

Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Band XV. Jahrgang 1885.



München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1886.

~
In Commission bei G. Franz.

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber galvanische Trockenelemente und deren Anwendung zu elektrometrischen und galvanometrischen Messungen.“

(Mit 1 Tafel.)

Vor mehr als Jahresfrist habe ich den Vorschlag gemacht, für elektrometrische Messungen galvanische Elemente in Anwendung zu bringen, deren Leitungsflüssigkeit an einen festen Körper gebunden ist.¹⁾ Als solche Elemente empfahlen sich besonders trockene Daniellelemente, bestehend aus Uförmig gebogenen Glasröhren, die zur einen Hälfte mit einem mit Kupfervitriollösung, zur anderen mit einem mit Zinkvitriollösung angerührten Gypsbrei gefüllt waren; vor dem Erstarren wurde in den erstgenannten Brei ein Kupferdraht, in den letztgenannten ein Zinkdraht gesteckt und endlich wurden die Oberflächen der beiden Gypspasten mit Paraffin übergossen. Ich habe solche Elemente als Normalelemente für elektrometrische Messungen empfohlen, dann aber auch aus ähnlichen, aus geraden Röhren construirten Elementen Säulen zusammengesetzt, welche zur Ladung von Quadrant-elektrometern an Stelle der sonst angewandten Wasserbatterien dienen sollen. Nachdem ich nun mit den Normalelementen 15 Monate, mit den Ladungsbatterien ein Jahr

1) Sitzungsberichte 1884, p. 207; Wiedemanns Annalen 22, p. 402.

lang gearbeitet habe, erlaube ich mir, die mit denselben gemachten Erfahrungen bekannt zu geben.²⁾

Ich muss zunächst die Bemerkung vorausschicken, dass ich in meiner früheren Mittheilung den Werth der elektromotorischen Kraft meiner Elemente durch Vergleich mit Zinkkupferelementen bestimmt habe, welche nach der Vorschrift von Kittler³⁾ aus concentrirter Kupfervitriollösung und concentrirter Zinkvitriollösung, reinem Kupfer und reinem amalgamirtem Zink hergestellt waren, und deren beide Flüssigkeiten durch ein mit Zinkvitriollösung gefülltes Heberrohr mit capillaren Endöffnungen unter einander verbunden waren. Die elektromotorische Kraft solcher Elemente fand Kittler = 1,059 Volt, und zwar durch Vergleich derselben mit einem Latimer Clarkelemente, dessen elektromotorische Kraft nach vorläufiger Annahme = 1,457 Volt festgestellt war. Nun hat einerseits Lord Rayleigh⁴⁾ seit jener Zeit einen genauer bestimmten Werth dieser Kraft angegeben, nämlich 1,434 Volt; andererseits ist das von mir als Ausgangspunkt benützte Daniellelement mit Zinkvitriollösung nicht identisch mit dem von Kittler untersuchten. Ich finde immer höhere Werthe für dasselbe und auch Herr Kittler theilte mir mit, dass ihm spätere Messungen stets höhere Werthe geliefert haben. Ich habe mich übrigens früher selbst überzeugt, dass das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte der beiden mit Schwefelsäure und mit Zinkvitriollösung gefüllten Daniellelemente, welche Herr Kittler damals in meinem Laboratorium untersuchte, in der That so gross war, wie es angegeben worden ist; der Zinkvitriol, mit welchem spätere

2) Der Gedanke, die Flüssigkeiten in den Elementen zu fixiren, ist neuerdings wiederholentlich aufgetaucht, namentlich bei den Etalon-elementen von Crova und Garbe (Journ. de physique [2] 3 p. 299) und in den Elementen von Onimus (Compt. rend. 98, p. 1577).

3) Wiedemanns Annalen 17, p. 865.

4) Proc. L. Roy. Soc. 1884, p. 146.



