PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND 62.

1. Die Klebrigkeit isolirender Flüssigkeiten im constanten electrischen Felde; von G. Quincke.¹⁾

§ 117.

Man sollte erwarten, dass isolirende Flüssigkeiten in einem electrischen Felde im Zustande der dielectrischen Polarisation eine andere Klebrigkeit oder Viscosität besitzen, als in un-electrischem Zustande.

Walter Koenig²⁾ fand bei Flüssigkeiten, welche durch Capillarröhren zwischen Condensatorplatten hindurchströmten, keine Aenderung der Klebrigkeit beim Laden der Condensatorplatten.

Ich habe eine Zunahme der Klebrigkeit durch dielectrische Polarisation der Flüssigkeit in folgender Weise feststellen können.

Kugeln aus Crownglas, Flintglas, Quarz oder Kalkspath von 1 cm Durchmesser wurden mit dünnen Seidenfäden an einer leichten Waage aufgehangen, sodass die Kugel in der Mitte zwischen quadratischen Condensatorplatten von 5 cm Seite und 1,5 cm Abstand aus vernickeltem Messing schwebte.

Die Condensatorplatten waren mit Kork in einem Würfeltrog aus zusammengeschmolzenen Spiegelglasplatten befestigt, der mit Aether, mit Schwefelkohlenstoff, mit einem Gemisch aus gleichen Volumentheilen Schwefelkohlenstoff und Terpenöl, oder mit Benzol gefüllt war. Die Condensatorplatten konnten mit den Polen eines Hochspannungsaccumulators oder mit den Belegungen einer Leydener Batterie leitend verbunden

1) G. Quincke, Fortsetzung der „Electrischen Untersuchungen“, Wied. Ann. **10**. p. 161. 374. 513. 1880; **19**. p. 545. 705. 1883; **24**. p. 347. 606. 1885; **28**. p. 529. 1886; **34**. p. 401. 1888; **59**. p. 417. 1896.

2) W. Koenig, Wied. Ann. **25**. pag. 624. 1885.

und ihre Potentialdifferenz mit einem Braun'schen Electrometer gemessen werden, wie ich es früher¹⁾ beschrieben habe.

Um die Verdunstung der Flüssigkeit zu verhüten, war der Würfeltrog mit einer Spiegelglasplatte bedeckt, in deren centraler Oeffnung ein 12 mm weites Glasrohr vertical eingekittet war. Der Seidenfaden bewegte sich frei in der Axe des Glasrohrs beim Schwingen der Waage.

Der Waagebalken der Mohr'schen Waage, welcher für diese Versuche benutzt wurde, hatte eine Länge von 242 mm. Die Zunge war 97 mm lang und bewegte sich vor einer Theilung von 14 sc. Einer Amplitude des schwingenden Waagebalkens von 1 sc oder 1,22 mm entsprach eine Drehung um $0,721^\circ$ oder eine verticale Verschiebung der Kugel um 1,521 mm.

Die halbe Schwingungsdauer des Waagebalkens mit der Kugel in der isolirenden Flüssigkeit betrug durchschnittlich 2,3 Secunden und nahm sehr wenig (0,05" oder weniger) zu, wenn die Condensatorplatten auf die electriche Potentialdifferenz 2000 Volt geladen wurden. Man kann also sagen, die Schwingungsdauer bleibt beim Electrisiren der Condensatorplatten nahezu ungeändert.

Dagegen nehmen die Amplituden des schwingenden Waagebalkens um so schneller ab, je grösser die Potentialdifferenz der Condensatorplatten ist.

Ich zählte bei der Potentialdifferenz 0 und 2000 Volt die Anzahl halber Schwingungen n_0 und n , welche der Waagebalken machen musste, damit die Amplitude von 5 sc auf 1 sc herabging, und berechnete das logarithmische Decrement der Amplitude mit der Gleichung

$$\lambda = \frac{\log 5 - \log 1}{n}.$$

Gleichzeitig zeigten die Kugeln in dem electricen Felde eine scheinbare Gewichtszunahme von G mg.

