

# Eine Bestimmung des Ohm

von

F. Himstedt \*).

Die nachfolgende Untersuchung wurde ausgeführt mit den Mitteln, welche die Grossherzoglich Badische Regierung auf Anregung des internationalen Electriciker-Congresses zu Paris für eine absolute Widerstandsmessung bewilligt hat.

## 1. Die Methode\*\*).

Es sei ein primärer Stromkreis gebildet aus der inducirenden Rolle A, zwei parallel geschalteten Widerständen  $r$  und  $w_0$ , einer Stromquelle  $E$  und einem Stromunterbrecher  $D_1$  (Fig. 1). Der secundäre Stromkreis bestehe aus der Inductionsrolle B, dem Galvanometer  $G$ , dem Unterbrecher  $D_2$  und einem Widerstande  $r_1 = r$ . Der gesammte Widerstand des secundären Kreises  $w_1$  sei gleich  $r_1 + w_2$  und es sei  $w_2$  gleich dem oben genannten  $w_0$ . Wird der primäre Strom  $i$  durch den Unterbrecher  $D_1$  in der Secunde  $n$  Mal geschlossen und unterbrochen und durch passende Regulirung von  $D_2$  dafür gesorgt, dass entweder nur die Schliessungs- oder nur die Oeffnungs Inductionsströme das Galvanometer durchfliessen, so ist

$$I \dots \dots \dots G \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{n \cdot i \cdot V}{w_1}$$

$G$  der Reductionsfactor des Galvanometers,  $\alpha_1$  die beobachtete Ablenkung,  $V$  das Potential der Rollen auf einander. Wird andererseits der Hauptstrom dauernd geschlossen und  $w_0$  ersetzt durch  $w_2$

\*) Im Auszuge der Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin vorgelegt am 23. Juli 1885.

\*\*\*) Vergl. F. HIMSTEDT, Ueber eine Methode zur Bestimmung des Ohm. Wied. Ann. XXII. pg. 281. 1884.

(die Leitung des secundären Kreises, nachdem aus dieser  $r_1$  ausgeschaltet ist) so dass also die Rolle B und das Galvanometer sich im Nebenschluss zu  $r$  befinden, so besteht für die jetzt beobachtete Galvanometerablenkung  $\alpha_2$  die Gleichung

$$G \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{r i}{r + w_2} = \frac{r i}{w_1} \dots \dots \text{II}^*).$$

Aus I und II folgt:

$$r = n \cdot V \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} \dots \dots \text{III}.$$

Nimmt man für die inducirende Rolle A ein Solenoid gegen dessen Länge der Radius desselben sowie die Dimensionen der inducirten Rolle nur klein sind und das mit nur einer Drahtlage umwickelt ist, so wird

$$V = 4 \pi^2 R^2 k b (1 + 2a) \dots \dots \dots \text{IV}$$

$$r = 4 \pi^2 R^2 k b n (1 + 2a) \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} \dots \dots \dots \text{V}.$$

Hierin bezeichnet  $R$  den Radius des Solenoids,  $k$  die Anzahl der Drahtwindungen auf der Längeneinheit desselben,  $b$  die Gesamtzahl der Windungen auf der Inductionsrolle  $B$  und  $2a$  ein später zu entwickelndes Correctionsglied. Der Werth dieses letzteren war bei allen Versuchen kleiner als 0.03, so dass für die Bestimmung von  $r$  nur die genaue Messung der Grössen  $R k b n$  und  $\operatorname{tg} \alpha_2 / \operatorname{tg} \alpha_1$  in Frage kam.

Die Vortheile\*\*) dieser Versuchsanordnung bestehen darin, dass die Zahl der zu messenden Grössen eine verhältnissmässig sehr kleine ist und dass hierbei alle die Grössen in Wegfall kommen, bei deren Bestimmung die erforderliche Genauigkeit anerkannter Maassen nur schwer zu erreichen ist. Ich rechne hierher die Constanten resp. Variationen des Erdmagnetismus und des Stabmagnetismus, den Inductioncoefficienten resp. die Windungsflächen von Drahtspulen mit vielen Lagen über einander, den Reductionsfactor eines Galvanometers, Trägheitsmoment und logarithmisches Decrement schwingender Magnete und besonders auch die genaue Bestimmung des Widerstandes von Kupferdrähten, die oft nicht ein Mal in demselben

\*) Die Anordnung der Stromkreise, welche auf Gleichung I geführt hat, wird im Folgenden als „Schaltung I“, die der Gleichung II entsprechende als „Schaltung II“ bezeichnet werden.

\*\*) Vergl. hierüber ROTTI, Determinazione della resistenza elettrica di un filo in misura assoluta Nuov. cim. Ser. 3 Vol. XV.

Zimmer sich befinden und deren Temperatur immer nur angenähert aus der der umgebenden Luft gefunden werden kann\*).

## 2. Ableitung des Correctionsgliedes 2a der Formel V.

Wir setzen voraus, dass die Mittelpunkte und die Axen des Solenoids und der Inductionsrolle zusammenfallen. Dann lässt sich das Potential derselben auf einander in die Form bringen:

$$VI \dots V = V_0 + 2 V_1.$$

Hierin bezeichnet  $V_0$  das Potential des Solenoids, dasselbe als unendlich lang angesehen.  $2 V_1$  stellt das Potential der Endflächen des Solenoids auf B dar, wenn man diese der Art mit nord- resp. süd-magnetischer Masse belegt denkt, dass diese Massen das Solenoid

\*) Herr G. WIEDEMANN hat in seinem Werke Electricität Bd. IV. Abthg. 2 eine „Vergleichung der Methoden“ zur Bestimmung des Ohm gegeben und schreibt § 1340 pg. 969:

„Die Methode der Induction zweier Drahtkreise auf einander und Messung des Inductionsstromes an einem Galvanometer bedingt zunächst die Ausmessung dreier Drahtrollen, des Inductors, des inducirten Kreises und des Galvanometers, resp. noch des um letzteres gelegten Gewindes zur Messung des inducirenden Stromes; . . . .

„Ist P das Potential der Spiralen auf einander,  $\vartheta$  die Ablenkung der Galvanometernadel durch den Inductionsstrom,  $\alpha$  dieselbe durch den inducirenden Strom, h das Verhältniss der Drehungsmomente der verwendeten Gewinde des Galvanometers, T die Zeitdauer der Schwingung der Nadel desselben, so ist, wiederum abgesehen von Nebenumständen

$$W = \frac{\pi}{T} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \frac{1}{2} \vartheta} \frac{P}{h}$$

„Aus den Formeln für P ergibt sich, dass ein Fehler in der Messung des mittleren Abstandes der Spiralen linear und dass der Fehler in der Bestimmung des mittleren Radius quadratisch im Endresultate auftritt. Bei geringeren Abständen der inducirenden Rollen ist der Abstand also sehr genau zu messen resp. durch Aenderung desselben eine grössere Genauigkeit zu erzielen.“

„Ähnliche Betrachtungen gelten für die Methode von ROHR.“

Es könnte hiernach den Ansehen haben, als ob alle die vorstehend wieder-gegebenen Betrachtungen, resp. ihnen ähnliche, auf die Methode von ROHR, welche der von mir benutzten gleich ist, Anwendung fänden und ich glaube deshalb darauf aufmerksam machen zu müssen, dass nur der Passus: „dass der Fehler in der Bestimmung des mittleren Radius quadratisch im Endresultate auftritt“, für diese Methode Giltigkeit hat, denn der Methode ist die Anwendung eines unendlich langen Solenoids eigenthümlich und da durch die Versuchsordnung auch die Galvanometerconstanten eliminiert werden, so sind nicht drei Drahtrollen auszumessen, sondern nur der Durchmesser einer einzigen Drahtlage, ebensowenig muss der Abstand der inducirenden Rollen „sehr genau“ gemessen werden, denn derselbe tritt nur in einem Correctionsgliede auf (vergl. pg. 2) und endlich fällt auch die Bestimmung der Grössen h und T in obiger Formel fort.

in seiner electromagnetischen Wirkung nach aussen ersetzen können. Wenn wir, wie oben, den Radius des Solenoids mit  $R$ , die Anzahl der Windungen auf der Längeneinheit mit  $k$  bezeichnen und annehmen, dass die Inductionsrolle  $B$  aus  $b$  Windungen besteht, so ist

$$\text{VII} \dots \dots V_0 = 4 \pi^2 R^2 k b^*).$$

Um  $V_1$  abzuleiten, sei  $HJK$  (Fig. 2) eine der Windungen der Rolle  $B$ , durchflossen vom Strome 1; ihr Abstand von der Endfläche  $N$ , die Länge  $OJ$ , sei gleich  $z$ . Wir ersetzen  $HJK$  durch eine magnetische Doppelfläche und nehmen hierzu das Stück  $HCK$  der Oberfläche einer um  $O$  als Mittelpunkt beschriebenen Kugel. Bezeichnen wir mit  $do$  ein Oberflächenelement derselben, mit  $v$  das Potential der Endfläche  $N$  des Solenoids auf einen magnetischen Punkt 1 in  $do$ , so ist

$$P = \int \frac{\partial v}{\partial r} do$$

das Potential von  $N$  auf  $HJK$ . Die Integration ist hierbei über das durch den Kreis  $HK$  begrenzte Stück  $HCK$  der Kugeloberfläche zu erstrecken.

