9. Ueber die *Quincke'schen Rotationen im elektrischen Feld*; von *L. Graetz*.

1. Die von Hrn. Quincke zuerst beobachteten und ausführlich dargelegten Rotationen von Körpern im constanten elektrostatischen Felde¹⁾ haben das überraschende, das sie zuerst boten, durch die darauf folgenden Erklärungen der Herren Heydweiller²⁾, Boltzmann³⁾ und v. Schweidler⁴⁾ einigermassen verloren. Nach diesen Erklärungen beruhen diese fortdauernden Rotationen auf der Abstossung der auf die Oberfläche der Körper durch Leitung eingeführten und der auf den benachbarten Elektroden vorhandenen Elektrizität. Die einmal eingeleitete Bewegung muss, wenn die Ladungen des rotirenden Körpers periodisch neutralisirt werden, darnach fortauern, sie wird unterhalten durch die Energie der Stromquelle, welche die Elektroden des Feldes trotz des Leitungsverlustes geladen erhält. Das bekannteste Analogon zu diesen Quincke'schen Rotationen ist darnach der Versuch, bei welchem die Scheibe einer Influenzmaschine, deren Polen man von aussen, etwa durch eine gedrehte Influenzmaschine, Elektrizität zuführt, dauernd rotirt (Kraftübertragung durch Influenzmaschinen). Die fortgesetzte Drehung der Scheibe beruht auch auf der Abstossung der auf der Scheibe liegenden und von ihr mitgeführten Elektrizität durch die auf den Elektroden vorhandene und der Ausgleich der Ladungen, sowie die Zufuhr von Energie geschieht bei diesem Versuch in ganz analoger Weise, wie bei den Quincke'schen Rotationen.

1) G. Quincke, Wied. Ann. 59. p. 417. 1896.

2) A. Heydweiller, Verhandl. d. Physikal. Gesellsch. zu Berlin 16. p. 32. 1896.

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

4) E. v. Schweidler, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien 106. Abt. IIa. p. 1. 1897.

Nach der von v. Schweidler gegebenen Theorie lässt sich das Drehungsmoment, welches auf eine Kugel in einem Felde von bekannter Stärke wirkt, angeben. Die vollständige Behandlung aber der von Hrn. Quincke und von Hrn. Heydweiller¹⁾ angestellten Beobachtungen führt auf eine Differentialgleichung, deren Lösungen kaum zu ermitteln sind. Bei der Versuchsanordnung der genannten Forscher machen nämlich die isolirenden Körper, die sich in dem dielektrischen, etwas leitenden Medium befinden, nicht fortdauernd Rotationen nach derselben Richtung, sondern Oscillationen, da sie an einem Faden aufgehängt sind und durch die Torsion des Fadens nach bestimmten Zeiten die Bewegung wieder umgekehrt wird.

2. Weit einfachere Verhältnisse, sowohl für das Experiment, wie für die Theorie, erzielt man, wenn man versucht, die Körper nicht an Faden aufzuhängen, sondern um feste Axen sich drehen zu lassen.

Dann muss nämlich der Körper nach einiger Zeit constante Rotationsgeschwindigkeit annehmen, wenn das Drehungsmoment der reibenden Kräfte dem elektrischen Drehungsmoment gleich geworden ist. Da man das erstere für jeden Versuch ohne Schwierigkeit bestimmen kann, so hat man zunächst dadurch ein Mittel, die Theorie zu prüfen und weiter die Leitung der einzelnen Medien zu bestimmen. Um die Experimente in dieser Weise zu vereinfachen, wurde zunächst versucht, die Körper um eine feste Axe sich drehen zu lassen, wobei diese Axe in zwei Punkten, oben und unten, gelagert wurde. Indess zeigte sich hierbei die Reibung im allgemeinen zu gross. Wohl aber gelang es leicht, die Körper sich auf einer Spitze drehen zu lassen. Um berechenbare Verhältnisse zu erlangen, wurden die Körper in Kugelform genommen. Kugeln aus Schwefel, Ebonit, Paraffin von ca. 1 cm Durchmesser wurden in der Richtung eines Durchmessers eng durchbohrt, und die Bohrung auf einer Seite durch ein Achatstückchen, das fest eingesetzt, bez. eingeschmolzen wurde, verschlossen. Mit diesen Achathütchen konnten dann die Kugeln auf eine Nähnadelspitze gesetzt werden und sie rotirten unter den Bedingungen der Quincke'schen Versuche dauernd in

1) A. Heydweiller, Wied. Ann. 69. p. 531. 1899.

derselben Richtung, wobei sie sehr rasch constante Geschwindigkeiten erlangten.