Die Resultate der Beobachtungen sind in Tabelle 140 zusammengestellt.

Der Unterschied des logarithmischen Decrements $\lambda - \lambda_0$ im electricen und unelectricen Felde für eine normal zu den electricen Kraftlinien schwingende Kugel giebt die Zunahme

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 418; Taf. V, Fig. 2. 1896.

der Klebrigkeit, welche die Flüssigkeit unter dem Einfluss der electrischen Kräfte zeigt, und soll in der Folge kurz mit dem Namen „*electrische Klebrigkeit der Flüssigkeit normal zu den electrischen Kraftlinien*“ bezeichnet werden.

Tabelle 140.

Gedämpfte Schwingungen von 1 cm dicken Kugeln $\perp$ zu den electrischen Kraftlinien.

Electrische Kraft 0 oder $\frac{2000 \text{ Volt.}}{1,5 \text{ cm}}$

Amplitude nimmt ab von 5 sc auf 1 sc.

Kugeln aus	n_a	n	G	λ_0	λ	$\lambda - \lambda_0$
in Aether						
			mg			
Crownglas	33,38	11,5	2,4	0,0210	0,0608	0,0398
Flintglas	35	10,62	1,2	0,0200	0,0658	0,0458
Quarz	38,5	12,75	0,2	0,0182	0,0548	0,0366
Kalkspath	42,81	9,97	1,2	0,0163	0,0701	0,0538
				0,0189	Mittel	0,0440
in Schwefelkohlenstoff						
Crownglas	25,01	11,5	0,8	0,0280	0,0618	0,0338
Flintglas	27,0	15	2,0	0,0260	0,0466	0,0206
Quarz	30,41	11,31	0	0,0230	0,0618	0,0388
Kalkspath	25,67	12,14	0,4	0,0272	0,0576	0,0304
				0,0261	Mittel	0,0309
in 1 Vol. Schwefelkohlenstoff + 1 Vol. Terpentinöl						
Crownglas	31,33	15,40	0,8	0,0223	0,0454	0,0231
Flintglas	28,75	14,25		0,0243	0,0491	0,0248
Quarz	29,67	14,36	0,8	0,0236	0,0487	0,0251
Kalkspath	28,25	12,88	0,8	0,0248	0,0543	0,0295
				0,0237	Mittel	0,0256
in Benzol						
Crownglas	28,75	16,25	1	0,0243	0,0430	0,0187
Flintglas	21,75	11,85	0,4	0,0324	0,0617	0,0293
Quarz	22,30	12,5	0,8	0,0314	0,0559	0,0245
Kalkspath	27,0	17	0,5	0,0259	0,0411	0,0152
				0,0285	Mittel	0,0219
in Schwefelkohlenstoff + Terpentinöl						
Crownglas*	7	3,5	3,6	0,0999	0,1997	0,0998
Flintglas*	10	4,33	2	0,0699	0,1614	0,0915
				0,0849	Mittel	0,0956

Da die Kugeln die von mir früher beschriebene electriche Rotation zeigten, schnell um eine verticale Axe rotirten und die Flüssigkeit in dem electricen Felde zwischen den Condensatorplatten in heftiger Bewegung war, so kann man keine grosse Uebereinstimmung der einzelnen Messungen erwarten.

Die Dämpfung der Schwingungen des Waagebalkens mit der Kugel kann bei gleicher electriche Feldstärke nicht von einer Wirkung auf die Substanz der festen Kugel herrühren, da diese ja bei dem Auf- und Niedergehen zwischen den parallelen Condensatorplatten derselben electriche Kraft ausgesetzt bleiben.

Bei dem Einbringen der festen Kugel in die Flüssigkeit des electriche Feldes wird die electriche Feldstärke geändert, bei Kugeln aus verschiedener Substanz in verschiedener Weise. Sieht man aber von dieser Aenderung ab, so sollten Kugeln gleicher Grösse aus verschiedener Substanz in derselben Flüssigkeit bei gleichem Abstand und gleicher Potentialdifferenz der Condensatorplatten dieselbe Dämpfung zeigen. Ich habe daher in Tabelle 140 das arithmetische Mittel aus den für die verschiedenen Kugeln bei derselben Flüssigkeit gefundenen Werthen von $\lambda - \lambda_0$ angegeben.