Nach MAXWELL II pag. 302 ist

$$v = 2\pi k \left\{ \frac{1}{2} \frac{R^2}{r} P^0(\cos \vartheta) - \frac{1}{2 \cdot 4} \frac{R^4}{r^3} P^2(\cos \vartheta) + \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{R^6}{r^5} P^4(\cos \vartheta) \dots \right\}$$

und wir finden

$$P = 4 \pi^2 R^2 k \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{z}{r} - 1 \right) - \frac{3}{16} \frac{R^2}{r^2} \left( \frac{z^3}{r^3} - \frac{z}{r} \right) + \frac{5}{128} \frac{R^4}{r^4} \left( 7 \frac{z^5}{r^5} - 10 \frac{z^3}{r^3} + 3 \frac{z}{r} \right) \dots \right\}$$

Hierin ist  $r = \sqrt{z^2 + p^2}$  und  $p$  der Radius der Windung  $HK$ . Bezeichnet man den mittleren Radius der ganzen Inductionsrolle mit  $\rho$  und setzt  $p = \rho + \delta$ , bezeichnet ferner die halbe Länge des Solenoids mit  $l$  und setzt  $z = l + \zeta$  so erhält man für das Potential der Endfläche  $N$  auf alle Windungen der Rolle  $B$ , also für die oben mit  $V_1$  bezeichnete Grösse

$$V_1 = z \mu \int_{-1/2 c}^{+1/2 c} d\zeta \int_{-1/2 d}^{+1/2 d} P. d\delta$$

wo  $c$  die Breite,  $d$  die Höhe des Querschnitts der Windungen von  $B$  bezeichnet  $z$  resp.  $\mu$  die Zahl der Windungen auf der Längen-

\*) MAXWELL II. pg. 281.

einheit von  $c$  resp.  $d$ , so dass die Gesamtzahl der auf  $B$  vorhandenen Windungen  $b = z c p d$ . Entwickeln wir  $P$  in die Reihe

$$P = P_0 + \zeta \left( \frac{dP}{d\zeta} \right)_0 + \delta \left( \frac{dP}{d\delta} \right)_0 + \frac{1}{2} \zeta^2 \left( \frac{d^2 P}{d\zeta^2} \right)_0 + \dots$$

so erhalten wir

$$\text{VIII} \dots V_1 = 4 \pi^2 R^2 k b \left\{ S_1 + \frac{1}{24} (c^2 S_2 + d^2 S_3) + \dots \right\}$$

wobei zur Abkürzung gesetzt ist

$$S_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{l}{\sigma} - 1 \right) + \frac{3}{16} R^2 \frac{l \rho^2}{\sigma^5} + \frac{5}{128} R^4 l \rho^2 \frac{3 \rho^2 - 4 l^2}{\sigma^9}$$

$$S_2 = \frac{3}{2} \frac{l \rho^2}{\sigma^5} \left\{ -1 + \frac{5}{8} R^2 \frac{4 l^2 - 3 \rho^2}{\sigma^4} - \frac{35}{64} R^4 \frac{5 \rho^4 - 20 l^2 \rho^2 + 8 l^4}{\sigma^8} \right\}$$

$$S_3 = \frac{1}{2} \frac{l}{\sigma^5} \left\{ 2 \rho^2 - l^2 + \frac{3}{8} R^2 \frac{2 l^4 - 21 l^2 \rho^2 + 12 \rho^4}{\sigma^2} + \right.$$

$$\left. \frac{5}{64} R^4 \frac{90 \rho^6 - 395 \rho^4 l^2 + 200 \rho^2 l^4 - 8 l^6}{\sigma^8} \right\}$$

$$\sigma = \sqrt{l^2 + \rho^2}.$$

Aus den Formeln IV bis VIII findet man das gesuchte Correctionsglied

$$\text{IX} \dots 2a = 2 \left\{ S_1 + \frac{1}{24} (c^2 S_2 + d^2 S_3) \dots \right\}$$

Weitere Glieder von  $2a$  als die hier aufgeführten zu berücksichtigen war bei den benutzten Apparaten nicht nöthig, denn das nächstfolgende Glied hatte angenähert den Werth  $S_1 \cdot 10^{-5}$ .

Fällt der Mittelpunkt der Inductionsrolle  $B$  nicht mehr in den Mittelpunkt des Solenoids, sondern besitzt von diesem in der Richtung der Axe den Abstand  $e$ , so erhält man mit genügender Annäherung

$$\text{IX a} \dots 2a_1 = 2 \left\{ S_1 + \frac{1}{24} \left[ (12 e^2 + c^2) S_2 + d^2 S_3 \right] \dots \right\}$$

### 3. Die Grundmaasse.

Alle Längenmessungen sind bezogen auf einen Maassstab aus Glas mit Millimetertheilung, welcher in der Normal-Aichungs-Commission in Berlin mit dem Normalmeter verglichen ist. Eine Ausnahme hiervon macht nur eine später zu erwähnende Messung, der ein cylindrischer Glasstab zu Grunde liegt, dessen Länge ich nicht selbst bestimmen konnte und der deshalb ebenfalls in der Normal-Aichungs-Commission ausgemessen wurde. Für beide Messungen bin ich dem Director Herrn Geh. Regierungsrath FÖRSTER zu Dank verpflichtet.

Zu den Zeitmessungen diente ein Marine-Chronometer von Bröcking in Hamburg, das halbe Secunden schlug. Der Gang desselben wurde durch Zeitbestimmungen controlirt.

#### 4. Das Solenoid.

Das Solenoid ist auf eine vielfach verleimte hohle Walze aus Holz gewickelt, wie solche in den Orchestrions verwendet werden. Dieselbe ist im Jahre 1868 angefertigt und im Mai 1884 für den vorliegenden Zweck nochmals abgeschliffen und auf der Drehbank polirt. Der Durchmesser derselben wurde auf drei verschiedene Arten\*) bestimmt, die so gewählt waren, dass sie zugleich ein Urtheil ermöglichten darüber, ob der Querschnitt der Walze mit genügender Annäherung ein Kreis und ob ebenso die ganze Walze ein Cylinder war.

1. Messung: Mittelst einer Mikrometerschraube wurden an 13 über die Länge der Walze gleichmässig vertheilten Punkten je 6 Durchmesser desselben Querschnitts verglichen mit der Länge eines Glasstabes.

Fig. 3 stellt die benutzte Einrichtung dar. Eine mit 3 Fussesrauben versehene 3 cm dicke Eisenplatte E trägt auf drei Messingsäulen M eine in der Mitte durchbrochene Metallplatte S, in welche die Gewinde eingeschnitten sind für drei Schrauben mit flachabgedrehten Köpfen K. Auf diesen ruhen die Füße eines Sphärometers von Breithaupt und werden in ihrer Stellung durch die Klemmen F gesichert. In der Mitte der Platte E sind zwei Glasstücke G so aufgekittet\*\*), dass sie im reflectirten Lichte die NEWTON'schen Ringe zeigen und dass diese ihre Lage ändern, sobald man die oberste Glasplatte resp. den kleinen auf derselben befestigten Knopf B berührt. Die Ringe werden mit einem Mikroskop beobachtet. Der ganze Apparat ruht auf einer in die Wand eingegypsten Steinplatte. Der zur Ver-

\*) Ich habe auch versucht den Durchmesser durch Kathetometermessungen zu bestimmen, aber keine brauchbaren Werthe erhalten. Die Einstellungen auf denselben Punkt einer Seitenkante der Cylinderfläche differirten um mehr als 0.1 mm je nachdem ich die Kante von der hinteren oder der vorderen Seite beleuchtete, je nachdem ich das Licht direct auffallen liess oder durch mattgeschliffene Glasplatten gehen liess etc. Aehnliche Beobachtungen hat auch Herr WILD gemacht, doch ist es ihm bei seinen Apparaten gelungen, eine Einrichtung zu treffen, die übereinstimmende Resultate lieferte. „Bestimmung des Werthes der S. E. in absolutem Maasse“. *Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg*. VII Ser. T. XXXII. No. 2, pg. 81.

\*\*) Vergl. K. R. KOCH. Ueber eine Methode zur genauen Dickenmessung mit dem Sphärometer. *Wied. Ann.* III. pg. 611, 1878.

gleichung benutzte Glasstab T war cylindrisch, c. 2 cm dick und wie Fig. 4 zeigt in eine mit Stellschrauben versehene Messingplatte P eingekittet. In der Mitte jeder der beiden senkrecht zur Längsaxe angeschliffenen Endflächen des Stabes war ein Kreisring eingeztzt von nicht ganz 3 mm Durchmesser. Der Abstand dieser so markirten Kreisflächen ist in der Normal-Aichungs-Commission zu Berlin bestimmt zu 23.3264 cm bei 18.5° C. mit einer wahrscheinlichen Unsicherheit von 0.0002—0.0003 cm. Um mit diesem Abstände die Durchmesser der Walze zu vergleichen, wurde zunächst die Platte E (Fig. 3) mit Hilfe einer Libelle horizontal gestellt und an den Schrauben K so lange gedreht bis die Axe der Sphärometerschraube X senkrecht stand über dem Knopfe B, dann der Dreifuss (Fig. 4) mit dem Glasstabe zwischen den Knopf B und das Ende der Mikrometerschraube gestellt, an den Fusschrauben des Dreifusses gedreht, bis die untere Kreisfläche des Glasstabes mit dem Knopfe B in Berührung kam, die Sphärometerschraube bis zur Berührung mit der oberen Kreisfläche gedreht und ihre Stellung an der Theilung abgelesen. Der Eintritt der Berührung wurde hierbei immer im Mikroskop an der beginnenden Bewegung der Newton'schen Ringe erkannt. Hierauf wurde der Glasstab entfernt und die Stellung der Sphärometerschraube für einen Durchmesser der Walze bestimmt. Die letztere ruhte hierbei auf einem resp. zwei passend gepolsterten Schlitten, welche durch Schrauben in drei zu einander senkrechten Richtungen bewegt werden konnten. Um sicher zu sein, dass der tiefste resp. höchste Punkt eines Querschnitts der Walze mit dem Knopfe B resp. dem Ende der Sphärometerschraube in Berührung war, also nicht etwa eine Sehne statt des Durchmessers gemessen ward, wurde die Walze senkrecht zu ihrer Längsaxe erst in der einen, dann in der entgegengesetzten Richtung verschoben und für alle Stellungen, 8—10 im Ganzen, die Einstellung der Sphärometerschraube abgelesen. Der grösste hierbei gefundene Werth war dann der des Durchmessers. Dieses Hin- und Herbewegen wurde 4 Mal wiederholt, so dass für jeden Durchmesser drei Ablesungen gewonnen wurden. Dieselben differirten nie um mehr als 0.005 mm.

