V. Ueber ein Verfahren, electrische Widerstände unabhängig von Zuleitungswiderständen zu vergleichen; von F. Kohlrausch.

(Aus den Monatsber. d. Berl. Academie vom 29. März 1883 mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Wenn die Bedeutung der obigen Aufgabe im allgemeinen nicht näher begründet zu werden braucht, so erscheint dies um so weniger nöthig in einem Augenblicke, in welchem die Copirung von Quecksilberwiderständen von erhöhter Bedeutung ist. Diese Arbeit würde durch eine von Uebergangswiderständen ganz unabhängige Vergleichsmethode in mehrfacher Hinsicht erleichtert werden, sowohl was die Gestalt und die Dimensionen der Quecksilbersäule, als was das Material der Electroden betrifft.

Ausser den electrostatischen Methoden, welche für die feinsten Widerstandsmessungen nicht empfindlich genug sind, arbeitet meines Wissens nur das von Matthiessen und Hockin auf kurze Drähte angewandte sinnreiche Verfahren von Uebergangswiderständen ganz unabhängig. Aber auch hier dürfte die für fundamentale Aichungen geforderte Genauigkeit kaum zu erreichen sein, da zur Messung Hilfsgrößen eingeschoben werden, und da die Beobachtungen aus mehreren Theilen bestehen, welche verschiedene Manipulationen und Zeit beanspruchen.

Die von W. Thomson gegebene werthvolle Modification der Wheatstone'schen Brücke für kleine Widerstände lässt den Einfluss von Zuleitungswiderständen bekanntlich sehr klein werden. Dieselben Dienste kann, wie Hr. Kirchhoff gezeigt hat, in einfacherer Weise das Differentialgalvanometer leisten, wenn man die Multiplicatoren gegen- und hintereinander schaltet. Hr. Kirchhoff hat dabei ein Verfahren entwickelt und angewandt, welches mit einfachen Mitteln sogar ungleiche sehr kleine Widerstände miteinander scharf vergleichen lässt.¹⁾

¹⁾ G. Kirchhoff, Berl. Monatsber. 1880. p. 601 und Wied. Ann. **13.** p. 410. 1881. Vgl. auch Dieterici, Wied. Ann. **16.** p. 234. 1882. Auf die Hintereinanderschaltung hat unter anderen Gesichtspunkten zuerst Heaviside hingewiesen. Phil. Mag. (4) **45.** p. 245. 1873.

Die vorliegende Mittheilung betrifft eine äusserlich geringfügige Abänderung der Hintereinanderschaltung des Doppelmultiplikators, welche man den übergreifenden Nebenschluss nennen kann, und durch welche nun die Zuleitungswiderstände vollkommen eliminirt werden. Das Verfahren arbeitet sehr rasch und genau. Man wird unten ein Beispiel finden, in welchem sehr kleine Widerstände mit einer Genauigkeit bis auf Hunderttausendtel ihres Betrages, nämlich bis auf Zehnmilliontel der Siemens'schen Einheit verglichen werden.

I. Widerstandsvergleich mittelst übereinandergreifender Abzweigungen durch das Differentialgalvanometer.

Wir schalten die zu vergleichenden Widerstände w und r zwischen A und B , resp. A' und B' in dieselbe Stromleitung ein. Abzweigungen dieses Hauptstromes werden in entgegengesetzter Richtung durch die beiden Hälften eines Differentialmultiplikators von grossem Widerstande geführt, aber so, dass die Anfangspunkte A und A' des Stromes in beiden Widerständen mit dem einen, die Endpunkte B und B' mit dem anderen Multiplikator verbunden seien, sodass also das Verbindungsstück BA' auf beiden Seiten mit gemessen wird.

Fig. 1.

Der Widerstand dieses Mittelstückes heisse γ , derjenige der Multiplikatorhälften, resp. W und W' ; $\alpha \beta \alpha' \beta'$ seien die unbekannten Uebergangswiderstände. Die Stromstärken in w , γ und r mögen i , i_0 und i' heissen, diejenigen in den Multiplikatoren J und J' .