Versuche gemacht worden sind, enthält also vielleicht Spuren freier Säure; ich habe stets käuflichen, sogenannt chemisch reinen Vitriol angewandt und mit dessen concentrirter Lösung die elektromotorische Kraft bis zu 1,06 Volt (statt 1,042 Volt) erhalten. Carhart⁵⁾ erhielt (nach der Compensationsmethode) sogar keine niederen Werthe als 1,111 Volt. Um alle Unsicherheit zu vermeiden, habe ich in gegenwärtiger Mittheilung stets die elektromotorische Kraft des Normal-Daniell, welches verdünnte Schwefelsäure enthält, als Ausgangspunkt gewählt. Auf die von Lord Rayleigh angegebene elektromotorische Kraft des Latimer Clark-Elementes bezogen ergibt sich die dieses Normalelementes mit Benützung des sowohl von Kittler, als von v. Ettingshausen⁶⁾ angegebenen Verhältnisses = 1,175 Volt. Aus Gründen, welche weiter unten entwickelt werden, habe ich statt dieses Werthes für meine Vergleichenungen den wenig abweichenden 1,177 Volt (zwischen 16 und 20° gemessen) zu Grunde gelegt.

In meinen ältesten Trockenelementen, bezeichnet mit Nr. 1 bis 3 (Gruppe I), war der Zinkdraht nicht amalgamirt, um ihn nicht zu brüchig zu machen. In allen später angefertigten ist der Draht mit Schellack überzogen; nur die Spitze ist metallisch gelassen und amalgamirt. Die Zink- und Kupfervitriollösungen waren bei gewöhnlicher Temperatur concentrirt in den Elementen von No. 4 bis 16 (Gruppe II), dagegen mit einem halben Volumen Wasser verdünnt in den Elementen von No. 17 bis 23 (Gruppe III). Die Lösungen für die Elemente No. 24 bis 30 (Gruppe IV) waren im Sieden concentrirt, und den für die Elemente No. 31 bis 39 (Gruppe V) verwandten im Sieden gesättigten Lösungen war noch ein Ueberschuss von pulverisirtem Salze zugesetzt. Endlich war in allen Elementen von No. 15 an der grösste

5) Sill. Am. Journ. (3) 28, p. 374. 1884.

6) Zeitschr. f. Elektrotechnik. 1884. Heft XVI, p. 10.

Theil des Uförmigen Rohres mit gewöhnlichem, mit Wasser angerührtem Gypsbrei gefüllt, während nur die oberen etwa 4 cm langen Enden mit dem, mit den Vitriollösungen angerührtem Gypsbrei angefüllt wurden. Mit diesen verschiedenen Gruppen von Elementen wurden zu verschiedenen Zeiten Messungen angestellt, um die in denselben etwa vorgegangenen Veränderungen kennen zu lernen. Ich werde im Folgenden aus jeder Gruppe nur die an einigen ihrer Repräsentanten gemachten Erfahrungen mittheilen, wozu ich vorzugsweise solche Elemente auswähle, mit denen zwischen den einzelnen Messungen mannigfaltige Versuche mit Stromschlüssen ausgeführt worden waren.

		24. Febr. 84	13. Mai 84	29. Juni 84	20. Sept. 84	22. Jan. 85	9. März 85	8. April 85
I	1	1,047		1,045	1,049		1,050	1,045
	2	1,045		1,043	1,044		1,048	1,044
II	4		1,059		1,054	1,055	1,056	1,050
	8		1,057	1,055	1,054	1,058	1,055	1,054
III	19			1,066	1,068	1,067	1,064	1,069
	21			1,068	1,068	1,068	1,069	1,068
IV	26					1,062	1,064	1,062
	28					1,064	1,065	1,062
V	36					1,060	1,060	1,060
	39					1,061	1,061	1,063

Aus der vorstehenden Tabelle ist Folgendes ersichtlich: Die geringste elektromotorische Kraft haben die Elemente mit nicht amalgamirtem Zink (I), die grösste die mit verdünnten Vitriollösungen (III). An Haltbarkeit verdient kaum eins der Elemente den Vorzug vor dem anderen. Die vorkommenden Schwankungen hängen von der Zeit ab, während welcher die Elemente vor der Messung geruht hatten, so weit sie nicht in die Grenzen der Beobachtungsfehler fallen. Ich glaube deshalb auch jetzt noch die trockenen Daniell-elemente als Normalelemente für elektrometrische Messungen

empfehlen zu dürfen, namentlich da dieselben, wie ich früher gezeigt habe, eine von Temperaturschwankungen sehr wenig beeinflusste elektromotorische Kraft besitzen. Immerhin wird es für jedes ein für alle Mal fest zusammengesetztes Element zweckmässig sein, wenn es von Zeit zu Zeit der Controle durch Vergleich mit einem frisch zusammengesetzten Normaldaniell unterworfen wird.

