**III. Ueber electricische Schwingungen.
Ueber die Polarisationserscheinungen, welche
durch dieselben hervorgebracht werden;
von A. Oberbeck.**

(Hierzu Taf. IX Fig. 5—9.)

(Dritte Abhandlung.¹⁾)

1. In dem letzten Abschnitt meiner zweiten Abhandlung über electricische Schwingungen habe ich an einigen Beispielen nachgewiesen, dass man die Polarisationserscheinungen bei schnell wechselnden Strömen durch die Ablenkung des Electrodynamometers messen kann. Seitdem wurden weitere Versuche nach derselben Methode angestellt, welche hier mitgetheilt werden sollen. Dieselben betreffen hauptsächlich die Polarisation einer grösseren Anzahl von Metallen in concentrirter Kochsalzlösung, sowie die Polarisation von Kupfer und Zink in den Lösungen ihrer schwefelsauren Salze.

Die Polarisation wird durch den Zahlenwerth einer Grösse q gemessen, deren Bedeutung aus der von F. Kohlrausch²⁾ gegebenen Theorie dieser Erscheinungen folgt. Dieselbe beruht auf der Annahme, dass die durch kurze oder sehr schwache electricische Ströme erzeugte electromotorische Kraft der Polarisation der Dicke der Gasschichten auf den Metallplatten proportional ist. Da letztere unter den angegebenen Umständen der der Flächeneinheit der Electroden zugeströmten Electricitätsmenge e_1 proportional gesetzt werden kann, so kann man die electromotorische Kraft durch das Product:

$$q_1 e_1$$

ausdrücken, in welchem q_1 eine Constante ist, die nur von dem Material der Electroden, von der Flüssigkeit und von den Zersetzungsproducten derselben abhängt. Kohlrausch bezeichnet dieselbe als erste Polarisationscon-

1) Oberbeck, Wied. Ann. 17. p. 816—841. 1882 und 19. p. 213 bis 226. 1883.

2) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 148. p. 143—154. 1872.
Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. XIX.

stante (l. c.). Haben beide Electroden die gleichen Flächen x , ist ferner e die ganze in dem gleichen Zeitabschnitte durch die Flüssigkeit gegangene Electricitätsmenge, so ist:

$$e_1 = \frac{e}{x}.$$

Setzt man:

$$(1) \quad q_1 = qx,$$

so kann man die electromotorische Kraft auch durch das Product: $q \cdot e$ ausdrücken.

Durch die Art ihrer Einführung haben die umgekehrten Werthe von q und q_1 die Bedeutung von Condensatorcapacitäten.¹⁾ Da letztere stets durch eine Gleichung von der Form:

$$e = cV$$

definirt werden, wo V eine Potentialdifferenz bedeutet, die eben angegebene Bezeichnung aber:

$$qe = V,$$

geschrieben werden kann, so folgt:

$$(2) \quad c = \frac{1}{q}.$$

Bezeichnet man ferner mit c_1 die Capacität desselben Condensators für die Flächeneinheit, setzt man also:

$$c_1 = \frac{c}{x}, \quad \text{so ist:}$$

$$(3) \quad c_1 = \frac{1}{q_1}.$$

Die Bestimmung der Grössen q und q_1 gestattet daher die Berechnung der Condensatorcapacitäten der Electrodenflächen und zwar, wie schon am Schluss der letzten Abhandlung bemerkt, unter sehr günstigen Umständen. Zu dem Zweck musste allerdings erst die Vorfrage entschieden werden, in wie weit das zu Grunde liegende Gesetz der Proportionalität richtig ist. Dasselbe kann am einfachsten durch Bestimmung von q und q_1 für verschieden grosse Electrodenflächen geprüft werden. Die Veränderungen von q_1 geben ein Maass für die Abweichungen von jenem Gesetz oder, wie man es auch ausdrücken kann, für die Verände-

1) Vgl. R. Colley, Pogg. Ann. 157. p. 405. 1875 und Wied. Ann. 7. p. 206—242. 1879.

rungen der Capacität als Function der Stromdichtigkeit, welche unter sonst gleichen Umständen mit der Electrodenfläche umgekehrt proportional ist.

I. Die Beobachtungsmethode.

2. Im allgemeinen habe ich die früher¹⁾ beschriebene Beobachtungsmethode beibehalten. Als Stromquelle diene der Sinusinductor mit zwei Multiplicatoren. Die Wechselströme der einen Rolle gingen durch die Flüssigkeitszelle, deren Polarisirung eine Phasenverschiebung der polarisirenden electrischen Schwingungen bewirkt. Infolge dessen gibt das Electrodynamometer einen Ausschlag, welcher als Maass der Grösse q dient. Die Versuchsanordnung ist in Fig. 5 dargestellt.

Von der Multiplicatorrolle M_1 geht eine Leitung zu den festen Rollen F des Electrodynamometers, von dort durch zwei bifilar gewickelte Widerstandsrollen R zu einem Umschalter U . Vermittelst desselben kann der Strom entweder direct nach M_1 zurückgeführt oder noch durch die Polarisationszelle P geleitet werden.

Der zweite Stromkreis besteht aus dem anderen Multiplicator M_2 , dem Commutator C , der beweglichen Rolle B und dem Widerstandskasten K . Die beiden Multiplicatoren befinden sich bei der Messung der Polarisirung in gekreuzter Stellung.

Nach den früheren Auseinandersetzungen kann man es bei gekreuzter Stellung der Multiplicatoren und ohne Polarisationszelle durch passende Wahl des Widerstandes in einem Stromkreis dahin bringen, dass das Electrodynamometer keine Ablenkung zeigt, weil der Phasenunterschied der Wechselströme $\frac{1}{2}\pi$ beträgt. Demnach wurde bei Beginn jeder Versuchsreihe der Umschalter U so gestellt, dass der Strom nicht durch P ging, und dann der Widerstand in K so regulirt, dass keine Ablenkung erfolgte. Hierbei mussten Widerstände eingeschaltet werden, welche zwischen 180 und 300 S.-E. lagen, sodass der Gesamtwiderstand dieses Kreises

1) Oberbeck, Wied. Ann. 19. p. 224. 1883.

etwa 1000 bis 1100 S.-E. betrug. Diese Schwankungen der einzuschaltenden Widerstandswerthe rühren davon her, dass die Multiplicatoren nicht immer ganz senkrecht zueinander standen. Durch die weiter unten beschriebene Art der Berechnung sind dieselben ohne Einfluss auf das Beobachtungseresultat.

Der Widerstand des ersten Kreises blieb stets unverändert und betrug 3093 S.-E. Derselbe war so gross gewählt worden, dass der durch Einschaltung der Polarisationszelle hinzutretende Flüssigkeitswiderstand dagegen verschwindend klein war. Durch einen besonderen Versuch wurde noch festgestellt, dass eine weitere Vermehrung dieses Widerstandes keine erhebliche Ablenkung bewirkte. Bei Einschaltung einer bifilar gewickelten Rolle von Neusilberdraht von mehr als 500 S.-E. erfolgte nur ein Ausschlag von fünf Scalentheilen. Die Flüssigkeitswiderstände waren stets viel kleiner und erreichten niemals 100 S.-E.