In Tabelle 141 habe ich für die untersuchten Flüssigkeiten zusammengestellt: die Klebrigkeit oder Constante der inneren Reibung η nach den im hiesigen physikalischen Institut ausgeführten Messungen¹⁾; die mit der electriche Waage gefundenen Werthe der Dielectricitätsconstante²⁾; die Mittelwerthe des logarithmischen Decrements λ_0 für die electriche Feldstärke 0; die Mittelwerthe der electriche Klebrigkeit für Schwingungen $\perp$ zu den electriche Kraftlinien; und in der letzten Columnne den Quotienten $\lambda - \lambda_0/K$. Dieser Quotient hat für die verschiedenen Flüssigkeiten nahezu denselben Werth, oder die electriche Klebrigkeit $\perp$ zu den electriche Kraftlinien ist bei gleichem Abstand und gleicher Potentialdifferenz der Condensatorplatten nahezu proportional der Dielectricitätsconstante der betreffenden Flüssigkeit.

Das logarithmische Decrement λ_0 für die electriche Feldstärke 0 wird im allgemeinen um so kleiner gefunden, je ge-

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 431. 1896.

2) G. Quincke, Wied. Ann. 19. p. 725. 1883; 28. p. 534. 1886.

ringer die Klebrigkeit η der Flüssigkeit ist. Jedoch sind die einzelnen Messungen mit den verschiedenen Kugeln nicht genau vergleichbar, da die Kugeln mit den Laufgewichten der Mohr'schen Waage äquilibrirt wurden, also Gestalt und Trägheitsmoment des schwingenden Systems bei den einzelnen Messungen etwas verschieden war. Bei dem unbelasteten Waagebalken, ohne Kugel und Reitergewicht, war nach 205 halben Schwingungen die Amplitude von 5 sc auf 1 sc heruntergegangen.

Tabelle 141.

Electrische Klebrigkeit $\perp$ zu den electrischen Kraftlinien.

Electrische Kraft $\frac{2000 \text{ Volt}}{1,5 \text{ cm}}$

	$\eta \frac{\text{g}}{\text{cm sec}}$	K	λ_0	$\lambda - \lambda_0$	$\frac{\lambda - \lambda_0}{K} 1000$
Aether	0,00256	4,323	0,0189	0,0440	10,18
Schwefelkohlenstoff	0,00388	2,620	0,0261	0,0309	11,80
1 Vol. Schwefelkohlenstoff + 1 Vol. Terpentinöl	0,00606	2,496	0,0237	0,0256	10,02
Benzol	0,00758	2,374	0,0285	0,0219	9,23
Terpentinöl	0,01865	2,308			

Die Dämpfung muss von der Klebrigkeit der im electrischen Felde electrisirten Flüssigkeit abhängen. Diese Klebrigkeit kann mit der Grösse der electrischen Feldstärke oder dielectrischen Polarisation der Flüssigkeit sich ändern. Ausserdem wird aber die Dämpfung um so grösser gefunden werden, je mehr die Flüssigkeit zwischen den Condensatorplatten durch die electrischen Kräfte und Convectionsströme in wirbelnde Bewegung gesetzt wird.

Diese Flüssigkeitsbewegungen, welche ich schon früher¹⁾ durch Aenderungen des hydrostatischen Drucks nachgewiesen habe, erklären auch die scheinbare Gewichtszunahme G der Tabelle 140. Zwar würde eine verschiedene electrische Ausdehnung der festen Kugel und der umgebenden Flüssigkeit auch eine Gewichtszunahme der Kugel herbeiführen können, doch sind die von mir selbst bei grösseren electrischen Kräften beobachteten Volumendilatationen²⁾ viel zu gering (1000 mal

1) G. Quincke, Wied. Ann. 19. p. 750. 1883.

