

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXIV. Jahrgang 1894.

München.

Verlag der K. Akademie.

1895.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Experimentelle Beiträge
zur Kenntniss
der dielectricischen Polarisation in Flüssigkeiten.

(Vorläufige Mittheilung.)

Von B. W. Stankewitsch,
a. o. Professor an der k. Universität Warschau.

(Eingelaufen 3. März.)

Gegen das Ende der Sommerferien 1893 unternahm ich, der liebenswürdigen Erlaubniss des Herrn Professor Dr. von Lommel gemäss, eine experimentelle Arbeit über dielectricische Polarisation in Flüssigkeiten im Physikalischen Institute der Universität München. Die Arbeit ist jetzt beendigt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Herren Professoren Dr. von Lommel und Dr. Grätz, sowie dem Herrn Assistenten Dr. Fomm, für ihre liebenswürdige Unterstützung im Laufe der Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

Es ist der Zweck dieser Arbeit:

I. eine neue Modification der bekannten „Capacitätsmethode“ (unter Benutzung von Wechselströmen) vorzuschlagen, die gewisse Vortheile hat, nämlich: A. sie nimmt nur kleine Mengen von Substanzen in Anspruch und ist daher besonders für die Untersuchung seltener organischer Flüssigkeiten geeignet; B. sie gestattet nicht nur die Be-

stimmung der Dielectricitätsconstanten verschiedener Flüssigkeiten in Bezug auf Luft, sondern auch in Bezug auf einander, welcher Umstand ein werthvolles Mittel zur Controle der in Bezug auf Luft gefundenen Werthe von Dielectricitätsconstanten bietet;

II. zu prüfen, ob nicht bei hinreichender Vervollkommnung der mechanischen Unterbrechung des zur Erzeugung von Wechselströmen benutzten primären Stromes (bei hinreichender Verkleinerung der Ladungsdauer des Condensators) gute Resultate nach der Capacitätsmethode auch für diejenigen Flüssigkeiten zu bekommen sind, für welche sonst (bei üblicher langsamer Unterbrechung) nur die von den Herren Cohn und Arons vorgeschlagene Methode der Kraftmessung giltig ist; diese Bemühungen blieben, wie aus dem Weiteren zu sehen ist, nicht ohne Erfolg: der zu diesem Zwecke construirte Unterbrecher erlaubt mir sogar für den Alkohol (99%) den richtigen Werth der Dielectricitätsconstante nach der Capacitätsmethode zu bekommen; nur für den mehr wasserreichen Alkohol (etwa 93%) sind die auf diese Weise ermittelten Werthe noch etwas zu gross; für die Flüssigkeiten, deren electricisches Leitungsvermögen kleiner als dasjenige des absoluten Alkohols ist, bekomme ich Werthe, die beinahe mit den von der Kraftmessungsmethode gelieferten zusammenfallen;

III. speciell eine Reihe von Flüssigkeiten zu untersuchen, für welche die D.C.-en noch nicht bestimmt sind, und welche ihren optischen Eigenschaften nach merkwürdig sind: es sind ätherische Oele, die mit der Eigenschaft, die Polarisationsenebene des Lichtes zu drehen, begabt sind.

A. Apparate.

I. Den wesentlichsten Theil meiner Versuchsordnung bildet ein Doppelcondensator, bestehend aus drei horizontal über einander gelegten cylindrischen Kupferplatten (Durchmesser der Grundebenen = 15 [cm], Höhe = 0,95 [cm]), die von einander mittelst je drei sehr nahe gleich dicker parallelepipedischen Spiegelglasplättchen getrennt sind (die Dicken der Plättchen betragen: für das der oberen Zwischenschicht angehörige System 0,1630; 0,1628; 0,1634, im Mittel also 0,1631 [cm]; für das andere System 0,1635; 0,1632; 0,1631, im Mittel also 0,1633 [cm]); die Grundflächen dieser Plättchen sind klein im Verhältnisse zu dem Flächeninhalte der Grundebenen von Kupferplatten (die gesammte Grundflächengröße für je ein System von drei Glasplättchen macht ungefähr den 0,0037ten Theil des Flächeninhaltes der Grundebene einer Kupferplatte aus). Von den zwei dünnen Zwischenschichten, welche die Kupferplatten trennen, wird entweder die obere allein mit einer Flüssigkeit gefüllt (zur Bestimmung der D. C. dieser Flüssigkeit in Bezug auf Luft), oder die beiden gleichzeitig mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten (Controle-Versuche). Die Idee, solche capillare Lamellen herzustellen, gehört bekanntlich Herrn Christiansen (Wied. Ann., Bd. 14, 1881, S. 23), und ist schon öfters von mehreren Forschern zur Bestimmung der relativen Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten benutzt. Jedoch geschieht bei meinen Versuchen die Füllung von Zwischenschichten nicht nach der von Herrn Christiansen vorgeschlagenen Weise, sondern es werden die horizontal verlaufenden Spitzen von Trichterröhren von der Seite aus in die Zwischenschichten eingesteckt.

Der Doppelcondensator ist von einer zur Erde abgeleiteten metallischen „Schutzhülle“ umgeben. Dieselbe ist aus einer 28 [cm] hohen und 26 [cm] breiten Glasglocke

hergestellt, deren innere Fläche mit einem Netzwerke aus Stanniolstreifchen belegt ist; die Glocke ruht auf einem ebenfalls mit Stanniol bedeckten Brette, auf welchem auch die untere Kupferplatte liegt (sie bleibt auch stets mit der Erde leitend verbunden). Das Brett ist von einem Gestell mit drei Fussrauben, welches das horizontale Einstellen der Kupferplatten gestattet, getragen. Die Trichterröhre, sowie Zuleitungsdrähte zu den Kupferplatten gehen durch Löcher, welche durch die Glocke durchgebohrt sind, (die Zuleitungsdrähte durch Paraffinpstopfen).

