$ der Stromstärke; auf beiden steigt wieder die Spannung und setzt sich im Allgemeinen in's Gleichgewicht, wenn an den beiden Endpunkten der Zweige der Spannungsunterschied so ist, daß beide Zweige zusammen gleich einem Draht von $\frac{1}{3}$ Länge der 12' K. oder von $\frac{2}{3}$ Länge der 4' Pl. wirken, was eben auf dasselbe hinauskommt. Allein das vollständige Gleichgewicht ist damit keineswegs schon hergestellt, denn der Platindraht wirkte rückwärts auf die übrigen 8' K. des Schließungsdrahtes ein, die 12' K. thaten es nicht; somit stehen jetzt die 12' K. im Nachtheil und werden etwas mehr Elektrizität als $\frac{1}{3}$ auf sich nehmen müssen, oder, was dasselbe ist, die compensirte Länge des Pl. wird sich etwas größer herausstellen. Wie groß dieser Unterschied ist, möchte durch Versuche schwer zu ermitteln seyn, da die gefundenen Zahlenwerthe zu nahe an einander rücken, um einen sichern Schlufs zu erlauben; nur eine theoretische Betrachtung kann diese Aufgabe vollständig zum Schlusse bringen. Rechnet man indess nach der mitgetheilten Formel so, daß man zu q' , q'' die constante Gröfse m hinzunimmt, so wird man, wenn man die compensirten Längen feiner Drähte gegen einen längern Kupferdraht sucht, wie dieß in der vorigen Abhandlung geschehen ist, den Werth des feinen Drahtes zu klein erhalten; läßt man dagegen m weg, so wird sich der Fehler ziemlich ausgleichen, wie die dortigen Beobachtungen zeigen. Wie die Sachen jetzt liegen, möchte ich rathen, durch den Funkenmesser nur die compensirten Längen von ziemlich gleich langen Drähten zu bestimmen, indem bei diesen es sich bis auf

eine unbedeutende Differenz ganz gleich bleibt, ob man m beachtet oder nicht; will man jedoch kürzere feine Drähte auf viel längere und stärkere beziehen, so lasse man lieber m weg, wobei man ein genaueres Resultat erlangen wird, als ohne solche Vorsicht. Allein diese Dinge betreffen nur Kleinigkeiten, nur geringe Correctionen in den Zahlenwerthen, sie stören im Allgemeinen die Grundsätze nicht, die ich bisher über die Verzweigung des Stromes aufgestellt habe, und an deren Richtigkeit nach den nun vorliegenden Thatsachen wohl kein Zweifel übrig bleiben dürfte. So haben uns denn diese Versuche ein bestimmtes Resultat gegeben, allein sie bringen von der andern Seite wieder neue Fragen vor, auf die wir die Antwort bei unsern jetzigen Kenntnissen schuldig bleiben müssen. Man hat bisher das Wesen der freien und gebundenen Elektrizität auf verschiedene Weise definirt; ich will auf diese Streitfragen nicht eingehen, sondern nur ein Merkmal hervorheben, wodurch sich beide sicher nach der Meinung aller Physiker unterscheiden. Der freien Elektrizität kommt eine Schlagweite zu, die gröfser oder geringer seyn kann, der gebundenen fehlt sie. Nun läuft nach den obigen Versuchen auf dem Schließungsdrahte durch alle Querschnitte mit gleicher Stärke die freie Elektrizität im Innern der Batterie nach der gebundenen außern, und verliert, je weiter sie kommt, desto mehr an Schlagweite. Wie ist also, werden wir fragen, der Zustand der Elektrizität beschaffen, nach welchem dieselbe Quantität auf derselben Masse Metall vereinigt eine gröfsere oder geringere Schlagweite haben kann, was ist mit andern Worten halb, drittel u. s. w. freie oder gebundene Elektrizität, und wie folgt dies Verhalten aus den bisherigen Definitionen? Vertheilt man ferner die Elektrizität auf mehrere Zweige, wodurch erlangen diese geringern Quantitäten wieder vermehrte Spannung, ohne doch das Thermometer auf andere Weise zu afficiren, als es ihrer Quantität zukommt? Diefs sind sicherlich Fragen, zu denen die genügende Antwort fehlt.

Anhang. Bemerkungen zur Theorie des Blitzableiters.

