Aus dem XCIII. Bande der Sitzb. der kais. Akad. der Wissensch. II. Abth. März-Heft. Jahrg. 1886.

Untersuchungen über das Verhältniss zwischen dem elektrostatischen und elektromagnetischen Masssystem. *II.*

Von Dr. **Ignaz Klemenčič.**

(Aus dem physikalischen Institute der Universität Graz.)

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. März 1886.)

Unter den Methoden, welche Maxwell (Lehrbuch d. Elektr. u. d. Magn. Deutsch v. Weinstein, pag. 516) zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem elektrostatischen und elektromagnetischen Masssystem anführt, befindet sich auch ein Verfahren, welches von Siemens[1] im Jahre 1860 zur Messung des Isolationswiderstandes von Kabeln angegeben wurde. In neuester Zeit wird bei Siemens und Halske[2] in Berlin die Capacität von Condensatoretalons auf diese Weise in absolutem elektromagnetischem Masse bestimmt. Das Wesen der Methode besteht darin, dass man einen Condensator bis zu einem gewissen Potentiale ladet; ihn dann während einer gewissen Zeit durch einen grossen Widerstand mit der Erde verbindet und hierauf das Potential der im Condensator zurückgebliebenen Elektricität untersucht.

Aus dem Verhältnisse der Potentialwerthe vor und nach der theilweisen Entladung, ferner aus der Dauer der Ableitung und dem nach elektromagnetischem Masse gemessenen Widerstande, lässt sich die Capacität des Condensators in den erwähnten Einheiten bestimmen. Um das Verhältniss v zu bestimmen, bedarf

---

[1] Wiedemann, Die Lehre von der Elektricität, pag. 977.

[2] Proposition d'une unité de lumière et remarques sur l'exécution des unités électriques par Siemens u. Halske. Berlin, pag. 8.

Auch: Conférence internationale pour la détermination des unités électriques. 2. Session, Paris 1884, pag. 65.

man nur noch der Kenntniss der Condensatorcapacität nach elektrostatischem Masse.

Zu diesem letzteren Zwecke kann man natürlich nur sogenannte Luftcondensatoren verwenden, bei denen Rückstandsbildungen ausgeschlossen sind. Es standen mir drei solche Condensatoren zur Verfügung, welche zusammen eine Capacität von 0·04375 *m. f.* (Mikrofarads) hatten. Ihre Capacität war beträchtlich grösser als jene des von Siemens als Etalon gebrauchten Luftcondensators (Cap. = 0·02752 *m. f.*).

Durch Vergleich mit dem in meiner ersten Abhandlung[1] beschriebenen Condensator wurde die Capacität der drei erwähnten Luftcondensatoren im absoluten elektrostatischen Masse bestimmt.

Die Widerstände, durch welche der Condensator theilweise entladen werden soll, müssen bei den hier angegebenen Capacitäten ziemlich beträchtlich sein, falls das Potential der im Condensator befindlichen Elektricität nach einer mehrere Secunden dauernden Ableitung noch einen gut messbaren Werth haben soll. Siemens verwendet zu diesem Zwecke seine Graphitwiderstände, und zwar solche von mehreren Hundert Megohm, wodurch er die Entladung ausserordentlich verzögert. Will man mit geringeren Widerständen arbeiten, so muss man natürlich die Dauer der theilweisen Entladung verkürzen und bei Widerständen von weniger als 1 Megohm und den soeben angeführten Werthen der Capacität darf diese Zeit kaum mehr als einige Hundertstel einer Secunde betragen. Im vorliegenden Falle wurde dieser zweite Weg eingeschlagen und zur theilweisen Entladung des Condensators, ein Bruchtheil der Schwingungsdauer einer Stimmgabel benützt. Die Anordnung für die Ladung und Entladung des Condensators war dieselbe wie bei den in der ersten Abhandlung beschriebenen Versuchen; nur wurde hier die Dauer der Entladung gemessen. Die grossen Widerstände wurden aus einer Lösung von Zinkvitriol hergestellt und den aus der Anwendung von flüssigen Widerständen resultirenden Übelständen durch verschiedene Vorsichtsmassregeln soweit als möglich vorgebeugt. Die Herstellung von Metallwiderständen von dieser Grösse und ihre Anwendung zu diesem Zwecke ist übrigens nur

---

[1] Sitzber. der Wiener Akademie, Bd. 89.

eine Geldfrage; die Sicherheit der Beobachtungen würde durch die Benützung solcher jedenfalls gewinnen.

Die aus den vorliegend beschriebenen Beobachtungen gerechneten einzelnen Werthe von v stimmen mit dem aus ihnen abgeleiteten Mittelwerthe $3 \cdot 015 \times 10^{10}$ bis auf $0 \cdot 2\%_0$ überein. Die Übereinstimmung dieses Mittelwerthes mit dem früheren, aus den Untersuchungen nach der ersten Methode abgeleiteten ($3 \cdot 0188 \times 10^{10}$) ist eine vortreffliche. Dem jetzt gefundenen Werthe von v kann jedoch nicht dasselbe Gewicht beigelegt werden, wie dem vorigen, da mir überhaupt diese Methode für eine v Bestimmung minder geeignet erscheint als die vorige; die Summe der für eine Berechnung nöthigen Beobachtungen ist nämlich in dem vorliegenden Falle viel grösser als bei der ersten Methode, und schon ein Theil derselben genügt, um das v nach den in der ersten Abhandlung angegebenen Formeln zu berechnen. Eine v Bestimmung nach der hier durchgeführten Methode bietet daher vielleicht ein grösseres Interesse, wenn man sie als einen Beitrag zur Kenntniss der sogenannten continuirlichen Condensatorentladung auffasst.[1]

Bei der Aufstellung der für die Entladung giltigen Formeln wird vorausgesetzt, dass die Capacität der Ableitungsdrähte gegen die des Condensators zu vernachlässigen sei; eine Bedingung, welche bei der Anwendung von sogenannten Paraffincondensatoren, welche eine Capacität von mehreren *m. f.* besitzen, zumeist erfüllt ist. Anders ist es bei Luftcondensatoren; hier kann man den Einfluss der Ableitungsdrähte leicht unterschätzen.

Die hier getroffene Anordnung ermöglicht es, diesen Einfluss zu eliminiren. Es lässt sich nämlich zeigen, dass es bei einer bestimmten Entladungsdauer und Condensatorcapacität immer einen Widerstand gibt, bei dem das Resultat durch die Capacität der Ableitungsdrähte nicht beeinflusst wird.