II. Zur Messung der Potentiale dient ein Mascart'sches Electrometer in „Doppelschaltung“ (Hallwachs, Wied. Ann., Bd. 29, 1886, S. 1) unter Benutzung einer etwa 30 [cm] hohen unifilaren Suspension der Nadel mittelst dünnen Platindrahtes und bei Beseitigung der Flüssigkeitsdämpfung (das Stäbchen, welches die Nadel trägt, berührt nicht die Schwefelsäure; letztere dient also ausschliesslich zur Beseitigung der Feuchtigkeit im Innern des Electrometergehäuses). Unifilare Suspension, sowie Beseitigung der Flüssigkeitsdämpfung sind nämlich, wie Hallwachs gezeigt hat (l. c.), für die Festigkeit des „Nullpunktes“ und überhaupt für das regelmässige Functioniren des Electrometers von sehr grosser Wichtigkeit. Unter diesen Umständen ist die Schwingungsdauer der Nadel gleich 3,96 [sec]; das Verhältniss der Directions-kraft des Platindrahtes zu dem Trägheitsmomente der Nadel beträgt also $0,63 [\text{sec}]^{-2}$. Es ist aus diesen Zahlen ersichtlich, dass die Empfindlichkeit meines Electrometers verhältnissmässig klein ist. Das bildet aber für mich keinen Uebelstand, weil ich mit hohen Potentialen zu thun habe; indessen hat die kleine Empfindlichkeit den Vortheil, den Nullpunkt fast absolut fest zu machen (wegen grosser Directions-kraft des Platinfadens). Das logarithmische Decrement der Nadelschwingungen ist gleich 0,0396 (Luftdämpfung). Die Beobachtungen am Electrometer geschehen

mittelst Scala und Fernrohr (Abstand des Spiegels von der Scala = 294 [cm]).

Es sei das eine Quadrantenpaar sowie das Electrometergehäuse mit der Erde, das andere Quadrantenpaar und die Nadel mit einander und mit einer Quelle von constantem Potentiale = v verbunden (Doppelschaltung), dann ist, wie Hallwachs gezeigt hat, der Ausschlag gleich

$$\alpha = av^2 + bv + c. \quad (1)$$

Hier bedeutet α die „reducirte“ (auf Proportionalität mit den Bögen) Zahl der Scalentheile a , b , c — Constanten, von denen c immer sehr klein ist: es ist nämlich c dem Producte der beiden kleinen Hallwachs'schen Constanten

$$N|Q \text{ und } q_{12}$$

(l. c., SS. 4—5) proportional. Bei praktischen Anwendungen der Formel (1) kann immer c vernachlässigt werden: diese Constante hat nur theoretische Bedeutung (indem sie zur Bestimmung der theoretischen Constanten q_{12} dient); ihr Werth kann nur mittelst der, so zu sagen „mikrometrischen“ Methode bestimmt werden, welche von Hallwachs vorgeschlagen ist (l. c., SS. 13—15).

Es sei nun v kein constantes, sondern ein periodisch (mit voller Periode = τ) oscillirendes Potential, und zwar derart, dass

$$\int_0^{\tau} v dt = 0$$

ist. Diese Eigenschaft kommt bekanntlich dem Potentiale am isolirten Ende der Secundärrolle eines Inductoriums zu, wenn das andere Ende der Rolle mit der Erde verbunden ist und in derselben elektrische Schwingungen stattfinden.

Wenn wir das Elektrometer in Doppelschaltung mit dem erwähnten isolirten Pole verbinden, so muss der Ausschlag, wie es ganz einfache Betrachtungen zeigen, gleich sein

$$\alpha = a \cdot \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} v^2 dt.$$

Das heisst: bei Anwendung der Doppelschaltung zur Energiemessung von Wechselströmen ist der Ausschlag von der Constanten b unabhängig (c aber ist einfach vernachlässigt worden). Für diesen Fall gilt also anstatt (1) eine einfachere Formel

$$\alpha = a w^2, \quad (2)$$

wo w^2 — das mittlere Quadrat des oscillirenden Potentials v bedeutet. Natürlich wird dabei vorausgesetzt, dass τ gegen die Periode der Eigenschwingungen der Electrometernadel sehr klein ist.

III. Ein in der soeben erwähnten Weise oscillirendes Potential liefert bei meinen Versuchen ein Inductorium, dessen secundäre Rolle die Länge = 31 [cm] und den Durchmesser = 11 [cm], bei dem Widerstande = 411 Siem. E., hat. Der primäre Strom ist von einem Grove-Elemente geliefert; der Widerstand der primären Kette kann mittelst eines eingeschalteten Rheostaten variirt werden; diese Variationen finden in den Grenzen von etwa 10 bis etwa 30 [Ohm] statt.

Als Unterbrecher wurde im Anfange der Arbeit das eine Rad eines Buff'schen Disjunctors (Durchmesser = 5,15 [cm]) mit einer auf ihm federnd schleifenden Bürste aus feinen Kupferdrähten benutzt. Es ist derselbe Unterbrecher, welcher Herrn Dr. Franke bei seiner Untersuchung über die Abhängigkeit der D. C.-en flüssiger Körper von der Temperatur diente (Franke, Inauguraldissertation, Bunzlau 1893; auch: Wied. Ann., Bd. 50, 1893, S. 163). Dieser Unterbrecher

(ich will ihn „Unterbrecher No. I“ nennen) liefert 8 Unterbrechungen bei einer Umdrehung des Rades; wenn also das Rad n Umdrehungen in einer Secunde macht, so ist die volle Periode der Oscillationen von v auf dem isolirtem Pole des Inductoriums gleich

$$\tau = \frac{1}{8n} \text{ [sec];}$$

die Ladungszeit aber eines mit diesem Pole verbundenen Condensators beträgt

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{16 \cdot n} \text{ [sec].} \quad (\omega)$$

Die Berechnung der Ladungsdauer nach der Formel (ω) setzt voraus, dass die Bürste stets dicht am Rade liegt. Das kann aber natürlich durchaus nicht bei einer beliebigen Rotationsgeschwindigkeit des Rades der Fall sein: bei grossen Geschwindigkeiten findet ganz sicher das Ueberspringen der Bürste statt, und dann wird die Formel (ω) nicht mehr richtig; das kann zweifellos aus Messungen der D.C.-en von gut leitenden Flüssigkeiten geschlossen werden, wie es weiter unten ausführlich besprochen wird. Und zwar ist es selbstverständlich, dass beim Ueberspringen der Bürste die Formel (ω) nur zu kleine Werthe für die Ladungsdauer geben kann.

Es kann also nur bis auf eine gewisse Grenze vortheilhaft sein, die Rotationsgeschwindigkeit eines derartigen Unterbrechers zu vergrössern; nach dem Ueberschreiten dieser Grenze kann, wegen der Eigenschwingungen der Bürste, sogar die Zunahme der Ladungsdauer bei Vergrösserung der Geschwindigkeit eintreten.

Nachdem solches Verhalten des Unterbrechers No. I aus den Versuchsergebnissen festgestellt war, wurde ein neuer Unterbrecher construirt, welchen ich „Unterbrecher No. II“ nennen werde. Der Unterbrecher No. II liefert 120 Unter-

brechungen bei einer Umdrehung; bei n Umdrehungen in der Secunde kann also die Ladungsdauer auf

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{240 \cdot n} \text{ [sec]} \quad (\Omega)$$

herabgesetzt werden, wenn nur n eine gewisse obere Grenze nicht überschreitet.