Setzen wir zunächst die beiden Multiplikatoren bezüglich ihres Widerstandes $W = W'$ und ihrer Lage gegen die Nadel als ganz gleich voraus; dann sagt die Ruhe der Nadel bei dem Stromschluss aus:

$$J = J', \text{ also auch } i = i'; \text{ ferner:}$$

$$wi + \gamma i_0 = (W + \alpha + \alpha') J; \quad ri + \gamma i_0 = (W + \beta + \beta') J,$$

worin: $i_0 = i - J.$

Hieraus findet sich:

$$(I) \quad \frac{w + \gamma}{r + \gamma} = \frac{W + \gamma + \alpha + \alpha'}{W + \gamma + \beta + \beta'}.$$

Nun werden die Verbindungen so vertauscht, aber ohne an den Zuleitungen zu den Multiplicatoren etwas zu ändern, dass die Punkte, welche vorher die inneren bildeten, die äusseren werden und umgekehrt, sodass jetzt auch die Uebergangswiderstände α und β' von ihrer äusseren Lage nach innen kommen und umgekehrt. Wir nehmen an, dass

Fig. 2.

wir einen der Widerstände, z. B. r , um kleine, bestimmte Beträge abändern können (vgl. unter 4). Es sei jetzt derjenige Widerstand, welcher mit w zusammen den Ausschlag Null der Nadel ergibt, gleich r_1 . Dann ist wie oben:

$$(II) \quad \frac{w + \gamma}{r_1 + \gamma} = \frac{W + \gamma + \beta + \beta'}{W + \gamma + \alpha + \alpha'}.$$

Aus (I) und (II) folgt unter Wegfall aller Uebergangswiderstände:

$$w + \gamma = \sqrt{(r + \gamma)(r_1 + \gamma)}.$$

Sind nun r und r_1 nur wenig verschieden, so kann man anstatt des geometrischen Mittels das arithmetische nehmen und hat:

$$w = \frac{1}{2}(r + r_1).$$

(Der dabei begangene relative Fehler beträgt:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{r - r_1}{r + r_1} \right)^2 = \frac{1}{8} \left(\frac{r - r_1}{w} \right)^2$$

und ist, wenn $r - r_1$ etwa $= 0,01w$, was ziemlich hoch gegriffen ist, praktisch zu vernachlässigen.)

Man hat also in einfachster Weise zwei Bestimmungen mit ausgetauschten Verbindungen vorzunehmen und das arithmetische Mittel gleich dem gesuchten Widerstande zu setzen.

II. Herstellung des Differentialmultiplikators.

Für lange feine Drähte einen constanten Querschnitt zu erzielen, scheint sehr schwierig zu sein, wahrscheinlich

weil die Ziehlöcher sich abnutzen. Selbst bei Draht (von Obermaier in Nürnberg), der angeblich durch Diamantlöcher gezogen war, fanden sich Differenzen des Widerstandes beider Hälften bis gegen 10 Procent.

Eine Schwierigkeit erwächst hieraus nicht, denn nach der Herstellung des Doppelmultiplicators verbindet man mit dem einen Theile constant einen ausgleichenden Widerstand in Gestalt einer bifilar gewickelten Rolle aus derselben Drahtsorte (vgl. noch unten).

Was zweitens die Gleichheit der Wirkungen desselben Stromes in beiden Hälften auf die Nadel betrifft, so ist diese genügend nahe zu erreichen, wenn man in bekannter Weise die beiden Drähte miteinander auf den Rahmen auflaufen lässt. Weil bei raschem Wickeln die Drähte gern etwas auseinander laufen, wodurch also zwei Multiplicatoren entstehen würden, welche gegen einander verschoben sind, so gebraucht man die Vorsicht, in regelmässigen Intervallen, d. h. nach je einigen hundert Umwindungen, die Drahtrollen, von denen man abwindet, in Bezug auf links und rechts auszuwechseln.