3. Die Reibung, die bei dieser Versuchsanordnung ins Spiel tritt, ist, wie die Versuche lehren und wie es auch von vornherein wahrscheinlich ist, hauptsächlich diejenige an der Spitze und dem Achat. Die Reibung der Flüssigkeit kommt nur in verhältnismässig geringem Betrage ins Spiel. Die Reibung an der Spitze aber, da sie von uncontrollirbaren Oberflächenbeschaffenheiten abhängt, ist keine, während aufeinanderfolgender Versuche constant bleibende Grösse, sondern ändert sich bei jedem neuen Aufsetzen der Kugel auf die Spitze. Zuweilen ist auch während eines Versuches diese Spitzenreibung veränderlich, wenn der Auflagepunkt des Achathütchens nicht vollständig unveränderlich bleibt. Ein Schwanken der Kugel braucht dabei mit dem blossen Auge durchaus nicht erkennbar zu sein. Man erkennt dann aber, wenn man die Umdrehungsgeschwindigkeiten der Kugel misst, ein periodisches Abnehmen und Zunehmen derselben, welches sich auf solche minimale Verlagerungen zurückführen lässt. Bei guter Spitze und sorgfältiger Auflage der Kugel erreicht man aber in gegebenem elektrischen Felde leicht nach einiger Zeit eine constante Rotationsgeschwindigkeit für längere Zeit, womit die Unveränderlichkeit der Reibung eo ipso mitgegeben ist. Um die Grösse dieser Reibung, die von Versuch zu Versuch veränderlich ist, zu bestimmen, braucht man nur, nach Ausschalten des elektrischen Feldes, d. h. nach Entladung der Condensatorplatten, die Bewegung abklingen zu lassen und die Zeiten zu bestimmen, in welchen die Kugel eine Anzahl Umdrehungen noch ausführt. Aus der Messung dieser Zeiten, die mit einem Chronographen ausgeführt wurden, erhält man den Wert des in Frage kommenden Reibungscoefficienten b , dividirt durch das Trägheitsmoment K der Kugel, da die Bewegung nach der Gleichung

$$K \frac{d^2 \omega}{dt^2} = \frac{b d \omega}{dt}$$

geschieht. Zu diesem Wert muss man noch wegen der Hysteresis¹⁾ der Kugeln eine Correction fügen, die man erhält, wenn

1) W. Schaufelberger, Wied. Ann. 65. p. 635. 1898; 67. p. 307. 1899.

man das Abklingen einer rotirenden Bewegung in Luft einmal ohne und einmal mit Ladung der Condensatorplatten bestimmt. Diese Correction für b betrug hier annähernd 0,0038. Unter Umständen kann b bei verschiedenen Versuchen in derselben Flüssigkeit ziemlich gleich ausfallen, in anderen Fällen aber ist es von Versuch zu Versuch sehr verschieden. So ergab sich in mehreren Versuchen, bei denen eine Schwefelkugel in Aether rotirte, b zu 0,03913, 0,03886, 0,03976, schwankte aber in anderen Versuchen zwischen 0,03370 und 0,04587. Bei einer Ebonitkugel in Aether fanden sich sogar bei verschiedenen Versuchen Werte von b zwischen 0,02951 und 0,04046, je nachdem eben die Spitze etwas schärfer oder etwas stumpfer war.