Bei einer mässigen Rotationsgeschwindigkeit, die in den Grenzen

$$\text{von } n = 10 \text{ bis } n = 16$$

liegt, giebt der Unterbrecher No. II sehr gute Resultate.

Der Unterbrecher No. II hat folgende Dimensionen: Durchmesser des Rades = 13,8 [cm]; seine Breite an der Peripherie = 1,49 [cm]; Länge je eines metallischen resp. isolirenden Streifchens (die nämlich Schliessungen resp. Unterbrechungen des primären Stromes besorgen) = 0,2 [cm] (das ist die Dimension eines Streifchens in der Richtung der Peripherie des Rades); Breite dieser Streifchen (d. h. die der Rotationsaxe des Rades parallele Dimension) ist gleich der Breite des Rades an seiner Peripherie. Wegen kleiner Länge der Streifchen konnte natürlich eine aus feinen Drähten bestehende Bürste nicht mehr benutzt werden; statt dieser wurde ein dünnes 1 [cm] breites Kupferstreifchen angebracht, welches am Ende fein abgeschliffen und mit 7 Zähnen versehen ist; das Streifchen ist von einer Stahlfeder getragen, und sein abgeschliffenes Ende trifft die Peripherie des Rades unter dem Winkel von etwa 45° .

Die Räder der beiden benutzten Unterbrecher wurden durch eine Hefner-Alteneck'sche Maschine getrieben; die Maschine von 2 bis 5 grossen Accumulatoren gespeist; kleinere Aenderungen der Rotationsgeschwindigkeit wurden durch Aenderungen in einem eingeschalteten Widerstande erzielt.

Die Rotationsgeschwindigkeit der Unterbrecherräder wird mittelst eines Tourenzählers und einer Secundenuhr bestimmt.

Da es meine Absicht war, die Versuche bei einer Reihe von ziemlich verschiedenen Ladungszeiten anzustellen, war es für mich von Wichtigkeit, auch sehr langsame elektrische Schwingungen zur Verfügung zu haben. Die beiden Unterbrecher konnten mich aber in dieser Hinsicht nicht befriedigen: bei sehr kleinen Rotationsgeschwindigkeiten functioniren sie gar nicht regelmässig (wegen der unter diesen Umständen zu geringen Trägheit der Räder). Dann habe ich, nach dem Rathe des Herrn Dr. Fomm, eine kleine Hauptschlussmaschine (bezogen von der Anstalt der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft zu Berlin, No. 2839) zur Erzeugung des oscillirenden primären Stromes benutzt, indem dieselbe in eine Wechselstrommaschine dadurch verwandelt worden ist, dass von zwei gegenüberliegenden Collectorstreifen durch Bürsten stetig der Strom abgenommen wurde. Die Resultate erwiesen sich als sehr gut: wenn die Maschine von 30 Akkumulatoren gespeist ist, macht der Gramm'sche Ring von 4,5 bis 7 Umdrehungen in einer Secunde; der von der Maschine für das Inductorium gelieferte primäre Strom bietet von 9 bis 14 Wechsel der Richtung in einer Sekunde, und die vom secundären Strome bedingte Ladungsdauer des Condensators beträgt

von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ [sec].

Dabei sind aber die Schwingungen der die Energie des secundären Stromes messenden Electrometernadel merkwürdig regelmässig, und die Berechnung einer Gleichgewichtslage aus Umkehrpunkten gibt eine auffallende Genauigkeit: öfters kommt es vor, dass die vier aus fünf Umkehrpunkten berechneten Gleichgewichtslagen bis auf ein Zehntel eines Scalentheiles übereinstimmen, und zwar bei grossen Schwingungsamplituden. Indessen, wie aus den weiter unten mitgetheilten Zahlen ersichtlich ist, bekommt man unter Anwendung der Wechselstrommaschine

für die D.C.-en von gut isolirenden Flüssigkeiten sehr nahe richtige Werthe. Ich kann also die Anwendung dieser Maschine als ein sehr elegantes Mittel zur Untersuchung der dielectrischen Polarisation in gut isolirenden Substanzen empfehlen.

Beinahe eben so regelmässig sind die Schwingungen der Electrometernadel bei Anwendung des Unterbrechers No. II, wenn nur die Rotationsgeschwindigkeit innerhalb der oben mitgetheilten Grenzen liegt.

Was den Unterbrecher No. I betrifft, so functionirte er überhaupt bei Weitem nicht so regelmässig wie der Unterbrecher No. II. Dieser Umstand ist selbstverständlich dem kleineren Schwunge seines Rades zuzuschreiben. Der Unterbrecher No. I wurde von mir nur im Anfange der Arbeit benutzt, später aber ganz verlassen.

IV. Zur Herstellung von verschiedenen Verbindungen zwischen dem Doppelcondensator, dem Electrometer und dem Inductorium dient mir ein Commutator aus Paraffin. Derselbe gestattet:

1) die obere und mittlere Platte des Doppelcondensators zur Erde abzuleiten (die untere Platte, wie schon erwähnt, bleibt stets mit der Erde verbunden);

2) die obere Platte mit dem isolirten Pole des Inductoriums (der andere Pol stets zur Erde abgeleitet) und gleichzeitig die mittlere Platte mit dem Electrometer in Verbindung zu setzen;

3) das Electrometer allein mit dem erwähnten freien Pole des Inductoriums zu verbinden;

4) das Electrometer mit der oberen Platte und mit dem Inductorium zu verbinden, indem die mittlere Platte isolirt bleibt (NB.: die Anordnung für diese letzte Combination wurde nur bei den Vorversuchen benutzt; da sie

sich als nicht nöthig erwiesen hat, wurde sie später beseitigt).

Alle Verbindungen sind mittelst sehr dünner Messingdrähte hergestellt; zur Unterstützung derselben sind paraffinirte Glasstäbchen und Seidenfäden benutzt.

B. Messungsverfahren.

Nennen wir die obere Zwischenschicht des Doppelcondensators — „Schicht No. 1“, die untere — „Schicht No. 2“.

Nehmen wir weiter die Capacität des aus der oberen und mittleren Kupferplatte bestehenden Condensators, wenn die Luft die betreffende Zwischenschicht füllt, als Einheit der Capacitäten an, dann ist die Capacität des von der mittleren und unteren Platte gebildeten Luftcondensators auch (sehr nahe: s. oben) gleich Eins. Wenn aber die Schichten No. 1 und 2 mit Flüssigkeiten von D. C.-en δ_1 resp. δ_2 erfüllt sind, so sind die Capacitäten der beiden Condensatoren gleich δ_1 resp. δ_2 .