2) G. Quincke, Wied. Ann. 10. p. 190 u. 545. 1880.

zu klein), als dass sie eine ausreichende Erklärung der verhältnissmässig grossen Gewichtszunahme G (2 mg bei einem Volumen von 524 mm³ gewähren könnte.

Da diese wirbelnden Bewegungen nach meinen Untersuchungen über die Rotation im constanten electrischen Felde¹⁾ bei Flüssigkeitsgemischen besonders stark auftreten, so müssten auch Flüssigkeitsgemische im electrischen Felde eine grössere Dämpfung der schwingenden Kugeln und ein grösseres $\lambda - \lambda_0$ zeigen, als reine Flüssigkeiten. Für ein bestimmtes Mischungsverhältniss scheint dieser Einfluss der wirbelnden Bewegung besonders merklich zu werden, wie die Versuche am Schluss der Tabelle 140 zeigen. Bei diesen mit einem * bezeichneten Versuchen war das Gemisch aus gleichen Raumtheilen Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl schon mehrfach gebraucht und ein Theil des Schwefelkohlenstoffs verdampft.²⁾

Die scheinbare Gewichtszunahme G der Kugeln änderte sich bedeutend, wenn die Kugeln in eine höher oder tiefer gelegene Stelle des electrischen Feldes gebracht wurden. Unter scheinbar denselben Bedingungen fand ich G sehr verschieden und sollen die in Tab. 140 aufgeführten Zahlen nur die Grössenordnung der Gewichtszunahme geben.

Für eine Crownglaskugel in einem Gemisch aus Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl zwischen quadratischen Condensatorplatten von 5 cm Seite und 1,5 cm Abstand betrug

bei der Potentialdifferenz	$P = 4800$	7200	10850 Volt
die scheinbare Gewichtszunahme $G =$	4,8	26,4	mehr als 40 mg.

Es wurden ferner die Condensatorplatten statt mit den Polen der Accumulatorbatterie mit den Belegungen der Leydener Batterie verbunden, bei verschiedenem Abstand a und ver-

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 485. 1896.

2) *Anmerkung.* Bestimmt man das spezifische Gewicht des Gemisches von Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl in einem Würfeltrog von 5 cm Seite durch Wägen einer 1 cm dicken Glaskugel, die in verschiedener Höhe in der Flüssigkeit schwebt, so kann man das spezifische Gewicht des Flüssigkeitsgemisches (1,05) oben um 0,01 bis 0,02 kleiner finden als unten. Befindet sich das Flüssigkeitsgemisch in einem verticalen Glascylinder von 16 cm Höhe und 1,6 cm Durchmesser, so zeigte die Flüssigkeit in verschiedenen Höhen dasselbe spezifische Gewicht. Es entstehen also in dem Würfeltroge durch Verdampfen des Schwefelkohlenstoffes Flüssigkeitsströmungen und Schichten verschiedener Dichtigkeit, die in dem engen Cylinder fehlen.

schiedener Potentialdifferenz P der Condensatorplatten die Anzahl von n Schwingungen gezählt, für welche die Amplitude des schwingenden Waagebalkens von 5 sc auf 1 sc abnahm, und daraus in der oben angegebenen Weise das logarithmische Decrement und die electriche Klebrigkeit der Flüssigkeit $\lambda - \lambda_0$ berechnet.

Die Resultate der Messungen finden sich in Tab. 142 zusammengestellt.

Tabelle 142.

Gedämpfte Schwingungen von 1 cm dicken Kugeln
 $\perp$ zu den electricen Kraftlinien.

Electriche Kraft $\frac{P \text{ Volt}}{a \text{ cm}}$.

Amplitude nimmt ab von 5 sc auf 1 sc.

P	n	λ	$\lambda - \lambda_0$	$\frac{\lambda - \lambda_0}{P} 1000$
-----	-----	-----------	-----------------------	--------------------------------------

Crownglaskugel in Schwefelkohlenstoff.