Wird nach Regulirung der Stromkreise in der beschriebenen Weise der Umschalter U umgelegt, so erfolgt eine Ablenkung des Electrodynamometers. Dieselbe wurde stets für die beiden Stellungen des Commutators C beobachtet und die Differenz der notirten Scalentheile (α) genommen.

Nach der in der früheren Abhandlung¹⁾ mitgetheilten Rechnung gilt für α die folgende Formel:

$$(4) \quad \alpha = \frac{k \cdot q \cdot E_1 E_2 n w_2}{2\pi \left\{ w_1^2 + n^2 \pi^2 \left(p_1 - \frac{q}{n^2 \pi^2} \right)^2 \right\} \left\{ w_2^2 + n^2 \pi^2 p_2^2 \right\}}.$$

Hierin bedeuten, wie früher, E_1 und E_2 die Maximalwerthe der inducirten electromotorischen Kräfte der beiden Multiplicatoren, wenn die Anzahl der Stromwechsel in der Secunde eins ist, w_1 und w_2 die Widerstände der beiden Stromkreise, p_1 und p_2 die Summen der Inductionspotentiale in denselben. Der Winkel η der beiden Multiplicatoren ist zu 90° angenommen. Ferner ist n die Schwingungszahl und q die oben definirte Polarisationsconstante. Endlich ist k diejenige doppelte Ablenkung, welche ein Strom von der In-

1) l. c. p. 223.

tensität Eins bewirkt, wenn man Ausschläge nach beiden Seiten durch Umkehr des Stromes in der beweglichen Rolle hervorbringt.

Die Grössen p_1 und p_2 lassen sich nach den Bestimmungen der früheren Abhandlung¹⁾ berechnen.

Was zunächst den zweiten Stromkreis betrifft, so befindet sich in demselben der Multiplicator M_2 und die Rolle B . Für dieselben hatte sich ergeben:

$$\pi p_2 = 2,765 \text{ S.-E. Sec.}$$

Die Schwingungszahl n wurde in den meisten Fällen so regulirt, dass sie in der Nähe von 80 lag, sodass also der Magnet 40 Umdrehungen in der Secunde machte. Also:

$$80 \pi p_2 = 221,2.$$

Setzt man in runder Summe:

$$w_2 = 1000 \text{ S.-E.,}$$

$$\text{so ist: } w_2^2 + n^2 \pi^2 p_2^2 = w_2^2 \left\{ 1 + \frac{n^2 \pi^2 p_2^2}{1000^2} \right\} = w_2^2 1,05.$$

Den ersten Factor des Nenners der Formel (4) kann man in der Form schreiben:

$$w_1^2 + \left(n \pi p_1 - \frac{q}{n \pi} \right)^2.$$

Die Grösse p_1 besteht aus den Inductionspotentialen des Multiplicators M_1 und den festen Rollen F . Nach den früheren Berechnungen ist:

$$\pi p_1 = 7,152 \text{ S.-E. Sec.} \qquad 80 \pi p_1 = 572,16.$$

Hätte q bei derselben Schwingungszahl 80 den Werth 143 800, so wäre die Klammer Null. Die beobachteten Werthe von q lagen theils über, theils unter dieser Zahl, die grösseren meist in der Nähe derselben. Hieraus geht hervor, dass der Werth der Klammer im allgemeinen so klein im Vergleich zu $w_1^2 = 3093^2$ ist, dass dieselbe vernachlässigt werden kann.

Demnach erhält man den folgenden einfacheren Ausdruck für die Ablenkung:

$$(5) \qquad \alpha = \frac{k E_1 E_2 n \cdot q}{2 \pi w_1^2 w_2 \cdot 1,05}.$$

Ausser dieser Ablenkung wurde gleichzeitig die Schwingungszahl n beobachtet, indem die Zeit für 2000 ganze Um-

1) l. c. p. 219—221.

drehungen des Magnets festgestellt wurde. Wie schon bemerkt, wurde das treibende Gewicht stets so gewählt, dass n in der Nähe von 80 lag. Bezeichnet man die Ablenkung für diese Schwingungszahl mit α_0 , so kann dieselbe aus der Gleichung:

$$(6) \quad \alpha_0 = \alpha \cdot \frac{80}{n}$$

berechnet werden. Setzt man diesen Werth in (5) ein, so ist:

$$(7) \quad \alpha_0 = \frac{k \cdot E_1 E_2 \cdot q \cdot 80}{2 \pi w_1^2 w_2 \cdot 1,05}.$$

3. Schon bei den ersten Versuchen, welche in der früheren Abhandlung mitgetheilt worden sind, hatte sich gezeigt, dass der magnetische Zustand der Stahlplatte des Sinusinductors veränderlich zu sein schien, und dass das magnetische Moment derselben im Laufe der Zeit langsam abnahm. Von demselben hängen aber die in den eben entwickelten Formeln vorkommenden Grössen E_1 und E_2 ab. Von solchen, zum Theil unregelmässigen Veränderungen mussten die Resultate unabhängig gemacht werden. Nach verschiedenen zu diesem Zwecke angestellten Versuchen bin ich schliesslich bei dem folgenden Verfahren stehen geblieben.

Bei der in Fig. 5 dargestellten Versuchsanordnung erhält man, nach Ausschaltung der Polarisationszelle und passender Widerstandsregulirung keinen Ausschlag des Electrodynamometers. Man beobachtet aber eine recht bedeutende Ablenkung desselben, sobald man die Multiplicatorrollen aus der gekreuzten in die parallele Stellung bringt. Diese Ausschläge wurden bei sonst unveränderter Anordnung der beiden Stromkreise zu Anfang und Ende jeder Versuchsreihe beobachtet. Dieselben können nicht aus den allgemeinen Formeln der früheren Abhandlung¹⁾ berechnet werden, weil hier auch die gegenseitige Induction der beiden Multiplicatoren in Betracht kommt. Es lässt sich aber übersehen, dass der Mittelwerth der Producte der beiden Wechselströme durch folgenden Ausdruck:

1) l. c. p. 215.

$$\frac{1}{2} \frac{n^2 E_1 E_2}{w_1 w_2} \left\{ 1 + a n^2 + b n^4 + \dots \right\}$$

dargestellt werden kann.