Hr. Dr. Strecker hat so ohne Mühe einen Doppelmultiplicator aus 0,15 mm dickem, doppelt besponnenem Kupferdraht von zweimal 3000 Windungen hergestellt, der keinen merklichen Contact zwischen beiden Theilen besass, und dessen eine Hälfte nur um etwa $\frac{1}{200}$ stärker auf die auf die Nadel wirkte als die andere. Rahmen und Nadel sind angeordnet, wie ich vor kurzem beschrieben habe.¹⁾

Nimmt man sich zu dem Aufwinden Zeit, so kann man die Gleichheit noch weiter treiben. Es ist dies aber nicht nöthig, denn man kann die Ausgleichung durch den Widerstand vornehmen. Hierin zeigt sich ein fernerer Vortheil der Anordnung des Differentialgalvanometers von grossem Widerstande als Nebenschliessung.

Denn unsere Aufgabe ist, dass der Doppelmultiplicator keinen Ausschlag gebe, wenn die Potentialdifferenz an beiden Paaren von Endpunkten gleich gross ist. Um dem In-

1) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 15. p. 554. 1882.

strument diese Eigenschaft zu geben, verzweigen wir also den Strom einer Säule direct durch beide Hälften in entgegengesetztem Sinne und fügen der einen Hälfte soviel Widerstand hinzu, dass der Ausschlag Null wird.

Streng genommen darf man die Angaben eines so justirten Differentialmultipliers nur dann als richtig ansehen, wenn die zu vergleichenden Widerstände gegen diejenigen der Multipliatoren verschwinden. Betragen die letzteren übrigens, wie bei uns, etwa 700 Q. E., so würden bei dem oben genannten Unterschied beider Multipliatorfunctionen um $\frac{1}{300}$ selbst Stücke von je 10 Q. E. bis auf weniger als 0,001 Q. E. genau bestimmt werden.

Im Folgenden soll nun noch nachgewiesen werden, wie man die Fehler, welche von beliebigen aber kleinen Ungleichheiten der Multipliatoren herrühren, einfach durch den Versuch selbst eliminirt.

III. Elimination von Ungleichheiten des Differentialgalvanometers.

Bei jeder Widerstandsvergleichung lassen sich bekanntlich Ungleichheiten der Anordnung dadurch eliminiren, dass man die zu vergleichenden Widerstände auswechselt, so wie bei einer Doppelwägung die Gewichte. Die ausgewechselten Widerstände sind gleich, wenn die Einstellung des Galvanometers ungeändert bleibt.

So einfach dieses Verfahren im Princip ist, bieten sich doch bei der Ausführung einige Uebelstände. Denn da die Umlegung des Commutators nicht ohne Zeitverlust, nicht ohne Unterbrechung oder einseitige Schlüsse geschehen kann, so handelt es sich thatsächlich nicht nur um eine plötzliche Beobachtung, ob keine Aenderung eintritt, sondern man muss zwei Einstellungen beobachten und sehen, ob dieselben gleich sind. Das langweilige Probiren, welches aus der wörtlichen Befolgung dieser Vorschrift entspringt, lässt sich allerdings durch ein Interpolationsverfahren vermeiden. Aber es bleibt ein anderer Uebelstand, nämlich der mit diesen Beobachtungen verbundene längere Stromschluss mit seinen Fehler-

quellen der Erwärmung. Um diese zu vermeiden, habe ich deswegen früher kurze Inductionsstösse constanter Wirkung im Differentialgalvanometer angewandt¹⁾, was aber zu einer längeren Beobachtungsreihe und Rechnung führte.

Es gewährt daher grossen Vortheil, dass die Nullmethode beibehalten werden kann. Die kleinen Ungleichheiten eliminiren sich nämlich von selbst, indem wir ja bei unserem Verfahren (p. 77, 78 Fig. 1 u. 2) nicht nur die Eintritts- und Austrittspunkte des Stromes in die beiden Widerstände w und r , sondern zugleich w und r gegen die beiden Galvanometerzweige auswechseln. Einer der beiden Widerstände, etwa r , möge wie oben kleine bekannte Aenderungen gestatten. Ueber die Anordnung vgl. Nr. 4.