Schliesslich sei es mir erlaubt, noch auf einen Punkt hinzuweisen, der ein gewisses, praktisches Interesse bietet, nämlich

---

[1] H. Aron (Pogg. A. Bd. CLIX) untersuchte den Vorgang bei der Entladung von Leydner Flaschen. Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass Condensatoren mit Glas oder Paraffin als Dielektricum, den theoretischen Bedingungen sehr wenig entsprechen.

auf die Anwendung des Platin-Quecksilbercontactes. Im diesjährigen Jännerhefte des „Philosophical Magazin“ veröffentlichte Lord Rayleigh[1] anlässlich der Ohmbestimmung von Prof. Himstedt unter Anderem einige Bemerkungen über Quecksilber commutatoren. Lord Rayleigh beschäftigte sich schon im Jahre 1870 mit einer v Bestimmung und wollte dazu einen Stimmgabelinterruptor mit Quecksilbercontacten benützen. Es gelang ihm jedoch nicht, auf diese Weise einen vertrauenswürdigen Galvanometerausschlag zu erhalten. J. J. Thomson, der im Jahre 1883 eine Bestimmung des v ausführte, construirte zu diesem Zwecke einen Commutator mit trockenen Platincontacten, welcher von einer Stimmgabel getrieben wird. Bei den meisten Arbeiten, die ich während der letzten fünf Jahre ausgeführt habe, bediente ich mich der Stimmgabelinterruptoren mit Platin-Quecksilbercontacten. Sie wurden beinahe ausschliesslich zur Ladung und Entladung von Condensatoren verwendet, functionirten stets sicher und dürften kaum die Ursache einer Fehlerquelle gewesen sein. Die vorliegende Untersuchung lässt mich über die Brauchbarkeit solcher Interruptoren noch ein viel günstigeres Urtheil fällen, da in diesem Falle die an dieselben gestellten Anforderungen bedeutend höher und die Leistungen trotzdem sehr befriedigend waren, wie dies aus den Resultaten ersehen werden kann.

Die Methode und Anordnung der Versuche.

Ladet man einen Condensator von der Capacität C bis zum Potentiale P und verbindet ihn hierauf durch einen Widerstand R mit der Erde, so besitzt das Potential nach der Zeit t noch einen Werth, welcher durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$p = Pe^{-\frac{t}{CR}}.$$

Bedeuten q und Q die den Potentialen p und P entsprechenden Elektricitätsmengen, so kann man auch schreiben:

$$q = Qe^{-\frac{t}{CR}}. \tag{1}$$

[1] On Prof. Himstedt's Determination of the Ohm: To the Editors of the Philosphical Magazine and Journal.

Bei der Entwicklung dieser Formel wird vorausgesetzt, dass die Capacität der Ableitungsdrähte gegen die des Condensators zu vernachlässigen sei und dass der Ableitungsdraht keine bemerkenswerthe Induction auf sich selbst ausübe. Berücksichtigt man den eventuellen Coëfficienten der Selbstinduction S der Ableitungsdrähte, so gilt für diesen Fall nach W. Thomson[1] die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{R}{S}\frac{dq}{dt}+\frac{q}{CS}=0.$$

Die im Condensator nach der Zeit t befindliche Elektricitätsmenge q ist durch die hieraus folgende Gleichung:

$$q=Q\frac{e^{-\alpha t}}{2\gamma}[(\gamma+\alpha)e^{\gamma t}+(\gamma-\alpha)e^{-\gamma t}] \tag{2}$$

gegeben. Darin bedeutet Q die zur Zeit $t=0$ im Condensator befindliche Elektricitätsmenge. Ferner ist:

$$\alpha=\frac{R}{2S};\ \gamma=\sqrt{\alpha^2-\beta^2} \text{ wo } \beta^2=\frac{1}{CS}.$$

Bekanntlich unterscheidet man hier zwei Fälle. Ist $\beta^2>\alpha^2$, so bekommen wir eine oscillatorische Entladung des Condensators. Für $\beta^2<\alpha^2$ geht die Entladung continuirlich vor sich. Unter den bei dieser Untersuchung obwaltenden Umständen war β^2 klein gegen α^2 oder $\frac{4S}{CR^2}$ klein gegen 1. Entwickelt man:

$$\sqrt{1-\frac{4S}{CR^2}}$$

und bleibt bei den ersten Potenzen von $\frac{4S}{CR^2}$ stehen, und vernachlässigt man das zweite Glied der eckigen Klammer gegen das erste, so bekommt man:

$$q=Qe^{-\frac{t}{CR}}\left(1+\frac{S}{CR^2}\right). \tag{3}$$

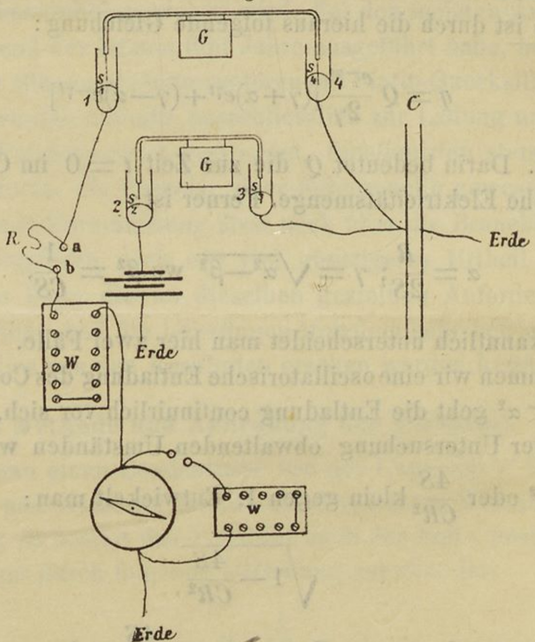
Dieser Ausdruck wird für $S=0$ identisch mit 1.

---

[1] Wiedemann, Lehre etc., pag. 166, IV. Bd.

Um die Versuche durchzuführen, wurde die durch die Fig. 1 angedeutete Anordnung der Apparate getroffen. Die im Querschnitte sichtbaren Theile *GG* der beiden Zinken einer Stimmgabel, sammt den Bügeln und Platinspitzen s_1, s_2, s_3, s_4 ferner die Quecksilbernäpfchen 1, 2, 3, 4 mit den entsprechenden Zuleitungsdrähten bildeten den schon in den früheren Abhandlungen[1] beschriebenen Commutator, welcher die Ladung und Entladung des Condensators zu besorgen hatte. Die Stimmgabel machte 32·02 Doppelschwingungen in der Secunde. Die Schwingungszahl wurde wie bei den früheren Versuchen mit Hilfe einer

Fig. 1.



zweiten Stimmgabel bestimmt und controlirt. Ihre stroboskopische Schwingungsdauer variirte während der ganzen Zeit zwischen 6·4—6·8 Secunden. Ich habe daher allen Berechnungen den mittleren Werth von 32·02 Doppelschwingungen zu Grunde gelegt.