Nicht so gut sind die Erfahrungen, welche ich über die Haltbarkeit der aus trockenen Daniellelementen zusammengesetzten Säulen zur Ladung der Elektrometer gemacht habe, wenigstens solange diese Säulen die von mir vorgeschlagene Form hatten, wie dieselbe in meiner ersten Mittheilung abgebildet ist. Die Elemente waren sehr kurz (8 cm) und wurden zu je 12 an den beiden letzten Zink- und Kupferdrähten aufgehängt. Zuerst hatten alle Reihen fast genau gleiche Potentialdifferenzen, allmählich sank dieselbe in der einen oder anderen Reihe ziemlich plötzlich, während sie in der Mehrzahl der Reihen ganz constant blieb. Als Grund dieser Erscheinung ergab sich die Lockerung der Drähte im Gypsgusse; durch Eindringen derselben konnte die Potentialdifferenz wieder gehoben werden, wenn auch nicht ganz auf die alte Höhe. Diesen schädlichen Einfluss habe ich vollkommen entfernt, indem ich die Elemente nicht mehr aufhängen, sondern die Glasröhren, bevor sie gefüllt werden, in ihrer Mitte zwischen je zwei mit Paraffin bedeckte Holzleisten einbetten lasse. Alles Hin- und Herbiegen der Drähte ist dadurch unmöglich gemacht. Die zwölf Leistenpaare werden dann einander parallel in einen Rahmen eingeschoben und die Enddrähte durch Klemmschrauben unter einander verbunden. Die so hergestellten Säulen haben bisher keine Veränderung gezeigt und können jetzt ohne Gefahr transportirt werden.

Die Anordnung, dass der grösste Theil der Uförmigen Röhren meiner Normalelemente mit gewöhnlichem Wasser-

gyps angefüllt wurde, ist zunächst getroffen worden, um den Widerstand derselben zu vergrössern, dann aber auch um das Diffundiren der Kupfervitriollösung in die Zinkvitriollösung zu verhindern; eine solche Diffusion findet nämlich trotz des Erstarrens der Gypsmassen noch lange statt und ich befürchtete ein schliessliches Uebertreten des Kupfervitriols bis an die Zinkdrähte. Aber auch wenn der Wassergypsguss vollständig ausgetrocknet ist, bevor die mit den Vitriollösungen angerührten Breimassen aufgegossen werden, findet ein Eindringen in den trockenen Gyps statt und wird dadurch der Widerstand mehr und mehr verringert. Das Eindringen ist hier ein capillares und um ihm so bald als möglich ein Ende zu machen, habe ich in den Gruppen IV und V Lösungen angewandt, aus denen die Salze bei der Abkühlung auskrystallisiren. Die Erstarrung besteht also hier nicht nur in der Wasserbindung durch den Gyps, sondern ausserdem noch im Krystallisationsvorgange. Diese Anordnung, welche mir die vortheilhafteste zu sein scheint, habe ich jetzt auch auf die Herstellung der Ladungssäulen angewandt. Jedes Element derselben hat eine Länge von 10 cm und enthält in seiner Mitte auf die Länge von 5 cm Wassergyps.

Ausser den trockenen Daniellelementen habe ich versucht, Trockenelemente mit Zink- und Silberdrähten herzustellen. An die Stelle des mit Kupfervitriollösung angerührten Gypsbreies brachte ich einen Gyps, dem feinvertheiltes Chlorsilber beigemengt war und der dann mit Wasser angerührt wurde; in den erstarrenden Brei wurde ein Draht von chemisch reinem Silber gesteckt. Da Chlorsilberelemente so vielfach in Anwendung gekommen sind, hoffte ich auch von trockenen Chlorsilberelementen einen guten Erfolg, wurde aber durchaus enttäuscht. Die elektromotorische Kraft des Elementes war nicht höher als 1,094 Volt, verminderte sich beim Schliessen des Elementes schnell, und erholte sich nach dem Oeffnen nicht vollständig. Dagegen erhielt ich ein sehr

gutes Resultat, wenn ich den Gyps mit einer concentrirten oder noch besser mit einer in der Siedhitze übersättigten Silbernitratlösung angerührt hatte. Die elektromotorische Kraft solcher Elemente wurde $= 1,52$ Volt gefunden und hat, obwohl während eines Vierteljahres sehr viel mit den Elementen experimentirt ist und dieselben sehr oft und sehr lange geschlossen worden sind, bis heute immer wieder denselben Werth angenommen.