Bleibt dann die Nadel in Ruhe, wenn neben w das eine mal r , das andere mal r_1 eingeschaltet ist, so ist wieder²⁾:

$$w = \frac{1}{2}(r + r_1).$$

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 142. p. 418. 1871.

2) Dies ist für sehr kleine Aenderungen ohne weiteres klar; um den zulässigen Betrag der letzteren zu erkennen, wollen wir den vollständigen Ausdruck ableiten.

Die beiden Galvanometerzweige (Fig. 1 p. 76) mögen den Widerstand W , bez. $W' = W + \delta$ haben. Die beiden Galvanometerfunctionen mögen im Verhältnisse $1:1 + \sigma$ stehen, sodass die Ruhe der Nadel die beiden Stromstärken J und $J(1 + \sigma)$ anzeigt. $\alpha\beta\alpha'\beta'$ seien wieder die zu eliminirenden Uebergangswiderstände.

Dann ist also bei der ersten Verbindung:

$$(W + \alpha + \alpha')J = wi + \gamma i_0; \quad (W + \delta + \beta + \beta')J(1 + \sigma) = ri' + \gamma i_0, \\ \text{wo } i_0 = i - J(1 + \sigma) = i' - J.$$

Hieraus findet man:

$$(I) \quad \frac{w + \gamma}{r + \gamma} = \frac{W + \alpha + \alpha' + \gamma(1 + \sigma)}{(W + \delta + \beta + \beta' + \gamma)(1 + \sigma) + r\sigma}.$$

Nach dem Umschalten wird ebenso erhalten:

$$(II) \quad \frac{w + \gamma_1}{r_1 + \gamma_1} = \frac{(W + \delta + \beta + \beta')(1 + \sigma) + \gamma_1}{W + \alpha + \alpha' + \gamma_1 - r_1\sigma}.$$

Wir haben hier γ_1 statt früher γ gesetzt, also angenommen, dass der Widerstand des Verbindungsstückes sich bei dem Umschalten ändere, um zu untersuchen, wie weit man hierauf Rücksicht nehmen muss.

Multiplirciren wir (I) mit (II), so erhält das Product rechts die Form:

$$\frac{W + x}{W + x_1} \frac{W + y}{W + y_1} \text{ oder } 1 + \frac{x - x_1 + y - y_1}{W},$$

insofern $x \dots$ gegen W klein sind. So bekommen wir einfach:

IV. Ausführung.

1. Commutator. Um die Verbindungen bequem und sicher zu wechseln, dienen sechs Quecksilbernäpfe, von denen

Fig. 3.

man je drei Paare überbrücken kann. Die in der Figur ausgezeichnete Ueberbrückung lässt die unteren Abzweigungspunkte der Widerstände als äussere auftreten, die punktirt macht dieselben zu inneren. Die beiden Paare von Zuleitungsdrähten zum Commutator hat man von gleichem Widerstände zu nehmen.

2. Die nothwendigen kleinen Abänderungen eines der zu vergleichenden Widerstände bildet man dadurch, dass man an den grösseren von beiden einen gewöhnlichen Stöpselrheostaten R als Nebenschliessung anlegt, so wie z. B. schon Rayleigh gethan hat¹⁾, wobei vorausgesetzt ist, dass der Betrag von r genähert bekannt sei. Bei der Copierung von Quecksilberwiderständen werden höchstens Stücke von wenigen Einheiten gebraucht werden. Ueberhaupt wird die Methode vorwiegend auf kleine Widerstände angewandt werden. In diesem Falle reicht die gebräuchliche Form der Stöpselrheostaten bis zu 10000 unter allen Um-

$$\frac{(w + \gamma)(w + \gamma_1)}{(r + \gamma)(r_1 + \gamma_1)} = 1 + \frac{r_1 - r}{W} \sigma.$$

Das Correctionsglied, dessen Zähler das Product aus zwei sehr kleinen Grössen, und dessen Nenner gross ist, wird gegen Eins vernachlässigt, und man hat:

$$(w + \gamma)(w + \gamma_1) = (r + \gamma)(r_1 + \gamma_1).$$

Hieraus findet man unter Vernachlässigung höherer Glieder:

$$w = \frac{r + r_1}{2} \left[1 - \frac{(r - r_1)(\gamma - \gamma_1) + \frac{1}{2}(r - r_1)^2}{(r + r_1)^2 + (r + r_1)(\gamma + \gamma_1)} \right].$$

Setzt man z. B. $r - r_1 = 0,01$, $\gamma - \gamma_1 = 0,01$, $w = 1$, so beträgt das Correctionsglied weniger als $\frac{1}{20000}$.