Das Quecksilbernäpfchen 2 war mit einer Batterie von 1 oder 2 Daniell'schen Elementen verbunden, welche zur Ladung

---

[1] Sitzungsber. der Wiener Akademie, Bd. 89 und 91.

des Condensators diente. Je ein Ende der Batterie und des mit dem Näpfchen 1 leitend verbundenen Galvanometers, sowie die eine Belegung des Condensators waren zur Erde abgeleitet. In die Leitung zwischen dem Galvanometer und dem Näpfchen 1 konnten aus dem Rheostaten *W* Widerstande bis zu 10.000 S. E. und überdies bei *ab* Zinkvitriolwiderstände bis zu 1 Megohm eingeschaltet werden. Der Widerstandskasten *w* diente dazu, um vor dem Galvanometer eine passende Nebenschliessung anzubringen.

Schwingt die Stimmgabel, so wird der Condensator *N* mal in der Secunde geladen und ebenso oft durch das Galvanometer entladen. Sind die Verhältnisse in der Galvanometerleitung derart, dass in der kurzen Zeit t, während welcher die Platinspitze in 1 ins Quecksilber taucht, die ganze im Condensator befindliche Elektricitätsmenge zur Erde abfliesst, so ist der am Galvanometer beobachtete Ausschlag

$$\Psi = NkQ,$$

wo k eine Constante bedeutet. Fliesst während der Zeit t nur ein Theil ab, so dass noch die Elektricitätsmenge q im Condensator zurückbleibt und beobachtet man in diesem Falle am Galvanometer den Ausschlag ψ, so ist:

$$\Psi - \psi = Nk(Q-q).$$

Auf Grund dessen lässt sich die Gleichung 3) schreiben:

$$\Psi - \psi = \Psi e^{-\frac{t}{CR}} \left(1 + \frac{S}{CR^2}\right).$$

Bezeichnet man das elektrostatische System durch ein angehängtes s und das elektromagnetische durch ein angehängtes m und setzt:

$$\mu = \frac{S}{CR^2}$$

so ist:

$$v^2 = \frac{\lg \left\{\frac{\Psi(1+\mu)}{\Psi - \psi}\right\} C_s R_m}{t \log e}. \qquad 4)$$

Das benützte Galvanometer war ein Meyerstein'sches mit astatischem Nadelpaar. Die Entfernung der Scala vom Spiegel = 215 Ctm. Da die Nadel nicht aperiodisch schwang, mussten die Ruhelagen immer aus Umkehrpunkten abgeleitet werden. Vermittelst eines die Leitung unterbrechenden Schlüssels wurde die Nadel jedesmal rasch soweit beruhigt, dass die Ruhelagenbestimmung aus drei Umkehrpunkten mit Sicherheit vorgenommen werden konnte. Die Schwingungsdauer der Nadel betrug 10·5 Secunden.

Von der Selbstinduction in der Galvanometerleitung entfiel natürlich der grösste Theil auf die Galvanometerrolle. Für diese wurde S = 144.000 Kilometer gefunden.[1] μ ist ein ganz kleines Correctionsglied, welches nur bei den kleineren hier angewandten Widerständen etwa 0·0037 ausmachte. Bei jedem Versuche wurden die Messungen in folgender Reihenfolge gemacht. Zuerst wurde der Werth der Zinkvitriolwiderstände R bestimmt und Ψ beobachtet, hierauf wurde t und schliesslich ψ gemessen und darauf dieselbe Beobachtung in umgekehrter Reihenfolge noch einmal gemacht. Obwohl der ganze Beobachtungsvorgang ziemlich lange währte, so konnten die Messungen doch mit einer beträchtlichen Genauigkeit ausgeführt werden, da die Platin-Quecksilbercontacte sehr sicher functionirten und die Temperaturschwankungen im Zimmer nicht gross waren. Das zu den Contacten verwendete Quecksilber wurde auf die gewöhnliche Weise gereinigt, dann gekocht und durch ein reines durchlöchertes Papier filtrirt. Stellte es sich heraus, dass der Contact unsicher war, was man am Galvanometer sofort bemerkte, so wurden die Platinspitzen frisch geputzt, indem man sie mit sehr feinem Schmirgelpapier abrieb und mit reinem Papier abwischte. Ferner wurde das Quecksilber in den Näpfchen durch frisches ersetzt. Zuweilen functionirten die Contacte einige Tage hindurch ohne frisch gereinigt werden zu müssen. Hin und wieder jedoch, obwohl sehr selten, musste der Versuch wegen mangelhaften Contactes unterbrochen werden, obschon

---

1 Der Coëfficient der Selbstinduction der Galvanometerrolle wird durch das Einhängen des dicken, astatischen Nadelpaares um etwa 5% vergrössert.

gerade vorher alles geputzt wurde. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Anforderungen, welche in unserem Falle an den Contact gestellt wurden, ausserordentliche waren. Die geringste Unregelmässigkeit, welche etwa beim Beginne des Contacts auftrat, konnte störend wirken, da durch den Contact ein Vorgang eingeleitet wurde, der bei der Unterbrechung noch nicht abgelaufen war. In Fällen, wo die Dauer des Eintauchens, respective Contacts, grösser ist, als die des eingeleiteten Vorganges (Entladung des Condensators bei geringem Widerstande), kommt es auf anfängliche Unregelmässigkeiten gar nicht an und bei den Untersuchungen über die Dielektricitätsconstante der Gase hat es sich gezeigt, dass die Contacte unter diesen Bedingungen sogar durch 14 Tage functioniren können, ohne frisch geputzt und erneuert werden zu müssen.

Die Condensatoren und die Bestimmung ihrer Capacität in elektrostatischem Maasse.