Hierin haben E_1 , E_2 , w_1 , w_2 und n dieselbe Bedeutung wie in den Formeln (4) bis (7). Die Coëfficienten der nach Potenzen von n^2 entwickelten Reihe enthalten die Widerstände w_1 , w_2 , die Selbstinductionscoëfficienten p_1 und p_2 und den Coëfficienten der gegenseitigen Induction. Beobachtet man die Ablenkungen des Electrodynamometers bei verschiedener Rotationsgeschwindigkeit des Magnets, also für verschiedene n , so kann man daraus den Einfluss der höheren Glieder der Reihe entnehmen und die Coëfficienten berechnen. Hierüber angestellte Versuche ergaben, dass man nur die beiden ersten Glieder zu berücksichtigen braucht. Bezeichnet man die doppelte Ablenkung der beweglichen Rolle in Scalentheilen bei der Schwingungszahl n mit β , so ist:

$$(8) \quad \beta = \frac{k E_1 E_2 n^2}{2 w_1 w_2} (1 + a n^2).$$

Zur Berechnung von a wurden für drei verschiedene Schwingungszahlen die zugehörigen Werthe β beobachtet. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Jeder Werth von β ist das Mittel aus sechs einzelnen Beobachtungen.

Nr.	n	β	β/n^2
1	68,80	461,5	0,09772
2	80,60	601,5	0,09252
3	92,25	751,5	0,08830

Berechnet man a aus 1 und 3, so erhält man einen negativen Werth, und zwar:

$$a = - 0,000\,022\,7.$$

Mit Benutzung dieser Zahl findet man für:

$$\frac{\beta}{n^2(1 + a n^2)} = \frac{k E_1 E_2}{2 w_1 w_2},$$

die folgenden Werthe:

aus 1 und 3: 0,109 45,

aus 2: 0,108 64.

Dieselben stimmen hinreichend überein, um die Formel für β in den Grenzen der vorkommenden Schwingungszahlen anwendbar erscheinen zu lassen.

Wie schon bemerkt, wurden die Werthe von β bei Beginn und am Schluss jeder Versuchsreihe beobachtet. Da die Schwingungszahlen stets in der Nähe von 80 gehalten wurden, so konnte zunächst aus jedem beobachteten β und zugehörigen n der der Schwingungszahl 80 entsprechende Werth β_0 aus der Gleichung:

$$(9) \quad \beta_0 = \beta \left(\frac{80}{n} \right)^2,$$

berechnet werden. Dann ist:

$$\beta_0 = \frac{k E_1 E_2 80^2 \cdot (1 + a n^2)}{2 w_1 w_2}.$$

Berechnet man den Factor $1 + a n^2$ mit Benutzung des oben gefundenen Werthes von a für die Schwingungszahl 80, so ergibt sich:

$$1 + a n^2 = 0,8547.$$

$$(10) \quad \beta_0 = \frac{k E_1 E_2 80^2 \cdot 0,8547}{2 w_1 w_2}.$$

Bildet man aus (7) und (10) den Quotienten α_0/β_0 , so erhält man die Gleichung:

$$(11) \quad \frac{\alpha_0}{\beta_0} = \frac{q}{80 \cdot 1,05 \cdot 0,8547 \cdot \pi \cdot w_1}.$$

Da $w_1 = 3093$ S.-E., so lässt sich der Zahlenfactor im Nenner berechnen; derselbe gibt 697 600 oder in runder Summe 700 000. Also ist:

$$(12) \quad q = \frac{\alpha_0}{\beta_0} 700\,000 \text{ S.-E. Sec.}$$

Bei der Angabe der einzelnen Versuchsergebnisse werde ich mich zunächst darauf beschränken, die Quotienten α_0/β_0 , welche ich stets durch den Buchstaben y bezeichnen will, mitzutheilen. Am Schlusse werde ich auf die Berechnung von q nach absoluten Einheiten eingehen.

Die Bildung des Quotienten α_0/β_0 gewährt mehrere Vortheile. Zunächst wird das Resultat (Gl. 11) unabhängig von dem Widerstande des zweiten Stromkreises w_2 , welcher, wie oben bemerkt, gewisse Schwankungen erfuhr. Ferner ist

dasselbe unabhängig von dem magnetischen Zustand der Stahlplatte.

Da indess die Kenntniss der electromotorischen Kraft des polarisirenden Stromes an sich von Interesse ist, so habe ich dieselbe mit derjenigen eines Daniell'schen Elements verglichen. Anfänglich (im Nov. 1882) war $E_1 = 0,03$ Dan. Nach Abschluss der Versuche (im März 1883) fand sich: $E_1 = 0,023$ Daniell. Für die mittlere Schwingungszahl $n = 80$ war daher die electromotorische Kraft des polarisirenden Stromes im Maximum:

im Anfang: 2,4 Daniell,
zu Ende: 1,84 Daniell.

4. Als Electroden wurden hauptsächlich Metallplatten, in einigen Fällen auch Drähte benutzt. Die Platten hatten eine Breite von 5 mm, eine Länge von 30 bis 40 mm. Die eine Seitenfläche derselben, sowie die schmalen Seitenkanten, waren durch einen Schellacküberzug isolirt. Sie wurden von zwei Klemmschrauben, welche in einem Holzklötzchen befestigt waren, so gehalten, dass ihre freien Seitenflächen einander zugekehrt waren. Das Holzklötzchen konnte mit Hülfe einer Mikrometerschraube gehoben und gesenkt werden, so dass es möglich war, die Platten um ein genau abgemessenes Stück in die Flüssigkeit einzutauchen. Freilich ist die hiernach berechnete, mit der Flüssigkeit in Berührung befindliche Plattengrösse stets etwas zu klein, weil die Flüssigkeit an der Platte capillar in die Höhe steigt. Nachdem die Platten aber sämmtlich einen hohen Grad von Politur erhalten hatten, war die Steighöhe augenscheinlich nur sehr gering. Die Platten wurden gewöhnlich 5, 10, 20 und 30 mm tief eingetaucht, sodass die Electrodenflächen 25, 50, 100, 150 qmm betrugen. Benutzt wurden Platten aus: Platin, Gold, Silber, Kupfer, Zink, Zinn, Nickel und Aluminium. Ausserdem wurden aus einem gerade vorhandenen Stückchen Palladiumblech zwei Platten von je 7 mm Breite hergestellt.

Die Platten befanden sich in der Flüssigkeit in einer Entfernung von 8 bis 10 mm. Rechnet man das Leitungsvermögen einer concentrirten Kochsalzlösung bezogen auf Quecksilber zu $\frac{1}{50000}$, so ergibt sich als Flüssigkeitswider-

stand für die kleinste Plattengrösse 20 S.-E.; die Einschaltung eines solchen Widerstandes ist bei der getroffenen Versuchsanordnung ganz ohne Einfluss auf die Ablenkung des Electrodynamometers.