1) Rayleigh, Phil. Trans. 1882. II, p. 679.

ständen aus; denn wenn durch Zufall eine Ungleichheit von weniger als einigen Zehntausendtheilen vorläge, so kann man durch eine kleine Temperaturänderung von einem der Vergleichsstücke nachhelfen.

3. Anwendung auf Quecksilberwiderstände. Wenn es gelingt, in die Glasröhre, ohne Beeinträchtigung ihrer Gestalt, seitlich einen Platindraht oder eine sonstige Zuleitung einzuführen, so kann einfach die mit Quecksilber gefüllte Röhre gebraucht werden, indem man ausserhalb der Platindrähte den Hauptstrom zu- und ableitet. Nimmt man die gewöhnlich gebrauchte Siemens'sche Form, nämlich die Röhre, welche beiderseitig mit den Endpunkten in Gefässe hineinragt, so müssen die Abzweigepunkte nach dem Differentialgalvanometer so weit von der Röhrenmündung abstehen, dass einige Millimeter Unsicherheit in der Stellung keinen Einfluss haben. Es hat keine Schwierigkeit, den Widerstand, welcher zwischen der Rohrmündung und der Aequipotentialfläche der Ableitung liegt, hinreichend genau zu schätzen. Haben aber die Hauptelectroden eine Oberfläche von einigen Quadratcentimetern, so kann man ohne merklichen Fehler einfach den Ausbreitungswiderstand des Stromes in das Quecksilbergefäss zu dem Widerstand der Röhre zurechnen.¹⁾ Da Uebergangswiderstände herausfallen, so kann man alle Electroden aus Platin herstellen.

4. Thermoströme. In Bezug auf Fehler durch thermoelectromotorische Kräfte ist die obige Anordnung so günstig, wie sie nur sein kann; denn in den zu vergleichenden Widerständen werden die Ströme bei der Umschaltung gewendet, in den Galvanometerzweigen aber behalten sie ihre Richtung bei.

5. Extraströme dagegen würden, wenn man mit momentanem Stromschluss arbeiten will, Schwierigkeiten bieten. Wollte man die Methode also z. B. gebrauchen, um die Spulen, welche zur absoluten Widerstandsbestimmung geeignet haben, unmittelbar mit Quecksilber zu vergleichen (was übrigens kaum rathsam wäre), so gibt es kein anderes Mittel,

1) Kirchhoff l. c.; Maxwell Lehrb. d. Electr., übers. von Weinstein, l. p. 447. 1883.

als entweder mit längerem Stromschluss zu arbeiten, oder die Spulen aus zwei miteinander gewundenen Drähten bestehen zu lassen, die man dann gegeneinander einschaltet. Diese Trennung des Spulendrahtes empfiehlt sich, wie ich an einem anderen Orte bemerkt habe, allerdings auch aus sonstigen Gründen.¹⁾

V. Versuche mit Quecksilber.

In der eben beschriebenen Weise wurde der Widerstand w einer Quecksilbersäule mit einem Neusilberdrahte verglichen, welcher selbst 1,4 Q. E. besass und ein wenig grösser war als der Widerstand der Quecksilbersäule. Die Ausgleichung geschah mit Hülfe eines Stöpselrheostaten, der dem Neusilberdraht als Nebenschluss beigegeben wurde.