4. Ist die Reibung, d. h. die Grösse b aber für jeden Versuch besonders bestimmt, so lässt sich aus der Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit, bez. aus der Zeit τ einer ganzen Umdrehung der Kugel eine Prüfung der Theorie und eine Bestimmung der sehr kleinen Leitungsvermögen der angewendeten schlecht leitenden Flüssigkeiten vornehmen, letzteres allerdings nur in dem Fall, dass das Leitungsvermögen des benutzten festen Körpers so klein ist, dass es gegen das der Flüssigkeit vernachlässigt werden kann. Nach der Berechnung von v. Schweidler ist nämlich das Drehungsmoment der elektrischen Kräfte, die auf eine Kugel vom Radius R in einem Felde von der elektrostatischen Kraft F und bei einem Medium von der Leitungsfähigkeit λ_a wirken,

$$D = \frac{c_1 \frac{d\omega}{dt}}{1 + c_2 \left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2},$$

wobei

$$c_1 = \frac{3}{16\pi} \frac{R^3 F^2}{\lambda_a}, \quad c_2 = \frac{9}{64\pi^2} \frac{1}{\lambda_a^2}$$

ist.

Die Gleichung, welche die Bewegung der Kugel unter dem Einfluss dieses Drehungsmomentes und des der Reibung bestimmt, lässt sich allgemein integrieren und giebt, wenn mit v die Winkelgeschwindigkeit bezeichnet wird, als Lösung

$$\frac{(v^2 - m)^n}{v} = D e^{-\epsilon t},$$

wo m, n, ϵ bestimmte Constanten, D eine Integrationsconstante ist.

Wenn der stationäre Zustand erlangt ist, ist

$$v^2 = m$$

oder

$$\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2 = \frac{c_1 - b}{c_2 b}.$$

Daraus berechnet sich die Leitungsfähigkeit aus einer quadratischen Gleichung.

Wenn bei verschiedenen Werten von F und $d\omega/dt$ sich angenähert constante Werte von λ_a ergeben, so ist das ein nachträglicher Beweis für die Richtigkeit der Theorie.

5. Es wurde die Zeit einer Umdrehung der Kugel dadurch bestimmt, dass die Zeit für 10 oder 20 Durchgänge einer auf der Kugel angebrachten Marke durch eine Visirlinie beobachtet wurde. Die Kugel befand sich auf einer Spitze zwischen zwei Condensatorplatten, die durch die Wände eines Glastroges hindurchgesteckt waren. Die Platten wurden durch eine Hochspannungsbatterie geladen. Bei vielen Beobachtungen war der Bereich der anzuwendenden Spannungen dadurch sehr beschränkt, dass bei kleinen Spannungen die Kugeln sich nicht, bei grossen aber so rasch sich bewegten, dass eine Zählung der Durchgänge unmöglich war. Die Rotationsgeschwindigkeit der Kugeln blieb übrigens, auch wenn die Reibung an der Spitze sich in längerer Zeit als unveränderlich ergab, nicht immer gleich. Vielmehr wurde fast regelmässig eine Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit nach längerer Versuchsdauer constatirt. Es beruht das offenbar auf der Veränderlichkeit der Leitfähigkeit dieser Substanzen, welche von dem allmählichen Aufzehren der vorhandenen Ionen herrührt und welches von Quincke¹⁾, Kohlrausch und Heydweiller²⁾, Warburg³⁾ festgestellt und aufgeklärt ist. Auch bei verschieden grossen elektrischen Kräften ist das Leitvermögen nicht dasselbe, sondern wächst mit zunehmender Kraft. Trotzdem aber geben die Beobachtungen innerhalb dieser Grenzen übereinstimmende Werte, wie man hauptsächlich daraus erkennt, dass es un-

1) G. Quincke, Wied. Ann. 28. p. 545. 1886.

2) F. Kohlrausch u. A. Heydweiller, Wied. Ann. 53. p. 209. 1894; 54. p. 385. 1895.

3) E. Warburg, Wied. Ann. 54. p. 396. 1895.

abhängig ist, aus welcher Substanz die sich drehende Kugel gewählt wird, wenn sie nur die Bedingung der sehr geringen Leitfähigkeit gegenüber der der Flüssigkeit erfüllt.