Die Platten von 5 mm Breite sollen in der Folge kurz als kleine Platten bezeichnet werden. Infolge des Ergebnisses der mit denselben angestellten Versuche schien es von Interesse, bei einigen Metallen noch grössere Electrodenflächen anzuwenden. Es wurden dazu ähnlich eingerichtete Platten aber von 10 mm Breite und 50 bis 60 mm Länge benutzt. Um andererseits auch noch kleinere Electrodenflächen untersuchen zu können, habe ich bei einigen Metallen Drähte angewandt, welche vertical bis zu verschiedenen Tiefen eingetaucht wurden. Als Electrodenfläche wurde der mit der Flüssigkeit in Berührung gebrachte Cylindermantel des Drahtes gerechnet. Der Fehler infolge der Capillarität ist hier verschwindend klein. Bei der Untersuchung der Polarisation der Platten zeigte sich bald, dass dieselbe nicht allein von der chemischen Natur der Metalle, sondern auch von der augenblicklichen Beschaffenheit der Oberfläche abhing. Um in dieser Beziehung bei allen Platten von einem gleichartigen Zustand auszugehen, wurde denselben ein möglichst hoher Grad von Politur ertheilt. Dieselbe wurde stets erneuert, sobald es sich dem Augenschein nach als nothwendig erwies. Trotzdem wichen die zu verschiedenen Zeiten mit einem und demselben Plattenpaar angestellten Versuche oft nicht unwesentlich voneinander ab. Diese Veränderlichkeit findet zum Theil darin ihre Erklärung, dass auch während der Versuche, also bei längerem Uebergang der Wechselströme aus dem Metall in die Flüssigkeit, die Polarisationsfähigkeit desselben sich verändert, und zwar nimmt bei einigen Metallen die Polarisation zu, bei anderen ab. Die Wechselströme wurden stets solange hindurchgeleitet, bis sich ein einigermaßen constanter Grenzwert herausgestellt hatte. Die anfänglichen Beobachtungen wurden dann nicht mitgerechnet. Das Verhalten der einzelnen Metalle in dieser Beziehung wird noch besonders besprochen werden.

Die Mittelwerthe zweier Reihen entsprechen daher einem

Oberflächenzustand, welchen eine gut polirte Platte des betreffenden Metalls nach einer Berührung mit der Flüssigkeit von einigen Minuten angenommen hat.

Bevor ich nun zu den Versuchsergebnissen übergehe, will ich ein vollständiges Beobachtungsprotocoll mittheilen. Bei demselben bedeutet x die Grösse der Electrodenfläche in Quadratmillimetern, n die Schwingungszahl. In den Columnen, welche mit (l) und (r) überschrieben sind, sind die abgelesenen Scalentheile mitgetheilt, welche man beobachtete, wenn der Commutator C nach links oder rechts eingestellt war. Ihre Differenz gibt den doppelten Ausschlag α . Neben denselben stehen die Mittelwerthe aus je zwei nahezu übereinstimmenden Beobachtungen.

Kleine Platinplatte. 21. Februar 1883.

x	n	l	r	α	α Mittel
25	79,4	440	625	185*	167,5
„		450	620	170	
„		453	618	165	
50	83,3	474	599	125*	120,5
„		475	596	121	
„		475	595	120	
100	81,3	492	579	87*	82,5
„		493	577	84	
„		495	576	81	
150	83,3	503	572	69*	63,5
„		505	568	63	
„		505	569	64	
Umschalter U umgelegt					
—	—	539	536	—3	—
Multiplicatoren parallel gestellt					
—	83,3	895	180	715	715
—		895	180	715	

Bei der Bildung der Mittelwerthe α wurden die jedesmal zuerst beobachteten und mit einem * versehenen Ablenkungen fortgelassen. Die Polarisirung nähert sich erst nach einiger Zeit einem Grenzwerthe, welcher kleiner ist als der Anfangswert. Als nach Beendigung der Beobachtungsreihe der Umschalter U umgelegt wurde, zeigte sich, dass die ursprüngliche Widerstandsregulirung keine ganz vollständige gewesen war. Vielmehr trat noch eine Ablen-

kung von drei Scalentheilen in einem Sinne ein, welcher dem durch die Polarisirung bewirkten Ausschlage entgegengesetzt war. Derselbe muss daher zu den Mittelwerthen von α hinzugefügt werden.¹⁾ Hiernach folgt die folgende kleine Tabelle zur weiteren Berechnung, in welcher unter α_0 die auf $n = 80$ nach Gleichung (6) umgerechneten Werthe von α stehen.

x	n	α	α_0
25	79,4	170,5	171,8
50	83,3	123,5	118,6
100	81,3	85,5	84,1
150	83,3	66,5	63,9

Die letzte Beobachtung nach Parallelstellung der Multiplicatoren gibt: $\beta = 715$ und nach Gleichung (9): $\beta_0 = 661$. Die Werthe von $\alpha_0/\beta_0 = y$ sind in der Tabelle I, Reihe 2 enthalten.

II. Uebersicht der Beobachtungsergebnisse.

5. In den folgenden Tabellen, in welchen die Resultate für die verschiedenen Metalle enthalten sind, sind nur die Electrodenoberflächen x in Quadratmillimetern, die Quotienten y , mit denen die zu messende Grösse q proportional ist, und die Producte y, x , welche als Maass für q_1 dienen, angegeben. Waren mehrere Versuchsreihen zu verschiedenen Zeiten angestellt, so wurde aus den gefundenen Werthen von y das Mittel genommen. Ferner sind die y als Functionen von x durch Curven auf Fig. 6, 7, 8 dargestellt. Die einzelnen Curven sind durch die chemischen Zeichen der Metalle unterschieden. Ist dasselbe ohne Klammer, so wurde die betreffende Curve bei Benutzung kleiner Platten erhalten. Eine runde Klammer bedeutet, dass bei den Versuchen grössere Platten, eine eckige Klammer, dass Drähte angewandt wurden.

I. Platin. Von diesem Metall wurden kleine Platten, grössere Platten und Drähte benutzt. Die Polarisirung nahm bei den Platten anfänglich schnell, später langsam während des Durchganges der Wechselströme ab. Bei grossen

1) Eine derartige Correction erwies sich nur in wenigen Fällen als nothwendig.

Electrodenflächen (200 qmm und mehr) fielen die Werthe zu verschiedenen Zeiten so verschieden aus, dass keine constanten Zahlen erhalten werden konnten. Die Resultate mit kleinen Platten sind in den Reihen 1 und 2 enthalten. Die benutzten Platindrähte (Reihe 3) hatten einen Durchmesser von 0,49 mm. Dieselben wurden zuerst nur mit ihren äussersten Spitzen eingetaucht. Die Grösse der Berührungsfläche kann dabei natürlich nicht berechnet werden. Sie mag kurz als „sehr klein“ (s. kl.) bezeichnet werden.