Die Temperatur der Räume in welchen die Messungen ausgeführt wurden und in welchen die Walze bis nach Beendigung aller Beobachtungen stehen blieb, lag stets (Nacht und Tag) zwischen 13° u. 16° C. Um auch diese Unterschiede in den Temperaturen in Rechnung ziehen zu können, habe ich vor Beginn der eigentlichen Messungen versucht, mit dem eben beschriebenen Apparate den Aus-

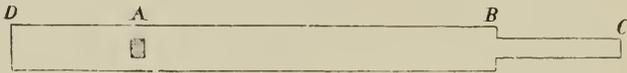
dehnungscoefficienten der Walze wenigstens angenähert zu bestimmen und zwischen 9° und 22° C. für denselben gefunden: 0.00005. Mit Zugrundelegung dieses Werthes sind dann alle Messungen auf 14° C. reducirt. Mit demselben Apparate habe ich auch untersucht ob der Feuchtigkeitsgehalt der Luft einen messbaren Einfluss ausübte. Die Feuchtigkeit der Zimmerluft wurde mit einem AUGUST'schen Psychrometer bestimmt. Für Schwankungen der relativen Feuchtigkeit von 60% bis nahezu 90% konnte nicht die geringste Aenderung in dem Durchmesser der Walze gefunden werden. Die definitiven Messungen haben ergeben:

	der kleinste Werth	der grösste Werth	im Mittel
Ia	23.3198	23.3289	23.3252
Ib	23.3187	23.3293	23.3244

Die Messung Ia wurde ausgeführt in den Tagen vom 23. bis 27. October 1884, die Messung Ib vom 2. bis 8. Januar 1885.

2. Messung: Durch umgelegte Papierstreifen wurden an 13 Stellen die Umfänge der Walze gemessen.

Die Streifen waren aus Pauspapier geschnitten wie beistehende Fig. zeigt, 4 cm breit, die Strecke AB war um wenige Millimeter



kürzer als der zu messende Umfang. Bei dem Umlegen des Streifens wurde BC durch die Oeffnung bei A gezogen, an C und D wurden je 250 Gramm angehängt und der Streifen, von dem tiefsten Punkte des Umfanges anfangend, mit beiden Händen glatt gestrichen. Nachdem durch einen Stich mit einer feinen Nadel zwei übereinander liegende Punkte des Streifens markirt waren, wurde derselbe so über den horizontal gelegten Glasstab gelegt, dass die Enden mit den Gewichten frei herunterhingen, dann wurden auf die Nadelstiche zwei Mikroskope mit Okularmikrometern eingestellt und abgelesen, der Papierstreifen entfernt, der Maassstab durch Fusschrauben um die Papierdicke gehoben, so dass die Mikroskope jetzt auf die Theilung des Maassstabes scharf eingestellt waren und dann an diesen ihre Entfernung von einander abgelesen. Jeder Umfang wurde zwei Mal gemessen. Aus der so gefundenen Länge  $l$  und der Dicke des benutzten Papiers  $\delta$  wurde der Durchmesser berechnet:

$$D = \frac{l}{\pi} - \delta$$

$\delta$  betrug 0.07 mm.

Für den Durchmesser wurde gefunden:

		der kleinste Werth	der grösste Werth	im Mittel
d. 10. Jan.	IIa	23.3186	23.3256	23.3227
d. 12. Jan.	IIb	23.3186	23.3249	23.3231

3. Messung: Der Durchmesser wurde berechnet aus der Länge des aufgewickelten Drahtes.

Um die Länge desselben zu bestimmen waren 5 Messlatten mit Stellschrauben versehen und so aneinander gesetzt, dass sie einen etwa 13 m langen Tisch bildeten, dieser wurde mit einer Schicht Paraffin übergossen damit die Umspinnung des darüberhin schleifenden Drahtes keine Beschädigung erlitte. An den Enden dieser Bahn war je eine mit Millimetertheilung versehene Spiegelglasscala aufgekittet und wurde die Entfernung entsprechender Theilstriche der beiden Scalen nach Art der Basismessungen ermittelt, indem ein Maassstab unter Mikroskopen verschoben wurde. Die Richtung, in welcher der Maassstab verschoben werden musste, wurde durch einen straff gespannten Draht markirt und mit einem Theodolithen controlirt. Bei der Wickelung wurde der Draht von einer Spule abgewickelt die nahezu gleichen Radius hatte wie das zu wickelnde Solenoid. Dieselbe lief in Spitzen und war an der Axe durch passende Gewichte gebremst. Der Draht wurde zunächst über mehrere leicht laufende Rollen und dann über die Messbahn zur Walze geführt, die ihrerseits durch Schrauben an der Axe so stark gebremst war, dass sie in jeder beliebigen Stellung sicher fest stand. Die Spannung des Drahtes hing im wesentlichen nur ab von der Grösse der bremsenden Gewichte und darf desshalb als constant angesehen werden. Ueber der ersten Glasscala der Bahn wurden mit einer feinen Nadel, deren Spitze in Asphaltlack getaucht wurde, auf den Draht drei feine Marken gemacht und diese, nachdem sie die Bahn durchlaufen hatten, über der zweiten Glasscala wieder abgelesen.

Während der Wickelung wurde gleichzeitig durch Mikroskop mit Okularmikrometer an 332 Stellen die Dicke des Drahtes bestimmt und im Mittel gefunden  $d = 0.047$  cm. Für den Durchmesser der Walze ohne Draht hat diese Messung ergeben

$$\text{III } 23.3242 \text{ cm}^*).$$

Nach beendeter Wickelung wurde der Durchmesser der Walze

\*) Im Ber. d. Akad. d. Wissensch., Berlin 23. Juli 1885, ist durch ein Versehen 23.3262 gedruckt.

mit Draht wieder in der oben angegebenen Weise durch umgelegte Papierstreifen gemessen.

Mit Berücksichtigung der Drahtdicke ergibt sich aus dieser Messung der Durchmesser ohne Draht

d. 12. Febr. IVa 23.3190 cm.

Dieselbe Messung ausgeführt nach Beendigung der ganzen Arbeit ergab

d. 9. Juli IVb 23.3194 cm.

Endlich habe ich diese Messung auch noch ausgeführt mit einem Stahlbandmaass, welches den Papierstreifen durchaus ähnlich geschnitten war. Die Dicke desselben war  $\delta = 0.17$  mm. Jeder Umfang wurde drei Mal gemessen. Im Mittel ergab sich für den Durchmesser:

d. 10. Juli V 23.3204 cm.

Die Uebereinstimmung in den Resultaten der Messungen II, IV und V lässt erkennen, dass die Walze während der Dauer der Versuche keine merklichen Veränderungen erlitten hat. Ueberhaupt hat es wohl keine Bedenken Rollen von Holz überall dort zu verwenden, wo man, wie in dem vorliegenden Falle, die Dimensionen stets controliren kann.

Herr G. WIEDEMANN sagt in seiner Arbeit: „Ueber die Bestimmung des Ohm“\*). „Papierstreifen eignen sich für ganz exacte Messungen dieser Art nicht gut, da sie durch Spannung und Belastung gedehnt werden. So verlängerte sich nach Kathetometerbeobachtungen ein durch 266 gr belasteter Streifen von Zeichenpapier von 47 mm Breite bei weiterer Belastung mit 1073 gr von 604.66 bis 605.02 mm.“ Ich habe diese Versuche nachgemacht und wie zu erwarten war, durchaus ähnliche Resultate erhalten, die Papierstreifen mit einem Schlitz, wie ich sie bei den obigen Messungen benützt habe, sind sogar bei einer Belastung von 1200 gr meistens gerissen. Trotzdem aber glaube ich behaupten zu dürfen, dass unter den Verhältnissen und Bedingungen, unter welchen ich die Papierstreifen verwendet habe (Belastung von 250 gr und Ausspannen über einen horizontalen Maassstab), man sehr genaue Messungen damit ausführen kann. Es erhellt dies, glaube ich, zur Genüge aus der ausserordentlich guten Uebereinstimmung, welche die zahlreichen, mit Papierstreifen ausgeführten Messungen sowohl

\*) Abhdlgn. d. Kgl. Akad. d. W. Berlin 27. Nov. 1884, pg. 24.

unter einander als auch mit den in ganz anderer Weise ausgeführten übrigen Messungen zeigen.

Für die Berechnung des Radius R der Formel V wurden benutzt: das Mittel aus Ia und Ib  $D = 23.3248$  cm, das Mittel aus IIa und IIb  $D = 23.3229$  cm, ferner III  $D = 23.3242$  cm, das Mittel aus IVa und IVb  $D = 23.3192$  cm und V  $D = 23.3204$  cm. Mit Berücksichtigung der Drahtdicke findet sich

$$R = 11.6846 \text{ cm.}$$

Die Drahtwindungen bedeckten die Walze auf einer Länge

$$2 l = 135.125 \text{ cm.}$$

Diese Länge wurde in folgender Weise bestimmt. Es wurden drei Mikroskope mit Okularmikrometer eingestellt auf den Anfang, auf einen Punkt nahe der Mitte und auf das Ende des Solenoids, dann dieses entfernt und der Glasmaassstab zuerst unter die beiden ersten dann unter das zweite und dritte Mikroskop gebracht. Diese Messungen wurden an 6 verschiedenen Stellen ausgeführt, indem das Solenoid um je  $60^\circ$  um seine Längsaxe gedreht wurde. Jede Messung ist drei Mal wiederholt.