Zu den Versuchen wurden drei Condensatoren verwendet, die ich mit den Buchstaben *A*, *B* und *D* bezeichnen will. Alle drei waren aus übereinander gelagerten Metallplatten zusammengesetzt. Die Luft bildete das dielektrische Medium. Die einzelnen Metallplatten waren durch kleine Kamm-Massestückchen von einander getrennt. *A* war der bereits beschriebene[1] zur Untersuchung der Dielektricitätsconstante der Gase verwendete Condensator. *B* und *D* wurden aus 2 Mm. dicken Kesselblechplatten von je 20 Ctm. im Quadrat gebildet. Je zwei benachbarte Platten waren durch vier 1·2 Mm. dicke Kamm-Masseplättchen von einander getrennt. Die ungeraden Platten bildeten die eine, die geraden die andere Belegung. *B* bestand aus 51, *D* aus 39 Platten. Die Condensatoren waren an einem trockenen Orte aufgestellt und sorgfältig vor Staub geschützt. Um ihre Capacität in absolutem elektrostatischen Maasse auszudrücken, wurde dieselbe mit der eines Stahlplattencondensators,[2] den ich kurz mit *NC* (Normalcondensator) bezeichnen will, verglichen. Der Vergleich wurde jedesmal bei zwei Entfernungen der Stahlplatten vor-

---

[1] Wiener Sitzb. Bd. 91.

[2] Vide I. Abhandl. Bd. 89.

genommen, nämlich bei $\delta_1 = 0 \cdot 1108$ Ctm. und $\delta_2 = 0 \cdot 3330$ Ctm. Die entsprechenden Capacitäten des *NC* in elektrostatischem Masse, gerechnet nach der Formel von Kirchhoff, waren $c_1 = 1017 \cdot 1$ Ctm. und $c_2 = 350 \cdot 3$ Ctm. Da die Capacität des *NC* ziemlich klein, daher das Verhältniss zwischen *NC* und irgend einem der drei Condensatoren *A*, *B* und *D* ziemlich gross war, so konnte eine der verschiedenen vorgeschlagenen Nullmethoden nicht angewendet werden. Um den Vergleich durchzuführen, wurden *A* und *NC* mit Batterien von verschiedener elektromotorischer Kraft mittelst des Stimmgabelinterruptors mehrmals in der Secunde geladen und ebenso oft durch ein Galvanometer entladen. Selbstverständlich wurde das Verhältnis der elektromotorischen Kräfte der ladenden Batterien fortwährend controlirt. Die auf diese Weise unter verschiedenen Umständen gewonnenen Werthe der Capacität C_A des Condensators *A* stimmen untereinander gut überein.

Zum Vergleiche benützte ich Daniell'sche Elemente (D. E.) oder Bunsen'sche Elemente (B. E. mit doppelt chromsaurem Kali). *A* wurde immer nur mit einem von diesen Elementen geladen. Es wurde theils ein Meyerstein'sches Galvanometer (M. G.) theils ein Wiedemann'sches (W. G.) verwendet. *N* bedeutet wie gewöhnlich die Schwingungszahl der Stimmgabel, respective die Anzahl der Ladungen und Entladungen in der Secunde. Der erste Vergleich zwischen *A* und *NC* wurde Ende Mai 1885 ausgeführt, nachdem *A* schon länger als einen Monat zusammengesetzt war. Es ergaben sich folgende Mittelwerthe aus je fünf Vergleichen:

Ende Mai 1885, $N = 64$, M. G. Lad.
Batt. für *NG* 6 D. E. . . . . $C_A = 14 \cdot 03\, c_1 = 40 \cdot 92\, c_2$
Anfangs Juni 1885, $N = 32$, W. G.
Lad. Batt. für *NC* 7 D. E. . . . . $= 14 \cdot 10\, c_1 = 40 \cdot 83\, c_2$
25. November 1885, $N = 32$, M. G.
Lad. Batt. für *NC* 6 B. E. . . . . $= 14.13\, c_1 = 40 \cdot 88\, c_2$
10. Februar 1886, $N = 32$, M. G.
Lad. Batt. für *NC* 6 B. E. . . . . $= 14 \cdot 14\, c_1 = 41 \cdot 06\, c_2$.

Die Zahlen sprechen dafür, dass die Capacität von *A* mit der Zeit etwas zugenommen hat, was sich durch eine Senkung der Platten infolge Nachgebens der isolirenden Kamm-Masseplättchen leicht erklären lässt. Der Berechnung der Capacität von *A* wurden die Beobachtungen vom 25. November und 10. Februar zu Grunde gelegt. Mit A wurden die Condensatoren B und D verglichen.[1] Es wurde gefunden:

$$\frac{C_B}{C_A} = 1 \cdot 0032, \; \frac{C_D}{C_A} = 0 \cdot 7654.$$

Daraus ergibt sich:

$$C_A = 14366 \text{ Ctm.}$$
$$C_B = 14412 \;\;\text{„}$$
$$C_D = 10996 \;\;\text{„}$$

Messung der Zeit *t*.

t bedeutet jene Zeit, während welcher der Contact zwischen der Platinspitze s_1 und dem Quecksilber im Näpfchen 1 hergestellt war. Während dieser Zeit konnte die Elektricität vom geladenen Condensator durch einen grossen Widerstand und durch das Galvanometer zur Erde abfliessen. Diese Zeit ist offenbar ein Bruchtheil einer Doppelschwingung der Stimmgabel. Würde bei ruhender Stimmgabel die Platinspitze gerade bis zur

[1] Folgende Tabelle gibt die einzelnen Resultate der Vergleiche zwischen A, B und D. Die Condensatoren wurden durch die unter El. eingetragene Anzahl von Elementen mittelst des Stimmgabelinterruptors geladen und durchs Galvanometer entladen.

Dat.	El.	$\frac{C_B}{C_A}$	Mittel	$\frac{C_D}{C_A}$	Mittel
16·1	1 D. E.	1·0008		0·7644	
„	2 „ „	1·0020	1·0014	0·7634	0·7636
„	3 „ „	1 0015		0·7630	
„	1 „ „	1·0010		0·7635	
„	2 „ „	1·0014	1·0013	0·7636	0·7635
„	3 „ „	1·0016		0·7635	
11·2	1 „ „	1·0028		0·7658	
„	2 „ „	1·0032	1·0032	0·7651	0·7654
„	3 „ „	1·0036		0·7654	

Die Condensatoren B und D wurden am 15. Jänner zusammengesetzt. Bis zum 11. Februar ist eine Senkung der Platten und daher Zunahme der Cap. zu constatiren. Ein Vergleich (11. Februar) zwischen A, dann $B+D$ und $A+B+D$ ergab folgende Verhältnisse:

$$C_A : C_{B+D} : C_{A+B+D} = 1 : 1 \cdot 7679 : 2 \cdot 7695.$$

Die einzelnen Zahlen stimmen vortrefflich und sind ein Beweis der Exactheit, mit welcher der Stimmgabelinterruptor functionirte.