Tabelle I. Platin.

x	y			$x \cdot y$	Reihe 3		
	Reihe 1	Reihe 2	Mittel		x	y	$x \cdot y$
25	0,2406	0,2599	0,2502	6,25	s. kl.	0,4208	
50	0,2007	0,1794	0,1904	9,52	7,7	0,3850	2,95
100	0,1521	0,1273	0,1397	13,97	15,4	0,3584	5,50
150	0,1256	0,0966	0,1111	16,67	23,1	0,3142	7,23
					38,5	0,2477	9,50
					77,0	0,1448	11,10

Von den erhaltenen beiden Reihen für y gibt die von den Platten herrührende etwas kleinere Werthe, als die mit Benutzung der Drähte gewonnene Reihe. Die entsprechenden Curven sind in Fig. 6 dargestellt.

II. Palladium. Die beiden Palladiumplatten hatten, wie oben bemerkt, eine Breite von 7 mm. Sie werden bis zu Tiefen von 4, 7, 14, 21 und 31 mm eingetaucht. Die beiden mit denselben angestellten Beobachtungsreihen 4 und 5 zeigen zwar einen gleichen Verlauf, weichen aber in ihren absoluten Werthen etwas ab, obgleich dieselben unmittelbar nacheinander ausgeführt wurden. Die Curve für y befindet sich auf Fig. 7.

Tabelle II. Palladium.

x	y			$y \cdot x$
	Reihe 4	Reihe 5	Mittel	
28	0,2385	0,2127	0,2256	6,32
49	0,2035	0,1843	0,1939	9,50
98	0,1154	0,1030	0,1092	10,70
147	0,0866	0,0810	0,0838	12,30
217	0,0451	0,0370	0,0410	8,90

III. Gold. Benutzt wurden kleine Goldplatten (Reihe 6) und Golddrähte von 0,486 mm Durchmesser (Reihe 7). Die beiden Reihen, sowie die entsprechenden Curven auf Fig. 6 gehen gut ineinander über.

Tabelle III. Gold.

Reihe 6			Reihe 7		
x	y	$y \cdot x$	x	y	$y \cdot x$
25	0,1621	4,05	s. kl.	0,3685	—
50	0,1217	6,08	7,63	0,2816	2,15
100	0,0930	9,30	15,27	0,2144	3,27
150	0,0655	9,82	22,90	0,1823	4,18
			38,17	0,1291	4,93

IV. Silber. Kleine Platten: Reihe 8. Drähte von 0,52 mm Durchmesser: Reihe 9. Die Polarisation der Platten zeichnete sich durch ihre Constanz aus. Bei den Drähten fand während der fortdauernden Wirkung der Wechselströme eine langsame Zunahme statt.

Die beiden Reihen, sowie die Curven (Fig. 6) schliessen sich gut aneinander an.

Tabelle IV. Silber.

Reihe 8			Reihe 9		
x	y	$y \cdot x$	x	y	$y \cdot x$
25	0,0886	2,21	s. kl.	0,3464	—
50	0,0634	3,11	1,6	0,2347	0,38
100	0,0407	4,07	3,3	0,1781	0,58
150	0,0325	4,87	8,2	0,1256	1,03
			16,3	0,0919	1,50
			24,5	0,0767	1,88
			32,6	0,0686	2,24

V. Kupfer. Kleine Platten: Reihe 10; Drähte von 0,496 mm Durchmesser: Reihe 11. Bei den Platten findet nach und nach eine Zunahme der Polarisation statt. Nach dem Versuch zeigen dieselben eine röthliche Färbung durch eine dünne Oxydschicht.

Darstellung der Reihen: Fig. 7.

Tabelle V. Kupfer.

Reihe 10			Reihe 11		
x	y	$y \cdot x$	x	y	$y \cdot x$
25	0,0671	1,73	s. kl.	0,2506	—
50	0,0433	2,16	3,11	0,2027	0,63
100	0,0217	2,17	7,80	0,1392	1,08
			15,6	0,1110	1,73
			23,5	0,0831	1,94

VI. Zink und amalgamirtes Zink. Benutzt wurden nur kleine Platten. Die Polarisation des Zinks (Reihe 12) war sehr unbeständig und nahm mehrfach sehr schnell ab. Die mitgetheilte Reihe wurde bei sehr guter Politur der Platte erhalten. Dagegen zeigte sich das stets frisch amalgamirte Zink recht constant, wofür auch die gute Uebereinstimmung der beiden Reihen 13 und 14 spricht. Die Curve des amalgamirten Zinks befindet sich auf Fig. 7, diejenige des blanken Zinks Fig. 8.

Tabelle VI.

x	Zink		Amalgamirtes Zink			
	y	$y \cdot x$	y			$y \cdot x$
	Reihe 12		Reihe 13	Reihe 14	Mittel	
25	0,0895	2,24	0,1184	0,1266	0,1225	3,06
50	0,0892	4,46	0,0928	0,0923	0,0925	4,62
100	0,0747	7,47	0,0637	0,0669	0,0653	6,53
150	0,0506	7,59	—	0,0467	0,0467	7,00

VII. Nickel. Kleine Platten: Reihe 15 und 16, dargestellt auf Fig. 8.

Tabelle VII. Nickel.

x	y			$y \cdot x$
	Reihe 15	Reihe 16	Mittel	
25	0,3010	0,3055	0,3032	7,58
50	0,2776	0,2973	0,2874	14,37
100	0,2585	0,2666	0,2625	26,25
150	0,2394	0,2540	0,2467	37,00
200	0,2028	0,2467	0,2247	44,94

VIII. Aluminium. Bei diesem Metall dauerte es am längsten, bis die Ablenkungen einen constanten Werth er-

reichten, und zwar wuchsen dieselben anfänglich sehr erheblich. Die Wechselströme wurden stets solange hindurchgeleitet, bis zwei aufeinander folgende Beobachtungen übereinstimmten. Da die Versuche mit kleinen Platten (R. 17) auffallend grosse Werthe für y und eine sehr langsame Abnahme mit wachsendem x ergaben, so wurden dieselben mit grossen Platten (R. 18) fortgesetzt, welche 10 mm breit und über 50 mm lang waren. Die Curven finden sich auf Fig. 8.

Tabelle VIII. Aluminium.

Reihe 17			Reihe 18		
x	y	$y \cdot x$	x	y	$y \cdot x$
25	0,3625	9,06	100	0,3000	30,00
50	0,3391	16,95	200	0,2327	46,54
100	0,3358	33,58	300	0,1916	57,48
150	0,2301	34,51	400	0,1664	66,56
			500	0,1251	62,55

Die Curven für die beiden Reihen gehen nicht ganz regelmässig ineinander über, was bei der grossen anfänglichen Veränderlichkeit nicht zu verwundern ist. Für eine weiter unten gebildete Tabelle habe ich den Werth (R. 17, $x = 150$) fortgelassen, dagegen das Mittel der Werthe für $x = 100$ in den beiden Reihen genommen.