Die Zahl der Windungen, durch ein Uhrwerk bei der Wickelung bestimmt und durch directes Zählen controlirt, war 2864. Mit hin ist die Anzahl der Windungen auf der Längeneinheit

$$k = \frac{2864}{135.125}$$

Der Kupferdraht war doppelt mit weisser Seide übersponnen und durch eine Lösung von Paraffin in Terpentinöl gezogen. Proben desselben waren chemisch auf ihren Eisengehalt untersucht. Qualitativ konnten Spuren desselben nachgewiesen werden, doch waren dieselben zu gering um quantitativ bestimmt werden zu können. Ein astatisches Nadelpaar wurde durch eine Rolle des Drahtes nicht merklich abgelenkt.

So unwahrscheinlich es an und für sich war, dass bei nur einer Lage von doppelt umsponnenem und mit Paraffin überzogenem Drahte, dessen Windungen ohne jede Gewalt neben einander gelegt waren, zwei derselben in metallische Berührung getreten sein sollten, so wünschte ich doch eine Controle für die Isolation bringen zu können und ich habe dieselbe desshalb mit einer HUGHES'schen Inductionswaage in ähnlicher Weise zu prüfen gesucht, wie dies von RAYLEIGH\*)

\*) On the electro-chem. equivalent of silver and on the absolute. electro-motive force of Clark cells Proc. Roy. Soc. London 1884.

beschrieben ist. Es wurde hierzu die später zu beschreibende Inductionsrolle B benutzt. Die Wicklung derselben bestand aus 15 Abtheilungen; 7 derselben wurden mit einer Drahtspule C zu einem primären Kreise verbunden, in welchen der durch einen Unterbrecher intermittirend gemachte Strom geschickt wurde. Die übrigen 8 Abtheilungen der Rolle B bildeten zusammen mit einer Spule D den secundären Kreis, in welchen ein Telephon eingeschaltet war. Durch Verschieben von C gegen D konnte der Ton im Telephon zwar nicht absolut zum Verschwinden gebracht werden, aber doch so geschwächt werden, dass er nur noch bei äusserster Aufmerksamkeit und vollkommener Stille der Umgebung wahrgenommen werden konnte. Wurde jetzt B über das Solenoid geschoben so trat eine geringe Verstärkung des Tones ein, um welche Stelle des Solenoids die Rolle auch gelegt wurde, und die Intensität dieses Tones konnte durch Verschieben von C gegen D nicht verringert werden. RAYLEIGH hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass der Ton wahrscheinlich Folge der Condensatorwirkung der zu prüfenden Rolle ist. Wurde das Solenoid in sich geschlossen, so trat eine Verstärkung des Tones ein. Wurden ferner zwei feine Nähnadeln, die durch einen Draht von etwa 2 S. E. Widerstand verbunden waren, mit ihren Spitzen auf zwei Drahtwindungen des Solenoids in der Nähe der umgelegten Rolle B aufgedrückt, so dass hierdurch jene beiden Windungen metallisch in sich geschlossen waren, so trat eine bedeutende Verstärkung des Tones auf. Hieraus darf man schliessen, dass an jener Stelle ohne die Nähnadeln eine metallische Berührung zweier Windungen nicht stattgefunden hat. Diese Prüfung wurde über die ganze Länge des Solenoids ausgeführt, indem die Inductionsrolle stets um nahezu das Doppelte ihrer Breite verschoben wurde. Ein Isolationsfehler wurde nicht gefunden.

### 5. Die Inductionsrolle B.

Der Rahmen derselben war aus Holz. Der Kupferdraht, wie der des Solenoids mit weisser Seide doppelt umspinnen und durch Paraffin gezogen, bildete 3848 Windungen in 15 Abtheilungen, die beliebig combinirt werden konnten. Die Dicke des Drahtes war nicht bei allen Abtheilungen dieselbe. Alle zur Verwendung gekommenen Drahtsorten waren vorher chemisch auf Eisengehalt untersucht, bei keiner konnte eine quantitative Bestimmung ausgeführt werden. Die Breite der Spule betrug 4.01 cm. Der mittlere Radius

jeder Abtheilung wurde berechnet aus den mit Papierstreifen gemessenen Umfängen der einzelnen Lagen.

Da die Dimensionen der Spule nur in das Correctionsglied 2 a eingehen, so ist die Genauigkeit dieser Bestimmung mehr als ausreichend. Dagegen erschien es wichtig, die Zahl der Windungen  $b$  zu controliren, denn diese tritt in dem Ausdrücke für den Widerstand  $r$  (pag. 2) direct als Factor auf. Diese Zahl war bei der Wickelung durch ein Uhrwerk bestimmt und waren ausserdem die Windungen jeder Lage direct gezählt, ehe eine neue Lage darüber gewickelt war. Es konnte hier aber ein Fehler dadurch entstehen, dass zwei Windungen in Folge mangelhafter Isolation in metallische Berührung getreten waren. Es wurden deshalb die mittleren Radien der einzelnen Abtheilungen nach der Methode von BOSSCHA\*) mit einander verglichen. Zu dem Zwecke wurde die Spule als Tangentenbussole eingerichtet mit einem kleinen Magnet für Spiegelablesung, der Strom von zwei DANIELL'schen Elementen in zwei auf einander folgende Abtheilungen verzweigt und in die Leitung der einen von beiden so viel Widerstand zugeschaltet bis der Magnet nicht mehr abgelenkt wurde. Es besteht dann die Beziehung:

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{n_2}{n_1} \frac{1 + \frac{1}{2} \left( \frac{\alpha_1}{\rho_1} \right)^2 - \frac{1}{3} \left( \frac{\beta_1}{\rho_1} \right)^2 - \frac{3}{4} \left( \frac{\lambda}{\rho_1} \right)^2}{1 + \frac{1}{2} \left( \frac{\alpha_2}{\rho_2} \right)^2 - \frac{1}{3} \left( \frac{\beta_2}{\rho_2} \right)^2 - \frac{3}{4} \left( \frac{\lambda}{\rho_2} \right)^2}$$

w der Gesamtwiderstand einer Leitung,  $\rho$  der mittlere Radius einer Abtheilung,  $n$  die Zahl ihrer Windungen,  $\alpha$  die halbe Breite,  $\beta$  die halbe Höhe des rechteckigen Querschnitts der Windungen,  $\lambda$  die halbe Länge des Magnets.

Die äussersten Abtheilungen der Rolle, nämlich No. 15, 14 und 13 bestanden je aus einer Lage von Draht, der mit einer dicken Kautschuckhülle umgeben war, so dass bei diesen ein Isolationsfehler nicht zu fürchten war. Die Vergleichung geschah deshalb in der Reihenfolge, dass No. 15 mit 14, No. 14 mit 13, No. 13 mit 12 u. s. w. je zwei auf einander folgende Abtheilungen. Die nachfolgende Tabelle enthält in der 1. Columne die Nummer der Abtheilung, in der 2. die Zahl ihrer Windungen, in der 3. den mittleren Radius gemessen mit Papierstreifen, in der 4. das Verhältniss  $\frac{\rho_k}{\rho_{k-1}}$

\*) G. WIEDEMANN. Electricität Bd. III, pg. 213.

berechnet aus den Werthen der Columnne 3. und in der 5. dasselbe Verhältniss, abgeleitet aus den oben beschriebenen Beobachtungen.

No.	n	$\rho$	$\rho_k/\rho_{k-1}$ ber.	$\rho_k/\rho_{k-1}$ beob.
15	12	17.104	—	—
14	12	16.800	1.0181	1.0191
13	12	16.498	1.0183	1.0180
12	205	16.230	1.0165	1.0172
11	414	15.842	1.0245	1.0249
10	561	15.147	1.0459	1.0454
9	154	14.620	1.0360	1.0353
8	258	14.334	1.0200	1.0202
7	257	13.9885	1.0247	1.0243
6	257	13.635	1.0263	1.0261
5	247	13.284	1.0264	1.0337(?)
4	249	12.930	1.0274	1.0195
3	88	12.7165	1.0168	1.0170
2	432	12.584	1.0105	1.0108
1	690	12.314	1.0219	1.0215

Die kleinen Unterschiede in den Zahlen der Columnnen 4 und 5 rühren zum Theil von Beobachtungsfehlern her, zum Theil daher, dass der mittlere Radius von Drahtwindungen erfahrungsgemäss durch Umwicklung neuer Lagen geändert wird. Hier ist aber ein Mal (Columnne 4) das Verhältniss  $\rho_k/\rho_{k-1}$  aus den Messungen bei der Wickelung bestimmt, das andere Mal (Columnne 5) nach beendigter Wickelung, eine vollständige Uebereinstimmung war deshalb von vornherein nicht zu erwarten. Im Uebrigen zeigen die Zahlen deutlich, dass ein Isolationsfehler nicht vorhanden. Eine Ausnahme hiervon macht nur Abtheilung No. 5. Für  $\rho_6/\rho_5$  und  $\rho_5/\rho_4$  stimmen die berechneten Werthe nicht mit den beobachteten überein, dagegen findet man für  $\rho_6/\rho_4$  wieder Uebereinstimmung, nämlich ber.: 1.0545, beob.: 1.0539. Der Fehler muss also in der 5. Abtheilung stecken und wurde diese deshalb bei den Versuchen nicht benutzt.

## 6. Der Disjunctor.

Der Disjunctor  $D_1$  und  $D_2$  der Fig. 1 wurde durch das phonische Rad getrieben\*). Zur Bestimmung von n der Anzahl der Unterbrechungen in der Sekunde war mit der Rotationsaxe ein Zählwerk

\*) F. HIMSTEDT, Zwei verschiedene Formen eines selbstthätigen Disjunctors. Wied. Am. 22. 276. 1884.

verbunden, das direct  $\frac{1}{60}$  Umdrehung abzulesen gestattete. Gezählt wurden bei jedem Versuche mindestens 900—1000 ganze Umdrehungen, so dass die erforderliche Genauigkeit leicht zu erreichen war. Der Apparat arbeitete sehr gleichmässig, so dass die Ablenkungen am Galvanometer durchaus constant waren. Es scheint mir dies ein wesentlicher Vorzug dieses Disjunctors gegenüber dem von Herrn RORRI benutzten zu sein und ich glaube, dass die Abweichungen, welche die einzelnen Beobachtungen des Herrn RORRI von einander gezeigt haben, gewiss zum grössten Theile, wenn nicht ganz ihre Erklärung finden in dem unregelmässigen Gange des von ihm benutzten SCHMIDT'schen Wassermotors. Eine andere Erklärung für dieselben vermag ich wenigstens nicht in der sehr sorgfältigen Untersuchung zu finden.

