

Sitzungsberichte
der
mathematisch - physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

Band VII. Jahrgang 1877.



München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1877.

In Commission bei G. Franz.

Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Sitzung vom 3. März 1877.

Mathematisch-physikalische Classe.

Herr Prof. v. Jolly legt vor und bespricht die Abhandlung:

„Ueber die elektrische Influenz auf nicht-
leitende feste Körper von A. Wüllner,
corresp. Mitglieder“.

1.

Vor einiger Zeit hatte ich die Ehre der Akademie einige Versuche mitzutheilen ¹⁾, aus denen sich ergab, dass die flüssigen Nichtleiter in ähnlicher Weise elektrisch influenzirt werden, wie die flüssigen Leiter; dass in Bezug auf die elektrische Influenz die Nichtleiter von den Leitern sich nur in soweit unterscheiden, dass während bei den letztern die Influenz momentan in ihrer ganzen Stärke auftritt, bei den erstern dieselbe eine längere Zeit braucht um denselben Werth zu erreichen. Es ergab sich das daraus,

1) Sitzungsberichte der k. b. Akademie zu München (math.-phys. Classe) Bd. V. p. 147 (Juni 1875).

[1877. 1. Math.-phys. Cl.]

dass das Potential in einer elektrisirten, mit dem Sinuselektrometer verbundenen Metallplatte, welche über einer flüssigen Platte von immer derselben Form in immer gleicher Entfernung schwebte, immer in demselben Verhältnisse vermindert wurde, sowohl, wenn die Flüssigkeit leitend als auch wenn sie nichtleitend war. Es wurde nämlich das Potential der frei schwebenden Platte am Sinuselektrometer beobachtet, V_1 ; es wurde dann diese Platte bis zu einem bestimmten bei allen Versuchen constanten Abstände über der Flüssigkeit herabgelassen und das Potential der Platte in dieser Lage am Sinuselektrometer beobachtet gleich V . Bezeichnet man nun das Potential der in der Flüssigkeit influenzirten Elektricität auf die elektrisirte Platte resp. auf das immer gleiche elektrische System, von welchem die Platte ein Theil ist, mit V_2 , so ist

$$V = V_1 + V_2$$

Da nun immer

$$V_2 = a V_1$$

gesetzt werden kann, wenn a die von der Platte ausgeübte Influenz bedeutet, für den Fall, dass bei den gegebenen Umständen die influenzirende Platte das Potential Eins besitzt, so ist

$$V = V_1 (1 + a)$$

$$\frac{V}{V_1} = 1 + a$$

Dieser Quotient $1 + a$ wurde nun immer derselbe, einerlei ob die Platte aus einer leitenden oder nichtleitenden Flüssigkeit bestand, ein Beweis, dass bei hinreichender Dauer die nichtleitenden Flüssigkeiten durch Influenz bis zu demselben Grade elektrisirt werden wie die leitenden.

Im Anschlusse an diese Beobachtungen erlaubte ich mir gleichzeitig einige vorläufige Versuche über die Influenz auf feste Isolatoren mitzutheilen, welche den Beweis zu liefern schienen, dass auch dort die Elektrisirung bei

dauernder Influenz stetig zunimmt, aber nicht bis zu jenem Werthe, welche sie in den Leitern erreicht. Ich habe diese Versuche seitdem weiter verfolgt und die mit der Zeit wachsende Influenz bei einer Anzahl von festen Isolatoren, so genau es eben geht, messend verfolgt. Die Frage gerade nach dieser mit der Zeit wachsenden Influenzirkung schien mir, ausser dem Interesse, das sie an sich bietet, auch für unsere theoretischen Anschauungen nicht ganz ohne Bedeutung zu sein. Bei den meisten theoretischen Entwicklungen von Fragen, bei denen die Isolatoren eine Rolle spielen, und in den neueren elektrischen Untersuchungen wird die Rolle der Isolatoren eine immer wichtigere, betrachtet man die Isolatoren als Dielektrica im Sinne der ursprünglich von Faraday ausgesprochenen Anschauung. Man setzt voraus, dass jeder Isolator ein bestimmtes Inductionsvermögen habe, und führt den Einfluss desselben in die Rechnung durch die sogenannte Dielektricitätsconstante ein, welche das Mass der dielektrischen Polarisirung ist. Die Grösse der letzteren ist davon abhängig, wie grosser Theil der in der Volumeinheit des Isolators vorhandenen Moleküle vollkommen leitend sind.

Die sich in der Rückstandsbildung zeigende Zunahme der Influenz mit wachsender Dauer der Einwirkung sieht diese Auffassung als einen Vorgang ganz anderer Ordnung an, man betrachtet ihn als dielektrische Nachwirkung oder als eine mit der Zeit wachsende Influenz in den die leitenden Moleküle trennenden nicht vollkommen isolirenden Molekülen. Ein Zusammenhang zwischen den beiden Erscheinungen ist nur in soweit vorhanden, dass je vollkommener das Dielektricum, je grösser die Dielektricitätsconstante ist, um so geringer die dielektrische Nachwirkung sein muss.

Sollte sich nun aber herausstellen, dass bei allen Isolatoren die Influenz mit der Zeit ziemlich gleichmässig

wächst, aber um so schneller, je grösser auch die momentane Influenz ist, so würde die andere Auffassung der Isolatoren, dass sie von den Leitern sich nicht qualitativ unterscheiden, dass sie nur schlechte Leiter sind, als die richtigere erscheinen.

Ich habe desshalb eine Anzahl von Isolatoren, deren Dielektricitätsconstanten nach den vorliegenden Untersuchungen ziemlich verschieden sind, nach dieser Richtung hin der Messung unterzogen.

Methoden der Messung.

2.