IX. Zinn. Die Polarisation dieses Metalles, resp. die Ablenkungen des Electrodynamometers nehmen mit der Zeit ab. Bei hochpolirter Oberfläche erhält man ziemlich constante Werthe. Bei längerer Andauer der Versuche zeigen sich Spuren von Oxydation. Die Versuche mit kleinen Platten (R. 19) zeigten ebenfalls eine sehr langsame Abnahme. Deshalb wurden die Reihen 20 und 21 mit grossen Platten hinzugefügt. Die Curven ebenfalls: Fig. 8.

Tabelle IX. Zinn.

Reihe 19			x	y			$y \cdot x$
x	y	$y \cdot x$		Reihe 20	Reihe 21	Mittel	
25	0,1788	4,72	100	0,1251	0,1138	0,1194	11,94
50	0,1691	8,40	200	0,0952	0,0839	0,0895	17,90
100	0,1397	13,97	300	0,0819	0,0720	0,0770	23,10
150	0,0965	14,47	400	0,0682	0,0646	0,0664	26,56

Bei allen bisher mitgetheilten Beobachtungen bestand die eingeschaltete Flüssigkeit aus einer concentrirten Kochsalzlösung. Die Polarisation der Electroden wurde also durch abwechselnde Belegung mit Wasserstoff und Chlor bewirkt. Ich habe noch einige Versuche mit anderen Combinationen angestellt, theils um die Empfindlichkeit der Methode für schwache Polarisation zu prüfen, theils um eine Vergleichung mit dem einzigen bisher über diesen Gegenstand vorliegenden Beobachtungsergebnisse von F. Kohlrausch vorzunehmen. Zu dem Zweck wurden zunächst zwei Combinationen untersucht, bei denen das Metall der Salzlösung mit demjenigen der Electroden übereinstimmt, sogenannte galvanoplastische Combinationen, und zwar Kupferelectroden in concentrirter Kupfervitriollösung und Zink in concentrirter Zinkvitriollösung. Bei beiden Combinationen erhält man mit anderen, empfindlichen Methoden z. B. nach du Bois-Reymond's Methode¹⁾ mit Benutzung der electromagnetischen Wippe messbare Werthe der Polarisation. Auch bei Benutzung der Wechselströme ergaben sich bei beiden Combinationen mit Benutzung kleiner Platten Ausschläge, aus denen die Polarisation berechnet werden konnte. Kupfer war ziemlich constant; Zink dagegen zeigte anfangs grössere, später kleinere Werthe. Bemerkenswerth ist, dass dieselben nur wenig mit der Plattengrösse sich änderten. Auch als Kupferdrähte, nur mit ihren äussersten Spitzen eingetaucht, als Electroden dienten, erhielt ich wenig grössere Werthe.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle X.

Kupfer in Kupfervitriollösung.

<i>x</i>	<i>y</i>
s. klein	0,065
25	0,057
50	0,052
100	0,042

Zink in Zinkvitriollösung.

<i>x</i>	<i>y</i>
25	0,059
50	0,046
100	0,047

1) E. du Bois-Reymond, Berl. Ber. 1859. p. 443—488.
Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. XIX.

Als dagegen amalgamirte Zinkplatten in Zinkvitriollösung untersucht wurden, zeigte sich bei einer Electrodenfläche von 100 qmm gar kein Ausschlag. Bei 25 qmm wurde ein Ausschlag von drei Scalentheilen beobachtet; aus demselben kann nur auf das Vorhandensein einer Spur von Polarisation geschlossen werden. Der hieraus berechnete Werth von y würde 0,003 betragen. Als die Platten dagegen nur mit ihrem äussersten Rand eintauchten, die Electrodenfläche also bis etwa auf 2—3 qmm verkleinert war, wurden 17 Scalentheile beobachtet, woraus $y = 0,02$ folgte.

Die Combination amalgamirtes Zink in Zinkvitriol bewährte sich demnach auch bei Wechselströmen als nahezu unpolarisierbar. Jedenfalls liegen die beobachteten Werthe viel tiefer, als bei irgend einer anderen Combination, besonders auch als diejenigen des reinen Zinks in derselben Flüssigkeit.

Endlich habe ich noch die Polarisation von Platin (kleine Platten) in verdünnter Schwefelsäure (einen Theil Säure auf fünf Theile Wasser) untersucht.

Tabelle XI. Platin in Schwefelsäure.

x	y	$y \cdot x$
25	0,1941	4,85
50	0,1522	7,61
100	0,1245	12,45
150	0,0977	14,65

Die gefundenen Werthe sind sämmtlich etwas kleiner, als bei Benutzung einer Kochsalzlösung. Dieselben gestatten eine Vergleichung mit Beobachtungen von Kohlrausch. Wie früher auseinander gesetzt, sind die Grössen y mit dem Factor 700 000 zu multipliciren, um die Grösse q , bezogen auf Siemens'sche Einheiten und Secunden, zu erhalten.

Man findet dadurch für die vier Electrodenflächen die Zahlen:

135 870, 106 540, 87150, 68390.

Für 108 qmm gibt F. Kohlrausch¹⁾ nach seiner ersten

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 148. p. 151 und 154. 1873.

Methode die Zahl 74800; also für 1 qmm: 8 078 400, welche mit der Zahl 8 715 000 hinreichend übereinstimmt. Die andere für die gleiche Combination von Kohlrausch angegebene Zahl 57000 ist wohl nach einer weniger genauen Methode erhalten worden.

III. Discussion der Beobachtungsergebnisse.

7. Ich gehe nun zu einer weiteren Besprechung der in den Tabellen I bis IX niedergelegten Resultate über. Fassen wir zunächst den Verlauf der Grössen y als Function von x ins Auge.

Bei vier Metallen wurde y für sehr kleine Werthe von x untersucht. Es zeigt sich, dass bei denselben y von einem verhältnissmässig sehr grossen Anfangswerth schnell mit wachsendem x abnimmt, am langsamsten bei Platin, schneller bei Gold, am schnellsten und ziemlich gleichmässig bei Silber und Kupfer, welche beiden Metallen deshalb in ihrem weiteren Verlauf erheblich hinter Platin und Gold zurückstehen.

In dem Intervall von $x = 25$, bis $x = 150$ wurden alle Metalle untersucht. Man kann dieselben mit Rücksicht auf die Abnahme von y mit wachsendem x in zwei verschiedene Gruppen theilen. Bei der ersten, bestehend aus Platin, Palladium, Gold, Silber und amalgamirtem Zink ist die Abnahme von y eine ziemlich gleichmässige und verhältnissmässig schnelle. Dieser Gruppe kann das Kupfer mit noch stärkerem Abfall von y zugerechnet werden. Bei der anderen Gruppe bestehend aus Aluminium, Nickel, Zinn und Zink ist ebenfalls die Abnahme eine ziemlich gleichmässige, aber viel langsamer.

Setzt man für $x = 25$, $y = 100$, so erhält man die in der folgenden Tabelle zusammengestellten, relativen Werthe für die verschiedenen Metalle.