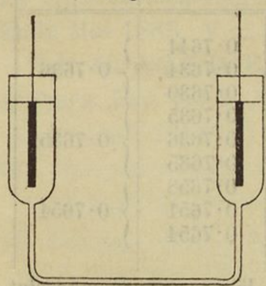
Oberfläche des Quecksilbers reichen und der Contact sofort bei der gegenseitigen Berührung hergestellt werden, dann wäre $t = \frac{1}{2N}$. Im Allgemeinen war dies nicht der Fall und t musste experimentell bestimmt werden. Dies ist in folgender Weise geschehen. Nachdem aus dem Etalon w ein passender Nebenschlusswiderstand vor dem Galvanometer und überdies aus W ein grösserer Widerstand in die Hauptleitung eingeschaltet war, wurde der von der Ladungskette zum Näpfchen 2 führende Draht mit dem Näpfchen 1 leitend verbunden und dadurch die Kette dauernd geschlossen; dabei zeigte das Galvanometer einen Ausschlag Φ. Hierauf wurde derselbe Draht aus Näpfchen 1 herausgezogen und mit 4 leitend verbunden. Jetzt war die Kette nur so lange geschlossen, als der Contact zwischen 4 und dem Quecksilber in 1 dauerte. War in diesem Falle der Galvanometerausschlag φ zu beobachten, so war:

$$t = \frac{1}{N}\frac{\varphi}{\Phi}.$$ [1]

Die Widerstände.

Die grossen Widerstände, durch welche die Entladung der Condensatoren verzögert werden sollte, wurden aus gebogenen, mit einer Zinkvitriollösung gefüllten Capillarröhren gebildet. Bei den Versuchen wurden zwei solche Röhren benützt. (Vide Fig. 2.) Die Länge des capillaren Theiles war ungefähr = 50 Ctm. Eine der Röhren war gefüllt mit einer Zinkvitriollösung vom sp. G. 1·132, die andere mit einer solchen vom sp. G. 1·103. In die Lösungen tauchten breite, amalgamirte Zinkstreifen. Nach längerem Gebrauche stellte sich bei

Fig. 2.



[1] Da der Widerstand in der Nebenschliessung klein war, sowohl gegen den der Galvanometerrolle als auch gegen den in der Hauptleitung, und da die Leitung mit Ausnahme der Galvanometerrolle keine nennenswerthe Selbstinduction besass, so verliefen die Schliessungs- und Öffnungsextraströme im Galvanometerzweige nahezu mit gleicher Intensität.

diesen Widerständen eine kleine Polarisation ein, die jedoch durch ein frisches Amalgamiren beseitigt werden konnte. Eine kleine dauernde Polarisation in den Zinkvitriolwiderständen beeinträchtigte übrigens das Resultat nicht, da ihr Einfluss durch's Commutiren eliminirt wurde. Da der Widerstand der Zinkvitriollösungen von der Temperatur ausserordentlich abhängt, so wurden die Röhren in eine grosse, mit Wasser gefüllte Wanne gestellt. Dadurch wurden die Temperaturschwankungen in den Röhren auf etwa 0·5° pro Tag reducirt. Wenn man jedoch Morgens das Wasserbad durch Zugiessen einer kleinen Portion warmen Wassers nahezu auf jene Temperatur brachte, welche der Zimmertemperatur um etwa 2 Uhr Nachmittags entsprach, so konnte die Temperatur des Wasserbades durch eine Zeit von 6—7 Stunden bis auf 0°1 constant erhalten werden.

Der Widerstand dieser Röhren wurde mit dem eines Siemens'schen Etalons verglichen, indem eine Kette einmal durch den Zinkvitriolwiderstand und dann durch eine aus Etalonwiderständen gebildete Verzweigung und durch das Galvanometer geschlossen wurde. Aus dem bekannten Widerstande der Galvanometerrolle und der einzelnen Zweige wurde der Widerstand R der Röhren bestimmt. Zur Berechnung der Widerstände in absolutem Maasse wurden die bereits in der ersten Abhandlung verwendeten Zahlen benützt, welche auch derzeit noch die grösste Wahrscheinlichkeit für sich zu haben scheinen.[1]

Der Widerstand der Galvanometerrolle ρ wurde als Mittel aus mehreren Messungen $= 4477 \times 10^9$ abs. E. bei 16°2 gefunden.

Über den Einfluss der Capacität der Ableitungsdrähte auf den Entladungsvorgang.

Die ersten Entladungsversuche hatte ich mit dem Condensator A allein angestellt und dabei drei Widerstände von der

---

[1] Dorn (Wied. A. Bd. 22) hat auf eine eigenthümliche Construction der Siemens'schen Stöpselrheostaten aufmerksam gemacht. Unter Berücksichtigung dessen habe ich eine Calibrirung des Stöpseletalons Nr. 2159 nach Chwolson vorgenommen und den Widerstand der gemeinsamen Zuleitungsdrähte im Mittel $= 0·00031$ S. E. gefunden. Die Einheit dieses Elatons wurde mit der Elliotcopie Nr. 7 der B. A. U. verglichen, und die Widerstandsmessungen auf diese letztere bezogen.

Grösse benützt, dass bei der Entladung durch dieselben in der Zeit t etwa ein Drittel, die Hälfte und zwei Drittel von der Gesammtladung des Condensators in die Erde abfliessen konnte. Es stellte sich jedoch heraus, dass die aus diesen Beobachtungen gerechneten Werthe von v nicht übereinstimmten, sondern mit dem Widerstande regelmässig abnahmen. So ergab eine Bestimmung bei den Widerständen 1·92, 1·19 und 0·73 Megohm für v die Werthe 3·048, 3·018 und $3 \cdot 000 \times 10^{10}$, Unterschiede die über die Grenzen der Beobachtungsfehler hinausgingen. Die Vermuthung, dass die der theoretischen Entwicklung zu Grunde gelegten Bedingungen hier nicht ganz vorhanden und die Capacität der Ableitungsdrähte gegen die des Condensators nicht zu vernachlässigen wäre, wurde durch den Versuch vollkommen bestätigt. Um über die Art des davon herrührenden Fehlers einen Aufschluss zu erhalten, hatte ich die Capacität in den Ableitungsdrähten absichtlich dadurch vergrössert, dass ich in dieselben Condensatoren von verschiedener Capacität einschaltete und den Einfluss derselben auf die Grösse des Ausschlages ψ beobachtete. Überdies hatte ich mir noch die Condensatoren B und D gebaut, um bei den späteren Versuchen über eine grössere Capacität zu verfügen.