6. So ergab eine Schwefelkugel von 0,575 cm Radius und dem Gewicht $G = 1,387$ g in Aether folgende Werte der Dauer τ einer Rotation, wobei eine Potentialdifferenz V (in Volt) der Platten, bei $d = 2$ cm Abstand, derselben angewendet wurde. Die elektrische Kraft F im elektrostatischen Maass ist, gleich V , dividirt durch 300. d . Die aus der oben angeführten Formel berechneten Werte der Leitfähigkeit λ des Aethers sind in elektrostatischem Maass ausgedrückt. Um sie auf die Leitfähigkeit des Quecksilbers als Einheit zu beziehen, sind sie mit 10^{-16} zu multipliciren.

Schwefelkugel in Aether.

$V =$	1700	1800	1900	1800	1900	Volt
$F =$	2,933	3,000	3,167	3,000	3,167	$\left(\frac{g^{\frac{1}{2}}}{cm^{\frac{1}{2}} sec}\right)$
$\tau =$	1,136	0,867	0,630	0,870	0,640	sec
$\lambda \cdot 10^{16} =$	3,927	4,257	4,735	4,358	4,606	(Hg = 1)

Ebonitkugel in Aether.

Die Ebonitkugel hatte einen Radius von 0,58 cm und ein Gewicht $G = 0,902$ g. Der Abstand der Condensatorplatten war $d = 1,8$ cm. Es ergab sich:

$V =$	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	Volt
$F =$	2,407	2,593	2,778	2,963	3,148	3,333	3,519	$\left(\frac{g^{\frac{1}{2}}}{cm^{\frac{1}{2}} sec}\right)$
$\tau =$	2,445	1,223	0,846	0,807	0,523	0,500	0,477	sec
$\lambda \cdot 10^{16} =$	2,245	2,511	2,787	3,215	3,384	3,871	4,381	

Die Zahlen in dieser und der vorigen Tabelle schwanken nicht mehr, als es bei solchen schlechten Leitern gewöhnlich der Fall ist. Dagegen ist die Ordnung des Leitungsvermögens des Aethers nach diesen Beobachtungen eine andere, als man bisher annahm. Ich habe allerdings nur eine Angabe über die Grössenordnung der Leitungsfähigkeit des Aethers gefunden.

Von Koller¹⁾ wird der spezifische Widerstand des Aethers gleich dem des Alkohols zu 200.10^8 bezogen auf Quecksilber angegeben, wonach λ von der Grösse wäre 5.10^{-11} ($Hg = 1$). In einer Arbeit von Pfeiffer²⁾ wird dagegen die Leitungsfähigkeit seines Alkohols zu $1,876.10^{-11}$ bestimmt, während die Leitungsfähigkeit des Aethers unmessbar klein war, jedenfalls lag sie weit unterhalb 3.10^{-13} , welches die unterste messbare Grenze bei seinem Apparat war. Es dürfte daher die Angabe von Koller sich auf einen stark verunreinigten Aether beziehen, und die aus den obigen Versuchen ermittelten Zahlen erscheinen daher nicht unwahrscheinlich.

7. Es wurden dieselben Kugeln auch in Benzol untersucht. Die Leitungsfähigkeit des Benzols wurde nach mehrmaligem Stromdurchgang merklich geringer. Es zeigte sich schon bei jedem einzelnen Versuch, dass bald nach Anbringung der elektromotorischen Kraft die Kugeln rasch liefen, ihre Geschwindigkeit aber im Laufe weniger Minuten verlangsamten, um nach einiger Zeit einen ziemlich constanten Wert zu bekommen. So wurde bei $F = 3,519$ und der Schwefelkugel die Rotationsdauer τ folgendermaassen gefunden. Zehn Umdrehungen fanden statt

nach 1 halben Minute in 12,8 sec				
„ 2	„	„	„	13,5 „
„ 3	„	„	„	14,5 „
„ 4	„	„	„	15,1 „
„ 5	„	„	„	15,6 „
„ 6	„	„	„	15,4 „

Bei einem anderen Versuch mit $F = 4,785$ ergab sich, dass zehn Umdrehungen stattfanden

nach 1 halben Minute in 15,6 sec				
„ 2	„	„	„	17,0 „
„ 3	„	„	„	20,0 „
„ 4	„	„	„	20,5 „
„ 5	„	„	„	20,5 „

1) A. Koller, Exner Rep. 26. p. 1. 1890.