### 7. Der Widerstand r.

Der in absolutem Maasse zu bestimmende Widerstand betrug 1 S.E oder  $\frac{1}{2}$  S.E oder 2 S.E und wurde gebildet aus zwei Einheiten von SIEMENS & HALSKE, die entweder einzeln oder neben oder hinter einander geschaltet zur Verwendung kamen. Dieselben hatten nicht die gewöhnliche Form der sogenannten Doseneinheiten, sondern waren mit Metallbüchsen umgeben, die mit Kaiseröl angefüllt wurden, so dass der Drahtwiderstand direct in dieser Flüssigkeit lag, mithin die Temperaturbestimmung eine durchaus sichere war. Ausserdem standen die Büchsen in einem grossen Flüssigkeitsbade und dieses in einer mit Watte ausgefüllten Kiste, in Folge hiervon blieb die Temperatur während der Dauer einer Beobachtung vollständig constant.

Da alle Reproductionen der Quecksilbereinheit übereinstimmend gezeigt haben, dass die von SIEMENS & HALSKE ausgegebenen Etalons mit genügender Annäherung den angegebenen Widerstand wirklich besitzen, so habe ich mich darauf beschränkt, die beiden Einheiten sowohl unter sich als mit einer Doseneinheit vor und nach den Versuchen zu vergleichen. Die Doseneinheit war in der Zwischenzeit unbenutzt geblieben. Die Vergleichung geschah mittelst eines Differentialgalvanometers WIEDEMANN'scher Construction, dessen Rollen aus 2 mm dickem Kupferdraht einen Widerstand von  $\frac{1}{3}$  S.E. hatten. In den einen Zweig wurde einer der zu vergleichenden Widerstände  $r_1$  eingeschaltet, in den anderen ein JACOBI'scher Rheostat und eine S. E., zu welcher ein Widerstandskasten von 1—5000 parallel geschaltet war. In diesem Kasten wurde Stöpsel 1000 gezogen und

am Rheostat geändert bis am Galvanometer kein Ausschlag mehr erfolgte. Dann  $r_1$  in dem ersten Zweige vertauscht mit  $r_2$  ( $r_1$  und  $r_2$  waren die zu vergleichenden Widerstände) und am Kasten gestöpselt bis wieder das Galvanometer auf Null. Selbstverständlich blieb hierbei jetzt der Rheostat vollständig ungeändert. Die Methode ist sehr bequem. Man verfügt über sehr kleine Bruchtheile der S.E und findet die Differenz der zu vergleichenden Widerstände direct in Bruchtheilen der S.E.

Die beiden oben erwähnten S.E und die Doseneinheit tragen die Bemerkungen:

	No.	richtig bei	$\alpha$	
$r_1$	3618	21.5° C.	0.00037	) März 1885
$r_2$	3619	20.9° C.	0.00036	
d	3194	18.2° C.	0.00033	April 1884

Es müssen also bei 18.2° C. sein

$$r_1 : r_2 : d = 0.998779 : 0.999028 : 1. —$$

Es wurde gefunden am 26/4. 1885 reducirt auf 18.2° C.

$$r_1 : r_2 : d = 0.998827 : 0.999097 : 1. —$$

Hierbei wurden die Temperaturen von  $r_1$ ,  $r_2$  und d abgelesen zu 14.96° C., 14.95° C. und 14.83° C. Die Widerstände hatten 24 Stunden in derselben Kiste gestanden, die beiden ersteren im Flüssigkeitsbade, d in der Luft. Nimmt man an, dass alle Widerstände dieselbe Temperatur hatten und die von d fehlerhaft bestimmt war, so wird die Uebereinstimmung mit den Angaben von SIEMENS & HALSKE noch grösser.

Die Vergleichung am 12. Juli ergab reducirt auf 18.2° C.

$$r_1 : r_2 : d = 0.998843 : 0.999062 : 1.$$

Die abgelesenen Temperaturen sind

$$18.80 \quad 18.80 \quad \text{und} \quad 18.78^\circ \text{C.}$$

Die Empfindlichkeit des Galvanometers war der Art, dass bei Anwendung eines BUNSEN'schen Elementes für  $1.10^{-4}$  S.E ein Ausschlag von 58 Scalentheilen erfolgte. Der Scalenabstand betrug 4.5 m.

Für die folgenden Bestimmungen sind die Angaben von SIEMENS & HALSKE als richtig angenommen.

### 7. Die Thermometer.

Die Thermometer waren in  $1/10$  Grade eingetheilt. Zwei Theilstriche hatten eine Entfernung von c. 1 mm, so dass  $1/100$  Grade sicher geschätzt werden konnten. Die Thermometer wurden drei Mal sehr sorgfältig mit dem Normal-Thermometer des hiesigen physikalischen Instituts verglichen.

### 9. Das Galvanometer.

Der Draht, doppelt mit weisser Seide umspinnen und durch Paraffin gezogen, war auf einen Rahmen von Holz in zwei Abtheilungen gewickelt. Der Rahmen war nicht durchbrochen, die Magnete deshalb an einem Bügel aus Aluminium aufgehängt ähnlich dem bei dem MEISSNER-MEYERSTEIN'schen Galvanometer\*). Es wurde ein System von drei Magneten benutzt, von denen einer in der Mitte der Windungen und je einer über resp. unter denselben schwingt. Dieselben waren von einander und von dem Bügel isolirt. Zwei derselben bildeten ein astatisches Paar, der dritte war bedeutend schwächer. Es wurde durch diese Anordnung eine grosse Empfindlichkeit bei sicherer Nullpunktstage erreicht und überflüssige Gewichte vermieden, die sonst zur Erzielung einer grossen Schwingungsdauer nöthig gewesen wären. Eine Dämpfung war nicht angebracht, die Ablenkungen wurden durch Beobachtung der Umkehrpunkte bestimmt. Bei etwa 4 m Scalenabstand betrug die doppelten Ablenkungen ca. 800 mm. Die Ablenkungen bei der Messung der Inductionsströme und bei der des constanten Stromes waren stets bis auf wenige Scalentheile einander gleich, so dass es nicht nöthig war, für die Reduction auf Bogen den Scalenabstand mit der äussersten Genauigkeit zu messen. Die Theilungsfehler der Fernrohrscala waren bekannt.

### 10. Aufstellung der Apparate.

Das Solenoid stand vertical  $\frac{1}{2}$  m über dem Fussboden, 1 m entfernt von der Zimmerwand auf einem Brett mit Fusschrauben. Die Inductionsrolle war darüber geschoben und ruhte mit drei Stellschrauben auf zwei in der Wand befestigten Balken. Da der innere Durchmesser der Holzrolle nur 0.5 cm grösser war als der äussere Durchmesser des Solenoids, so war es leicht, die Axen der beiden zur Coincidenz zu bringen. Uebrigens hat ein Fehler von 2—3 mm in der Einstellung auf das schliessliche Resultat keinen messbaren Einfluss. Ebenso hat es keine Schwierigkeiten, die Mittelpunkte bis auf 0.1 cm genau zum Zusammenfall zu bringen. Eine solche Genauigkeit ist aber auch hierbei gar nicht erforderlich, denn ein Fehler von 1 cm bei dieser Einstellung giebt im Endresultate erst eine Abweichung von höchstens 0.002 %. In dem Zimmer war ausser den Thür- und Fensterbeschlägen kein Metall. Alle anderen Apparate standen in einem anstossenden Zimmer und hatten in Luftlinie min-

\*) G. WIEDEMANN, Electricität. III. 299.

destens eine Entfernung von 13 m von dem Solenoid. Alle Verbindungsdrähte waren mit Kautschuck überzogen und leicht zusammengedreht, alle Stromwender etc. aus Paraffin und Siegellack angefertigt. Trotzdem diese letzteren, wenn nicht benutzt, sorgfältig durch übergestülpte Kästen geschützt wurden, sammelte sich auf denselben doch stets etwas Staub an. Derselbe wurde vor jedem Versuche mit einem Haarpinsel entfernt, dann aber noch alle diese Apparate mit der Flamme des BRUXSEN'schen Brenners überfahren. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmaassregeln habe ich nie Störungen in der Isolation bemerkt. Die Schneiden des Disjunctors wurden vor jedem Versuche neu verkupfert und amalgamirt, das Quecksilber in den Rinnen sehr sorgfältig gereinigt durch Waschen und Filtriren, so dass es blanke gute Kuppen bildete.

Von grosser Wichtigkeit war, dass bei der Messung des constanten Stromes die Ableitung genau an den Enden des Widerstandes  $r$  (Fig. 1) stattfand. Die Electroden dieses bestanden aus amalgamirten Kupferstangen von 6 mm Durchmesser. An diese wurden die Zu- resp. Ableitungsdrähte, ebenfalls amalgamirt, angelegt und durch ungewickelten Kupferdraht festgeschnürt, das Ganze dann in Quecksilbernäpfe getaucht. Bei anderen Versuchen tauchten die Enden von  $r$  in die mit Quecksilber gefüllten Bohrungen von Messingklötzen, an welche die Zu- und Ableitungsdrähte angelöthet waren.