Es sei noch γ die als constant vermuthete Capacität des Electrometers in Doppelschaltung + Capacität des Paraffincommutators + Capacität gesammter Zuleitungsdrähte.

Es seien jetzt die beiden Zwischenschichten mit Flüssigkeiten (δ_1 und δ_2) gefüllt; alle Platten und Electrometer seien zunächst mit der Erde verbunden, dann aber Electrometer und mittlere Platte isolirt und miteinander verbunden, während die obere Platte bis auf das Potential = V geladen wird. Dann bekommt die mittlere Platte ein kleineres Potential = v , welches am Electrometer gemessen wird. Wenn wir nun annehmen, dass die beiden Flüssigkeiten und alle benutzten isolirenden Stützen vollkommene Isolatoren seien, so muss offenbar die Gleichung

$$\delta_1 (V - v) = \delta_2 v + \gamma v,$$

oder

$$(V : v) - 1 = (\delta_2 + \gamma) : \delta_1 \quad (3)$$

bestehen.

Natürlich kann unsere Voraussetzung in Wirklichkeit nie in ganzer Strenge erfüllt werden. Man vermuthet jedoch, dass diesem ideellen Falle um so mehr genähert wird, je kleiner die Ladungsdauer ausfällt. Darauf beruht die Anwendung von Wechselströmen zur Bestimmung der D. C.-en; die Vermuthung wird von der Erfahrung bestätigt.

Es sei die obere Platte mit dem freien Pole eines Inductoriums, in welchem elektrische Schwingungen vor sich gehen, verbunden; die mittlere Platte aber isolirt und mit einem Electrometer in Doppelschaltung verbunden.

Das Potential der oberen Platte V ist dann eine periodische Function der Zeit t mit der Periode = τ ; das Potential der mittleren Platte v ist ebenfalls eine periodische Function von t und zwar mit derselben Periode.

Wenn wir nun

$$\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} V^2 dt = W^2$$

und

$$\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} v^2 dt = w^2$$

setzen, so wird anstatt der Gleichung (3) die folgende bestehen:

$$(W : w) - 1 = (\delta_2 + \gamma) : \delta_1. \quad (4)$$

Auf unvollkommene Isolatoren angewandt gilt die Gleichung (4) nur angenähert; der oben ausgesprochenen Vermuthung gemäss ist aber die Annäherung um so grösser, je kleiner τ gemacht wird.

Die Grösse w ist nun unmittelbar von dem mit der mittleren Platte verbundenen Electrometer gegeben; und zwar kann sie nach der Gleichung (2) (Abschnitt A, Artikel II) aus dem Werthe des Ausschlages α berechnet werden.

Wie aber kann die Bestimmung von W geschehen?

Das geschieht ganz einfach im Falle, wo die zwei folgenden Voraussetzungen berechtigt sind: 1) dass die „electro-statische Capacität“ der secundären Rolle des Inductoriums sehr gross gegen die von uns angenommene Capacitätseinheit erscheint; 2) dass die elektrischen Schwingungen im Inductorium ganz regelmässig vor sich gehen und keine merkliche Aenderung während der zu den weiter beschriebenen Manipulationen nöthigen Zeit erfahren.

Nehmen wir für einen Augenblick an, dass die beiden Voraussetzungen erfüllt seien; dann verfahren wir folgendermassen:

Nachdem der Ausschlag α bestimmt ist, trennen wir sowohl das Electrometer als auch das Inductorium von unserem Doppelcondensator ab und verbinden sie miteinander. Dann entspricht offenbar der neue Ausschlag der Nadel (nennen wir ihn A) dem Potentiale W , d. h. es besteht dann die Gleichung

$$A = a \cdot W^2.$$

In diesem Falle ist also

$$W : w = \sqrt{A} : \sqrt{\alpha},$$

und die Gleichung (4) wird zu

$$(\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}) - 1 = (\delta_2 + \gamma) : \delta_1. \quad (5)$$

Wenn aber die erste von den oben erwähnten Voraussetzungen nicht berechtigt ist, so kann die „electro-statische Capacität“ des Inductoriums experimentell bestimmt, und ihr Werth in der von uns angenommenen Einheit angegeben werden. Dann kann man, jedoch unter der An-

nahme, dass die zweite von jenen Voraussetzungen doch richtig ist, das oben beschriebene Verfahren noch anwenden; nur die Formeln werden in diesem Falle ein wenig complicirter, indem die „electrostatiche Capacität“ des Inductoriums in die Gleichungen eintritt. Diese complicirteren Formeln theile ich nicht mit, weil bei meinen Versuchen die erste Voraussetzung so nahe erfüllt war, dass die „electrostatiche Capacität“ des Inductoriums wegen ihrer Grösse gegen die oben angenommene Capacitätseinheit nicht geschätzt werden konnte. Beim Anfange der Arbeit habe ich mehrmals versucht diese Capacität zu bestimmen, indem ich folgendermassen verfuhr: ich bestimmte den Ausschlag des Electrometers bei der im Abschnitte A, Artikel IV, unter 3) bezeichneten Verbindung; dann wurde auf die unter 4) bezeichnete Verbindung commutirt und der Ausschlag von neuem bestimmt; dabei hat sich aber bei einer ziemlich grossen Anzahl derartiger Versuche kein Unterschied zwischen den Grössen der beiden Ausschläge ergeben. Deshalb betrachte ich es als berechtigt das oben mitgetheilte vereinfachte Verfahren anzuwenden und zur Berechnung der Versuchsergebnisse die Formel (5) zu benutzen. Was aber die zweite von den oben erwähnten Voraussetzungen betrifft, so konnte sie bei meinen Versuchen nur ausnahmsweise, in durchaus seltenen Fällen, nicht erfüllt sein. Die Bürgschaft dafür ist erstens die grosse Regelmässigkeit des Functionirens der Wechselstrommaschine und der beiden Unterbrecher (bei passenden Rotationsgeschwindigkeiten), welche Regelmässigkeit aus dem Verhalten der Ausschläge der Electrometernadel wohl erkennbar ist; zweitens aber auch gute Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen einzelner Beobachtungen. Und zwar ist die Regelmässigkeit am grössten bei der Wechselstrommaschine, dann beim Unterbrecher No. II; dem Unterbrecher No. I kommt in dieser Hinsicht die letzte Stelle zu.