Die nachfolgenden Tabellen I, II und III gewähren eine Einsicht in die Art des Fehlers, welcher durch die Capacität der Ableitungsdrähte verursacht wird. k bedeutet die unbekannte Capacität der Ableitungsdrähte, c die Capacität des in die Ableitung zwischen der Unterbrechungsstelle und dem Widerstande R eingeschalteten Nebencondensators, C jene des sich entladenden Condensators. Jedes ψ und $\Psi - \psi$ hat zwei Rubriken, entsprechend den beiden Fällen, wo die Capacität in der Ableitung nur k oder $k+c$ war. Für die Werthe $\Psi - \psi$ ist die Differenz in Procenten in der mit Δ überschriebenen Rubrik angeführt. R ist in Megohm angegeben. Ψ bedeutet den der Gesammtladung entsprechenden Ausschlag.

Wie aus den Tabellen zu ersehen, sind die Fehler bei kleinen und grossen Widerständen regelmässig entgegengesetzt bezeichnet. Es muss daher dieser Fehler bei einem bestimmten Widerstande gleich 0 sein. Die Capacität der Ableitungsdrähte beeinflusst daher bei unserer Anordnung der Versuche den Galvanometerausschlag ψ auf zweierlei Arten, welche entgegengesetzt wirken. Zunächst wirkt sie sofort nach Beginn der Entladung in dem Sinne, dass sie die Capacität des sich entladenden Conden-

Tabelle I.

Cond. A; $C = 14366$, $c = 1190$ Ctm.

R	Ψ	ψ		$\Psi-\psi$		Δ%
		k	$k+c$	k	$k+c$	
0·182	346·8	344·0	342·9	2·8	3·9	+39·0
0·565	„	278·3	275·1	68 5	71·7	+ 4·7
1·238	„	186·9	190·5	149·9	156·3	— 4·4
1·982	„	132·5	143·1	214·3	203·7	— 5·0

Tabelle II.

Cond. $A+B+D$; $C = 39774$, $c = 1190$ Ctm.

R	Ψ	ψ		$\Psi-\psi$		Δ%
		k	$k+c$	k	$k+c$	
0·183	956·3	782·4	778·2	173·9	178·1	+2·4
0·567	„	419·6	426·0	536·7	530·3	—1·2
1·242	„	227·6	243·5	728·7	712·8	—2·2
1·988	„	148·9	188·6	807·4	767·7	—4·9

Tabelle III.

Cond. $A+B+D$; $C = 39774$, $c = 388$ Ctm.

R	Ψ	ψ		$\Psi+\psi$		Δ%
		k	$k+c$	k	$k+c$	
0·184	956·7	798·7	797·9	158·0	158·8	+0·51
2·001	„	155·6	162·1	801·7	795·1	—0·82

sators gewissermassen vergrössert. Die am Condensator nach der Zeit t zurückgebliebene Elektricitätsmenge ist daher: [1]

$$q' = e^{-\frac{t}{(C+k)R}}$$

während:

$$q = Qe^{-\frac{t}{CR}}$$

zurückbleiben würde, wenn $k = 0$ wäre. Bezeichnen wir den Galvanometerausschlag im ersten Falle mit χ, im zweiten, idealen Falle mit ψ, so ist:

$$\Psi - \chi = \Psi e^{-\frac{t}{(C+k)R}}; \quad \Psi - \psi = \Psi e^{-\frac{t}{CR}}.$$

Bei der Unterbrechung der Entladung sind die Ableitungsdrähte geladen und zwar bis zu einem dem Ausschlage $\Psi - \chi$ proportionalen Werthe des Potentiales. Während der Zeit, wo die Entladung des Condensators unterbrochen ist, entladen sich diese Theile und vergrössern dadurch den am Galvanometer hervorgebrachten Ausschlag.

Wir bekommen daher folgende Gleichung für den Zusammenhang zwischen dem wirklich beobachteten Ausschlage ψ' und dem, dem idealen Falle entsprechenden ψ:

$$\psi' = \psi + \Psi \left\{ e^{-\frac{t}{CR}} - e^{-\frac{t}{(C+k)R}} \right\} + \frac{k}{C} (\Psi - \chi) \qquad 5)$$

Es wird $\psi' = \psi$, wenn die Bedingungsgleichung:

$$e^{-\frac{t}{CR}} - e^{-\frac{t}{(C+k)R}} + \frac{k}{C} e^{-\frac{t}{(C+k)R}} = 0$$

erfüllt ist.

Daraus folgt:

$$R = -\frac{\alpha t}{C(1+\alpha) \lg (1-\alpha)} = \frac{t}{C}\left(1 - \frac{3\alpha}{2} + \frac{17\alpha^2}{12} \cdots \right) \qquad 6)$$

wobei $\frac{k}{C} = \alpha$ gesetzt wurde.

---

[1] Da sich bei der Entladung längs des Ableitungsdrahtes ein Potentialgefälle herstellt und daher nicht der ganze Ableitungsdraht zu demselben Potentiale geladen erscheint, wie der Condensator, so stellt uns hier k nicht den wirklichen Werth der Capacität der Ableitungsdrähte dar, sondern einen kleineren.

Bei dem Widerstande, welcher dieser Gleichung genügt, ist also die Capacität der Ableitungsdrähte ohne Einfluss auf das Resultat.

Für $t = 0\cdot014$ Sec. und $C = 39774$ Ctm. bekommt man folgende Werthe für diesen Widerstand:

$k =$	100 Ctm.	$\alpha = 0\cdot0025$	$R = 0\cdot315$ Megohm
	500 „	$0\cdot0126$	$0\cdot311$ „
	1000 „	$0\cdot0250$	$0\cdot306$ „

$t = 0\cdot014$ Secunden $C = 14366$ Ctm.:

$k =$	100 Ctm.	$\alpha = 0\cdot007$	$R = 0\cdot869$ Megohm.
	1000 „	$0\cdot070$	$0\cdot792$ „

Man sieht, dass sich für ein und dasselbe t und C dieser Widerstand mit dem Werthe von k wenig ändert. Da man nun k, wenn auch nicht genau bestimmen, so doch ungefähr schätzen kann, so lassen sich die Widerstände leicht berechnen, bei welchen man beobachten soll, um vom Einflusse der Capacität der Ableitungsdrähte unabhängig zu bleiben.

Resultate.

In den nachfolgenden Tabellen ist bezeichnet mit:

El., die den Condensator ladenden Elemente. D. E. = Daniell'sches Element. R der Widerstand der die Zinkvitriollösung enthaltenden Röhren in Megohm. Φ und φ die zur Berechnung der Zeit t bestimmten Galvanometerausschläge. Ψ die der Gesammtladung des Condensators entsprechende Ablenkung der Galvanometernadel. ψ die der theilweisen Entladung des Condensators entsprechende Ablenkung der Galvanometernadel.

$$M = \lg\left[\frac{\Psi(1+\mu)}{\Psi-\psi}\right]\frac{R}{t}$$

v das Verhältniss zwischen dem elektrostatischen und elektromagnetischen Masssystem.