Die einfachste und direkteste Methode, nach welcher die Influenz in einem sogenannten Isolator bestimmen kann, ist die, dass man das Potential der im Isolator influenzirten Elektricität auf eine leitende Platte bestimmt, und zwar auf jene, welche selbst die Influenzwirkung im Isolator hervorruft. Ist V das Potential der Elektricität in der Collectorplatte eines plattenförmigen Ansammlungsapparates, wenn der Zwischenraum zwischen den Platten mit Luft gefüllt ist, und wird V_1 das Potential, wenn die Luft durch einen andern Isolator ersetzt wird, so folgt lediglich aus der Annahme, dass die Influenz im Isolator dem Potential der influenzirenden Elektricität proportional ist

$$V_1 = V(1 - \alpha).$$

Es ist $-\alpha V$ das Potential der im Isolator influenzirten Elektricität auf die leitende Platte. Die Grösse α ist somit das Mass der Influenz im Isolator, es ist das Potential der im Isolator influencirten Elektricität auf die influenzirende Platte, wenn dieselbe bis zum Potentialwerth Eins geladen ist. Ist der Zwischenraum zwischen den leitenden Platten nicht ganz mit dem betreffenden Isolator ausgefüllt, so geht das Potential V_1 über in V_2 , so dass

$$V_2 = V(1 - a)$$

worin $a < \alpha$. Ist der Abstand der leitenden Platten von den Flächen des Isolators nicht zu gross, nicht grösser als dass für diesen Abstand noch die Theorie des plattenförmigen Ansammlungsapparates in der einfachen Form angewandt werden kann, dass man also die Abstände der Flächen als hinreichend klein gegen den Durchmesser der Platten ansehen darf, so kann man setzen

$$a = \alpha \frac{\delta_1}{\delta}$$

wenn δ der Abstand der leitenden Platten und δ_1 die Dicke des Isolators ist. Dieser Gleichung liegt nur die Annahme zu Grunde, dass die im Isolator durch Influenz geschiedenen Elektricitäten sich auf den beiden den leitenden Flächen parallelen Grenzflächen des Isolators befinden. Aber selbst, wenn man diese Annahme nicht ohne weiters zugeben will, bleibt obige Gleichung bestehen, wenn man a als das Mass des elektrischen Zustandes der Grenzflächen des Isolators definirt, welcher nach aussen, resp. auf die influenzirende Platte genau so wirkt, wie die im Isolator durch Vertheilung wirklich geschiedene Elektricität. Man wird daher stets, wenn $\delta - \delta_1$ nur hinreichend klein ist, aus einem beobachteten Werthe a den Werth von α aus der Gleichung

$$\alpha = a \frac{\delta}{\delta_1}$$

berechnen können. Es genügt somit die Grösse a bei verschiedener Dauer der Influenz zu beobachten.

Die hierdurch gegebene Methode zur Bestimmung der Influenz in Nichtleitern habe ich in zwei verschiedenen Formen angewandt. Die eine derselben stimmt im wesentlichen überein mit derjenigen, nach welcher ich die Influenz in Flüssigkeiten gemessen habe. Das Potential einer elektrisirten, als Collectorplatte dienenden, mit dem Sinus-elektrometer verbundenen Platte wurde gemessen, wenn

zwischen den Platten des Ansammlungsapparates Luft war, und wenn die Luft zum Theil durch eine isolirende Platte ersetzt war. Die Condensatorplatte des Ansammlungsapparates lag auf dem Glasring des in meiner Mittheilung über die Influenz auf Flüssigkeiten erwähnten ganz aus Glas hergestellten Gefässes. Mit Hilfe von Stellschrauben, die in der Bodenplatte des Gefässes angebracht waren, konnte diese, durch einen Draht mit den Gasleitungen des Laboratoriums leitend verbundene Platte genau horizontal gestellt werden. Auf diese Platte wurden die verschiedenen isolirenden Platten gelegt, welche möglichst genau planparallel hergestellt waren, so dass also auch die obere Fläche des Isolators möglichst genau horizontal war. Ueber der Condensatorplatte resp. der isolirenden Platte schwebte, an dem ebenfalls in der erwähnten Mittheilung beschriebenen Gelagen befestigt, die Collectorplatte, welche durch einen äusserst feinen, etwa 0,05 Mm. dicken Golddraht mit dem Sinuselektrometer verbunden war. Die Platte konnte an dem Galgen auf und niedergelassen werden; in ihrer höchsten Stellung war sie von der abgeleiteten Platte resp. der obern Fläche des Isolators etwa 12 Centim. entfernt. Ihre tiefste Lage war durch eine feine an dem Galgen befestigte Schraube, in welche die Tragschnüre eingehakt wurden, verstellbar, und sie konnte so in einem genau bestimmbaren Abstände über der Condensatorplatte oder der obern Fläche der isolirenden Platte festgestellt werden. Dieser Abstand wurde gemessen durch ein Glasgitter, welches in dem Oculare eines Mikroskopes angebracht war; das Mikroskop war so eingestellt, dass der Abstand der Theilstriche des Gitters 0,059 Mm. bedeutete. Um sich zu überzeugen, dass die obere Platte der untern resp. der obern Fläche der isolirenden Platte parallel war, wurden die entsprechenden Abstände in zwei zu einander senkrechten Richtungen gemessen. Damit diese Messungen gemacht werden konnten,

war bei den meisten Versuchen der Durchmesser der isolirenden Platten genau gleich demjenigen der leitenden Platten gemacht, nämlich 11,5 Centim.

Es wurde nun die obere in ihrer höchsten Lage schwebende Platte mit Elektrizität geladen und das Potential einige Zeit am Elektrometer verfolgt, um so den Elektrizitätsverlust kennen zu lernen und das Potential im Momente des Herablassens über den Isolator bestimmen zu können. Nach dem Herablassens der Platte wurde dann so rasch wie möglich, meistens schon nach 20 Secunden wieder das Potential am Sinuselektrometer beobachtet, und dann der Gang desselben in bestimmten Intervallen beobachtet. Nach hinreichender Zeit wurde dann die Platte wieder emporgezogen und das Potential der freischwebenden Platte gemessen. Diese letzte Beobachtung hatte hauptsächlich den Zweck den Elektrizitätsverlust während der Dauer des Versuches in Rechnung zu ziehen, wie ich das in meiner Mittheilung über den elektrischen Rückstand auseinandergesetzt habe²⁾). Indem man die allerdings nur annähernd richtige Voraussetzung macht, dass der Verlust in gleichen Zeiten dem in der betreffenden Zeit vorhandenen Potential proportional ist, lässt sich aus der unmittelbar vor dem Niederlassen der Platte und nach dem Aufziehen derselben gemachten Beobachtung das Potential der Platte für jeden zwischen diesen Beobachtungen liegenden Zeitpunkt berechnen.

Die Beobachtung wurde dann damit geschlossen, dass nach Fortnahme der isolirenden Platte die elektrische Platte wieder in die frühere Lage herabgelassen und so das Potential derselben gemessen wurde, wenn zwischen den beiden Platten des Condensators Luft vorhanden war.

2) Poggend. Ann. Bd. CLIII. p. 22.

3.