Die Beträge dieses Rheostaten, bei denen die Galvanometernadel bei momentanem Stromschluss in Ruhe blieb, sollen mit R bezeichnet werden, dann ist:

$$r = \frac{1,4 \cdot R}{1,4 + R}.$$

Um die Uebereinstimmung zu prüfen, wurden mehrere Abwechslungen eingeführt:

1. gab ein zweiter Commutator von zweimal vier Quecksilbernäpfen mit vier überbrückenden Drähten von der Anordnung XII die Möglichkeit, die Galvanometerhälften gegenüber den Widerständen w und 1,4 auszuwechseln. Die beiden Stellungen des letzteren Commutators werden mit A und B bezeichnet, während I und II die beiden Stellungen des Umschalters der Widerstände gegen das Element (1 Smee) bedeuten. Man erhielt so:

Temperatur		Commutatoren	R	$\frac{1,4 \cdot R}{1,4 + R} \quad w = \frac{r + r_1}{2}$	
Quecksilber	Neusilber				
17,18°	18,00°	$A \ I$	104,9 Q.-E.	$r = 1,38156$	} 1,38324
		$A \ II$	128,7 "	$r_1 = 1,38493$	
		$B \ I$	128,4 "	$r = 1,38490$	} 1,38327
		$B \ II$	105,4 "	$r_1 = 1,38164$	

2. Man schaltete in die eine Ableitung vom Quecksilber einen Uebergangswiderstand von etwa 2 Q.-E. ein.

1) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 18. p. 514. 1883.

Temperatur		Commutatoren	R	$\frac{1,4 \cdot R}{1,4 + R} \quad w = \frac{r + r_1}{2}$	
Quecksilber	Neusilber				
17,13°	17,96°	A I	128,5 Q.-E.	$r = 1,38491$	1,38323
		A II	104,9 „	$r_1 = 1,38156$	
		B I	167,4 „	$r = 1,38839$	
		B II	88,4 „	$r_1 = 1,37818$	

Die Uebereinstimmung ist eine vollständige zu nennen.

3. Im Vorigen fanden die Abzweigungen vom Quecksilber nach dem Differentialgalvanometer mittelst Platinblechstreifen von 5 mm Breite statt, welche in die Quecksilbergefässe eintauchten. An denselben Ort (etwa mitten zwischen die 4 qcm grossen Electroden und die von diesen letzteren etwa 15 mm weit abstehenden Mündungen der Röhren in die Gefässe) wurden statt der Blechstreifen Drahtspitzen gebracht, die aus Glasröhrchen hervorragten. Die hiermit erhaltenen Resultate sind unten mit einem * bezeichnet.

4. Es wurden auch die Stromstärken gewechselt, was ausser auf die Grösse der Ausschläge keinen merklichen Einfluss hatte.

So wurden, theilweise an verschiedenen Tagen, mehrere Versuchsreihen angestellt. ** bedeutet, dass der künstliche Uebergangswiderstand eingeschaltet worden war.

Um der unmittelbaren Vergleichbarkeit willen sollen die gefundenen Resultate mit dem von Hrn. Strecker bestimmten Temperaturcoefficienten 0,00064 des betreffenden Neusilberdrahtes auf gleiche Temperatur (16°) des letzteren reducirt angegeben werden. w_{16} gibt dann die Widerstände der Quecksilbersäule auch bei 16° reducirt mit dem von Rink angegebenen¹⁾ Temperaturcoefficienten 0,00094.

Temp. des Hg	w_t	w_{16}	Temp. des Hg	w_t	w_{16}
$t = 18,20^\circ$	1,3865	1,3837	** $t = 14,18^\circ$	1,3813	1,3836
18,19	1,3866	1,3837	14,19	1,3813	1,3836
17,20	1,3850	1,3834	* 14,18	1,3812	1,3835
** 17,20	1,3851	1,3835	* 14,19	1,3811	1,3835
17,18	1,3851	1,3835	* 14,06	1,3810	1,3835
** 17,13	1,3850	1,3835			

1) Rink, Beibl. 2. p. 277. 1878.

Die grössten Abweichungen vom Mittel betragen etwa $\frac{1}{10000}$ des Ganzen und würden vielleicht noch kleiner ausfallen, wenn die Verhältnisse mit aller Sorgfalt vorbereitet werden.