Die Beziehungen der vorstehenden Untersuchungen auf die Theorie des Blitzableiters treten schon von selbst so deutlich hervor, daß es mir nur weniger Worte zu bedürfen scheint, um die Hauptpunkte festzustellen. Betrachtet man nämlich den Blitzableiter von C Fufs Länge, auf welchen der Blitz mit einer gewissen Schlagweite Q fällt, und auf welchem er bis zum Erdboden hin seine freie Spannung verliert, als den gleichförmigen Schließungsdraht einer elektrischen Batterie, so besitzt der elektrische Schlag in L Fufs Entfernung vom Erdboden eine Spannkraft $= \frac{L}{C} Q$, und er vermag damit, da $m = 2,61$ hier in $\frac{2,61}{40,00} Q = 0,065 Q$ übergeht, auf einen nahe gebrachten Leiter, der gleichfalls zum Erdboden führt, noch mit einer Schlagweite $= \left(\frac{L}{C} - 0,065\right) Q$ überzuspringen. Von dem Widerstande, welchen dieser genäherte Leiter darbietet, wird im Allgemeinen diese Schlagweite in keiner Beziehung geändert, nur die Quantität der überströmenden Elektrizität richtet sich nach dem umgekehrten Verhältniß der compensirten Längen dieses Leiters und der letzten L Fufs des Blitzableiters. Hiernach hat man von ganz schlechten Leitern in der Nähe der Blitzstange wohl kaum etwas zu besorgen, da wahrscheinlich ihre compensirten Längen auch beträchtlich sind, das Schlimmste dagegen von Drähten, selbst den feinsten, die continuirlich oder in kurzen Distanzen von einander getrennt zum Erdboden hingehen. (Man vergl. die Angaben von Reich; diese Ann. Bd. 65, S. 607.) Wo gerade solche gefährliche Stellen zu schützen sind, läßt sich nur der Gebrauch einer sehr hohen Blitzstange anrathen, die sich bei der gefährlichen Stelle in mehrere Arme spaltet. Die Höhe der Blitzstange C verringert dann die Schlagweite $\left(\frac{L}{C} - 0,065\right) Q$, und die Verzweigung verkleinert den Werth von L , ohne jedoch, wie das Frühere zeigte, die Spannung mit der Quan-

tität der Elektrizität herabzusetzen. Um ein Beispiel zu geben, so liege die gefährliche Stelle, wo ein Abspringen des Blitzes zu besorgen ist, 10 Fufs über dem vollkommen feuchten Erdboden; auf einer einfachen Blitzstange von 15 Fufs Höhe hat die Elektrizität an dem genannten Punkte noch 0,602 Q Schlagweite; nimmt man dagegen eine Blitzstange von 30' Höhe und läßt die unteren 12' in vier Arme sich spalten, so wird die Schlagweite auf 0,018 Q herabgebracht. Ich will zu dem Vorstehenden nur einige Belege beibringen. Die Batterie bestand aus drei Flaschen, der Schließungsdraht enthielt erst 2' K., dann den Auslader = 0,7 K. bis M , endlich noch 11' K., die bis zur Aufsenseite der Batterie reichten. Von der Stelle M ging über den Funkenmesser eine zweite Ableitung zum Erdboden, bestehend 1) aus 3' K., 2) aus 20' Neusilber V , 3) aus 20' Neus. V , die mit ihrem Ende in ein Trinkglas mit Wasser gingen, aus welchem in zwei bis drei Zoll Entfernung ein neuer Draht zur Aufsenseite der Batterie führte. Somit konnte die Schlagweite der Stelle M für diese drei Fälle bestimmt werden. Die Beobachtungen gaben:

Erster Fall.

Lad. d. Batt.	Umdr.	Mittel.	SVV.	Red. SVV.
32,50	2,3 2,4	2,3½	20,90	25,72
36,00	2,14 2,13	2,13½	23,40	26,00
39,50	2,25 2,24	2,24½	26,14	26,47
43,00	3,3 3,1	3,2	28,52	26,53
46,50	3,11 3,11	3,11	30,77	26,47
Mittel = 26,49.				

Zweiter Fall.

43,00	3,5 3,5	3,5	29,27	24,21
46,50	3,13 3,13	3,13	31,27	26,90
Mittel = 27,05.				

Dritter Fall.

43,00	3,4 3,5	3,4½	29,15	27,12
46,50	3,13 3,13	3,13	31,27	26,90
Mittel = 27,01.				