Die so gemessenen Potentiale, wenn zwischen den Platten des Condensators der Isolator eingeschoben, und wenn der Raum zwischen denselben mit Luft gefüllt ist, lassen nicht unmittelbar die Grösse a wie sie oben definirt ist, ableiten. Es würde das nur dann der Fall sein, wenn die im Elektrometer, welches mit der Platte leitend verbunden ist, vorhandene Elektrizitätsmenge gegen die in der Platte vorhandene verschwindend klein wäre. Ist das nicht der Fall, so fliesst aus dem Elektrometer Elektrizität in die Platte hinüber, sobald in der Collectorplatte das Potential vermindert wird und um so mehr, je mehr das Potential vermindert wird, da in leitend verbundenen Körpern das Potential überall denselben Werth haben muss. Da nun der Einfluss des Isolators auf die Collectorplatte eine Verminderung des Potentials in derselben bewirkt, so fliesst aus dem Elektrometer eine grössere Menge von Elektrizität in dieselbe, wenn sich der Isolator zwischen den Platten befindet, als wenn der Zwischenraum mit Luft gefüllt ist. Es entspricht also das bei Zwischenlegung des Isolators gemessene Potential der Collectivplatte einer grössern in derselben vorhandenen Elektrizitätsmenge als jenes welches gemessen wird, wenn der Zwischenraum gefüllt ist.

Es hat indess keine Schwierigkeit auf Grund bekannter Sätze die Grösse a aus diesen Beobachtungen abzuleiten, wenn man weiss, wie sich bei freischwebender Collectorplatte eine elektrische Ladung zwischen dieser und dem Elektrometer theilt, welches also das Verhältniss zwischen den Capacitäten der Platte und des Elektrometers ist, wenn man in bekannter Weise als Capacität eines elektrischen Systems jene Elektrizitätsmenge bezeichnet, welche dasselbe enthält, wenn es bis zum Potentialwerthe Eins geladen ist.

4.

Das Verhältniss zwischen den Capacitäten der Collectorplatte und des Elektrometers erhält man direkt, wenn man zunächst das Elektrometer isolirt ladet, das Potential der Ladung beobachtet, dann dasselbe durch einen feinen Draht mit der Collectorplatte in Verbindung setzt und wieder das Potential misst, nachdem die dem Elektrometer ertheilte Ladung sich zwischen diesem und der Platte getheilt hat. Bezeichnet man die Capacität des Elektrometers mit E , so ist die einem beobachteten Potential V entsprechende in demselben enthaltene Elektricitätsmenge Q

$$Q = E \cdot V.$$

Verbindet man dann das Elektrometer durch einen feinen Draht mit der Platte, so theilt sich die Elektricität zwischen Platte und Elektrometer, vorausgesetzt, dass wir einen Draht von solcher Feinheit wählen, dass wir die auf diesen übergehende Elektricität als verschwindend klein ansehen können. Beobachtet man dann im Elektrometer das Potential V_1 , so wird, wenn man die Capacität der Platte mit P bezeichnet,

$$Q = (E + P) V_1$$

somit

$$\frac{P}{E} = \frac{V}{V_1} - 1.$$

Zur Bestimmung dieses Verhältnisses wurde in der angegebenen Weise verfahren. Der äusserst feine Verbindungsdraht zwischen Elektrometer und Collectorplatte wurde an ein feines Schellakstiftchen gekittet und vom Elektrometer losgenommen und dann das Elektrometer geladen. Nachdem der Rand der Nadel im Sinuselektrometer beobachtet war, wurde dann der Verbindungsdraht in das Elektrometer eingehängt, und wieder der Stand der Nadel beobachtet. Dass durch das Schellackstäbchen keine Ableitung der Elektricität eintrat, davon überzeugte man sich dadurch, dass

eine Berührung desselben mit der Hand, nachdem der Verbindungsdraht mit dem Elektrometer verbunden war, den Stand der Nadel im Elektrometer nicht veränderte. Zwei Beobachtungen ergaben folgende Werthe

Zeit.	Ablenkung φ der Nadel	$\frac{1}{2} \log \sin \varphi$
0'	56° 24'	0,96072 — 1
0' 20"	56° 10'	0,95971 — 1
0' 40"	55° 46'	0,95869 — 1
1' —	— —	0,95768 — 1 = $\log V$ (Moment der Berührung)
2' —	20° 46'	0,77484 — 1
3' —	20° 45'	0,77484 — 1 = $\log V_1$

$$\frac{P}{E} = 0,523$$

0'	19° 44'	0,76423 — 1
0' 30"	19° 44'	0,76423 — 1
1'	19° 44'	0,76423 — 1
1' 30"	— —	0,76423 — 1 = $\log V$ (Moment der Berührung)
2'	8° 24'	
3'	8° 24'	0,58230 — 1 = $\log V_1$

$$\frac{P}{E} = 0,520$$

Zwei andere in derselben Weise durchgeführte Versuche ergaben

$$\frac{P}{E} = 0,512$$

$$\frac{P}{E} = 0,516$$

Der so bestimmte Werth von $\frac{P}{E}$ lässt sich durch andere Versuche leicht controliren. Lässt man die Collectorplatte bis auf eine bestimmte Entfernung von der Condensator-

platte hinab, so wächst ihre Capacität, da durch die in der abgeleiteten Platte influenzirte Elektricität bei gleicher Ladung der Collectorplatte das Potential in derselben Weise vermindert wird. Verfährt man nun bei herabgelassener Collectorplatte gerade so wie vorher bei frei schwebender, so erhält man zunächst das Verhältniss zwischen der Capacität der über der Condensatorplatte schwebenden Collectorplatte P_1 und derjenigen E des Elektrometers

$$1 + \frac{P_1}{E} = \frac{V}{V_1} ;$$

Bestimmt man dann zweitens das Potential V^1 der Platte, nachdem sie aufgezogen ist, also frei schwebt, für dieselbe Ladung, bei welcher sie in der eben genommenen Entfernung über der Condensatorplatte das Potential V_1 hatte, so erhalten wir für die in dem Systeme bei diesen beiden Beobachtungen vorhandene Elektricitätsmenge die beiden Gleichungen

$$Q = (E + P_1) \cdot V_1$$

$$Q = (E + P) \cdot V'$$

und daraus

$$\frac{1 + \frac{P}{E}}{1 + \frac{P_1}{E}} = \frac{V_1}{V'}$$

oder

$$1 + \frac{P}{E} = \frac{V_1}{V'} \cdot \frac{V}{V_1}$$

So ergab sich, als die Collectorplatte in einem Abstände von ^{mm} 13,12 über der Condensatorplatte schwebte, bei drei Versuchen

$$1 + \frac{P_1}{E} = \frac{V}{V_1} = 1,992 ; 1,986 ; 1,991.$$

Mittel 1,9897

Das Verhältniss zwischen dem Potential der herabgelassenen und der frei schwebenden Platte ergaben zwei Versuche

$$\frac{V_1}{V'} = 0,7644 ; 0,7613$$

Mittel 0,7628

und daraus

$$1 + \frac{P}{E} = 1,518$$

Als Mittel aus diesen und andern Versuchen ergab sich schliesslich

$$1 + \frac{P}{E} = 1,513$$

5.