Mein Verfahren besteht also im Folgenden:

I. Ich beginne mit der im Abschnitt A, Artikel IV unter 1) bezeichneten Verbindung, um die Möglichkeit zufälliger Elektrisirung der Platten beim Anfange des Versuches auszuschliessen;

II. dann commutire ich auf die Verbindung, welche unter 2) angedeutet ist, und bestimme den Ausschlag α ;

III. schliesslich commutire ich auf die unter 3) bezeichnete Verbindung und bestimme den Ausschlag A .

Um die ganze Manipulation möglichst kurz zu machen, was von grosser Wichtigkeit ist, werden die Gleichgewichtslagen aus Schwingungen bestimmt, nämlich aus 3 oder 5 Umkehrpunkten; für die Verkürzung der Dauer des Verfahrens ist der Umstand sehr günstig, dass die Schwingungen der Nadel meines Electrometers sehr rasch sind (s. oben). Das Abwarten des Eintretens der thatsächlichen Ruhe der Nadel raubt sehr viel Zeit, da die Luftdämpfung nur gering ist (s. oben), und kann deshalb gar nicht empfohlen werden. Zur Erleichterung der Berechnung von Gleichgewichtslagen aus Umkehrpunkten habe ich eine Hilfstabelle construirt.

Die Berechnung von Versuchsergebnissen geschieht nach der Formel (5). Dass diese Berechnung, wenn sie sich auf leitende Flüssigkeiten und dabei auf langsame elektrische Schwingungen bezieht, nur ganz illusorische Werthe für die D.C.-en geben kann, das liegt auf der Hand. Aber ich habe mir, wie oben schon erwähnt ist, die Aufgabe gestellt, zu prüfen, ob nicht diese Werthe, bei Abnahme der Ladungsdauer $\frac{\tau}{2}$, sich asymptotisch einer festen unteren Grenze nähern.

Kehren wir zur Gleichung (5) zurück. Wenn die beiden Zwischenschichten des Doppelcondensators mit Luft erfüllt sind, kommt dieser Gleichung folgende Gestalt zu:

$$\sqrt{A} : \sqrt{\alpha} = 2 + \gamma. \quad (6)$$

Wie aus (6) erhellt, geben die Versuche mit der Luft in den beiden Zwischenschichten unmittelbar den Werth der Constanten γ .

Wenn nun die Schicht No. 1 mit einer Flüssigkeit (von der D.C. = δ_1) erfüllt ist, die Schicht No. 2 dagegen mit Luft, so verwandelt sich die Gleichung (5) in

$$(\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}) - 1 = (1 + \gamma) : \delta_1. \quad (7)$$

Derartige Versuche können also zur Bestimmung der D.C. einer Flüssigkeit in Bezug auf Luft dienen, wenn der Werth von γ aus Vorversuchen bekannt ist.

Endlich können Versuche mit zwei Flüssigkeiten [Gleichung (5)] als Controlversuche dienen.

C. Ergebnisse.

Wegen grosser Wichtigkeit einer möglichst genauen Kenntniss des Werthes von γ wurde zur Ermittlung desselben eine ziemlich grosse Anzahl Versuche angestellt.

Resultate :

aus Versuchen mit	
Unterbrecher No. II	Unterbrecher No. I
$\gamma = 0,63$ (Mittel aus 117 Vers.)	$\gamma = 0,65$ (aus 30 Vers.)
Wechselstrommaschine	
$\gamma = 0,66$ (Mittel aus 98 Versuchen).	

Dabei wurden fast immer die mässigen Rotationsgeschwindigkeiten der beiden Unterbrecher benutzt (welche Geschwindigkeiten, wie schon erwähnt, dem regelmässigsten Functioniren der Unterbrecher entsprechen). Trotz grosser Anzahl von Beobachtungen konnte eine Abhängigkeit der Grösse γ von der Höhe der benutzten Potentiale (von der Grösse A) nicht nachgewiesen werden. Auf eine solche Abhängigkeit deutet Herr Arons bei dem von ihm benutzten Mascart'schen Electrometer hin (Wied. Ann. Bd. 35, 1888, SS. 294—295). Uebrigens variirten bei

meinen Versuchen die Potentiale innerhalb nicht so weiter Grenzen, wie es bei Herrn Arons der Fall war.

Was die Verschiedenheit der Werthe von γ bei verschiedenen Ladungsdauern betrifft (s. die oben angeführten Zahlen), so zeigen sie eine derartige Gesetzmässigkeit (je kleiner die Ladungsdauer ist, desto kleiner fällt auch γ aus), die wohl erklärbar zu sein scheint: es muss zu der wahren Capacität des Electrometers und der Zuleitungen (d. h. derjenigen Capacität, welche einer vollkommenen Isolation entsprechen würde) noch eine scheinbare hinzukommen, welche von der oberflächlichen Leitung der Seidenfäden und Unterstützungsstäbchen herrührt; es ist aber sehr wohl denkbar, dass die von Isolationsmangel herrührenden Electricitätsverluste (also auch die scheinbare Capacität) desto grösser sind, je länger die Ladungsdauer ausfällt; bei den ziemlich grossen Unterschieden in der Ladungsdauer, wie es bei den drei erwähnten Versuchsreihen der Fall war, können vielleicht diese Unterschiede einen wahrnehmbaren Einfluss auf das Resultat ausüben.

Jedenfalls kann die Verschiedenheit der Werthe von γ bei verschiedener Ladungsdauer nur einen kleinen Einfluss auf die Werthe der D.C.-en haben, nämlich: bei Berechnung dieser Werthe wird nicht γ selbst, sondern $1 + \gamma$ benutzt [s. Gleichung (7)]. Es kann also dieser Einfluss höchstens durch

$$1,8\%$$

der Grösse einer zu bestimmenden D.C. dargestellt werden.

Doch halte ich es für nothwendig, bei der Berechnung einer D.C. immer denjenigen von den oben mitgetheilten Werthen von γ zu benutzen, welcher zur zugehörigen Unterbrechungsart gehört.

Jetzt theile ich die bei den Versuchen mit verschiedenen Flüssigkeiten bekommenen Resultate mit. Die Versuche beziehen sich auf gewöhnliche Zimmertemperatur, die etwa

zwischen 17° und 20° schwankte. Bei zähen Flüssigkeiten wurde der Durchfluss durch die dünnen Trichterröhren (bei Füllung von Zwischenschichten des Doppelcondensators) durch Ausübung eines Luftdruckes beschleunigt.

Die weiter unten mitgetheilten Werthe der Ladungsdauer $\frac{\tau}{2}$ wurden nach den Formeln (ω) und (Ω) (Abschnitt A, Art. III) berechnet; aus dem oben erörterten Grunde wird diesen Werthen keine absolute Genauigkeit zugeschrieben: es handelt sich nur um eine ungefähre Schätzung der Ladungsdauer.