Nur das Palladium musste fortgelassen werden, weil keine Beobachtung für $x = 25$ vorlag.

Tabelle XII.

x	50	100	150	200	300	400
Platin . . .	76,1	55,8	44,4	—	—	—
Gold . . .	75,1	57,4	40,4	—	—	—
Amalg. Zinn .	75,5	53,3	38,1	—	—	—
Silber . . .	71,6	45,9	36,7	—	—	—
Kupfer . . .	64,5	32,3	—	—	—	—
Nickel . . .	94,8	86,6	81,4	74,1	—	—
Aluminium .	93,5	87,7	—	64,2	52,9	45,9
Zinn . . .	94,6	72,4	—	50,1	43,1	37,1
Zink . . .	99,7	83,5	56,5	—	—	—

Am langsamsten ist hiernach die Abnahme bei Nickel und Aluminium, am schnellsten bei Kupfer.

Bemerkenswerth ist ferner der Einfluss der Amalgamirung auf das Zink, welches in reinem Zustand der zweiten, im amalgamirten der ersten Gruppe angehört.

Nach Vergleichung des Verlaufs der Function y bei den verschiedenen Metallen komme ich zur Besprechung der Producte von y mit der Electrodenfläche x . Zu diesem Zweck sind diese Producte sämmtlich in der folgenden Tab. XIII zusammengestellt, wobei nur zu bemerken ist, dass die für das Palladium angegebenen Zahlen nicht genau den Werthen von x entsprechen, wie eine Vergleichung mit Tab. II lehrt.

Zur besseren Uebersicht sind die Zahlenwerthe dieser Tabelle als Curven in Fig. 9 dargestellt.

Tabelle XIII.

x	25	50	100	150	200	300	400	500
Aluminium . .	9,06	16,95	31,17	—	46,54	57,48	66,56	62,55
Nickel	7,58	14,37	26,25	37,00	44,94	—	—	—
Platin	6,25	9,52	13,97	16,66	—	—	—	—
Palladium . .	6,32	9,50	10,94	12,30	8,90	—	—	—
Zinn	4,72	8,40	12,95	14,47	17,90	23,10	26,56	—
Gold	4,05	6,08	9,30	9,82	—	—	—	—
Amalg. Zink .	3,06	4,62	6,53	7,00	—	—	—	—
Zink	2,24	4,46	7,47	7,59	—	—	—	—
Silber	2,21	3,11	4,07	4,87	—	—	—	—
Kupfer	1,73	2,16	2,17	—	—	—	—	—

Der Verlauf dieser Zahlenreihen ist bei allen Metallen ein gleichmässiger. Für kleine Werthe von x wachsen dieselben zuerst schnell, dann immer langsamer und nähern sich jedenfalls einem Grenzwert oder einem Maximalwerth. Ein solcher wurde wenigstens in zwei Fällen (bei dem Aluminium und bei dem Palladium) wirklich beobachtet. Es wäre möglich, dass diese Erscheinung auch noch bei anderen Metallen sich gezeigt hätte, wenn bei denselben noch grössere Electrodenflächen hätten benutzt werden können.

Das früher besprochene Gesetz der Proportionalität zwischen electromotorischer Kraft und Dicke der Gasschicht erforderte die Constanz der angegebenen Producte für jedes einzelne Metall. Wie zu erwarten war, wird dieses Gesetz bei keinem Metall streng erfüllt, um so weniger, je kleiner die Electrodenflächen sind. Andererseits sind bei den meisten Metallen diese Producte für grosse Flächen nur noch so wenig voneinander verschieden, dass es wohl gestattet sein dürfte, dieselben als Constanten anzusehen und ihre Werthe in runder Summe anzugeben. Dabei verdient hervorgehoben zu werden, dass diese angenäherte Constanz oder das Maximum keineswegs für alle Metalle bei gleichen Electrodenflächen eintritt.

Am niedrigsten (x zwischen 50 und 100) liegt dieselbe beim Kupfer. Da die Oberfläche desselben aber bei längerer Berührung mit der Flüssigkeit deutliche Zeichen einer eingetretenen Oxydation gab, so sehe ich von der Feststellung eines Zahlenwerthes ab. Gleichmässig nähern sich bei Electrodenflächen von 100 bis 200 die folgenden Metalle den beigesetzten Grenzwerten:

Silber 5, Gold 10, Palladium 11, Platin 17.

Dagegen wird derselbe vom Aluminium erst bei einer Fläche von 300 bis 400 qmm erreicht und beträgt etwa 60.

Ein ähnlicher Verlauf ist bei Nickel und Zinn zu erwarten. Doch reichen hier die Beobachtungen nicht hin, um den Zahlenwerth anzugeben.

8. Die Producte yx können durch Multiplication mit 700 000 auf die Einheiten: S.-E., Sec. umgerechnet werden. Setzt man:

$$1 \text{ S.-E.} = 0,95 \text{ Ohm,}$$

so ist nach Gl. (1) und (8):

$$q_1 = 665\,000 \cdot y \cdot x \text{ Ohm/Sec.}$$

Endlich kann man nach Gl. (3) aus q_1 die Capacität der Flächeneinheit berechnen.

Hierbei ist noch ein Umstand in Betracht zu ziehen. Vor kurzem hat R. Colley¹⁾ nachgewiesen, dass jede Electrode mit der sie berührenden Flüssigkeitsschicht als ein besonderer Condensator anzusehen ist. Nehmen wir vorläufig an, dass die beiden mit verschiedenen Gasen beladenen Electroden gleiche Capacitäten haben, so tritt an Stelle der Gleichung (3):

$$c_1 = \frac{2}{q_1},$$

wo jetzt c_1 die Capacität der Flächeneinheit der einen Electrode bedeutet.

Man erhält also:

$$c_1 = \frac{2}{665\,000 \cdot y \cdot x} \text{ Farad,} \quad c_1 = \frac{2}{0,665 \cdot y \cdot x} \text{ Mikrofadar.}$$

Benutzt man die oberen Grenzwerthe der Producte, so erhält man die folgende Tabelle für die Capacität von 1 qmm bei der wechselnden Wasserstoff-Chlor-Polarisation:

Silber . . 0,60 Mikrofadar	Platin . . 0,18 Mikrofadar
Gold . . 0,30 „	Aluminium 0,05 „
Palladium . 0,27 „	

Im allgemeinen sind diese Zahlen viel kleiner als die von früheren Beobachtern gefundenen.²⁾ Dieselben beziehen sich allerdings meist auf die Polarisation von Platin in Schwefelsäure, deren Grösse aber der hier untersuchten ziemlich nahe liegt. So hat z. B. R. Colley³⁾ gefunden, dass die Capacität von Platin für 1 qmm 1,50, dagegen bei schwächerer Kraft des polarisirenden Stromes nur 0,88 Mikrofadar beträgt. Offenbar sind diese Zahlen noch weit von dem

1) R. Colley, Wied. Ann. 7. p. 206—242. 1879.