Wie man nun mit Hülfe des so bestimmten Werthes von $\frac{P}{E}$ aus den oben angegebenen Versuchen den Werth von a ableiten kann, ergibt sich unmittelbar. Die Beobachtungen ergeben erstens das Verhältniss zwischen den Werthen des Potentials, wenn die Collectorplatte in einem bestimmten Abstände über der Condensatorplatte schwebt, während der Zwischenraum mit Luft gefüllt ist, V_1 , und wenn die Platte frei schwebt, V' . Daraus erhält man wie oben

$$\frac{E + P_1}{E + P} = \frac{V'}{V_1} = A$$

also für die Capacität P_1

$$\frac{P'}{E} = A \left(1 + \frac{P}{E} \right) - 1$$

Die Beobachtungen ergeben zweitens das Verhältniss zwischen dem Potential V , der Platte, wenn sie in der-

selben Entfernung über der Collectorplatte schwebt, aber der Isolator dazwischen geschoben ist, und dann der frei schwebenden Platte V' . Nennen wir die Capacität der über dem Isolator schwebenden Platte P_2 , so erhalten wir

$$\frac{E + P_2}{E + P} = \frac{V'}{V_1} = B$$

$$\frac{P_2}{E} = B \left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1$$

Da nun die Zwischenlagerung des Isolators das Potential der von der Verbindung mit dem Elektrometer losgelösten Collectorplatte, auf welche sich die Capacitäten P beziehen, bei gleichen in derselben vorhandenen Elektricitätsmenge nach der Bemerkung des § 2 von 1 auf $1 - a$ vermindert, so folgt, dass zur Herstellung des gleichen Potentials bei zwischen gelegtem Isolator die der Collectorplatte zu gebende Elektricitätsmenge im Verhältniss von $1 : 1 - a$ vergrößert werden muss, oder mit andern Worten, die Capacität der Platte P_2 ist gegeben durch

$$P_2 = \frac{P_1}{1 - a}.$$

Durch diese Bestimmung von P_2 ergibt sich dann

$$\frac{1}{1 - a} = \frac{B \left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1}{A \left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1}$$

Setzen wir nun

$$\frac{1}{1 + \frac{P}{E}} = D$$

so ergibt sich

$$1 - a = \frac{A - D}{B - D}$$

und schliesslich

$$a = \frac{B - A}{B - D}$$

oder nach der oben gemachten Bestimmung von D für die vorliegenden Versuche

$$a = \frac{B - A}{B - 0,6605}$$

6.

Die in den vorigen §§ beschriebene Methode misst die Aenderung, welche das Potential einer über dem Isolator schwebenden leitenden Platte bei nahezu gleicher Elektricitätsmenge mit wachsender Zeit erfährt, indem man die der verschiedenen Dauer der Einwirkung entsprechenden Werthe von B misst. Die Methode hat in ihrer experimentellen Durchführung zwei Uebelstände, welche den für die Influenzierung des Isolators gefundenen Werthen einigen Eintrag thut. Da mir zur Messung des zeitlichen Verlaufs der Potentiale kein anderer Messapparat als das Sinuselektrometer zu Gebote stand, und da die Art der Versuche bei jeder Reihe die Verwendung nur einer Nadel gestattete, so musste der Collectorplatte bei dem Beginne der Versuche eine ziemlich starke Ladung gegeben werden, weil sonst nach herabgelassener Platte die Ablenkungen der Nadel zu klein, somit die Beobachtungen zu unsicher geworden wären. Dabei zeigte sich dann, dass in der Regel etwas Elektricität auf die Glasstäbchen überging, an denen die Collectorplatte schwebt. Diese Elektricität kehrte dann auf die Collectorplatte zurück, wenn dieselbe herabgelassen und durch die Condensatorplatte und die Wirkung des Isolators das Potential in der Platte vermindert wurde. Dieses Zurückfliessen von Elektricität gab sich, besonders dann, wenn bei

dem Herablassen eine starke Verminderung des Potentials eintrat, dadurch zu erkennen, dass trotz der mit der Zeit wachsenden Influenz im Isolator das Potential auf der Collectorplatte in den ersten Minuten nur wenig oder gar nicht abnahm, zuweilen sogar nach der ersten, 20 bis 30 Secunden nach dem Niederlassen erfolgten Beobachtung in geringem Grade wieder zunahm. Es folgt daraus, dass in den ersten Minuten das Potential der herabgelassenen Platte gegenüber dem vorher an der freischwebenden Platte beobachteten resp. mit Berücksichtigung des Elektrizitätsverlustes aus demselben berechneten etwas zu gross ist. Damit wird der Werth von B und mit diesem, weil A stets grösser als D ist, der berechnete Werth von a etwas zu klein.

Der zweite Umstand, der den Gang der Influenz im Isolator etwas unsicher macht, ist die Bestimmung des Elektrizitätsverlustes von der Collectorplatte während der Dauer des Versuches. Wie vorhin erwähnt wurde, wird dazu die Ladung der Platte beim Beginn und am Schlusse des Versuches beobachtet. Letztere Beobachtung gibt gegenüber der erstern den ganzen während der Dauer des Versuches stattfindenden Verlust an. Um nun die Ladung der Platte für die zwischenliegenden Zeiten zu berechnen, wurde die Annahme gemacht, dass der Verlust in gleichen Zeiten immer der gleiche Bruchtheil der im Beginne der Zeiten vorhandenen Ladung sei, dass also, wenn man den Verlust als Folge der Zerstreuung ansehen würde, der Zerstreuungscoefficient während der Versuchsdauer constant sei. Diese Annahme kann nur angenähert richtig sein, da der Verlust keineswegs mit einer solchen Regelmässigkeit erfolgt, eben deshalb können die beobachteten Werthe den Gang der Influenz im Isolator nur im grossen und ganzen darlegen.

Schliesslich kann man nach dieser Methode eben wegen des Elektrizitätsverlustes die Influenz nicht beliebig lange verfolgen, da die zu messenden Winkel schliesslich zu klein

und damit bei der mit dem Sinuselektrometer zu erreichenden Genauigkeit, die Messungen zu ungenau werden.

7.