A. Schlecht leitende Flüssigkeiten.

I. Benzol.

Dicht. = 0,879 bei 19° C.

Unterbrecher No. II

Unterbrecher No. I

$$\delta = 2,11 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2600} \right) \quad \delta = 2,17 \left(\frac{\tau}{2} \text{ von } \frac{1}{160} \text{ bis } \frac{1}{320} \right)$$

Wechselstrommaschine

$$\delta = 2,18 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{12} \right).$$

Man sieht, dass die Wechselstrommaschine einen bis auf 3,3 % richtigen Werth geliefert hat.

Die von anderen Forschern gefundenen Werthe sind: 2,198 (Silow); 2,43 (Winkelmann); 2,13 (bei 20° C.) (Negreano); 1,948 (Donle); 1,766 (Ladungsdauer = 1 Secunde) (G. Weber); 2,207 (Ladungsdauer = $\frac{1}{8,33}$ [Sec.]) (G. Weber); 2,17 (Tshegläjew).

II. Olivenöl (käufliches.)

Dicht. = 0,9158 bei 18° C.

Unterbrecher No. II	Wechselstrommaschine
$\delta = 2,81 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2700} \right)$	$\delta = 2,86 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{12} \right)$

Der Unterschied beträgt nur 1,8%.

Die von anderen Forschern gefundenen Werthe sind:
3,08 (Arons und Rubens; 3,16 (Hopkinson).

Die bedeutenden Unterschiede sind wahrscheinlich dem Umstande zuzuschreiben, dass Olivenöl keine chemisch definirbare Substanz ist, und verschiedene Proben desselben können ziemlich bedeutende Unterschiede der Zusammensetzung darbieten.

B. Besser leitende Flüssigkeiten.

a) Aetherische Oele.

Eine grosse Anzahl dieser Oele wurde schon im Jahre 1889 für das Physikalische Institut von der Firma Dr. H. Koenig in Leipzig bezogen. Für manche dieser Oele wurde damals die Rotations- und Refractionsdispersion von Herrn Dr. R. Steinheil untersucht (Steinheil, „Beobachtungen über Rotations- und Refractionsdispersion“, Inaugural-Dissertation, München, 1889). Unter den Oelen gibt es mehrere gleichen Namens, aber verschiedener Qualität. Ueber den Unterschied in der Herstellung der verschiedenen Sorten konnte nichts erfahren werden; dass aber die Oele von Verunreinigungen durch fette Oele vollständig frei und nur aus aromatischen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, das wurde durch eine von Herrn Steinheil angestellte Untersuchung nachgewiesen (l. c., SS. 12–13).

Im Weiteren wird die von der Fabrik angewendete Unterscheidung der Proben durch Numerirung beibehalten, (wie es auch in der Abhandlung von Steinheil geschehen ist).

Für die drei ersten von den weiter unten angeführten Oelen wurden die Werthe der D.C.-en, zur Controle, auch nach der Methode der Kraftmessung bestimmt.

Das Verfahren war das von den Herren Cohn und Arons vorgeschriebene (Wied. Ann., Bd. 33, 1888, SS. 15—19). Als Flüssigkeitselectrometer wurde das von Herrn Dr. Franke schon früher zu dem nämlichen Zwecke benutzte angewendet, (Wied. Ann., Bd. 1893, S. 163). Für dasselbe beträgt die Schwingungsdauer der „Nadel“ in der Luft 18 [sec], das logarithmische Decrement (ebenfalls in der Luft) 0,0100. Der Abstand des Spiegels von der Scala war gleich 560 [cm]. Zur Erzeugung von oscillirenden Ladungen wurde das schon oben erwähnte Inductorium benutzt; die Unterbrechung des primären Stromes (2 Daniel-Elemente, Widerstand von 5 bis 15 Ohm) war vom Unterbrecher No. II bei der günstigsten (für die Regelmässigkeit des Functionirens desselben) Rotationsgeschwindigkeit besorgt; die Ladungsdauer, nach der Formel (Ω) berechnet, betrug dabei etwa $\frac{1}{2400}$ [sec].

Die Beobachtungen wurden folgendermassen angestellt: zunächst bestimmte ich 3 Umkehrpunkte der Nadel des Mascart'schen Electrometers; dann machte ich dasselbe mit dem Edelman'schen Electrometer (Flüssigkeitselectrometer); schliesslich von neuem mit dem Mascart'schen Electrometer. Aus den beiden für die Mascart'sche Nadel berechneten Ausschlägen wurde das arithmetische Mittel genommen. Der Unterbrecher functionirte so regelmässig, dass die beiden Ausschläge sehr oft zusammenfielen. Die Umkehrpunkte wurden am Edelman'schen Electrometer nur für die Schwingungen seiner „Nadel“ in der Luft bestimmt; bei den Schwingungen dieser „Nadel“ in Oelen war die Dämpfung

sehr stark, und man konnte sehr wohl das Eintreten der thatsächlichen Ruhe derselben abwarten. Die Nullpunktverschiebungen in den Oelen waren sehr klein im Verhältnisse zu den benutzten Ausschlägen: sie machten kaum $\frac{1}{2}$ % derselben aus. Dieser Umstand ist der bedeutenden Schwere der von Herrn Franke und mir für das Edelmann'sche Electrometer benutzten „Nadel“ zuzuschreiben. Die davon herführende kleine Empfindlichkeit des Edelmann'schen Electrometers stellte aber für mich keinen Uebelstand dar, weil, wie oben erwähnt, das Mascart'sche Electrometer auch eine kleine Empfindlichkeit besass, während die vom Inductorium gelieferten Potentiale genügend hoch waren.

Das von den Herren Cohn und Arons durch $F_0 : M_0$ bezeichnete Verhältniss (l. c., S. 16) erwies sich für meine Electrometer im Mittel gleich 2,80.

Ich konnte die Kraftmessungsmethode nur für diejenigen Oele anwenden, von denen mir hinreichend grosse Mengen (zur Füllung des Flüssigkeitselectrometers) zur Verfügung standen.

Im Weiteren behalte ich das Zeichen δ zur Bezeichnung der nach der Kraftmessungsmethode bekommenen Werthe von D.C.-en bei; die nach der Capacitätsmethode bekommenen Werthe (welche, bei kleiner Ladungsdauer, natürlich, illusorisch sind) werden durch D bezeichnet.

I. Oleum Juniperi e baccis No. IV.

Dicht. = 0,8657 bei 19,5°C.

Unterbrecher No. II:

Wechselstrommaschine:

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{3860}$$

$$D = 2,19.$$

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{1900}$$

$$D = 2,45.$$

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{12}$$

$$D = 2,54.$$

Methode der Kraftmessung:

$$\delta = 2,29 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right).$$

Der von der Wechselstrommaschine gelieferte Werth ist bei diesem Oele schon bedeutend zu gross.

