tung des Hrn. Glazebrook¹⁾, der für das Verhältniss zweier Widerstandsrollen im Jahre 1884 fand: 10:9,98335, während Lord Rayleigh 1882 dafür 10:9,98330 gefunden hatte, nicht mehr als ausreichenden Beweis dafür ansehen, dass beide Rollen in ihrem Widerstande vollkommen ungeändert geblieben sind.

Ich glaube, so lange die Bedingungen der Unveränderlichkeit des Neusilberwiderstandes nicht durch ausgiebigere Versuche und Erfahrungen festgestellt sind, wird man bei Arbeiten, welche eine Genauigkeit von 0,001 erfordern, immer auf die Quecksilberwiderstände recurriren und die benutzten Neusilberrollen vor und nach der Arbeit mit jenen vergleichen müssen. Für die Verwendung in der Praxis dürften dagegen die hier in Frage kommenden Aenderungen der Neusilberwiderstände ohne grössere Bedeutung sein.

Darmstadt, März 1887.

VI. *Einfache Methode, ein Galvanometer zu graduiren; von O. Grotrian.*

(Hierzu Taf. V Fig. 6.)

Bei der Graduierung eines Galvanometers hat sich der Verfasser kürzlich eines Verfahrens bedient, welches nicht bekannt zu sein scheint; denn dasselbe ist nicht enthalten unter den Methoden, welche in G. Wiedemann's Werke: Die Lehre von der Electricität²⁾, beschrieben sind. Das Verfahren möge hier mitgetheilt werden, da dasselbe bezüglich der Einfachheit und Genauigkeit den bereits bekannten Methoden mindestens gleichstehen dürfte.

Die Versuchsanordnung ist sehr ähnlich derjenigen bei der bekannten Poggendorff'schen Compensation'smethode. Das zu graduirende Galvanometer *Gt*, s. Fig. 6, wird durch

1) Glazebrook, Chem. News **50**. p. 256. 1884.

2) G. Wiedemann, Electricität **3**. p. 281. Braunschweig 1883.

einen kurzen dicken Draht, dessen Widerstand vernachlässigt werden kann oder anderenfalls in Rechnung zu ziehen ist, mit einem Rheostaten R verbunden in den Stromkreis A einer Säule von der electromotorischen Kraft S eingeschaltet. Die Leitung enthält ausserdem einen veränderlichen Widerstand R_1 , der nur zur Stromregulirung dient und daher nicht bekannt zu sein braucht. An die Verbindungsstellen a und b des Galvanometers und des Rheostaten R mit der übrigen Leitung des Kreises A ist eine Zweigleitung B angelegt, welche ein constantes Element oder eine constante Säule von der electromotorischen Kraft E , ein empfindliches Galvanoskop G_s und einen Stromunterbrecher enthält. Das Element E muss so eingeschaltet werden, dass gleichnamige Pole von E und S mit a sowie mit b verbunden sind. Ausserdem muss $E < S$ sein.

Durch den Rheostaten R wird so viel Widerstand r_0 eingeschaltet, dass in der Leitung $aEGsb$ der Strom verschwindet. Man hält dieselbe nicht längere Zeit geschlossen, als zum Beobachten der Nadelstellung des Galvanoskops erforderlich ist. Hat man auf diese Weise das Element E compensirt, so ist die Potentialdifferenz in a und b gleich E .

Der Regulirwiderstand in R_1 sei zunächst so gewählt, dass die Intensität J_0 des in dem Kreise A fliessenden Stromes gleich derjenigen sei, für welche das Instrument bereits geeicht ist (z. B. durch Vergleichung mit einem Voltameter). Bezeichnet dann α_0 den am Galvanometer abgelesenen Winkel, g den Galvanometerwiderstand, so ist:

$$J_0 = f(\alpha_0) = \frac{E}{g + r_0}.$$

Wird nun bei einer anderen unbekannten Stromstärke J_1 , für welche der Winkel α_1 abgelesen sei, das Element abermals compensirt, und bezeichnet r_1 den für diesen Fall in R eingeschalteten Widerstand, so ist:

$$J_1 = f(\alpha_1) = \frac{E}{g + r_1}.$$

Da nun: $E = J_0(g + r_0)$, so ist: $J_1 = J_0 \frac{g + r_0}{g + r_1}$
in Zahlen bestimmt.