Eine Reihe der Versuche wurde mit den Condensatoren A, B und D zusammen gemacht, die andere blos mit dem Condensator A.

Um den Einfluss der Capacität der Ableitungsdrähte zu eliminiren, mussten die Beobachtungen nur bei Widerständen, die der Gleichung 6) nahezu entsprechen, gemacht werden. Dabei ist der Umstand von grossem Vortheil, dass dieser Widerstand von k nicht gerade stark abhängt, so dass es genügt, für k nur schätzungsweise einen Werth anzunehmen, um sich über die Grösse des entsprechenden R zu orientiren. In unserem Falle wurde k als zwischen 100 und 1000 Ctm. liegend, angenommen, und darnach R gewählt. Zu dem Zinkvitriolwiderstande wurden gewöhnlich noch einige feste Widerstände hinzugefügt und auf diese Weise R innerhalb enger Grenzen variirt. Die festen Widerstände wurden einem Siemens'schen (10.000 S. E.) oder einem Breguet'schen (100.000 Ohm) Widerstandskasten entnommen.

Tabelle IV.

Condensator: $A+B+D$. Capacität = 39774 Ctm.

El.	R	Φ	φ	t in Sec.	Ψ	ψ	M	Mittel M	v
1 D. E.	0·2978	376·6	158·8	0·01317	720·9	457·6	9·927		
„	0·3063	„	158 7	0·01316	„	449·6	9·905	9·921	$3·014 \times 10^{10}$
„	0·3162	„	158·2	0·01312	„	440·8	9·930		
„	0·2975	375·6	167·6	0·01394	717·5	470·8	9·932		
„	0·3060	„	166·9	0·01388	„	462·3	9·932	9·936	$3·016 \times 16^{10}$
„	0·3159	„	166·6	0·01385	„	453·8	9·945		
„	0·3001	389·8	161·7	0·01296	744·6	466·6	9·949		
„	0·3086	„	160·7	0·01288	„	457·4	9·954	9·950	$3·018 \times 10^{10}$
„	0·3185	„	160·0	0·01282	„	447.4	9·946		
„	0·2983	383·8	158·3	0·01288	733·9	459·3	9·924		
„	0·3068	„	157·2	0·01279	„	449·3	9·903	9·917	$3·013 \times 10^{10}$
„	0·3167	„	156·7	0·01275	„	440·5	9·925		

Von den in diesen Tabellen angeführten Daten gehören, wie leicht ersichtlich, je drei aufeinanderfolgende zu einer Beobachtungsreihe mit nahezu gleichem t. Es wurde nämlich während einer solchen Beobachtungsreihe weder an dem Quecksilbernäpfchen, noch an den Platinspitzen irgend etwas verschoben oder gerichtet. Je drei zusammengehörige Werthe von φ sollten daher gleich gross sein. In der Tabelle V ist dies nahezu erfüllt; in Tabelle IV nehmen jedoch die Werthe von φ regelmässig ab, was eine Abnahme der Contactdauer bedeutet. Diese geringe Abnahme lässt sich jedoch leicht erklären. Da nämlich jedesmal vor Beginn des Versuches die Platinspitze so gestellt wurde, dass sie gerade der höchsten Stelle der Quecksilberkuppe gegenüberstand, so musste jede Bewegung des Näpfchens eine Verminderung der Contactdauer bewirken. Eine kleine Bewegung oder Verschiebung des Näpfchens konnte aber eintreten, da dasselbe sammt seinem Träger an das Stimmgabelgestell mit Klebwachs befestigt war. Es ist übrigens die Regelmässigkeit der Änderung des φ auch ein Beweis für die Vortrefflichkeit des Platin-Quecksilbercontactes.

Tabelle V.

Condensator A. Capacität $=$ 14366 Ctm.

El.	R	Φ	φ	t	Ψ	ψ	M	Mittel M	v
1 D. E.	0·7934	446·8	183·7	0·01284	255·4	163·8	27·52		
„	0·8129	„	183·5	0·01283	„	161·5	27·54	27·53	$3·018 \times 10^{10}$
„	0·8426	„	183·2	0·01281	„	158·0	27·53		
2 D. E.	0·7886	501·7	214·5	0·01335	517·5	341·0	27·59		
„	0·8080	„	214·4	0·01334	„	335·4	27·46	27·50	$3·016 \times 10^{10}$
„	0·8377	„	214·5	0·01335	„	328·5	27·45		
„	0·7850	775·9	329·5	0·01327	535·0	351·4	27·48		
„	0·8049	„	329·7	0·01327	„	346·6	27·50	27·50	$3·016 \times 10^{10}$
„	0·8346	„	329·6	0·01327	„	339·6	27·52		
„	0·7842	768·0	329·0	0·01338	530·4	349·4	27·37		
„	0·8040	„	328·5	0·01336	„	344·2	27·36	27·38	$3·009 \times 10^{10}$
„	0·8338	„	329·0	0·01338	„	337·8	27·42		

Wie schon erwähnt, wurde bei der Bestimmung der Zeit t eine Kette durch einen Widerstand W und durch das Galvanometer, vor dem sich eine Nebenschliessung vom Widerstande w

befand, dauernd geschlossen und dabei der Ausschlag Φ beobachtet. In unserem Falle war das dieselbe Kette, durch welche auch der Condensator geladen wurde. Kennt man also W und w und ebenso den Widerstand der Galvanometerrolle ρ im elektromagnetischen Masse, so lässt sich aus der nach elektrostatischem Masse gemessenen Capacität des Condensators, ferner aus Φ und Ψ die Grösse v nach der in der ersten Abhandlung gegebenen Formel berechnen. Bei den in Tabelle IV angeführten Beobachtungen war zum Beispiel $w = 28{\cdot}2$, $W = 8477$, $\rho = 4485$ Ohm. Die Tabellen VI und VII enthalten die auf diese Weise gerechneten Werthe des v in der mit v_1 überschriebenen Rubrik. Unter v_2 sind behufs Vergleiches die entsprechenden, bereits in den Tabellen IV und V angeführten v eingetragen.