Den ersten und letzten Uebelstand habe ich dadurch zu heben versucht, dass ich noch eine zweite Methode zur Messung der Grösse a angewandt habe, bei welcher die Platte stets bis zu demselben Potential geladen wurde, wenn sie über der Condensatorplatte schwebte, sei es mit, sei es ohne Zwischenschaltung des Isolators.

Als Elektrizitätsquelle wurde zu dem Zwecke eine Batterie von 12 Meidinger'schen Elementen angewandt, deren einer Pol zur Erde abgeleitet war, und dann die Elektrizitätsmenge gemessen, welche die Collectorplatte aufnahm, einmal wenn zwischen ihr und der Condensatorplatte sich Luft befand, dann wenn zwischen beiden Platten der Isolator lag.

Als Messapparat wurde ein Kohlrausch'sches Torsions-elektrometer von grosser Empfindlichkeit angewandt, und die Ladung stets so gemessen, dass man durch Torsion des Glasfadens der Nadel des Elektrometers die Ablenkung von 10° ertheilte. Ich zog diese Beobachtungsweise der Benutzung einer für das Elektrometer entworfenen Tabelle vor, welche aus den Beobachtungen der durch die Ladungen bewirkten Ablenkungen der Nadel, wenn man den Faden in der Torsionslage Null stehen lässt, die Ladungen bestimmt, weil diese direkte Beobachtung besonders bei grössern Ladungen jedenfalls genauer ist. Zur Durchführung der Versuche waren auf einem Fussbrette von trockenem Holze vier Schellacksäulchen jedes etwa 6 Centim. hoch an den vier Ecken eines Quadrates aufgestellt. Die Säulchen trugen eiserne Näpfchen, welche zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt waren. In das Quecksilber tauchten gut amalgamirte Kupferdrähte, welche die Quecksilbernäpfchen mit den ein-

zelnen Theilen der Apparate in Verbindung setzten. So stand das eine der Näpfchen durch einen Draht in Verbindung mit dem einen Pole der Batterie; der Draht war ausser in dem Näpfchen und an dem Batteriepole noch an einem Punkte durch ein Schellackstäbchen gestützt, sonst berührte er nirgend einen andern Körper, er war also gut isolirt. Das diesem Näpfchen diagonal gegenüberstehende war in ganz gleicher Weise ein für allemal fest mit dem Zuleitungsdrahte des Elektrometers verbunden. In das dritte Näpfchen war ein ziemlich dicker Kupferhaken eingesetzt und an diesen war der zur Collectorplatte führende im übrigen frei in der Luft schwebende feine Golddraht angelöthet. Von dem vierten Näpfchen war ebenso wie von dem zweiten Pole der Batterie ein Draht zu den Gasleitungen des Laboratoriums geführt. Die Verbindung zwischen den Näpfchen wurde durch Kupferhaken vermittelt, welche an Schellackstäbchen befestigt waren, und welche theils die Länge der Quadratseiten theils die Länge der Diagonalen hatten. Bezeichnen wir die Näpfchen mit 1, 2, 3, 4, so dass 1 mit der Batterie, 2 mit der Collectorplatte, 3 mit dem Elektrometer, 4 mit der Erde in leitender Verbindung steht.

Die Näpfchen 2 und 3 waren bei den Versuchen, welche zur Messung der Grösse a dienten, stets durch einen und denselben Kupferhaken verbunden; dieselben hätten soweit durch ein Näpfchen ersetzt werden können, welches einerseits mit dem Elektrometer andererseits mit der Collectorplatte verbunden gewesen wäre; die Anwendung zweier Näpfchen war indessen zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Capacitäten der Collectorplatte und des Elektrometers bequemer.

Zur Bestimmung der Influenz in dem Isolator wurde nun zunächst die Collectorplatte bis zu einer gewissen genau bestimmten Entfernung von der abgeleiteten Condensatorplatte herabgelassen und dann durch einen Kupfer-

haken das Näpfchen 1 mit 3 verbunden. Dadurch wurde das Elektrometer sowohl als die Collectorplatte bis zu dem Potentialwerthe des Batteriepoles geladen. Es wurde die Ladung resp. das Potential derselben im Elektrometer gemessen, dabei aber während der Messung die Verbindung der Collectorplatte mit dem Batteriepole fortauern gelassen, damit nicht durch etwaigen Elektricitätsverlust während der Zeit, welche die Messung in Anspruch nahm, die Ladung der Platte kleiner wurde. Die Messung wurde, wie oben erwähnt, so ausgeführt, dass der Glasfaden des Elektrometers so weit tödirt wurde, bis die Nadel mit dem Bügel einen Winkel von 10° bildete.

Nach der Messung wurde der Bügel des Elektrometers wieder mit der Nadel zur Berührung gebracht, dann die Verbindung der Collectorplatte mit der Batterie aufgehoben, die Collectorplatte angezogen und nun im Elektrometer das Potential der frei schwebenden Platte gemessen.

Um sich zu überzeugen, dass die Ladung der Collectorplatte, wenn zwischen ihr und der Condensatorplatte nur Luft war, durch eine länger dauernde Verbindung mit dem Batteriepole nicht grösser wurde, liess man dann die leitende Verbindung zwischen Collectorplatte und Batteriepol nur 1 Secunde dauern, und mass sofort nach dem Emporziehen das Potential der frei schwebenden Platte. Es liess sich bei allen in der Weise durchgeführten Versuchen niemals eine Zunahme der Ladung der Platte durch länger dauernde Verbindung erkennen. Es wurde dann, nachdem sämtliche Apparate entladen waren, die isolirende Platte zwischen die Condensatorplatte und die Collectorplatte gelegt, während der Abstand der beiden Platten genau der frühere war. Dann wurde die Collectorplatte und das Elektrometer eine genau bestimmte Zeit mit dem Batteriepole in Verbindung gebracht, nach Unterbrechung der Ver-

bindung die Collectorplatte aufgezogen, und sofort die von ihr aufgenommene Ladung im Elektrometer gemessen.