$a = 1,5 \text{ cm}$

Volt				
0	29	0,0241		
4560	9	0,0777	0,0536	0,0117
4800	8	0,0874	0,0633	0,0132
5400	5	0,1398	0,1157	0,0214

Mittel 0,0154

$a = 3 \text{ cm}$

0	29	0,0241		
1380	20	0,0349	0,0108	0,00782
2820	17	0,0411	0,0170	0,00603
4800	11	0,0635	0,0394	0,00821
6600	9,5	0,0736	0,0495	0,00750
8640	7,2	0,0971	0,0730	0,00845
10080	6,5	0,1075	0,0834	0,00828

Mittel 0,00772

Flintglaskugel in Schwefelkohlenstoff.

$a = 3 \text{ cm}$

0	20,25	0,0345		
3075	12,5	0,0559	0,0214	0,00697
3617	10	0,0669	0,0354	0,00978
5728	9,25	0,0756	0,0411	0,00717
6512	7,5	0,0932	0,0587	0,00901
9036	6	0,1165	0,0820	0,00906

Mittel 0,00840

P	n	λ	$\lambda - \lambda_0$	$\frac{\lambda - \lambda_0}{P} 10000$
-----	-----	-----------	-----------------------	---------------------------------------

Crownglas in Schwefelkohlenstoff + Terpentinöl.

$a = 1,5 \text{ cm}$

0	15,3	0,0456		
2400	6	0,1165	0,0709	0,0295
3530	4,25	0,1644	0,1188	0,0337
4800	3,5	0,1997	0,1541	0,0321
7200	3	0,2330	0,1874	0,0260
12120	2	0,3495	0,3039	0,0251

Mittel 0,0293

Flintglaskugel in Schwefelkohlenstoff + Terpentinöl.

$a = 1,5 \text{ cm}$

0	14,5	0,0482		
1200	8	0,0874	0,0392	0,0327
2400	5	0,1398	0,0916	0,0382
4200	4,25	0,1644	0,1162	0,0277
6030	3,25	0,2151	0,1692	0,0277
8450	2,5	0,2797	0,2315	0,0276

Mittel 0,0307

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass $\lambda - \lambda_0$ proportional der Potentialdifferenz der Condensatorplatten zunimmt und bei doppeltem Abstand der Condensatorplatten halb so gross ist.

Angenähert ist also die durch electriche Kräfte hervorgerufene Zunahme des logarithmischen Decrements bei normal zu den electricen Kraftlinien schwingenden Kugeln oder die electriche Klebrigkeit bei einer Bewegung normal zu den electricen Kraftlinien proportional mit

$$K \cdot \frac{P}{a},$$

wo K die Dielectricitätsconstante, P die Potentialdifferenz und a den Abstand der Condensatorplatten bezeichnet.

§ 118.

Wurde in ähnlicher Weise eine Quarzkugel von 1,5 cm Durchmesser mit einem Seidenfaden an einer leichten Waage

in wässriger Kupfervitriollösung zwischen ebenen Kupferelektroden aufgehangen, und der Strom von 2 hintereinander geschalteten Accumulatoren durch die Kupfervitriollösung geleitet, so war das logarithmische Decrement der Schwingungsbogen mit electricischem Strom dasselbe, wie ohne electricischem Strom.

Um eine grössere Genauigkeit zu erreichen, wurden die Schwingungen des Waagebalkens mit Spiegelablesung beobachtet.

Bei mehrfacher Wiederholung der Versuche zeigte sich die Dämpfung der Kugelschwingungen mit electricischem Strom ein wenig kleiner, als ohne electricischen Strom, weil die Salzlösung erwärmt und dadurch weniger klebrig geworden war.

Die Klebrigkeit von wässriger Kupfervitriollösung bleibt also bei der Electrolyse ungeändert.

§ 119.

Lässt man die an einem leichten Waagebalken aufgehängenen Kugeln in der Flüssigkeit zwischen den Condensatorplatten $\perp$ den electricischen Kraftlinien schwingen, so nimmt das logarithmische Decrement der Amplitude beim Laden der Condensatorplatten ebenfalls zu, aber viel weniger als bei den Schwingungen $\perp$ zu den electricischen Kraftlinien (§ 117).