2) Eine Zusammenstellung der Literatur, vgl. G. Wiedemann, Lehre von der Electricität. 2. p. 744—751. 1883.

3) R. Colley. Wied. Ann. 7. p. 238—239. 1879.

unteren Grenzwert entfernt. Jedenfalls wird es kaum eine andere Methode geben, bei welcher die störenden Nebeneinflüsse, wie das Eindringen der Gase in die Electroden, Diffusion derselben in der Flüssigkeit, Convectionsströme etc., weniger in Betracht kommen, wie bei der Benutzung der Wechselströme.

Nimmt man, an der Vorstellung eines Condensators festhaltend, an, dass die dielectriche Constante der isolirenden Zwischenschicht Eins ist, so kann man die Dicke derselben aus den oben angegebenen Zahlen berechnen. Hierzu wurde in runder Summe ein Mikrofara gleich 9,000 000 mm gesetzt. Da ferner: $c_1 = 1/4\pi d$, so ist die Dicke der isolirenden Schicht:

Bei Silber	. . .	147.10 ⁻¹⁰ mm
„ Gold	. . .	295.10 ⁻¹⁰ „
„ Palladium	. . .	327.10 ⁻¹⁰ „
„ Platin	. . .	491.10 ⁻¹⁰ „
„ Aluminium	. .	1768.10 ⁻¹⁰ „

Da die Producte von $x.y$ für kleinere Werthe von x oder für grössere Dichtigkeit des ladenden Stromes abnehmen, so wächst für dieselben die Condensatorcapacität der polarisirten Metallplatten sehr bedeutend. Es scheint mir hierin aber kein Hinderniss zu liegen, an der Vergleichung mit einem Condensator festzuhalten. Man braucht sich nur vorzustellen, dass man mit einem Condensator zu thun hat, dessen Capacität mit der Grösse der Ladung wächst. Solche Condensatoren könnte man sich auch auf andere Weise wirklich herstellen. Es mögen z. B. bei einem gewöhnlichen Condensator die beiden durch eine Luftschicht getrennten Belegungen nicht absolut fest, sondern gegen einander beweglich sein und durch gewisse (etwa elastische) Kräfte ursprünglich in einer bestimmten Entfernung festgehalten werden. Bei sehr schwachen Ladungen bleibt dann die Capacität nahezu constant. Bei stärkeren Ladungen würden aber die Belegungen mehr und mehr einander genähert und die Capacität dem entsprechend gesteigert werden.

Das auffallend verschiedene Verhalten der einzelnen Metalle, besonders die extreme Stellung des Aluminiums und des

Nickels, veranlassten mich, zu untersuchen, ob dasselbe sich auch bei Anwendung constanter Ströme zu erkennen geben würde. Ich habe daher gelegentlich einige Versuche mit denselben Electrodenplatten (1 qcm) in Kochsalzlösung angestellt, bei welchen die Platten durch den Strom eines Daniell'schen Elementes polarisirt wurden, wobei der primäre Kreis einen Widerstand von 2000 S. E. enthielt. Der Entladungsstrom wurde durch ein Galvanometer von gleichem Widerstand geleitet. Dabei wurde in der Weise die für diesen Zweck wohl recht geeignete Multiplicationsmethode benutzt, dass in der einen halben Schwingung der Galvanometernadel polarisirt, in der anderen Halbschwingung der Polarisationsstrom durch das Galvanometer geleitet wurde. Nach einiger Zeit erreichten die Ablenkungen auf beiden Seiten constante Grenzwerte. Ihre Differenz kann als Maass für die Condensatorcapacität¹⁾ des betreffenden Metalles angesehen werden, wobei es sich allerdings nur um eine ganz rohe Annäherung handeln kann, da die oben erwähnten, störenden Einwirkungen hier wesentlich in Betracht kommen. Es ergaben sich die folgenden Ausschläge:

Silber . . . 425 Scalenth.,	Platin . . . 182 Scalenth.,
Gold . . . 295 „	Aluminium . . 10 „

Die Reihenfolge ist dieselbe, wie bei den früheren Beobachtungen. Auch hier zeigt sich das Aluminium in exceptioneller Stellung gegenüber den übrigen Metallen. Ohne hier näher auf die Frage einzugehen, wie dasselbe zu erklären ist, möchte ich doch noch darauf hinweisen, dass vor kurzem F. Streintz²⁾ gefunden hat, dass von allen Metallen das Aluminium am schnellsten nach Oeffnung eines Stromes seine Polarisation verliert, ja sogar unmittelbar nachher Spuren einer entgegengesetzten Polarisirung zeigt. Es scheint daher, dass es sich hier um eine eigenthümliche Anziehung der Metalle gegen Gase handelt, welche beim Aluminium Null oder sehr klein, bei den übrigen Metallen mehr oder weniger gross ist. Die Erörterung weiterer Folgerungen

1) Vgl. d. Theorie von H. Herwig, Wied. Ann. 2. p. 566—604. 1877.

2) F. Streintz, Wied. Ann. 17. p. 841—858. 1882.

will ich bis zur Vollendung neuer Untersuchungen, besonders über die Polarisation durch andere Zersetzungsproducte verschieben. Als Resultate der vorliegenden Untersuchungen lassen sich die folgenden Sätze anführen:

1. Electriche Schwingungen sind sehr geeignet, die galvanische Polarisation in ihren Anfangsstadien zu untersuchen.

2. Ihre Anwendung gestattet die Berechnung der Capacität der polarisirten Electroden.

3. Die Capacität der Flächeneinheit hat bei kleiner Dichtigkeit des ladenden Stromes ein Minimum oder einen unteren Grenzwert.

4. Dieser Grenzwert wird bei den einzelnen Metallen bei verschiedener Stromdichtigkeit erreicht und hat verschieden grosse Werthe.

5. Bei grösserer Stromdichtigkeit wächst die Capacität zuerst langsam, dann schneller und scheint schliesslich einen oberen Grenzwert zu erreichen.

6. Die Capacität verändert sich bei den meisten Metallen während des Durchganges der Wechselströme und wird erst nach einiger Zeit constant. Bei Platin, Zink, Zinn nimmt dieselbe anfänglich zu, bei Aluminium und Kupfer ab.

Halle a. S., April 1883.

IV. *Ueber die Abhängigkeit der Wärmeleitung der Gase von der Temperatur;* *von A. Winkelmann.*

(Hierzu Taf. IX Fig. 10–12.)

Vor längerer Zeit habe ich die Wärmeleitung einer Reihe von Gasen in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt.¹⁾ Ich ging dabei von der mit der Theorie übereinstimmenden Annahme aus, dass die Temperaturcoefficienten

1) Winkelmann, Pogg. Ann. 157. p. 497. 1876; 159. p. 177. 1876. Wied. Ann. 1. p. 63. 1877.