2) G. J. Pfeiffer, Wied. Ann. 26. p. 226. 1885.

Bei Anwendung höherer Spannung findet dann auch wieder erst eine raschere, dann eine langsamere Rotation statt. Es erklärt sich dies alles durch die geringe Zahl von Ionen, die die Leitung hervorbringen und die durch den Strom verbraucht werden. Eine Berechnung einiger Versuche ergab folgende Werte von λ .

Schwefelkugel in Benzol.

Abstand der Platten	$d =$	1,8	2,02	2,02 cm
Spannung in Volt	$V =$	1900	2900	3900
Dauer einer Umdrehung	$\tau =$	1,516	2,00	1,00
Elektrische Kraft	$F =$	3,519	4,785	6,435
	$\lambda \cdot 10^{16} =$	0,015	0,017	0,027

Die Werte der Leitungsfähigkeit ca. $2 \cdot 10^{-18}$ stimmen recht gut mit den von Koller angegebenen Zahlen. Doch hängt auch hier die Leitungsfähigkeit wesentlich ab von der vorgängigen Behandlung des Benzols.

Durch diese Berechnungen ist wohl die Theorie Schweidler's im grossen und ganzen, soweit dies bei der Inconstanz des Leitungsvermögens möglich ist, bestätigt. Es dürfte umgekehrt nun die Beobachtung der Rotationsgeschwindigkeit solcher Kugeln ein sehr empfindliches Mittel abgeben zur Bestimmung der Grösse und der Veränderlichkeit des Leitungsvermögens sehr schlecht leitender Substanzen.

8. Nach der interessanten Ausdehnung, die Heydweiller¹⁾ den Quincke'sche Versuchen gegeben hat, indem er sie auf verdünnte Gase anwendete, lag der Gedanke nahe, zu versuchen, ob solche Kugeln in Luft von Atmosphärendruck, die durch Röntgenstrahlen leitend gemacht wird, ebenfalls rotiren, um auf diese Weise die Leitfähigkeit der bestrahlten Luft zu bestimmen. Es gelang dies ohne weiteres und es gehen sogar diese Versuche in ionisirter Luft von Atmosphärendruck sehr regelmässig vor sich. Zur Betrahlung wurde eine Voltohmröhre angewendet, die ihre Strahlen zwischen die Condensatorplatten von oben oder von der Seite hineinwarf. Im Folgenden ist eine Beobachtungsreihe für verschiedene Spannungen an-

1) A. Heydweiller, Wied. Ann. 69. p. 531. 1899.

gegeben. Die Reibung der Schwefelkugel in Luft ergab sich in den verschiedenen Versuchen zu

$$\begin{array}{ll} b = 0,03095 & b = 0,03254 \\ b = 0,02857 & b = 0,03461 \\ b = 0,02592 & \end{array}$$

Das Mittel 0,03051 wurde zur Berechnung benutzt.

Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Potentialdifferenz der Platten V in Volt	Atmosphärische Luft mit Röntgenstrahlen bestrahlt		
	Elektrische Kraft F (elektrostatisch)	Dauer einer Umdrehung τ in Sekunden	Leitungsfähigkeit $A \cdot 10^{16}$ (Hg = 1)
2700	4,455	0,465	0,250
2500	4,126	0,532	0,225
2400	3,960	0,585	0,206
2200	3,630	0,65	0,200
2100	3,465	0,72	0,186
1900	3,135	0,765	0,193
1700	2,805	0,830	0,208
1500	2,475	0,845	0,255
1300	2,145	0,895	0,308
1100	1,815	0,980	0,400

Mittel 0,242

Die Leitungsfähigkeit der durch die Strahlen ionisirten Luft liegt also in der Nähe von $0,244 \cdot 10^{-16}$, d. h. bestrahlte Luft hat eine Leitungsfähigkeit, die zwischen der des Aethers und des Benzols liegt, etwa 10 mal kleiner ist, als die des Aethers.