Ueber die Wirkung kürzeren oder längeren Schliessens auf die elektromotorische Kraft der Trockenelemente kann nur wiederholt werden, was in meiner ersten Mittheilung gesagt ist: wenn nach aufgehobenem Schlusse am Elektrometer die Potentialdifferenz gemessen wird, so zeigt sie sich wenig verringert, nach tagelangem Schlusse vielleicht um 1 bis höchstens 2 Proc.; nach längerer Oeffnung stellt sich die alte elektromotorische Kraft vollkommen wieder her. Aber der Werth, der da gemessen worden, ist nicht derjenige, bis zu welchem die Potentialdifferenz während des Schlusses hinabgesunken war, weil während der kurzen Zeit, welche die Messung in Anspruch nimmt, das Element sich schon beträchtlich erholt. Ueber jenen Minimalwerth können nur gleichzeitige galvanometrische und elektrometrische Messungen Aufschluss geben.

Zu den galvanometrischen Messungen bediente ich mich eines Wiedemannschen Spiegelgalvanometers von Sauerwald, von dem gewöhnlich nur eine Multiplicatorrolle, und diese bis an das Ende des Schlittens hinausgeschoben, benützt wurde. Als Widerstandsmaass diente ein Siemensscher Stöpselrheostat, nach Q. E. getheilt, und die Widerstände 1000, 2000, 2000, 5000 und neunmal 10000 Q. E. enthaltend. Die Widerstände wurden mit einem neuen Etalon der Siemenseinheit (Nr. 3183) verglichen und, wo ihre Uebersetzung in Ohm nöthig war, wurde die Definition 1 Ohm $= 1,06$ Q. E. zu Grunde gelegt.

Der innere Widerstand eines Elementes kann nach der Ohmschen Methode nur dann gemessen werden, wenn bei Einschaltung äusserer Widerstände von verschiedenem Betrage sich die elektromotorische Kraft nicht merklich ändert. Wenn also drei verschiedene Widerstände (w) nach einander eingeschaltet werden, so müssen die aus je zwei Beobachtungen der Stromstärke (i) berechneten inneren Widerstände gleichen Werth haben. Ich führe einige Beispiele solcher Widerstandsmessungen an; der gefundene Widerstand ist natürlich gleich dem des Elementes (R) plus dem des Multipliers (g)

Element Nr. 4			Element Nr 29		
w	i	$R + g$	w	i	$R + g$
50000	231	16030	10000	717	136080
10000	586		5000	909	
1000	895	16070	0	1243	136200

Um derartig übereinstimmende Resultate zu erhalten, muss man für vollständige Temperaturconstanz der Elemente Sorge tragen, denn deren innerer Widerstand nimmt mit steigender Temperatur sehr rasch ab. Ich habe das zu untersuchende Element jedesmal einige Stunden vor der Messung in ein Futteral von dickem Filz gesteckt, das dann noch von einem Mantel von weicher Baumwolle umgeben wurde. Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur ist aus folgendem Beispiel ersichtlich:

Das Element Nr. 29 wurde in Eiswasser bis auf $1^{\circ},5$ abgekühlt; sein Widerstand betrug (nach Abzug des Galvanometerwiderstandes $g = 5427$ Q. E.) bei dieser Temperatur 232300 Q. E. Bei 20° wurde derselbe = 132900 Q. E. gefunden. Diese Abnahme des Widerstandes ergiebt den Temperaturcoefficienten 0,040 für einen Grad Temperaturdifferenz, d. h. genau denselben, der aus meinen Angaben über das Leitungs-

vermögen der Zinkvitriollösung⁷⁾ für die concentrirteste Lösung folgt.

Dass selbst während eines Stromschlusses, der weit längere Zeit dauert, als zur Vornahme der Messungen erforderlich ist, eine Veränderung der elektromotorischen Kraft nicht mehr eintritt, geht aus den folgenden Messungen hervor, welche gleichzeitig am Galvanometer (i) und am Elektrometer (a) ausgeführt wurden. Mit einem jeden der eingeschalteten Widerstände blieb das Element 6 Minuten lang geschlossen. Am Anfange und am Ende dieser Zeit wurden Galvanometer und Elektrometer abgelesen. Die Galvanometerablesung ist jedesmal das arithmetische Mittel aus einer rechts- und einer linksseitigen Ablesung, die gemacht wurden um den Einfluss einer Verschiebung des Nullpunktes zu eliminiren.