Die Methode setzt voraus, dass der Widerstand des secundären Kreises  $r_1 + w_2$  bei der Messung der Inductionsströme (Schaltung I)\*) gleich ist dem Widerstande  $r + w_2$  bei der Messung des constanten Stromes (Schaltung II). Die Schaltung I konnte durch eine einzige Drehung eines passenden Commutators übergeführt werden in Schaltung II, indem dabei die Unterbrecher  $D_1$  und  $D_2$  ausgeschaltet und durch ihnen gleiche Drahtwiderstände ersetzt wurden und indem  $w_0$  ersetzt wurde durch die Leitung des secundären Kreises nachdem aus dieser  $r_1$  weggelassen war. Vor resp. nach jedem Versuche wurden nun die betreffenden Widerstände abgeglichen resp. ihre Gleichheit controlirt, indem zuerst die Leitung des secundären Kreises (Schaltung I) in den einen Zweig eines Differentialgalvanometers eingeschaltet wurde, dessen anderer Zweig einen Widerstandskasten und einen JACOBI'schen Rheostaten enthielt. Erfolgte kein Ausschlag mehr am Galvanometer, so wurde Schaltung I durch Umlegen des oben erwähnten Commutators in Schaltung II übergeführt

\*) Vergl. pg. 2.

und der Widerstand dieser so lange geändert, bis das Galvanometer wieder auf Null stand. Die Grösse der hierbei zur Vergleichung kommenden Widerstände betrug bei den einzelnen Versuchen zwischen 300 und 500 S. E. Eine Ungleichheit von 0.01 S. E. gab am Galvanometer bei Anwendung eines DANIELL'schen Elementes einen Doppelausschlag von 3—6 Scalentheilen. Da der Widerstand von Schaltung I wie aus Fig. 1 ersichtlich bis auf etwa 0.3% sich genau aus denselben Theilen zusammensetzte, wie der von Schaltung II und da die ausgewechselten Stücke durchaus gleichartig waren, nämlich zwei S. E. so trat während der Versuche nie eine messbare Störung der Gleichheit ein.

### 11. Die Versuche.

Im Ganzen wurden 67 Versuche ausgeführt. Bei der Anordnung derselben wurde Bedacht darauf genommen, alle darin vorkommenden Grössen in möglichst weiten Gränzen zu variiren. Am wenigsten war dies möglich bei dem Solenoid. Dieses wurde bei allen Versuchen benützt und hier konnte nur die Abänderung getroffen werden, dass die Inductionsrolle statt um die Mitte desselben, um einen Punkt gelegt wurde, der 10 cm mehr nach dem oberen oder unteren Ende des Solenoids lag.

Von der Inductionsrolle wurden einzelne Abtheilungen oder Combinationen derselben von zwei bis fünf angewendet, so dass die Zahl der benutzten Windungen 359 bis 2020 betrug.

Die Zahl der Stromunterbrechungen per Secunde betrug 5 bis nahe 13. Mehr wurden nie benützt um sicher zu sein, dass die Inductionsströme Zeit hatten, vollständig abzulaufen. Ob resp. dass dies der Fall war, wurde vor jedem Versuche mit neuer Unterbrechungszahl in folgender Weise untersucht. Es wurde dem Disjunctor die für den Versuch bestimmte Rotationsgeschwindigkeit ertheilt und die Inductionsströme durch die Ablenkung am Galvanometer gemessen. Darauf wurden die Schneiden des Disjunctors ein wenig verstellt in dem Sinne, dass jetzt die Inductionsströme weniger Zeit zu ihrer Ausbildung hatten und wieder die Ablenkung am Galvanometer gemessen. War diese dieselbe geblieben, so war damit bewiesen, dass die Inductionsströme zu voller Ausbildung gelangt waren, war sie kleiner geworden oder zeigten sich kleine Schwankungen in den Ablesemgen am Galvanometer, so wurde natürlich jene Rotationsgeschwindigkeit nicht benützt.

Der in absolutem Maasse zu bestimmende Widerstand betrug

wie schon erwähnt  $\frac{1}{2}$  S.E oder 1 S.E oder 2 S.E. Damit der Ausschlag am Galvanometer eine passende Grösse hatte, wurde entweder die Stärke des inducirenden Stromes geändert indem der Widerstand des primären Kreises vergrössert oder verkleinert wurde, oder die Stärke des inducirten Stromes in entsprechender Weise regulirt oder die Empfindlichkeit des Galvanometers geändert, indem eine oder beide Drahtwickelungen benutzt wurden oder aber der dritte Magnet des Systems schwächer oder stärker genommen wurde. Die Schwingungsdauer des Galvanometers betrug 15 bis 33 Sec.

Da mit dem Galvanometer eine Reihe schnell auf einander folgender Inductionströme gemessen werden sollte, so war es denkbar, dass die Dicke der Magnete von Einfluss gewesen wäre. Es wurden desshalb zu einer Anzahl von Versuchen Magnete von 6 mm Durchmesser, zu den übrigen Versuchen solche von nicht ganz 1 mm Durchmesser benutzt. Die erhaltenen Resultate weichen nicht von einander ab.

Die Stärke des inducirenden Stromes betrug 0.0008 bis 0.01 Ampère. Die Versuche wurden ausgeführt mit Schliessungs- und mit Oeffnungs-Inductions-Strömen. Die Versuchsanordnung setzt voraus, dass die electromotorische Kraft des benutzten Elementes während der Dauer eines Versuchs stets dieselbe ist, unabhängig davon, ob das Element periodisch, wie bei der Beobachtung der Inductionsströme, oder dauernd, wie bei der Messung des constanten Stromes, in Anspruch genommen wird. Es liegt desshalb der Einwand sehr nahe, dass die Polarisation in der Kette zu Fehlern Veranlassung geben kann. Um diesem Einwande zu begegnen wurden benutzt:

1) Ein bis vier DANIELL'sche Elemente, die direct den Strom in das Solenoid schickten.

2) Vier bis sechs BUNSEN'sche Elemente, die durch einen Drahtwiderstand geschlossen waren. Von zwei passend gewählten Punkten dieses Widerstandes wurde der für diese Versuche nöthige Strom abgezweigt. Hierbei sind also die Elemente stets geschlossen, durch den Unterbrecher  $D_1$  wird nur der Widerstand des Stromkreises geändert.

3) Eine Thermosäule.

Alle Stromquellen lieferten übereinstimmende Resultate.

Die Thermosäule bestand aus 130 Eisen- und Neusilberdrähten, die so auf ein  $\frac{1}{2}$  m langes Brett gewickelt waren, dass die Löthstellen an den beiden entgegengesetzten Enden desselben lagen. Die eine Reihe der Löthstellen befand sich in einem Glasgefässe mit

Kaiseröl, das in einem grossen Wasserbade stand, durch welches beständig das Wasser der Wasserleitung floss. Durch Einpacken in Eis habe ich eine constante Temperatur für längere Zeit nicht erzielen können. Es dauerte dabei gewöhnlich 20 Min. bis die Löthstellen ihre tiefste Temperatur angenommen hatten, diese hielt sich 15—20 Min. constant, begann aber dann wieder langsam zu steigen. Die zweite Reihe der Löthstellen befand sich in einem Luftbade von etwa 260° C. Dasselbe besteht nach D'ARSONVAL aus einem doppelwan-

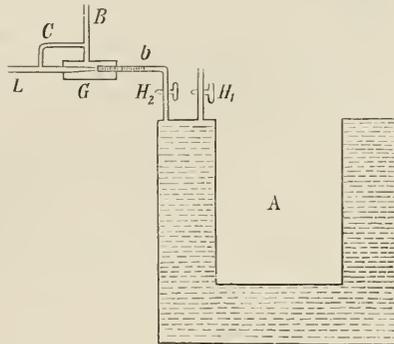
digen Gefässe von Kupferblech, das bei Zimmertemperatur etwa 7 Ltr. Oel fasst. Die Figur stellt einen Schnitt dar. Beim Anheizen ist der Hahn  $H_2$  geschlossen, während  $H_1$  dem sich ausdehnenden Oele freien Austritt gestattet. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, so wird  $H_1$  geschlossen und  $H_2$  geöffnet. Das Ende von  $H_2$  ist mit einem sehr feinen Gummihütchen verschlossen,

bis  $b$  mit Quecksilber gefüllt und mittelst Stopfen luftdicht in das Glasrohr  $G$  eingesetzt. In dieses mündet, ebenfalls luftdicht eingesetzt, das Gaszuleitungsrohr  $L$ . Das Rohr  $B$  führt zum Brenner,  $C$  verhütet das vollständige Auslöschen der Flamme. Die Löthstellen der Thermo- säule befinden sich etwa in der Mitte von  $A$ . Das ganze Kupfer- gefäss steht auf einem passenden Dreifuss im Innern einer grossen Holzkiste und ist aller freie Raum in derselben mit Holz- asche ausgefüllt. Die Einrichtung bewährte sich ausgezeichnet, die Thermo- säule war sehr constant.

Nachdem eine Anzahl von Versuchen (43) ausgeführt war, wurden alle Zuleitungsdrähte durch neue ersetzt, alle Stromwender sowie der Disjunctor neu aus Paraffin und Siegelack angefertigt. Die Resul- tate der nachfolgenden Versuche stimmten mit den früheren durch- aus überein.

Die Dauer eines Versuches betrug je nach der benutzten Schwingungsdauer des Galvanometers 30 bis 70 Minuten.

Zuerst wurden mittelst des Differentialgalvanometers die Wider- stände von Schaltung I und Schaltung II abgeglichen, die Tempe- ratur des Widerstandes  $r$  abgelesen, der Disjunctor in Thätigkeit gesetzt und bei einem bestimmten Schlage des Chronometers das Zählwerk an demselben eingeschaltet. Nun wurde  $\alpha_1$  beobachtet, indem



zuerst bei einer bestimmten Stromesrichtung 5 Umkehrpunkte der Galvanometeradel abgelesen wurden, dann wurde der inducirende Strom commutirt und abgelesen, hierauf der inducirte, wieder der inducirende und zum Schluss nochmals der inducirte. Nachdem mittelst des Hauptcommutators Schaltung I übergeführt in II, wurde ebenso  $\alpha_2$  bestimmt, und diese Beobachtungen abwechselnd jede mindestens 3 resp. 2 Mal wiederholt. Jetzt wurde bei einem bestimmten Secundenschlage das Zählwerk des Disjunctors ausgeschaltet und dieser gehalten, die Gleichheit der Widerstände von Schaltung I und II controlirt und wieder die Temperatur des Widerstandes  $r$  abgelesen.