Zuerst zeigt sich hier wieder bei der bessern Ableitung im ersten Fall eine geringere Schlagweite, nur nicht so

auffallend wie in dem Beispiel der vorigen Abhandlung, wo die Länge des Kupferdrahts hinter der untersuchten Stelle noch bedeutender war. Den Grund dieser Erscheinung lehren die beiden ersten Beobachtungen in Reihe 1; es geht dem Abspringen ein neuer Gleichgewichtszustand auf dem Schließungsdrahte zuvor, der, je mehr Elektrizität sich entfernen will, ein desto nachhaltigeres Wirken der Elektrizität verlangt, oder, wenn dies nicht ist, ein Näherrücken der Kugeln, um den Funken sicher zu erhalten. Die Stelle M besitzt nach der Theorie eine $SW. = \frac{11 \times 40,00}{14,7} - 2,61 = 27,32$, was mit der Beobachtung übereinstimmt. Als noch 4' K. vor dem Auslader eingefügt waren, ergab sich bei einer Ableitung mit 3' K.

Lad. d. Batt.	Umdr.	Mittel.	SVV.	Red. SVV.
43,00	2,7 2,7	2,7	21,77	20,25
46,50	2,14 2,15	2,14½	23,64	20,34
Mittel = 20,30.				

Nach der Theorie ist $SW. = \frac{11 \times 40,00}{18,7} - 2,61 = 20,92$,

etwas zu groß wegen der bessern Ableitung. Ferner wurden hinter M zwei Zweige aus 4' und 8' K. eingelegt und danach 3' K. zur Batterie; die Ableitung am Funkenmesser bestand aus 20' Neus. Die Beobachtungen lieferten:

Lad. d. Batt.	Umdr.	Mittel	SVV.	Red. SVV.
43,00	2,11 2,9	2,10	22,52	20,94
46,50	2,19 2,18	2,18½	24,64	21,20
Mittel = 21,07.				

Die Theorie verlangt, da 4' K. und 8' K. = 2,77 K. ist, $SW. = \frac{5,77 \times 40,00}{9,47} - 2,61 = 21,67$, was hinreichend genau mit der Beobachtung übereinstimmt. Um auch ein Beispiel von dem Abspringen von einem Zweige zu geben, bildete ich zwischen dem 1' K. und den letzten 3' K. des Schließungsdrahtes zwei Zweige von 4' und 8' K. und brachte M des Funkenmessers in der Mitte der 8' K. an. 20' Neus. gingen zum Erdboden. Es fand sich:

Lad. d. Batt.	Umdr.	Mittel.	SVV.	Red. SVV.
43,00	1,24 1,24	1,24	17,91	16,67
46,50	2,0 1,31	1,31½	19,90	17,12
Mittel = 16,90.				

Nach der Theorie ist $SW. = \frac{4,385 \times 40,00}{9,47} - 2,61 = 15,91,$

hier etwas kleiner, weil sich wahrscheinlich die Zweige gegenseitig störten und deshalb einen größern Werth von 4' und 8' K. bedingten. — In Betreff des Blitzableiters wäre es nur noch wünschenswerth zu wissen, welche Länge man für den wenn auch ganz feuchten Erdboden in Anrechnung bringen müsse, da man wohl schwerlich die Vernichtung der Spannkraft unmittelbar von der Oberfläche des Bodens an rechnen darf. Ich habe mich indess vergeblich bemüht, die compensirte Länge einer Verbindung zu ermitteln, in der zwei kurze Kupferdrähte bis auf den Grund eines weiten Trinkglases mit Wasser reichten und darin 2 bis 3 Zoll aus einander standen. Wurde diese Leitung in den Funkenmesser bei unverändertem Schließungsbogen eingeschaltet, so war das Ueberspringen und Ausbleiben der Funken bei einer Ladung der Batterie zu 46,50 von 2,0 bis 3,16 Umdrehungen so unregelmäßig, daß aus dem Versuche kein mittlerer Werth abgeleitet werden konnte; das Gleichgewicht muß sich hier zu langsam herstellen, als daß ein regelmäßiger und sich gleich bleibender Verlauf eintreten könnte. Als ich ferner das Ende des für die drei ersten Fälle eingerichteten Schließungsdrahtes durch Wasser hindurchgehen liefs, bekam ich bei einer Ladung der Batterie zu 46,50 an *M* mit einer Ableitung von 20' Neus. eine red. SVV. = 27,97, mit einer Ableitung von 20' Neus. durch Wasser SW. = 28,19, endlich mit einer Ableitung von 3' K. SW. = 26,17. Doch mit geringern Ladungen der Batterie konnte ich nur kleinere Werthe bekommen. So reichen also auch diese Zahlen nicht hin, um die compensirte Länge des Wassers zu ermitteln.

Meiningen, 7. November 1845.