VL. Vergleichung sehr kleiner Widerstände.

Ich habe endlich noch den Versuch gemacht, die Methode auf sehr kleine Widerstände anzuwenden. Dazu dienten drei gleiche Stücke Neusilberdraht von 0,19 m Länge, 1,4 mm Durchmesser, welche je nahe 0,01 Q. E. darstellten. Diese Drähte waren in je zwei 3,5 mm dicke Kupferdrähte von 5 cm Länge eingelöthet. Endklemmen führten den Strom in die Kupferdrähte ein; die zu vergleichenden Widerstände waren abgegrenzt durch kleine an die dicken Kupferdrähte seitlich angelöthete dünnere Drähte, von denen aus die Abzweigungen nach dem Differentialgalvanometer mit gewöhnlichen kleinen Klemmen stattfanden. Die Stücke sollen mit I II III bezeichnet werden. Sie wurden jedes mit jedem verglichen. Den Strom lieferte ein Smee'sches Element.

Die Beobachtungen wurden übrigens gerade wie früher angestellt. Die Ergebnisse von drei an verschiedenen Tagen ausgeführten Reihen, bei denen alle Verbindungen, nämlich mit dem Commutator, mit dem Galvanometer und mit dem Rheostaten, welcher als ausgleichender Nebenschluss an dem grösseren von beiden Widerständen diente, gewechselt worden sind, folgen unten. Die Stücke befanden sich neben einander in demselben Luftkasten, hatten also jedesmal gleiche Temperatur.

Das Maass für die Genauigkeit wird aus der Uebereinstimmung beider Reihen untereinander ersehen. Insofern kleine spontane Aenderungen der Drähte oder kleine Unterschiede der Temperaturcoefficienten vorhanden sein könnten, ist eine noch directere Probe für die Genauigkeit in der Annäherung der Summe der drei Unterschiede an den Werth Null gegeben. Beide Proben stellen der Methode ein vorzügliches Zeugniß aus, denn es wurden gefunden in Millionteln der Q. E.:

I—II	= + 1,20	+ 1,26	+ 1,33	$\frac{Q-E}{10^6}$
II—III	= +10,98	+10,89	+10,86	„
III—I	= -12,17	-12,30	-12,22	„
Summe	= + 0,01	- 0,15	- 0,03	$\frac{Q-E}{10^6}$

Es wurde also von einem Hundertel der Siemens'schen Quecksilbereinheit mit ziemlicher Sicherheit noch der hunderttausendste Theil bestimmt, und zwar ohne irgend eine Schwierigkeit und mit den einfachsten Hilfsmitteln. Grössere Genauigkeiten sind bei Widerstandsbestimmungen unmöglich, denn auch unter den günstigsten Verhältnissen erreichen die Unsicherheiten der Temperatureinflüsse einen solchen Betrag.

**VI. Ueber einige Bestimmungsweisen des absoluten Widerstandes einer Kette, welche einen Erdinductor und ein Galvanometer enthält;
von F. Kohlrausch.**

(Aus den Sitzungsber. der math.-physikal. Classe der k. bayr. Acad. d. Wiss. 1883, Heft II, mitgetheilt vom Hrn. Verf.).

Wilhelm Weber hat zwei Verfahren der absoluten Widerstandsmessung mit seinem Erdinductor gegeben. Das eine, welches ein Galvanometer mit weiten Windungen benutzt, ist neuerdings von ihm und Zöllner ausgeführt worden.¹⁾ Von dem anderen Verfahren mit engem Galvanometer hat Weber eine Probe in seiner Abhandlung „Zur Galvanometrie“ gegeben.²⁾ Später habe ich dasselbe im magnetischen Observatorium zu Göttingen zu einer absoluten Bestimmung der Quecksilbereinheit gebraucht.³⁾

Dieses letztere Verfahren ist, wie ich glaube, einiger vortheilhafter Abänderungen fähig.

1) W. Weber u. F. Zöllner, Sitzungsber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1880. p. 77.

2) W. Weber, Zur Galvanometrie; aus Abh. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. 10. 1862.

3) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. Ergbd. 6. p. 1. 1874.