Kupfer-Element Nr. 36				Silber-Element Nr. 41			
Zeit	w	i	a	Zeit	w	i	a
5 ^h 20'	100000	720,0	522	5 ^h 58'	100000	973,5	704
5 26		720,0	522	6 04		973,5	704
5 28	70000	893,5	458	6 07	70000	1193,0	611
5 34		895,0	458	6 13		1194,0	611
5 35	40000	1181,0	354	6 14	40000	1541,0	461
5 41		1181,5	354	6 20		1542,0	461

Aus den galvanometrischen Ablesungen ergeben sich die Widerstände der Elemente (d. h. $R + g$)

Nr. 36		Nr. 41	
53429	Q. E.	63052	Q. E.
53717		63026	
im Mittel 53537 Q. E.		63039 Q. E.	

Mit diesen Daten ist es nun leicht, diejenige elektromotorische Kraft, welche ein Element während des Stromschlusses hatte (e) zu ermitteln und zwar ausgedrückt in

7) Poggend. Ann. 117 p. 22.

Theilen der Elektronometerscala, welche vorher zur Messung der Potentialdifferenz a gedient hat, denn es verhält sich

$$e : a = R + g + w : g + w.$$

Berechnet man mit Hilfe dieser Proportion die Werthe von e aus den oben gegebenen Werthen von a, $R + g$, und dem Multiplicatorwiderstande $g = 2427$ Q. E., so erhält man für

	Nr. 36	Nr. 41
e =	782	1121
	781	1122
	781	1120

während die Elemente vor Anstellung der Messungen am Elektrometer die Ausschläge

794 und 1147

unmittelbar nach Beendigung derselben die Ausschläge

787 und 1145

gegeben hatten. Kann man also die elektromotorische Kraft, welche ein Element während der Messung hat, nach absolutem Maasse bestimmen, so weiss man auch die elektromotorische Kraft, welche das offene, ungeschwächte Element besitzt.

Die Aichung des Galvanometers behufs absoluter Strommessung geschah auf folgendem Wege: Der durch zwei grosse Daniellelemente erregte Strom durchlief ein Silbervoltameter in der von mir angegebenen Gestalt⁸⁾, dann einen Neusilberdraht von bekanntem Widerstande r. Von den Enden dieses Drahtes gingen die Zuleitungsdrähte des Galvanometers aus. Der Strom wurde eine Stunde lang unterhalten; während dieser Zeit wurden alle 5 Minuten die

8) Beetz, Grundzüge der Elektricitätslehre. Stuttgart 1878. p. 57. Ich habe für die Aichungen stets kleine Stromstärken angewandt, bei denen die Angaben des Silbervoltameters vollkommen zuverlässig sind. Bei 0,1 Ampère erhielt ich durch das Silbervoltameter und durch das Kupfervoltameter genau äquivalente Zahlen.

Galvanometerausschläge im einen und im anderen Sinne gemessen; aus den 13 so erhaltenen Mittelwerthen, welche von einander sehr wenig abwichen, wurde das Hauptmittel i genommen. Aus dem Gewichte des im Voltameter während der gleichen Zeit niedergeschlagenen Silbers wurde die Stromstärke J im Hauptstrome mit Zugrundelegung der von F. und W. Kohlrausch⁹⁾ gegebenen Werthe in Ampère ausgedrückt. Der durch das Galvanometer gehende Zweigstrom hat dann eine Stärke

$$J_g = J \cdot \frac{r}{r + g + w}$$

wenn w einen in die Galvanometerleitung eingeschalteten Widerstand bezeichnet. Ich gebe im Folgenden die Zahlen eines solchen Aichversuches:

$$r = 940,6 \text{ Ohm.} \quad g = 2289,8 \text{ Ohm.}$$

$$w = 28218,6 \text{ Ohm}$$

$$\text{Silberniederschlag in 1 Stunde } 0,0875 \text{ gr}$$

$$J = 0,02173 \text{ Ampère}$$

$$\frac{r}{r + g + w} = 0,02991$$

$$J_g = 0,0006499 \text{ Ampère}$$

$$\text{Mittlerer Galvanometerausschlag } 1366,4.$$

Es wurden nun wieder die beiden Elemente Nr. 36 und Nr. 41 wie früher gleichzeitig galvanometrisch und elektrometrisch gemessen; die beobachteten Werthe waren bei