Aus den bisher vorliegenden Beobachtungen ist ungefähr dieselbe Grössenordnung für die Leitungsfähigkeit zu berechnen, die sich naturgemäss mit der Entfernung der Röntgenröhre von dem Condensator, mit der Stärke der von ihr ausgesendeten Strahlung und auch mit der Stromstärke ändert. So fand Winkelmann¹⁾ für eine bestrahlte Luftschicht von 1 cm Dicke zwischen zwei Platten von 528 und 305 qcm Fläche den Widerstand $8,8 \cdot 10^8$ Ohm. Daraus ergibt sich λ zu etwa $4 \cdot 10^{-16}$ (Hg=1). Bei 8 cm Abstand der Platten war der Widerstand nur $24,2 \cdot 10^8$ Ohm, sodass dabei sich λ zu ungefähr 10^{-15}

1) A. Winkelmann, Wied. Ann. 66. p. 21. 1898.

ergiebt. Bei 0,5 cm Abstand war der Widerstand $5,6 \cdot 10^8$, daher $\lambda = 3 \cdot 10^{-16}$. Aus den Versuchen von Hillers¹⁾ berechnet sich ein ähnlicher Wert. Bei einem Querschnitt von 425 cm^2 und einem Abstand der Platten von ca. 5 mm ergab sich der Widerstand der bestrahlten Luftschicht zu $0,67 \cdot 10^9$, woraus sich λ zu $2 \cdot 10^{-16}$ berechnet. Sind auch diese Werte von λ grösser als der aus den obigen Versuchen berechnete, so ist der Unterschied doch kein allzu erheblicher, in Anbetracht der notwendigen Verschiedenheiten der Versuche. Die Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes, die zur Berechnung der Leitfähigkeit aus Spannung und Stromstärke notwendig vorausgesetzt wird, wird bei der Bestimmung derselben aus Rotationsversuchen nicht vorausgesetzt. Bei längerer Einwirkung einer hohen Spannung auf die ionisirte Luft nimmt die Rotationsgeschwindigkeit erheblich ab, offenbar weil auch hierbei mehr Ionen pro Zeiteinheit durch den Strom verbraucht werden, als von der Strahlung neue erzeugt werden.

9. Da diese Rotationen ein sehr empfindliches Reagenz auf sehr kleine Leitungsfähigkeiten und deren Veränderung sind, so wurde versucht, die Frage zu entscheiden, ob die Röntgenstrahlen auch andere Substanzen als die Gase ionisiren, eine Frage, die bekanntlich von verschiedenen Seiten verschieden, hauptsächlich aber bisher im negativen Sinne, beantwortet wurde.²⁾ Es wurde eine Schwefelkugel in Benzol durch Anwendung verschiedener Spannungen zur Rotation gebracht, die Dauer einer Umdrehung bei constanter Rotation gemessen, dann die Flüssigkeit durch die Röntgenröhre bestrahlt, wieder die Dauer der Rotation gemessen und dasselbe mehrfach wiederholt. Es ergaben sich bei 3500 Volt Spannung zwischen den Condensatorplatten von 2,02 cm Abstand die aufeinanderfolgenden Werte von τ .

1. Ohne Röntgenstr.:	5 Umdr. in	11,0	9,8	11,0	11,0	11,2	— sec,	daraus $\tau = 2,16$ sec
2. Mit	5	„	„	9,6	9,6	9,6	9,4	9,8 9,0 „ „ $\tau = 1,90$ „
3. Ohne	5	„	„	10,6	10,6	9,0	10,2	10,6 — „ „ $\tau = 2,04$ „
4. Mit	5	„	„	9,6	9,6	9,6	9,6	— — „ „ $\tau = 1,92$ „
5. Ohne	5	„	„	11,0	10,6	10,6	10,8	10,2 — „ „ $\tau = 2,13$ „

1) W. Hillers, Wied. Ann. 69. p. 196. 1899.

2) O. Lodge, Electrician 38. p. 161. 1896; Beattie u. Smolan, Phil. Mag. 43. p. 418. 1897.

Es zeigt sich also jedesmal die Rotationsgeschwindigkeit grösser bei der Bestrahlung als ohne Bestrahlung.