Ich benutzte für diese Versuche den Apparat mit horizontalen Condensatorplatten, welchen ich in § 106 meiner „Electricischen Untersuchungen“¹⁾ beschrieben habe. Der Seidenfaden der Kugeln ging frei durch eine 5 mm weite Oeffnung in der Mitte der oberen Codensatorplatte. Die mit dem Hochspannungsaccumulator geladenen Condensatorplatten hatten 2200 Volt Potentialdifferenz und 3 cm Abstand.

In Tab. 144 ist die electricische Aenderung des logarithmischen Decrementes für die electricische Kraft 2200 Volt/3 cm, nach den Messungen der Tab. 140 § 117 berechnet, für Schwingungen $\perp$ zu den electricischen Kraftlinien angegeben neben derselben Aenderung für Schwingungen $\perp$ den elec-

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 449 und Taf. VI, Fig. 19. 1896.

trischen Kraftlinien, und in der letzten Columnne das Verhältniss beider Werthe von $\lambda - \lambda_0$.

Je nach der Natur der untersuchten Flüssigkeit wechselt das Verhältniss zwischen 1,5 und 6.

Tabelle 143.

Gedämpfte Schwingungen von 1 cm dicken Kugeln $\mp$ zu den electricischen Kraftlinien.

Electricische Kraft $\frac{2200 \text{ Volt}}{3 \text{ cm}}$

Amplitude nimmt ab von 5 sc auf 1 sc.

Kugeln aus	n_0	n	G	λ_0	λ	$\lambda - \lambda_0$
in Aether						
			mg			
Crownglas	30,25	19,5	1,6	0,0231	0,0359	0,0127
Flintglas	22,08	18,43	1,6	0,0317	0,0379	0,0063
				0,0274	Mittel	0,0095
in Schwefelkohlenstoff						
Crownglas	33,77	21,50	1	0,0207	0,0325	0,0118
Flintglas	26,16	18,42	2,8	0,0267	0,0380	0,0112
				0,0237	Mittel	0,0115
in Benzol						
Crownglas	23,31	21,30	0,6	0,0300	0,0328	0,0028
Flintglas	25,25	24,00	0,8	0,0277	0,0291	0,0014
				0,0288	Mittel	0,0021

Tabelle 144.

Electricische Klebrigkeit $\lambda - \lambda_0$ für die electricische Kraft $\frac{2200 \text{ Volt}}{3 \text{ cm}}$

	$\perp$	$\mp$	$\frac{\perp}{\mp}$
Aether	0,0242	0,0095	2,55
Schwefelkohlenstoff	0,0170	0,0115	1,48
Benzol	0,0126	0,0021	6,00

Resultate.

1. Lässt man feste Kugeln aus isolirender Substanz in isolirenden Flüssigkeiten zwischen Condensatorplatten $\perp$ oder $\mp$

zu den electricischen Kraftlinien schwingen, so werden die Schwingungen um so stärker gedämpft, je stärker die Condensatorplatten geladen sind.

2. Der Unterschied des logarithmischen Decrementes der Schwingungen bei geladenem und ungeladenem Condensator $\lambda - \lambda_0$ ist ein Maass der Zunahme der Klebrigkeit der Flüssigkeit durch die electricischen Kräfte oder ein Maass für die electricische Klebrigkeit der Flüssigkeit $\perp$ oder $\mp$ den electricischen Kraftlinien.

3. Die electricische Klebrigkeit $\perp$ zu den electricischen Kraftlinien ist (für Aether, Schwefelkohlenstoff, ein Gemisch aus gleichen Raumtheilen Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl, und Benzol) nahezu proportional $K P/a$, wenn K die Dielectricitätsconstante der Flüssigkeit, P die Potentialdifferenz und a den Abstand der Condensatorplatten bezeichnet.

4. Die electricische Klebrigkeit $\mp$ zu den electricischen Kraftlinien ist 1,5 bis 6 mal kleiner, als die electricische Klebrigkeit $\perp$ zu den electricischen Kraftlinien.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich einige Einwände widerlegen, welche man gegen meine Erklärung der electricischen Rotation von Kugeln in einem mit Flüssigkeit erfüllten electricischen Felde¹⁾ erhoben hat.