Nr. 36			Nr. 41		
w	i	a	w	i	a
10000	750,0	310	10000	1298,0	513
30000	457,5	495	30000	731,5	755
60000	288,5	600	60000	442,5	879
0	1098,5	089			

9) Sitzungsab. d. physik. Medicin. Gesellschaft zu Würzburg. 1884.

Hieraus folgen die Widerstände ($R + g$) von

Nr. 36	Nr. 41
21282 Q. E.	15825 Q. E.
21260	15929
21370	

im Mittel	20110 Ohm	14936 Ohm
-----------	-----------	-----------

also diesmal (am 19. April) weit kleiner als früher (am 12. Februar), weil die Vitriollösungen eine Strecke weit in den trockenen Gyps eingedrungen und ausserdem die Temperaturen sehr verschieden waren.

Aus den beobachteten Potentialdifferenzen berechnen sich die elektromotorischen Kräfte von

	Nr. 36	Nr. 41
	783	1068
	784	1068
	782	1068
	784	
im Mittel	783	1068

während andererseits beobachtet wurde die elektromotorische Kraft der Elemente

	Nr. 36	Nr. 41
vor dem Schlusse	791	1083
nach der Oeffnung	790	1082

In absolutem Maasse finden sich dann die elektromotorischen Kräfte der geschlossenen Elemente, wenn man auch i in Ampère ausdrückt, nämlich für die Ablenkung

$$1098,5 \qquad 1298,0$$

$$i = 0,0005226 \text{ Amp.} \qquad i = 0,0006175 \text{ Amp.}$$

und dann i mit den zugehörigen Widerständen

$$(20110 + 0) \text{ Ohm und } (14936 + 9406) \text{ Ohm}$$

multiplieirt. Hiernach entsprechen den Angaben des Elektrometers die elektromotorischen Kräfte

	Nr. 36	Nr. 41
bei geschlossenem Strom	1,050 Volt	1,503 Volt
bei offener Kette	1,060	1,524

Das Verhältniss der elektromotorischen Kraft des Elementes Nr. 36 zu der eines mit Schwefelsäure gefüllten Normal-Daniellelementes fand ich auf elektrometrischem Wege $= 1:1,111$; die Kraft des Normal-Daniellelementes ist danach $=$

1,177 Volt,

während dieselbe aus den oben erwähnten Angaben von Kittler, v. Ettingshausen und Lord Rayleigh $= 1,175$ Volt gefunden wurde. Durch eine zweite Aichung wurde die elektromotorische Kraft des offenen Elementes Nr. 21 $= 1,068$ gefunden, dann das Verhältniss des Elementes Nr. 21 zum Normal-Daniellelement $= 1:1,102$, also wiederum die elektromotorische Kraft des Normal-Daniell $=$

1,177 Volt.

Eine dritte Aichung ergab die elektromotorische Kraft des offenen Elementes Nr. 22 $= 1,069$: das Verhältniss derselben zu der des Normal-Daniell war $= 1:1,100$, also die elektromotorische Kraft des letzteren $=$

1,176 Volt.

Ich habe deshalb meinen elektrometrischen Messungen ein Normal-Daniell von der elektromotorischen Kraft 1,177 Volt zu Grunde gelegt.

Herr Professor Forster in Bern regte bei mir eine, die Trockenelemente betreffende Frage an: ob dieselben nicht für elektrotherapeutische Zwecke verwendbar seien, indem man mit einer Trockensäule einen Condensator laden und durch schnell hinter einander folgende Ladungen und Entladungen ganz bestimmt definirte Elektrizitätsmengen dem Körper zuführen könnte. Gewiss wäre eine solche Anwendung von unschätzbarem Werthe und ich unternahm hoffnungsvoll die fraglichen Versuche. Als ich einen Condensator von der