Tabelle VI.
Condensator: $A+B+D$.

	v_1	v_2
	$3{\cdot}009 \times 10^{10}$	$3{\cdot}014 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}013 \times 10^{10}$	$3{\cdot}016 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}013 \times 10^{10}$	$3{\cdot}018 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}011 \times 10^{10}$	$3{\cdot}013 \times 10^{10}$
Mittel	$3{\cdot}012 \times 10^{10}$	$3{\cdot}015 \times 10^{10}$

Tabelle VII.
Condensator: A.

	v_1	v_2
	$3{\cdot}014 \times 10^{10}$	$3{\cdot}016 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}019 \times 10^{10}$	$3{\cdot}018 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}012 \times 10^{10}$	$3{\cdot}016 \times 10^{10}$
	$3{\cdot}010 \times 10^{10}$	$3{\cdot}009 \times 10^{10}$
Mittel	$3{\cdot}014 \times 10^{10}$	$3{\cdot}015 \times 10^{10}$

Zunächst ist aus den Tabellen VI und VII die gute Übereinstimmung der Mittelwerthe des v zu constatiren. Diese Mittelwerthe sind jedoch durchwegs kleiner als der aus den Untersuchungen nach der ersten Methode abgeleitete Mittelwerth von $v = 3{\cdot}0188 \times 10^{10}$. Man wird den Unterschied nicht auffallend finden, wenn man bedenkt, dass diese Untersuchung so zu sagen mit ganz anderen Apparaten durchgeführt wurde als die erste. Ich erinnere in dieser Beziehung an die Zinkvitriolwiderstände, an die hier verwendeten Condensatoren, an das Galvanometer, dessen Rollenwiderstand in die Rechnungen eingeführt wurde u. s. w., Umstände, die das Auftreten eines kleinen constanten Fehlers leicht erklären lassen. Es wurde schon erwähnt, dass man den hier gewonnenen

Resultaten wegen der grossen Zahl der nothwendigen Messungen, die wohl auch theilweise durch die Anwendung flüssiger Widerstände bedingt waren, nicht jenes Gewicht beilegen kann, wie den durch die erste Untersuchung gewonnenen Werthen. Aus dem gleichen Grunde habe ich auch die Zahl der Beobachtungen nicht sehr weit ausgedehnt.

Aus meinen bisherigen Untersuchungen folgen daher die Werthe:

$v = \mathbf{3 \cdot 0188} \times 10^{10}$ (1. Methode, 1. Untersuchung),
$v = \mathbf{3 \cdot 013} \times 10^{10}$ (1. „ , 2. „),
$v = \mathbf{3 \cdot 015} \times 10^{10}$ (2. „ , 2. „),

Der richtige Werth dürfte der ersten Zahl am nächsten liegen. Es ist selbstverständlich, dass sich das Wort „richtig" hier auf das gegenseitige Verhältniss dieser Werthe bezieht.

Von den in neuester Zeit ausgeführten v-Bestimmungen sind zwei zu erwähnen: Im Jahre 1883 bestimmte J. J. Thomson[1] nach der gleichen Methode, wie ich es in meiner ersten Untersuchung that, den Werth von v und erhielt die Zahl ~~29·63~~ $\times 10^{10}$, 2·963
welche sich den von anderen englischen Forschern, wie Shida, 0·047
Ayrton und Perry gefundenen, gut anschliesst. Im Jahre 1885 veröffentlichte R. Colley[2] eine Abhandlung über neue Methoden zur Beobachtung elektrischer Schwingungen. Hiebei machte er eine Anwendung seiner Untersuchungen auf eine v-Bestimmung und fand für v den Werth $3 \cdot 09 \times 10^{10}$, dem er eine Genauigkeit von $2—2 \cdot 5^0/_0$ beimisst.

---

1 Wiedemann, Lehre etc., pag. 1003.

2 Über einige neue Methoden zur Beobachtung elektrischer Schwingungen und einige Anwendungen derselben. Kasan. 1885. Der erste Theil dieser Abhandlung ist in Wied. A. Bd. XXVI. erschienen.

ANHANG.

In dem Falle, wo sich in der Galvanometerleitung nur der Widerstand der Galvanometerrolle befand, ging die Entladung des Condensators in Oscillationen vor sich. Es folgt dies aus der Theorie und war auch experimentell nachweisbar. Die Theorie ergibt für die Dauer einer Oscillation τ den Werth:

$$\tau = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{CS} - \frac{1}{4}\frac{R^2}{S^2}}}$$

Es sei nun zum Beispiel $C = 39774$ Ctm., $S = 144.000$ Kilom., $R = \rho = 4477 \times 10^0$ Ctm./Sec., so folgt $\tau = 0 \cdot 00247$ Sec.

Das logarithmische Decrement $\lambda = \frac{1}{2}\frac{R}{S}\tau = 0 \cdot 385$ oder $\lambda_{vulg} = 0 \cdot 167$.

Die Zeit t, während welcher die Entladung vor sich gehen konnte, betrug im Mittel $0 \cdot 013$ Sec. Während dieser Zeit konnten also etwa 5 Schwingungen verlaufen. War nun die Dämpfung wirklich nur so gross, wie es die Theorie ergibt, so musste die Amplitude der fünften Schwingung immerhin noch beträchtlich sein und das konnte zu Fehlern in der Bestimmung des Ψ Veranlassung geben. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Dämpfung bedeutend grösser sein müsse, als es die Theorie angibt.

Nichtsdestoweniger wurde bei der Bestimmung des Ψ, um auch den kleinsten Fehler zu vermeiden, in die Galvanometerleitung ein Widerstand von 20.000 Ohm eingeschaltet. Dadurch wurden die Oscillationen so gedämpft, dass das Galvanometer sicherlich immer den richtigen Werth von Ψ angab.

Wenn man die Contactdauer t durch Niederschrauben des Näpfchens 1 allmälig verkleinerte, so bekam man bei einer gewissen Grenze Galvanometerausschläge, welche abwechselnd grösser und kleiner als Ψ waren. War t noch nicht zu klein, so konnte man durch Einschalten von 20.000 Ohm sofort den richtigen, der Gesammtladung des Condensators Ψ entsprechenden Werth bekommen. Es wurden nun jene Zeiten aufgesucht, bei welchen der Galvanometerausschlag ein Maximum oder ein Minimum war. Daraus liess sich die Dauer einer Oscillation rechnen. Man fand:

Für $t = 0\cdot00306 = 3/2\,\tau$	$\tau = 0\cdot00204$ Sec.
$0\cdot00507 = 5/2\,\tau$	$0\cdot00202$ „
$0\cdot00985 = 9/2\,\tau$	$0\cdot00223$ „

Wenn ich bemerke, dass der Näpfchenträger und die Schraubvorrichtung etwas mangelhaft waren, so wird man die Übereinstimmung, namentlich zwischen dem letzten und dem theoretischen Werthe von τ, ganz genügend finden.

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.