Hr. Boltzmann²⁾ findet meine Erklärung der electricischen Rotation durch die dielectricische Polarisirung der dünnen Luftschicht an der Oberfläche der rotirenden Kugel nicht ausreichend und die electricische Convection der Flüssigkeit nicht genügend berücksichtigt. Hierauf möchte ich erwidern, dass ich in § 113 meiner Arbeit die Convectionsströme und die wirbelnde Bewegung der Flüssigkeit zwischen den Condensatorplatten eingehend beschrieben und nachgewiesen habe (p. 470), dass mit Einschalten grösserer Glimmerplatten die Convectionsströme und die electricische Leitung in der Flüssigkeit abnehmen, und dass gleichzeitig die Rotation der Kugel aufhört, aber bei metallischer Verbindung der Condensatorplatten wieder für kurze Zeit auftritt. Dass in der Flüssigkeit zwischen geladenen Condensatorplatten und bei metallischer Verbindung der ge-

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 481. 1896.

2) L. Boltzmann, Wied. Ann. 60. p. 399. 1897.

ladenden Condensatorplatten Convectionsströme auftreten und die Electricität zwischen den Condensatorplatten nicht continuirlich, sondern stossweise übergeht, habe ich in § 61 meiner „Electrischen Untersuchungen“ mit optischen Methoden ausführlich nachgewiesen¹⁾. In meiner Arbeit über electrische Rotationen habe ich die Frage, wie die freien Electricitäten an der Oberfläche der Condensatorplatten und der Zwischenplatten aus Glimmer in der Flüssigkeit des electrischen Feldes durch electrische Leitung, Convectionsströme und Flüssigkeitswirbel sich ausgleichen, absichtlich nicht näher berührt, weil dieselbe sehr complicirt ist und besonders behandelt werden muss.

Hr. Heydweiller²⁾ will die electrische Rotation durch die freien Electricitäten an der Grenze der Flüssigkeit und der festen Kugel erklären, die bei der Rotation im Sinne der Drehung verschoben werden.

Ich habe anfänglich die von mir beobachteten electrischen Rotationen in ähnlicher Weise zu erklären versucht, indem ich annahm, dass die dielectrische Polarisation in der Kugel und in der umgebenden Flüssigkeit allmählich auftritt und allmählich verschwindet.³⁾ Diese allmählich auftretende und allmählich verschwindende dielectrische Polarisation muss ähnlich wirken, wie eine schwache electrische Leitung der festen und flüssigen Dielectrica. Ich habe aber diese Erklärung wieder aufgegeben, weil die Rotation ausbleibt, wenn die dünne Luftschicht an der Oberfläche der Kugel fehlt. Hr. Heydweiller wird zunächst nachzuweisen haben, wie diese Thatsache mit seiner Erlärung der electrischen Rotation übereinstimmt oder daraus folgt.

Die Frage des Hrn. Heydweiller, „woher die zur Erhaltung der Drehungsbewegung gegen die Reibungskräfte der Flüssigkeit erforderliche Energie genommen wird“, beantwortet

1) G. Quincke, Wied. Ann. 19. p. 779. 1883.

2) Heydweiller, Sitzungsber. der Phys. Gesellsch zu Berlin 5. Febr. p. 33. 1897.

3) G. Quincke, Verh. der Ges. deutscher Naturf. u. Aerzte in Wien. II 1. p. 81. 1894.

sich einfach aus meinen oben erwähnten Versuchen mit Zwischenplatten aus Glimmer. Bei Einschalten der Glimmerplatten sinkt die Ladung der Leydener Batterie langsamer, der Electricitätsverlust durch Leitung und Convection ist geringer, die electricische Rotation bleibt aus. Die electricische Rotation steigt und fällt mit der electricischen Strömung in der Flüssigkeit und der Abnahme der electricischen Potentialdifferenz der Condensatorplatten in der Zeiteinheit.

Heidelberg, den 2. Juli 1897.

(Eingegangen 22. Juli 1897.)