Die beiden Versuche geben in genau derselben Weise wie die nach der ersten Methode berechnet, vorausgesetzt, dass man das Verhältnis zwischen den Capacitäten der frei schwebenden Platte und des Elektrometers mit den zu demselben führenden Leitungen kennt, die Influenz des Isolators resp. die Grösse a , welche der Dauer der Verbindung zwischen Collectorplatte und Batteriepol entspricht. Denn nennen wir das Potential des Batteriepol V , das der aufgezogenen Platte, nachdem sie ohne Zwischenschaltung des Isolators geladen war, V_1 , das nach Zwischenschaltung des Isolators V_2 , behalten im übrigen ganz die vorher gewählte Bezeichnung bei, nur das jetzt E die Capacität des Elektrometers mit der zur Collectorplatte führenden Leitung bedeutet, so erhalten wir für die bei dem ersten Versuche in die Collectorplatte übergeflossene Elektricitätsmenge

$$Q = (E + P_1) V$$

$$Q = (E + P) V_1$$

somit

$$\frac{P_1}{E} = \frac{V_1}{V} \left(1 + \frac{P}{E} \right) = A \left(1 + \frac{P}{E} \right) = \frac{A}{D}$$

Für die bei dem zweiten Versuche in die Collectorplatte übergeflossene Elektricitätsmenge wird

$$Q_1 = \left(E + \frac{P_1}{1-a} \right) V$$

$$Q_1 = (E + P) V_2$$

$$\frac{P_1}{(1-a)E} = \frac{V_2}{V} \left(1 + \frac{P}{E} \right) = B \left(1 + \frac{P}{E} \right) = \frac{B}{D}$$

Somit wie früher

$$a = \frac{B-A}{B-D}$$

8.

Es bedarf demnach zur Berechnung von a nur mehr der Bestimmung von D ; zur Ausführung derselben wurde zunächst das Elektrometer mit einer ziemlich starken Ladung versehen, indem man die Collectorplatte bei kleinem Abstände von der Condensatorplatte lud, und dann durch Aufziehen der Platte die Ladung in das Elektrometer überführte. Dann wurde die Verbindung der Näpfchen 2 und 3 unterbrochen und die Collectorplatte mit der zu ihr führenden Leitung bis zum Näpfchen 3 entladen. Nachdem dann die Ladung des Elektrometers und des ein für allemal mit demselben fest verbundenen Theiles der Leitung gemessen war, wurde die Verbindung zwischen den Näpfchen 2 und 3 hergestellt und nun die zurückgebliebene Ladung gemessen. Dieser Versuch liefert das Verhältniss zwischen den Capacitäten des Elektrometers mit dem an demselben unveränderlich festen Leiterstück und der Collectorplatte in Verbindung mit der Leitung bis zum Näpfchen 3. Bezeichnen wir mit P die Capacität der Platte, mit L diejenige der Leitung zwischen Platte und dem Näpfchen 3, mit E_1 die des Elektrometers und des an ihm festen Leitertheils, so geben die beiden Versuche für die im Elektrometer und in der an demselben festen Leitung bei der ersten Messung vorhandene Elektricitätsmenge Q

$$Q = E_1 V$$

$$Q = (E_1 + P + L) V_1$$

$$1 + \frac{P + L}{E_1} = \frac{V}{V_1} = p$$

Zur Bestimmung der Capacität L der Leitung, welche aus dem die Näpfchen 2 und 3 verbindenden Kupferdraht, dem Näpfchen 2 und der von diesem zur Collectorplatte führenden Verbindung bestand, wurde die Leitung von der Collectorplatte losgenommen, und dann eine dem Elektro-

meter ertheilte Ladung zwischen diesem und der Leitung getheilt. Man erhielt so

$$1 + \frac{L}{E_1} = q.$$

Die in die Gleichung zur Berechnung von a eingehende Grösse E ist die Summe der Capacitäten des Elektrometers und der die Collectorplatte mit dem Elektrometer verbindenden Leitung, welche bei allen Lagen der Collectorplatte constant gesetzt werden kann, da die Platte mit denjenigen Theilen der Leitung, welche eine merkliche Capacität besitzen, durch den feinen Golddraht verbunden war. Die beobachteten Werthe von p und q geben unmittelbar

$$\frac{P}{L + E_1} = \frac{P}{E} = \frac{p - q}{q}.$$

Bei den Messungen zur Bestimmung von p und q wurde, um den Elektrizitätsverlust, der etwa in der Leitung vom Näpfchen und zum Elektrometer während der Messung stattfand, in Rechnung zu ziehen, die Messung der Ladung des Elektrometers in bestimmten Zeiträumen mehrfach wiederholt, indem nach einer durchgeführten Messung der Bügel wieder zur Nadel des Elektrometers gehoben wurde. Dann wurde in einem bestimmten Momente das Elektrometer mit der Leitung verbunden und gleichzeitig der Bügel mit der Nadel zur Berührung gebracht. Wie nothwendig dieses Verfahren war, trotzdem die Leitung nur an zwei Punkten leicht an Schellacksäulchen gekittet, im übrigen durch die Luft geführt war, zeigt z. B. folgender Versuch zur Bestimmung von p .

Zeit	Torsion T des Elektrm.-Fadens	Potentialwerth $\log V = \log \sqrt{\frac{T}{10}}$	
0'	612°	0,89337	
3'	586°	0,88398	0,00942
6'	561°	0,87448	0,00947
9'	161°	0,60341	Moment der Verbindung

$$\log p = 0,86503 - 0,60341 = 0,26162 = \log 1,826.$$

Wäre der Verlust nicht in Rechnung gezogen, so würde man aus diesem Versuche $p = 1,867$ erhalten haben.

In dieser Weise durchgeführt ergaben 9 Versuche für p die Werthe

$$1,878 ; 1,879 ; 1,826 ; 1,863 ; 1,839 ;$$

$$1,856 ; 1,861 ; 1,852 ; 1,879$$

$$\text{Mittel } p = 1,8592$$

Für q ergaben 5 Versuche

$$1,467 ; 1,416 ; 1,425 ; 1,467 ; 1,449$$

$$\text{Mittel } q = 1,446$$

Hieraus ergibt sich

$$1 + \frac{P}{E} = 1,286$$

$$D = \frac{1}{1,286} = 0,7775$$

und schliesslich

$$a = \frac{B - A}{B - 0,7775}$$

9.