Capacität 1 Mikrofara d (von der société anonyme de câbles zu Cortaillod) mit der ganzen 144paarigen Säule geladen hatte und ihn dann durch meinen Körper entlud, erhielt ich eine kräftige Erschütterung. Als ich aber die Ladung und Entladung durch ein paar Unterbrechungsräder, wie sie Buff¹⁰⁾ zu seinen Inductionsversuchen angewandt hat, und welche ungefähr 16 Schliessungen in der Secunde lieferten, vollzog, war wenig von den Erschütterungen wahrzunehmen. Ich vermuthete sogleich, dass die Ladung, welche die Säule lieferte, zu langsam vor sich gehe, war aber doch, als ich messende Versuche anstellte, von der Langsamkeit dieser Ladungen überrascht. Ich lud mittelst meines Elektrometerschlüssels¹¹⁾ einen Condensator von bestimmter Capacität durch eine gegebene Anzahl von Elementen eine gemessene Zeit lang und entlud ihn dann durch Umlegen des Schlüssels durch das Galvanometer. Ich theile in den folgenden Tabellen die am Galvanometer abgelesenen Ausschläge α mit, während die Ladungszeit in Secunden mit t , die Capacität in Mikrofara d mit z bezeichnet ist:

24 Elemente

$z = 0,1$		$z = 0,5$		$z = 1$	
t	α	t	α	t	α
0,3	31	0,3	112	0,3	135
0,5	32	0,5	132	0,5	160
1,0	34	1,0	151	1,0	210
2,0	34	2,0	168	2,0	310
6,0	34	3,0	169	3,0	320
		6,0	169	4,0	325
				5,0	328
				6,0	330
				10,0	330

10) Poggend. Ann. 127 p. 57. 1866.

11) Wiedem. Ann. 10. p. 310. 1880.

72 Elemente

$x = 0,1$		$x = 0,5$		$x = 1$	
t	α	t	α	t	α
0,3	70	0,3	110	0,3	160
0,5	82	0,5	220	0,5	300
1	96	1	315	1	410
2	100	2	390	2	600
3	102	4	460	3	690
6	102	6	480	4	750
		10	495	6	830
		15	500	10	890
		20	502	15	950
				20	962
				25	980
				30	990
				40	990

144 Elemente

$x = 0,1$		$x = 0,5$		$x = 1$	
t	α	t	α	t	α
0,5	165	0,5	300	0,5	320
1	180	1	460	1	570
2	195	2	660	2	890
3	200	3	740	3	1110
5	200	5	850	5	1300
		10	940	10	1580
		20	980	20	1800
		30	1005	30	1890
		50	1010	50	1950
				100	1980
				150	1990
				200	2000
				250	2000

In der beigegebenen Curventafel ist ein Theil dieser Werthe graphisch dargestellt, indem die Zeiten als Abscissen, die Galvanometerausschläge als Ordinaten aufgetragen sind. Des besseren Vergleiches wegen sind für die auf die Ladung und Entladung des Condensators von der Capacität 0,1 Mikrofarad bezüglichen punktirten Curven die Ordinaten nach zehnfachem Maassstabe aufzutragen, während sich die ausgezogenen Curven auf den Condensator von der Capacität 1 Mikrofarad beziehen. Je kleiner die Elementenzahl und je kleiner die Capacität, desto plötzlicher geschieht die Ladung, aber selbst bei der Capacität 0,1 *Mf.* liefern 24 Elemente erst nach einer ganzen Secunde die volle Ladung; bei der Capacität 1 *Mf.* wird dieselbe bei Anwendung von 144 Elementen erst nach 200 Secunden erreicht. Von einem Laden und Entladen, das sich in Zeitintervallen von $\frac{1}{16}$ Secunde vollziehen soll, kann demnach kein Vorthail erwartet werden, wenn so grosse Widerstände in's Spiel kommen, wie die meiner Trockenbatterie. So lieferten denn die Unterbrechungsräder bei Anwendung von 24 Elementen und des Condensators von 0,1 *Mf.* am Galvanometer einen beständigen Ausschlag 125, während durch einmalige Ladung und Entladung im Maximum nur 34 erhalten worden waren, dagegen gaben die 144 Elemente mit Benutzung des Condensators von 1 *Mf.* nur den Ausschlag 200, während der Maximalausschlag bei einmaliger Ladung und Entladung 2000 gewesen war. Eine Anwendung für elektrotherapeutische Zwecke dürften demnach die Trockenelemente nicht erfahren.