II. Oleum Foeniculi rectific. No. IV.

Dicht. = 0,9671 bei 20°C.

Unterbrecher No. II:

Wechselstrommaschine:

$$D = 4,32 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2900} \right) \quad D = 12,7 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{12} \right)$$

Methode der Kraftmessung:

$$\delta = 4,50 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right).$$

III. Oleum Lavendulae extrafin. No. III.

Dicht. = 0,881 bei 20°C.

Unterbrecher No. II:

$$D = 3,52 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right).$$

Methode der Kraftmessung:

$$\delta = 3,56 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right).$$

Bei diesem Oele stimmen die nach beiden Methoden gefundenen Werthe befriedigend überein. Was die bedeutenderen Abweichungen derselben bei den ersten Oelen betrifft, so können sie vielleicht von dem Unterschiede in der Ladungsdauer herrühren? Der Sinn dieser Abweichungen steht mit dem Sinne jener Unterschiede in keinem Widerspruche. Die Möglichkeit einer derartigen Erklärung ist also nicht ausgeschlossen.

IV. Oleum Foeniculi rectific. No. III.

Dicht. = 0,9561 bei 20°C.

Unterbrecher:	$\frac{\tau}{2}$	D
Wechselstr.-Masch.	$\frac{1}{12}$	17,7
Unterbrecher No. II	$\frac{1}{860}$	5,02
— —	$\frac{1}{2400}$	4,44
— —	$\frac{1}{3800}$	4,35

(Mit diesem Oele wurde eine sehr grosse Anzahl Messungen angestellt.)

Eine asymptotische Annäherung der Werthe von D zu einer festen unteren Grenze tritt hier sehr deutlich hervor.

Wenn wir es ferner als berechtigt betrachten, in den oben mitgetheilten kleinsten Werthen von D etwa den wahren D.C.-en nahe kommende Grössen zu vermuthen (die Controle durch die Kraftmessungsmethode scheint hiezu zu berechtigen), dann können wir constatiren, dass bei den beiden oben angeführten Proben des „Oleum Foeniculi“ die D.C.-en nahezu gleich sind. Nur für die grösste Ladungsdauer ist der Unterschied der Werthe von D sehr bedeutend, was auf eine merkliche Verschiedenheit des elektrischen Leitungsvermögens der beiden Proben hinzudeuten scheint. Wenn nun aber die wahren D.C.-en der beiden Proben wirklich nahezu einander gleich sind, dann gewährt die oben ausgesprochene Vermuthung über die Ursache einer bedeutenderen Abweichung zwischen den nach Capacitäts- bzw. Kraftmessungsmethode für die D.C. des „Oleum Foeniculi No. IV“ gelieferten Werthen eine Bestätigung: in der That haben wir bei dem „Oleum Foeniculi No. III“ einen Werth von D , welcher genau derselben Ladungsdauer entspricht,

wie der Werth von δ beim „Oleum Foeniculi No. IV“; die Zusammenstellung der beiden Werthe zeigt aber, dass zwischen ihnen nur ein 1.3 0/0-grosser Unterschied besteht:

$$\begin{array}{l|l} \text{Ol. Foenic. r. No. IV:} & \text{Ol. Foenic. r. No. III:} \\ \delta = 4,50 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right) & D = 4,44 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right) \end{array}$$

V. Oleum Juniperi e ligno No. I.

Dicht. = 0,985 bei 19°C.

Unterbrecher:	$\frac{\tau}{2}$	<i>D</i>
Wechselstrommasch.	$\frac{1}{10}$	29,1
— —	$\frac{1}{11,6}$	26,3
— —	$\frac{1}{12}$	20,7
Unterbrecher No. I	$\frac{1}{440}$	15,9
Unterbrecher No. II	$\frac{1}{3600}$	5,26

VI. Oleum Juniperi e ligno No. II.

Dicht. = 0,939 bei 19°C.

Unterbrecher:	$\frac{\tau}{2}$	<i>D</i>
Wechselstrommasch.	$\frac{1}{9,6}$	20
— —	$\frac{1}{12}$	9,8
Unterbrecher No. I	$\frac{1}{380}$	7,23
Unterbrecher No. II	$\frac{1}{3840}$	3,55

VII. Oleum Juniperi e ligno No. III.

Dicht. = 0,909 bei 19°C.

Unterbrecher:	$\frac{\tau}{2}$	<i>D</i>
Wechselstrommasch.	$\frac{1}{12,3}$	12,6
Unterbrecher No. I	$\frac{1}{300}$	4,29
Unterbrecher No. II	$\frac{1}{3120}$	2,98

VIII. Oleum Juniperi e ligno No. IV.

Dicht. = 0,973 bei 18,5°C.

Unterbrecher:	$\frac{\tau}{2}$	<i>D</i>
Wechselstrommasch.	$\frac{1}{12,4}$	31,3
Unterbrecher No. I	$\frac{1}{360}$	18,3
Unterbrecher No. II	$\frac{1}{3360}$	4,82

Für alle 4 angeführten Proben des Wachholderöls aus Holz ist die Drehung der Polarisationssebene von Herrn R. Steinheil gemessen worden.

Ich lasse eine Zusammenstellung der Werthe der D.C.-en dieser Oele mit den Grössen der ihnen zukommenden Drehungen folgen.

Nummern der Proben des Wachholderöls aus Holz	D.C.	Drehung	Dichtig- keit bei 19° C.	Zähigkeit.
No. I . . .	5,26	klein: 1,2° für das ganze Spectrum	0,985	Am grössten.
No. II . . .	3,55	35,29° für die Fraun- hofer'sche Linie <i>B</i>	0,939	zwischen den den Nummern III und IV zukommenden.
No. III . . .	2,98	43,09° für die <i>B</i> Linie	0,909	am kleinsten.
No. IV . . .	4,82	19,09° für die <i>B</i> Linie	0,973	zwischen den den Nummern I und II zukommenden.

Die Grössen der Drehung (alle Proben links drehend) beziehen sich auf die 20 [cm] lange Flüssigkeitsäule.

Die Zähigkeiten wurden nur qualitativ nach den Durchflusszeiten durch ein und dasselbe Rohr geschätzt.