Dass nach der in den beiden letzten §§ beschriebenen Methode der erste und der letzte der vorhin erwähnten Uebelstände gehoben sind, erkennt man unmittelbar. Was zunächst den letzten Uebelstand, der zu starken Abnahme des zu messenden Potentials angeht, so findet hier während des ganzen Versuches keine Abnahme statt, da die mit dem Batteriepole in fester Verbindung stehende Collectorplatte auf constantem Potential gehalten wird. Aber ebenso kann auch nach Aufheben der Verbindung der Collectorplatte mit der Batterie keine Elektrizität mehr auf die Collector-

platte hinfließen, selbst wenn die Glasstäbchen während der Ladung etwas Elektrizität angenommen hätten, da das Potential auf der Platte jedenfalls grösser ist als auf den Glasstäbchen. Trotz des letztern Umstandes ist aber doch kein Abfließen der Elektrizität auf die Glasstäbchen, also eine Verminderung des Potentials auf der Platte nach dem Aufziehen, ein Umstand, der gerade den Fehler auch hier veranlassen würde, der vermieden werden soll, zu befürchten. Denn einmal ist die Ladung gegenüber der bei dem Sinus-elektrometer anzuwenden äusserst klein, und weiter nimmt das Aufziehen der Collectorplatte und das Überführen der Ladung in das Elektrometer nur einen Bruchtheil einer Secunde in Anspruch, so dass selbst bei noch stärkerer Ladung ein messbares Abfließen auf die isolirenden Stäbchen nicht stattfinden kann. Der auf diese Weise bestimmte Werth des Quotienten B gibt deshalb in der That genau den Werth des Quotienten der Potentiale, welche in der Collectorplatte vorhanden sind, wenn sie frei und wenn sie bei gleicher Ladung über dem Isolator auf der Condensatorplatte schwebt, so genau wie ihn diese Messungen überhaupt zu liefern im Stande sind.

Demnach könnte es auf den ersten Blick scheinen, dass auf diesem Wege auch der zweite der erwähnten Uebelstände gehoben werden könnte, dass man den Verlauf der Influenz im Isolator in ihrer Abhängigkeit von der Zeit mit aller Sicherheit dadurch erhalten könnte, dass man die Verbindung der über dem Isolator schwebenden Collectorplatte mit der Batterie bei den einzelnen Versuchen erst eine, dann bei einem folgenden Versuche zwei Minuten u. s. f. dauern liesse. Es ergab sich indess bald, dass das nicht möglich ist, indem nach Ausweis der später mitzutheilenden Zahlen der Gang der Influenz in den Isolatoren zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sein kann. Es zeigt

sich, dass die durch eine gleiche Dauer der Einwirkung hervorgebrachte Influenz in verschiedenen Zeiten sehr verschieden sein kann. Eine genauere Bestimmung des Ganges der Influenz als durch die Beobachtungen mit dem Sirius-elektrometer war mir deshalb nicht möglich.

10.

Die für die Werthe von a erreichbare Genauigkeit ist hauptsächlich durch die Genauigkeit bestimmt, welche man bei der Messung von B erreicht, da man den Werth von A in jedem Falle, ebenso wie den von D als Mittel aus mehreren Messungen nehmen kann, während B jedesmal aus einem Versuche abzuleiten ist. Die in den frühern §§ mitgetheilten zur Bestimmung von D ausgeführten Messungen, welche gerade wie diejenigen ausgeführt werden, die das einzelne B liefern, Messungen zweier Potentialwerthe, deren Quotient B ist, zeigen nun Schwankungen von 3—4 Procent. Diese Schwankungen rühren besonders bei der zweiten Methode hauptsächlich daher, dass trotz der schon mehrfach hervorgehobenen sorgfältigen Isolation der Leitung, welche die Collectorplatte mit dem Elektrometer verbindet, ein zu verschiedenen Zeiten verschiedener Verlust an Elektrizität stattfindet, selbst in der kurzen Zeit, während welcher die Ueberführung der Elektrizität aus der Collectorplatte in das Elektrometer stattfindet. Man wird deshalb in den Werthen von B eine Ungenauigkeit von 2 Procent annehmen müssen. Der Fehler, welcher dadurch in a entsteht, hängt nach der Form der Gleichung ab von dem Werthe von B , und zwar wird er um so kleiner je grösser B ist, damit also auch bei gleicher isolirender Substanz, je näher die Platten des Condensators sind oder je dünnere Platten man untersucht. Indess erkennt man aus der Gleichung für a auch, dass die Unrichtigkeit in a immer ein kleinerer Bruchtheil von a ist

als die Ungenauigkeit in B, auch wenn man dickere Platten benutzt.

Da nun andere Gründe für die Anwendung dickerer Platten sprachen, so habe ich zur Bestimmung der Werthe von α vorzugsweise Platten von mehr als 3^{mm} Dicke angewandt. Bei zu dünnen Platten, also kleinen Abständen der leitenden Platten ist nämlich in den Werthen von B eine geringere Genauigkeit zu erreichen, da man dann, wenn das Potential der frei schwebenden Platte nicht zu gross werden soll, bei niedergelassener Platte zu kleine Werthe anwenden muss oder bei der ersten Methode erhält, so dass eine genaue Messung weder am Sinuselektrometer noch am Torsionselektrometer möglich ist. Da gleich nach dem Niederlassen der Condensatorplatte bei dünneren Platten die Ablenkung der Nadel am Sinuselektrometer nur wenige (1—3) Grade betrug, liess sich der Gang der mit der Zeit wachsenden Influenz an diesen gar nicht mit Sicherheit bestimmen. Es konnten deshalb dazu im allgemeinen nur die dickern Platten benutzt werden.

In anderer Beziehung ist ein grösserer Abstand der Platten sogar für die erreichbare Genauigkeit von Vortheil. Wenn nämlich auch der Werth von α als Mittel aus mehreren Beobachtungen erhalten wird, und dadurch eine geringere Unsicherheit bietet, so kann in demselben doch dadurch eine Ungenauigkeit entstehen, dass er nicht genau dem beobachteten Werthe von B entspricht, das heisst, dass der Abstand von Collector und Condensatorplatte nicht genau derselbe ist, wenn die isolirende Platte sich zwischen denselben befindet, als wenn sie nicht dazwischen liegt. Denn so sorgfältig man auch den gleichen Abstand herzustellen sucht, ein kleiner Fehler ist bei den Einstellungen nicht zu vermeiden. Dieser Einstellungsfehler hat nun auf den Werth von α einen um so geringeren Einfluss, je weiter

die Platten von einander entfernt sind, da, sobald der Abstand einigermassen gross geworden ist, das Potential der Platte in sehr viel langsamern Verhältniss sich ändert als die Entfernung. Bei gleichem Einstellungsfehler ist also die dadurch bedingte Ungenauigkeit in A viel kleiner, wenn die Abstände der Platten grösser sind.

11.

Die untersuchten Substanzen sind Ebonit, Paraffin, Schellack, Schwefel und verschiedene auf ihrer Oberfläche mit braunem Schellackfirniss überzogene Platten von Spiegelglas.