Benutzt man als Regulirwiderstand R_1 einen Stöpselrheostaten, so gelingt es im allgemeinen nicht, die Nadel in G_s auf Null zu bringen. Man beobachtet dann bei etwas zu grossem und etwas zu kleinem Widerstande in R_1 und interpolirt aus den beiden am Galvanometer und Galvanoskop abgelesenen Winkeln denjenigen Winkel für das Galvanometer, welcher der Nullstellung des Galvanoskops entspricht. Um die in diesem Falle im Zweige B auftretenden schwachen Ströme der Empfindlichkeit des Galvanoskops anzupassen, wird man zweckmässig in den Zweig B einen Regulirwiderstand R_2 einschalten.

Bei dem beschriebenen Graduirungsverfahren sind Fehler infolge von Variationen der electromotorischen Kraft ausgeschlossen. Denn diese sind bei einem nahezu stromlosen constanten Elemente, welches nur kurze Zeit geschlossen wird, an sich von minimalem Betrage und können nöthigenfalls leicht berücksichtigt werden, dadurch, dass man zwischen den einzelnen Beobachtungen die erste von Zeit zu Zeit wiederholt.

Um über die Brauchbarkeit des Compensationsverfahrens ein Urtheil zu gewinnen, wurde dasselbe auf ein Siemens'sches Torsionsgalvanometer angewandt. Es war $E = 1$ Daniell, $S = 2$ Daniell. Als Galvanoskop diente dasjenige eines Siemens'schen Universalgalvanometers. Später wurden die Angaben des Torsionsgalvanometers verglichen mit denen eines aperiodischen Spiegelgalvanometers von Siemens, welches mit passendem Nebenschluss versehen mit dem Torsionsgalvanometer in denselben Stromkreis eingeschaltet war.

In den beiden folgenden Tabellen sind die Ergebnisse beider Versuchsmethoden zusammengestellt.

Tabelle I.
Compensationsverfahren.

α	$\Delta\alpha$	r	α	$\Delta\alpha$	r
26,24	-0,02	42 Ohm	125,36	$\pm 0,00$	8 Ohm
49,20	-0,18	22 "	150,60	-0,13	6,5 "
75,28	-0,10	14 "	161,44	-0,21	6 "
94,15	-0,16	11 "			

Tabelle II.
Vergleichung mit dem Spiegelgalvanometer.

α	$\Delta\alpha$	n	φ	$\operatorname{tg} \varphi$
25,22	-0,12	91,72	2° 22' 12''	0,04139
49,25	-0,19	180,12	4 37 28	0,08089
74,97	-0,25	276,75	7 1 25	0,12320
Anderer Nebenschluss.				
74,97	-0,25	123,35	3° 10' 54''	0,05559
100,08	-0,03	165,58	4 15 25	0,07443
125,14	$\pm 0,00$	207,75	5 19 7	0,09310
150,12	-0,16	249,91	6 21 57	0,11156
159,94	-0,45	266,23	6 46 0	0,11865

Die mit α überschriebene Columnne in Tab. I enthält die Angaben des Torsionsgalvanometers, die der Nullstellung des Galvanoskops entsprechen. Dieselben sind durch Interpolation (s. oben) erhalten. Die zweite Decimale ist noch angegeben, da bei der Ablesung am Galvanometer zwanzigstel Doppelgrade geschätzt wurden. In der dritten Columnne sind unter r die Widerstände angegeben, welche im Rheostaten R eingeschaltet waren. Für den zu r zu addirenden Galvanometerwiderstand war $g = 0,99$ Ohm in die Rechnung einzuführen, wie sich durch eine Vergleichung desselben mit dem Widerstandskasten R ergab. Die Reihe unter $\Delta\alpha$ enthält die Correctionen, welche zu den abgelesenen Winkeln α hinzuzufügen sind, sodass das Verhältniss der corrigirten Winkel zugleich dasjenige der Stromstärken darstellt. Da eine Vergleichung des Torsionsgalvanometers mit einem Voltameter nicht vorgenommen war, so wurde die Berechnung unter der Annahme durchgeführt, dass die Correction für $\alpha = 125$ gleich Null sei.

In Tab. II haben die mit α und $\Delta\alpha$ überschriebenen Zahlen dieselbe Bedeutung wie in I. Auch hier sind die $\Delta\alpha$ unter der Voraussetzung $\Delta\alpha = 0$ für $\alpha = 125$ berechnet. Unter n ist der Scalenausschlag des Spiegelgalvanometers als Mittelwerth von mindestens sechs Ausschlägen angegeben. Ein Fehler infolge ungenauer Einstellung der Multiplierwindungen in den magnetischen Meridian ist nicht darin enthalten, da der Strom im Spiegelgalvanometer bei jeder

Beobachtung commutirt wurde. Unter φ sind die Ablenkungswinkel angeführt, in bekannter Weise aus n und dem Abstände zwischen Spiegel und Scala gleich 1106,1 Scalentheilen berechnet. Die Columnne unter $\operatorname{tg} \varphi$ liefert endlich die relativen Werthe der Stromstärke.