Ein anderer Versuch mit 3900 Volt Spannung gab dasselbe Resultat. Um dem Einwand zu entgehen, dass etwa die über der drehbaren Kugel angebrachte Röhre vermöge ihrer elektrostatischen Wirkung die Kugel etwas hebt und dadurch die Reibung an der Spitze vermindert, wurde hier die Röntgenröhre so aufgestellt, dass sie von der Seite ihre Strahlen zwischen die Condensatorplatte warf. Es ergab sich hierbei, bei einer ähnlichen Zahl von Einzelbeobachtungen, wie oben:

1. Mit Bestrahlung:	$\tau = 1,74$	sec
2. Ohne „	$\tau = 2,07$	„
3. Mit „	$\tau = 1,76$	„
4. Ohne „	$\tau = 2,00$	„

Also ergab sich auch hierbei eine Vergrösserung der Leitfähigkeit durch Bestrahlung.

Ähnlich verliefen die Versuche bei einer Schwefelkugel in Aether. Dabei ergaben sich bei 2500 Volt Spannung und 2,56 cm Abstand der Platten folgende Zahlen:

1. Ohne Bestrahlung:	$\tau = 0,76$	sec
2. Mit „	$\tau = 0,60$	„
3. Ohne „	$\tau = 0,73$	„
4. Mit „	$\tau = 0,55$	„
5. Ohne „	$\tau = 0,69$	„
6. Mit „	$\tau = 0,55$	„

Ebenso waren bei 2100 Volt Spannung die Zeiten τ :

1. Ohne Bestrahlung:	$\tau = 1,46$	sec
2. Mit „	$\tau = 1,12$	„
3. Ohne „	$\tau = 1,30$	„
4. Mit „	$\tau = 1,07$	„

Es zeigt sich also eine Beeinflussung der Leitfähigkeit der Flüssigkeiten in dem Sinne, dass die Leitung besser wird, wenn die Bestrahlung stattfindet, dass also auch hier eine Ionisation stattfindet.

Dieselbe Vergrösserung der Drehungsgeschwindigkeit zeigte sich auch, wenn der Versuch in der ursprünglichen Quincke'schen Weise, mit an Fäden aufgehängten Kugeln, ausgeführt wurde.

Die Leitfähigkeit des angewendeten Benzols berechnet sich bei diesen Versuchen ungefähr zu $0,598 \cdot 10^{-18}$, wenn dasselbe nicht bestrahlt war, dagegen zu $0,730 \cdot 10^{-18}$, wenn es bestrahlt war. Es ist sehr wohl möglich, dass solche geringe Aenderungen der Leitfähigkeit bei den anderen bisher angestellten Untersuchungen der Beobachtung entgangen sind, da ja die Luft unter denselben Umständen von einem vollkommenen Nichtleiter zu einem Leiter von derselben Ordnung wird, wie es die angewendeten Flüssigkeiten überhaupt sind.

Einige Versuche, die zeigen sollten, ob auch bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht oder mit radioactiver Substanz Aenderungen der Leitfähigkeit der Luft oder der obigen Flüssigkeiten sich ergeben, gaben für die Luft gar keine, für die Flüssigkeiten unsichere Resultate. Bei der radioactiven Substanz liegt das vermutlich an der geringen Wirksamkeit des benutzten Präparates.

10. Die obigen Darlegungen haben ein sehr vereinfachtes Verfahren zur Beobachtung und Messung der Quincke'schen Rotationen ergeben, sie haben gezeigt, dass die Erklärung dieser Rotationen durch die Abstossung der geladenen Teile des rotirenden Körpers von den gleichnamig elektrischen Elektroden auch quantitativ die Erscheinungen darstellt, dass infolge dessen die Rotationen dazu dienen können, für sehr schlecht leitende Substanzen die Leitfähigkeit und ihre Aenderungen unter verschiedenen Umständen zu bestimmen. Es wurde diese Methode insbesondere angewendet zur Messung der Leitfähigkeit der Luft, die durch Röntgenstrahlen ionisirt wurde und es zeigte sich, dass auch bei den Flüssigkeiten, Benzol und Aether, nach dieser Methode eine Vergrösserung der Leitfähigkeit durch Bestrahlung nachzuweisen war.

München, Physik. Inst. d. Univ., Februar 1900.

(Eingegangen 17. Februar 1900.)