Es lassen sich folgende Gesetzmässigkeiten für diese 4 Oele gleichen Namens, aber verschiedener Qualität, constatiren: je grösser die D. C. ist, desto grösser sind auch Dichtigkeit und Zähigkeit, desto kleiner aber fällt die Drehung aus. Bei den Proben No. II und No. III besteht sogar umgekehrte Proportionalität zwischen der D. C. und der Drehung für die *B*-Linie:

$$43,09 : 35,29 = 1,221, \text{ während } 3,55 : 2,98 = 1,219.$$

Ich habe noch für manche andere ätherische Oele Versuche angestellt. Die Ergebnisse sind aber noch nicht ausgerechnet worden.

b) Alkohol.

I. Eine der beiden untersuchten Proben wurde unter dem Titel „absoluter Alkohol“ bezogen. Jedoch hat die Dichtigkeitsbestimmung für diese Probe ergeben: Dicht. =

0,797 bei 15°C. Hieraus ergibt sich nach der „Alkoholometrischen Tabelle“ die Stärke des Alkohols gleich etwa 99 %.

Ich theile die Werthe von A und α (s. oben), welche bei einer von zwei mit dieser Probe angestellten Versuchsreihen bekommen wurden, mit:

Unterbrecher No. II.

Capacitätsmethode:

$$\frac{\tau}{2} = \frac{1}{3240} [\text{sec}]$$

A	α	$\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$
257,5	219,8	1,082
265,9	232,6	1,069
256,2	224,1	1,069
271,9	232,9	1,080
293,9	267,5	1,048
291,2	255,4	1,068
286,8	249,1	1,073
343,5	292	1,084
281,1	253,3	1,053
278	245,8	1,063
304	264,9	1,071

Mittel (aus 11 Beobachtungen): $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha} = 1,069$

Die zweite Reihe (nach einer neuen Füllung der Schicht No. 1) hat ergeben: $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha} = 1,071$ (aus 10 B).

Hauptmittel: $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha} = 1,070$.

Die Formel (7) (Abschnitt B) ergibt also für diese Probe:

$$D = \frac{163}{7} = 23,3 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{3240} \right).$$

Die von anderen Forschern gefundenen Werthe sind: $\delta = 26,5$ (98 %) (Cohn und Arons); $\delta = 25,8$ („absolut“, bei 14°C.) (Tereschin); $\delta = 22,29$ (Dicht. = 0,811 bei 15°C.) (Donle).

II. Die andere Probe wurde unter dem Titel „96%iger Alkohol“ bezogen. Lange in grosser Vorrathsflasche des Instituts gestanden. Unmittelbar vor den Versuchen wurde Dichtigkeitsbestimmung ausgeführt. Aus dem Werthe der Dichtigkeit konnte geschlossen werden, dass zu den Versuchen nur etwa 93% starker Alkohol benutzt wurde.

Unterbrecher No. II.

Capacitätsmethode:

$$D = 67,9 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{1400} \right); \quad D = 34,7 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{3600} \right)$$

Kraftmessungsmethode:

$$\delta = 32,4 \left(\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400} \right).$$

Bei einem so wasserreichen Alkohole gibt also der Unterbrecher No. II unter Anwendung der Capacitätsmethode noch zu grosse Werthe. Da aber mein Unterbrecher No. II natürlich kein letztes Wort der Technik darstellt, so wage ich zu vermuthen, dass mit einem noch bedeutend grösseren und (das ist die Hauptsache) noch mehrere Unterbrechungen bei einer Umdrehung gestattenden Unterbrecher vielleicht sogar die D. C. des Wassers nach der Capacitätsmethode richtig bestimmt werden kann.

Wie schon erwähnt, gibt der Unterbrecher No. II die besten Resultate, wenn seine Rotationsgeschwindigkeit in den Grenzen liegt, welche 10 und 16 Umdrehungen in einer Secunde entsprechen. Bei grösseren Geschwindigkeiten werden nicht nur die Electrometernadelausschläge bedeutend unregelmässiger, sondern es wird auch eine sehr deutliche Zunahme der Werthe von D wahrgenommen. Bei manchen gut leitenden Flüssigkeiten habe ich sogar bei 41 Umdrehungen in einer Secunde Werthe von D gefunden, welche etwa doppelt so gross sind, wie diejenigen, welche den günstigsten Rotationsgeschwindigkeiten entsprechen. Das deutet

offenbar auf ein bei grossen Geschwindigkeiten stattfindendes Ueberspringen der Bürste hin. Die erwähnten Grenzen, innerhalb deren die günstigsten Geschwindigkeiten liegen, wurden aus sehr vielen Versuchen bestimmt.

Es mögen noch die Resultate einiger Controle-Versuche (mit zwei Flüssigkeiten) mitgetheilt werden.

I. Die Schicht No. 1 ist mit Olivenöl, die Schicht No. 2 mit Benzol gefüllt. Es ist also $\delta_1 = 2,81$ und $\delta_2 = 2,11$ (s. oben), und der nach der Formel (5) berechnete Werth von $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$ ist

$$1,975;$$

der beobachtete Werth aber desselben Verhältnisses betrug 1,980.

(Unterbrecher No. II, $\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2600}$; bei Berechnung ist deshalb $\gamma = 0,63$ angenommen).

II. Umgekehrte Füllung. Unterbr. No. II, $\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2600}$. Es ist also $\delta_1 = 2,11$ und $\delta_2 = 2,81$; $\gamma = 0,63$.

$\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$ (berechnet) = 2,630; $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$ (beobachtet) = 2,659.

III. Die Schicht No. 1 enthält — „Oleum Lavendulae extraf. No. III“; die Schicht No. 2 — „Oleum Foeniculi rect. No. III“.

Unterbrecher No. II, $\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400}$. Es ist:

$D_1 = 3,52$ (bei $\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400}$) und $D_2 = 4,44$ (bei $\frac{\tau}{2} = \frac{1}{2400}$);

$$\gamma = 0,63.$$

$\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$ (berechnet) = 2,44; $\sqrt{A} : \sqrt{\alpha}$ (beobachtet) = 2,48.

Um noch raschere, als die vom Unterbrecher No. II gelieferten, elektrische Schwingungen zu haben, habe ich versucht, die bei Entladungen von Leydener Flaschen entstehenden Oscillationen bei meiner Methode anzuwenden. Leider aber ging es nicht: aus den grossen Werthen, welche dabei für die D.C.-en ätherischer Oele bekommen wurden, liess sich mit Sicherheit erkennen, dass für die Ladung des Doppelcondensators nicht die Entladungsoscillationen, sondern nur die eigenen elektrischen Schwingungen eines die Ladung der benutzten Leydener Flasche besorgenden Inductoriums maassgebend waren (es wurde nicht das oben erwähnte, sondern ein anderes Inductorium dazu benutzt; der primäre Strom wurde dabei auf übliche Weise automatisch unterbrochen).