Die in Tab. II mitgetheilten Zahlen sind bei Anwendung von zwei verschiedenen Nebenschlüssen des Spiegelgalvanometers erhalten. Die Correctionen für $\alpha = 25,22$ und $49,25$ liessen sich in leicht ersichtlicher Weise berechnen, da für $\alpha = 74,97$ (bei zufälliger Gleichheit der Zahlen bis auf die zweite Decimale) Beobachtungen mit beiden Nebenschlüssen angestellt waren.

In Tab. III sind endlich die nach beiden Methoden erhaltenen Correctionen bezogen auf abgerundete Werthe der α zusammengestellt.

Tabelle III.

α	Comp.-Verfahren		Vergleichung m. d. Sp.-G.
	$\Delta \alpha_1$	$\Delta \alpha_2$	$\Delta \alpha_2 - \Delta \alpha_1$
25	-0,02	-0,12	-0,10
50	-0,18	-0,19	-0,01
75	-0,10	-0,25	-0,15
100	-0,13	-0,03	+0,10
125	$\pm 0,00$	$\pm 0,00$	$\pm 0,00$
150	-0,13	-0,16	-0,03
160	-0,20	-0,45	-0,25

In der letzten Columnne sind unter $\Delta \alpha_2 - \Delta \alpha_1$ die Differenzen der Correctionen angegeben. Da die Abweichungen höchstens den Betrag 0,25 erreichen, im Mittel sich aber auf 0,1 belaufen, so dürfte damit die Brauchbarkeit des Compensationsverfahren erwiesen sein. Die Differenz von 0,25 bei $\alpha = 160$ kann durch ein ungünstiges Zusammenwirken der Beobachtungsfehler im Betrage von 0,06 in jedem der beiden α von $0,15^\circ$ bei der Ablesung des Galvanoskops und von 0,15 Scalentheilen entstanden sein.

Ein für manche Fälle wichtiger Vorzug des beschriebenen Verfahrens gegenüber der Vergleichung mit dem Spiegelgalvanometer liegt darin, dass sich dasselbe auch in

Räumen ausführen lässt, welche mässigen Erschütterungen ausgesetzt sind. Ausserdem darf die Compensationsmethode als relativ einfach bezeichnet werden, da dieselbe die mit einigen Umständlichkeiten verbundene Aufstellung eines Spiegelinstrumentes nicht erfordert.

Aachen, im April 1887.

VII. *Ueber die Phasenänderung des Lichtes bei der Reflexion und Methoden zur Dickenbestimmung dünner Blättchen; von Otto Wiener.*

(Hierzu Taf. V Fig. 7—19.)

Die optischen Eigenschaften durchsichtiger Metallblättchen haben für die Theorie des Lichtes ein grosses Interesse und bieten dem Experimente noch ein weites Feld zur Ermittlung neuer Thatsachen. Von Herrn Professor Kundt angeregt, die Absorption des Lichtes in dünnen Metallschichten zu untersuchen, vermisste ich in den bisher darüber vorhandenen Arbeiten eine allgemeine, d. h. auf alle Metalle anwendbare und genaue Methode, die Dicke dieser Schichten zu bestimmen. Da aber eine solche die wesentliche Voraussetzung zur Feststellung des absoluten Betrages der Absorption bildet, so war es meine nächste Aufgabe, eine derartige Methode aufzusuchen. Die Ergebnisse meiner diesbezüglichen Bemühungen bilden den ersten Theil der vorliegenden Arbeit (Abschnitt I und II).

Der zweite Theil (Abschnitt III—V) handelt über die Phasenänderung des reflectirten Lichtes und entstand Schritt für Schritt aus dem ersten. Eine grosse Schwierigkeit nämlich, welche sich bei den Dickenbestimmungen entgegenstellt, besteht in der Veränderlichkeit der Phasenänderung, welche das Licht bei Reflexion an dünnen Metallschichten erleidet. Geringe, schwer zu verhütende Verunreinigungen des Metalles sind hiervon nicht die alleinige Ursache; die Phasenänderung hängt auch von der Dicke der Schicht ab. Dieser Umstand führte zunächst zu der Frage: Welches ist der Gang der Phasen-