Im Nachfolgenden theile ich die Beobachtungen des 1. Versuches ausführlich mit.

Den 27. 4. 1885 Temperatur beim Solenoid  $T = 14.4^\circ\text{C}$ .

$r = 1$  S.E. No. 3619  $t = 14.18^\circ\text{C}$ . u.  $14.19^\circ\text{C}$ .

Stärke des inducirenden Stromes  $i = 0.0008$  Ampère.

Von der Inductionsspule B benutzt die Abtheilungen No. 1. 12 und 13 mit im Ganzen 907 Windungen. Mithin das Potential  $V = 101691.10^3$  c. g. s.

Schwingungsdauer der Galvanometeradel: 15.7 Sec. Die am Galvanometer beobachteten Doppelausschläge  $2s_1$  bei Schaltung I (Inductionsströme) und  $2s_2$  bei Schaltung II (constanter Strom) waren:

$2s_1 =$	814.06	813.35	813.30	813.23	812.75
$2s_2 =$	808.83	808.40	808.32	807.80	

Scalenabstand 365,52 cm.

Hieraus berechnet  $\text{tg } \alpha_2/\text{tg } \alpha_1$

0.99404 0.99421 0.99398 0.99396 0.99396 0.99368 0.99366

Mittel: 0.99393.

Uhr	Zählwerk am Disjunctore	
9h 47m.	0	0
10h 37m.	2328	47

Da der zweite Zeiger des Zählwerks die  $1/60$  Umdrehungen anzeigt, so haben wir 2328.78 Umdrehungen in 3000 Sec. Jede Umdrehung giebt 12 Unterbrechungen, mithin

$$n = \frac{2328.78}{3000} \cdot 12 = 9.3151$$

Mit Berücksichtigung des Temperaturcoefficienten der benutzten S.E. ergibt sich

$$1 \text{ S.E.} = 0.94379 \text{ Ohm.}$$

Bei den für  $\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$  mitgetheilten Zahlen beträgt die grösste Abweichung vom Mittel nahezu 0.0003 des Gesamtwertes. Ich muss bemerken, dass ausser diesem 1. Versuche nur noch zwei andere Beobachtungen (No. 10b und 17a der folgenden Tabelle) also in Ganzen 3 unter 66 eine ähnliche Differenz ergeben haben, bei allen anderen ist die Uebereinstimmung eine noch wesentlich bessere. Als Beispiel theile ich noch die Werthe des 2. Versuches Ib mit

$2s_1 =$	778.23	778.11	778.25	778.17
$2s_2 =$	798.60	798.28	798.42	798.28
	$\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$			
1.02583	1.02569	1.02586	1.02568	1.02564
Mittel: 1.02576				

Die grösste Abweichung vom Mittel beträgt nur 0.0001.

Die folgende Tabelle enthält in der 1. Verticalreihe die Nummern der Versuche, in der 2. die Bezeichnung der bei dem betr. Versuche benutzten Abtheilungen der Inductionsrolle, in der 3. die Zahl der darin enthaltenen Windungen.  $V$  giebt das Potential des Solenoids auf die in Frage kommenden Windungen der Inductionsspule,  $T$  die Zimmertemperatur in der Nähe des Solenoids. In der Columnne  $E$  bedeutet  $D$  DANIELL'sches,  $B$  BUNSEN'sches,  $\Theta$  Thermo-Element. Die Stromstärke im inducirenden Kreise  $i$ , ausgedrückt in Ampère, ist angenähert berechnet aus der electromotorischen Kraft der benutzten Elemente und dem Widerstande des Kreises. Unter  $r$  findet sich der Widerstand, welcher in absolutem Maasse gemessen werden sollte. Wenn nur  $S. E.$  benutzt wurde, war dies stets No. 3619, richtig bei  $20.9^\circ C$ .  $\alpha = 0.00036$ . Die Temperatur dieses Widerstandes, zu Anfang und zu Ende des Versuches abgelesen, findet sich unter  $t$ . Weiter bedeutet  $n$  die Anzahl der Unterbrechungen in der Secunde,  $\tau$  die Schwingungsdauer des Galvanometers in Secunden, und  $\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$  das Verhältniss der reducirten Galvanometerablenkungen bei Schaltung I und II (cfr. pg. 2). Endlich enthält die letzte Nummer den Werth der  $S. E.$  in absolutem Maasse ausgedrückt d. h. in Bruchtheilen des Ohm.

Zu der nachstehenden Tabelle muss ich noch die folgenden Bemerkungen machen.

Bei den Versuchen No. 1a bis 13b bestand das Magnetsystem des Galvanometers aus Magneten von 6 mm Durchmesser, bei allen übrigen Versuchen betrug der Durchmesser der Magnete noch nicht ganz 1 mm (cfr. pg. 20).

### **Berichtigung.**

Auf Seite 23 ist nach der letzten Zeile von unten einzuschalten:

Die Versuche, deren Nummern den Index a tragen, sind mit Schliessungs-, die mit dem Index b mit Oeffnungs-Inductions-Strömen ausgeführt.

---

## Die Resultate.

No.	A	b	V. $10^{-3}$	T	E	i	r	t	n	$\tau$	$\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$	S.E. Ohm
1 <sup>a</sup>	1.12.13	907	101691	14.4	1D	0.0008	1	(14.18 (14.19	9.3151	15.7	0.99393	0.94379
1 <sup>b</sup>	"	"	"	14.6	"	"	"	14.39	9.0241	"	1.02576	0.94352
2 <sup>a</sup>	"	"	"	14.2	"	0.002	"	(14.70 (14.68	9.1532	"	1.01134	0.94346
2 <sup>b</sup>	"	"	"	14.3	"	"	"	(13.33 (13.34	9.1623	"	1.00987	0.94348
3 <sup>a</sup>	"	"	"	13.9	2D	0.006	"	(13.62 (13.64	9.1601	"	1.01004	0.94331
3 <sup>b</sup>	"	"	"	14.1	"	"	"	13.88	9.1597	"	1.01008	0.94323
4 <sup>a</sup>	"	"	"	14.8	"	0.01	"	14.15	9.1589	"	1.01061	0.94355
4 <sup>b</sup>	"	"	"	14.5	"	"	"	14.22	9.1621	"	1.01048	0.94373
5 <sup>a</sup>	1.2	1122	126109	14.7	1D	0.001	"	14.62	7.4797	"	0.99783	0.94334
5 <sup>b</sup>	"	"	"	14.1	"	"	"	(15.05 (15.03	7.4822	"	0.99779	0.94347
6 <sup>a</sup>	4.6.7.8	1021	114347	15.1	"	"	"	(15.70 (15.71	8.1584	"	1.00934	0.94336
6 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	15.93	8.1536	"	1.01026	0.94359

No.	A	b	$V \cdot 10^{-3}$	T	E	i	r	t	u	$\tau$	$\text{tg } \alpha_2, \text{tg } \alpha_1$	S.E./Ohm
7 <sup>a</sup>	10.11	975	108638	15.2	1D	0.001	1	(15.41 (15.40	8.6509	15.7	1.00211	0.94366
7 <sup>b</sup>	"	"	"	14.9	"	"	"	13.75	8.6532	"	1.00120	0.94361
8 <sup>a</sup>	(3.11.12 (13.14	731	81402.1	14.8	"	"	"	(13.13 (13.14	11.4232	"	1.01204	0.94369
8 <sup>b</sup>	"	"	"	14.1	"	"	"	13.66	11.4473	"	1.01012	0.94372
9 <sup>a</sup>	1	690	77574.7	13.8	"	"	"	15.23	12.2060	"	0.99434	0.94344
9 <sup>b</sup>	"	"	"	14.1	"	"	"	(14.77 (14.75	12.1444	"	0.99932	0.94354
10 <sup>a</sup>	2.4	681	76483.9	14.5	"	"	"	14.9	12.4720	"	0.98696	0.94350
10 <sup>b</sup>	"	"	"	14.8	"	"	"	(15.55 (15.56	12.5336	"	0.98262	0.94377
11 <sup>a</sup>	1.2	1122	126109	14.4	"	0.003	"	(16.43 (16.44	7.4989	23	0.99636	0.94375
11 <sup>b</sup>	"	"	"	14.6	"	"	"	16.77	7.5022	"	0.99608	0.94379
12 <sup>a</sup>	1.2.3.9	1364	153195	14.7	"	0.0008	"	16.93	6.1193	"	1.00506	0.94354
12 <sup>b</sup>	"	"	"	15.—	"	"	"	(16.88 (16.90	6.0702	"	1.01328	0.94363

No.	A	b	V. 10 <sup>-3</sup>	T	E	i	r	t	u	$\tau$	$\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$	S.E./Ohm
13 <sup>a</sup>	1.2.3.9	1364	153195	15.1	1D	0.0008	1	16.73	6.0735	33.4	1.01274	0.94370
13 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	16.10	6.0760	"	1.01176	0.94339
14 <sup>a</sup>	"	"	"	15.—	"	0.001	2	17.40	12.3922	15.5	0.99273	0.94362
14 <sup>b</sup>	"	"	"	14.8	"	"	"	(17.80) (17.81)	12.4400	"	0.98904	0.94360
15 <sup>a</sup>	(1.2.3 4.9	1613	181144	15.—	"	0.0008	"	17.31	10.4441	"	0.99615	0.94364
15 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	(17.45) (17.46)	10.4105	"	0.99933	0.94356
16 <sup>a</sup>	(1.2.3 4.10	2020	226509	15.2	"	"	"	17.71	8.3797	"	0.99320	0.94378
16 <sup>b</sup>	"	"	"	15.—	"	"	"	(17.80) (17.81)	8.3831	"	0.99278	0.94374
17 <sup>a</sup>	10	561	62567.1	15.5	"	0.004	0.5	18.39	7.6165	"	0.98923	0.94379
17 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	18.60	7.6004	"	0.99097	0.94338
18 <sup>a</sup>	2	432	48534.7	15.1	"	"	"	18.42	9.6232	"	1.00919	0.94366
18 <sup>b</sup>	"	"	"	15.1	"	"	"	(17.82) (17.84)	9.6603	"	1.00519	0.94375
[ 19	9.12	359	39987.1	15.2	"	"	"	(18.84) (18.85)	11.9084	"	0.99136	90.4495 <sup>2)</sup>

No.	A	b	V. $10^{-3}$	T	E	i	r	t	u	$\epsilon$	$\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$	S. E. Ohm
19 <sup>a</sup>	9.12	359	39987.1	15.7	1D	0.004	0.5	18.78	11.9320	15.5	0.98804	0.94367
19 <sup>b</sup>	"	"	"	15.1	"	"	"	17.69	11.9277	"	0.98814	0.94380
20 <sup>a</sup>	10	561	62567.1	15.—	"	"	"	(17.42 (17.45	7.5049	"	1.00334	0.94356
20 <sup>b</sup>	"	"	"	14.7	"	"	"	16.65	7.5032	"	1.00353	0.94379
21 <sup>a</sup>	1.12.13	907	101691	14.9	"	0.001	1	17.31	9.1689	"	1.01082	0.94370
21 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	18.72	9.2023	"	1.00761	0.94365
22 <sup>a</sup>	"	"	"	15.6	"	"	"	(19.01 (19.02	9.2100	"	1.00676	0.94355
22 <sup>b</sup>	"	"	"	15.8	"	"	"	19.63	9.1881	"	1.00946	0.94362
23 <sup>a</sup>	2.4	681	76483.9	15.7	"	0.009	"	19.41	12.2741	"	1.00475	0.94374
23 <sup>b</sup>	"	"	"	15.6	"	"	"	19.03	12.2409	"	1.00739	0.94378
24 <sup>a</sup>	6.7.8	772	86397.9	15.2	"	0.002	"	19.90	10.9787	"	0.99425	0.94342
24 <sup>b</sup>	"	"	"	15.5	"	"	"	(20.01 (20.02	10.9030	"	1.00117	0.94340
25 <sup>a</sup>	"	"	86291.9 <sup>*</sup> )	15.—	"	"	"	19.56	11.0179	"	0.99162	0.94324
25 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	18.74	10.9991	"	0.99307	0.94329
26 <sup>a</sup>	"	"	86288.7 <sup>*</sup> )	15.1	"	"	"	18.92	11.0114	"	0.99224	0.94346

\*) Siehe pag. 29.

No.	A	b	V. $10^{-3}$	T	E	i	r	r	u	$\tau$	tg $\alpha_i$ /tg $\alpha_1$	S.E./Ohm
26 <sup>b</sup>	6.7.8	772	86288.7*)	15.3	1D	0.002	1	(18.87 (18.88	10.9598	15.5	0.99709	0.94364
27 <sup>a</sup>	1.12.13	907	101574*)	15.8	"	"	"	20.23	9.3124	"	0.99725	0.94353
27 <sup>b</sup>	"	"	"	15.8	"	"	"	20.41	9.3280	"	0.99577	0.94365
28 <sup>a</sup>	"	"	101691	15.7	5B	0.0009	"	20.72	9.1845	"	1.01005	0.94342
28 <sup>b</sup>	"	"	"	15.3	"	"	"	20.59	9.1973	"	1.00865	0.94348
29 <sup>a</sup>	6.7.8	772	86397.9	15.4	6B	0.0012	"	(20.90 (20.89	10.8549	"	1.00579	0.94327
29 <sup>b</sup>	"	"	"	15.8	"	"	"	21.34	10.8812	"	1.00357	0.94332
30 <sup>a</sup>	"	"	"	15.9	6	?	"	22.24	11.0451	"	0.98899	0.94331
30 <sup>b</sup>	"	"	"	15.5	"	?	"	23.44 23.45	10.9956	"	0.99411	0.94353
31 <sup>a</sup>	1.2	1122	126109	15.6	"	?	"	21.33	7.4666	"	1.00224	0.94357
31 <sup>b</sup>	"	"	"	15.4	"	?	"	18.84	7.4738	"	1.00015	0.94335
32 <sup>a</sup>	"	"	"	15.2	1D	0.001	"	18.78	7.4825	"	0.99909	0.94347
32 <sup>b</sup>	"	"	"	15.5	"	"	"	19.01	7.4893	"	0.99834	0.94354
33 <sup>a</sup>	10.12	766	85351.2	15.8	"	"	"	19.90	11.0062	"	1.00414	0.94362
33 <sup>b</sup>	"	"	"	15.4	"	"	"	19.23	10.9867	"	1.00572	0.94366

\*) Siehe folgende Seite.

Nach Beendigung des Versuches No. 21b wurden alle Verbindungsdrähte durch neue ersetzt und alle Stromwender sowie der Disjunctor aus reinem Paraffin und Siegellack neu hergestellt.

Bei den Versuchen 25a und 25b war der Mittelpunkt des Solenoids in Richtung der Axe um 10.05 cm nach der einen Seite, bei den Versuchen No. 26a bis 27b um 10.20 cm nach der anderen Seite entfernt. Das Potential ist nach Formel IXa pg. 5 berechnet.

Bei den Versuchen No. 28a und 28b waren 5 BUNSEN'sche Elemente geschlossen durch einen Draht von 5260 S.E. Von zwei Punkten, zwischen denen der Widerstand nahezu 500 S.E. betrug, wurde abgezweigt zum Solenoid. Bei 29a und 29b waren entsprechend 6 Bunsen geschlossen durch 3000 S.E und abgezweigt von den Enden von 400 S.E.

Bei den Beobachtungen mit der Thermosäule habe ich versäumt, die electromotorische Kraft der Säule mit der eines DANIELL zu vergleichen und kann die Stromintensität deshalb nicht berechnen.

In der letzten Columne weicht ein Werth, der von No. 19 in Klammer nicht unbedeutend von allen übrigen ab. Ich vermag den Grund hierfür nicht anzugeben. No. 19a ist unter genau denselben Verhältnissen ausgeführt wie No. 19, es ist zwischen den beiden Versuchen nur das Quecksilber des Disjunctors neu eingefüllt, wie dies stets vor einem neuen Versuche geschehen ist, im Uebrigen alles ungeändert geblieben.

Da der Werth von No. 19 durchaus vereinzelt dasteht, so glaube ich, dass irgend ein Versehen in den Ablesungen vorliegt und ich habe den Versuch deshalb bei der Berechnung des Mittels ausgeschlossen. Würde er mit berücksichtigt, so wäre im Endresultat die 5. Decimale um 2 Einheiten zu erhöhen.

Das Mittel aus den 66 übrigen Versuchen ergibt:

$$1 \text{ S.E.} = 0.94356 \text{ Ohm}$$

oder ein Ohm entspricht dem Widerstande einer Quecksilbersäule von  
1 qmm Querschnitt und

$$105.98 \text{ mm}$$

Länge bei 0° C.

Von den erhaltenen Werthen war

der kleinste 1 S.E. = 0.94323 Ohm.

der größte 1 S.E. = 0.94380 Ohm.

Physik. Inst. Freiburg i/B.



Fig 1

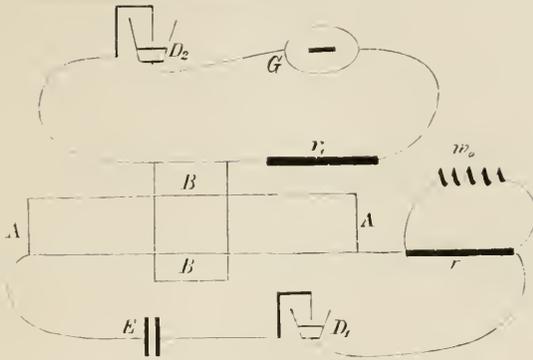


Fig 2.

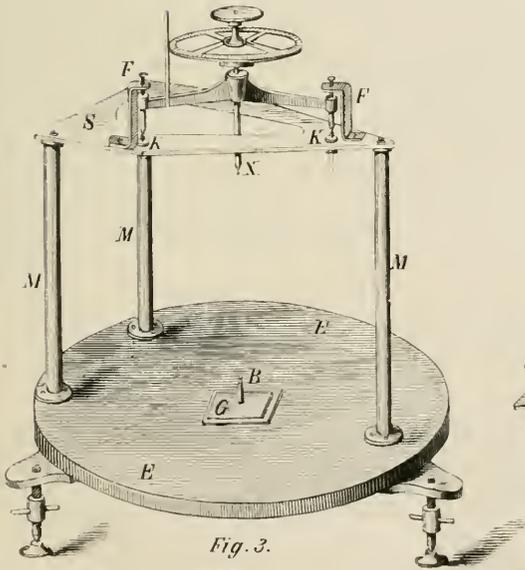
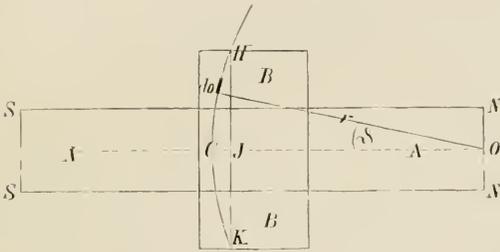


Fig. 3.

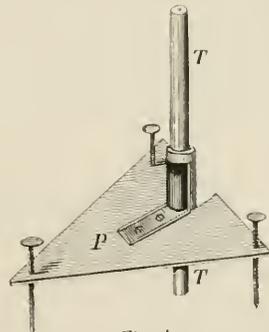


Fig. 4.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Himstedt Franz

Artikel/Article: [Eine Bestimmung des Ohm 1-29](#)