Die Ebonitplatten waren von der Gummiwaarenfabrik vormals Bolle, Elliot und C. in Berlin erhalten, sie waren schön planparallele Platten mit ziemlich polirter Oberfläche und, wie abgeschnittene Proben zeigten, sehr homogen gearbeitet. Die Paraffinplatten waren aus einem grössern Stücke Paraffins ausgeschnitten und dann durch Schaben auf die gewünschte Dicke gebracht; nur eine der dünnern Platten war durch erneuertes Schmelzen und Giessen dargestellt. Die Schellackplatten waren gegossen und dann auf der Drehbank bearbeitet. Um einen leichtern und homogenern Guss zu erzielen, war dem Schellack etwas venetianischer Terpentin zugesetzt worden. Die Glasplatten waren aus Spiegelglasplatte herausgeschnitten und dann auf ihren Rändern abgeschliffen worden, so dass sie wie die übrigen Platten kreisförmig wurden und einen dem der leitenden Platten möglichst genau gleichen Durchmesser erhielten.

Die zu den Versuchen benutzten drei Schwefelplatten waren auf Glasplatten mit Papierrand gegossen und dann später durch Schaben bearbeitet, dass ihre Flächen planparallel wurden. Zwei derselben hatten denselben Durch-

messer wie die leitenden Platten, die dritte mehr als den doppelten Durchmesser.

Die auf diese Weise erhaltenen Schwefelplatten waren nicht durchweg von gleicher Dichte, sondern besonders die beim Guss obere Hälfte der Platte zeigte eine Menge kleiner Löcher. Um wenigstens angenähert zu bestimmen, in wie weit der von der Schwefelplatte umschlossenen Raum wirklich mit Schwefel ausgefüllt war, wurde das Gewicht einer der Platten verglichen mit demjenigen, welches sie als ganz homogene Schwefelplatte hätten haben müssen. Die Platte hatte einen Durchmesser von 11,6 Ctm. und eine Dicke von 1,034 im Mittel aus einer grossen Zahl mit dem Sphärometer vorgenommener Messungen, welche im Maximum eine Differenz von 0,06 Mm. zeigten. Da das spezifische Gewicht des Schwefels 2,033 ist, so hätte das Gewicht der Platte im Falle reeller Homogenität 222,16 Gramm sein müssen. Es fand sich statt dessen 211,99 Gramm, so dass also etwa 0,05 des Raumes nicht mit Schwefel ausgefüllt war.

Die Platten der übrigen Substanzen waren ohne derartige Discontinuitäten.

Die Dicke der Platten mit Ausnahme derjenigen der grossen Schwefelplatte wurde mit einem von den Herren Hermann und Pfister in Bern construirten Sphärometer gemessen, welches ich im 1. Bande meiner Experimentalphysik p. 21 ff. (3. Aufl.) beschrieben und abgebildet habe. Dasselbe gestattet auch bei Platten die Dicke an verschiedenen Stellen mit der grössten Genauigkeit zu messen, indem man die Platten auf dem etwa 1 Cent. im Durchmesser habenden Tisch verschiebt und durch Auflegen kleiner Gewichte auf der Seite, wo die Platte den Tisch am wenigsten überragt, balancirt. In dieser Weise wurde die Dicke der Platten an 12 bis 15 Stellen gemessen und aus den ge-

messenen Werthen, in denen sich nicht 0,2 Mm. übersteigende Unterschiede fanden, das Mittel genommen.

**Ueber den Einfluss der Dicke des Isolators
auf den Gang der Influenz in demselben.**

12.

Kohlrausch hat in seiner Untersuchung über den elektrischen Rückstand in der Leydner Flasche³⁾ es als wahrscheinlich hingestellt, dass die Grösse des Rückstandes wesentlich von der Dicke des Glases abhängt, und zwar derart, dass das dickere Glas den grösseren Rückstand hervorbringt. Er fand nämlich, dass von zwei Flaschen, deren eine ungefähr die dreifache Glasdicke der andern hatte, die mit dem dickern Glase etwa einen dreimal so grossen Rückstand bildete als die dünnere. In der dickeren war der Rückstand 0,3052, in der dünnern 0,1180 der ursprünglichen Ladung. Indess erklärt Kohlrausch selbst den Versuch für nicht vollkommen entscheidend, da die beiden Flaschen von verschiedenem Glase waren und die Grösse des Rückstandes offenbar von der Sorte des Glases sehr wesentlich abhängt.

Herr von Bezold hat dann später⁴⁾ eine Anzahl Franklin'scher Platten untersucht, deren Gläser sämmtlich aus einem und demselben Hafen geblasen waren und gefunden, dass der Gang der sogenannten disponibeln Ladung für die Gläser verschiedener Dicke ein nicht unbeträchtlich verschiedener ist. Er findet bei annähernd gleicher anfänglicher Ladung bei den dünnern Gläsern in gleichen Zeiten eine sehr viel stärkere Abnahme des Potentials, welches er

3) Kohlrausch. Poggendorffs Annalen Band XCI p. 81.

4) von Bezold. Poggendorffs Annalen Band CXXXVII. p. 228.

an einem mit der Franklin'schen Platte verbundenen Sinus-elektrometer beobachtet, als bei den dickeren Gläsern. So erhält er für 4 Platten folgende Werthe des Potentials

Zeit in Secunde	Werthe des am Sinuselektrometer beobachteten Potentials bei einer Glasdicke von			
	mm.	mm.	mm.	mm.
	3,76	3,13	2,12	1,65
0	9,60	9,46	9,26	8,68
60	—	—	—	1,45
61	2,74	—	—	—
69	—	—	1,76	—
125	1,92	—	1,25	—
126	—	—	—	0,89
128	—	1,79	—	—
205	1,38	—	—	—
206	—	—	—	0,44
207	—	1,28	—	—
211	—	—	0,81	—

In der That ist das gleichen Zeiten entsprechende Potential ein um so kleinerer Bruchtheil des anfänglichen, je dünner die Platte ist. Es zeigt sich also hier unzweifelhaft ein Einfluss der Dicken, indess in entgegengesetztem Sinne als es Kohlrausch vermuthete, die Rückstandsbildung ist um so grösser, je dünner die Platte ist.

Ich habe in meinen Versuchen⁵⁾ einen solchen Einfluss der Dicke nicht constatiren können, da er durch die Verschiedenheit der damals benutzten Gläser verdeckt wurde.

Herr von Bezold hat damals in diesen Beobachtungen einen Grund gesehen gegen die von Kohlrausch vertheidigte Erklärung der Rückstandsbildung, nach welcher dieselbe durch die Influenz im Isolator zu Stande kommt, sich auszusprechen, indem er darauf hinwies; dass aus der Gleichung

5) Wüllner. Poggendorffs Annalen Band CLIII. p. 22.

für den Werth des Potentials zwischen den leitenden Platten folgt, dass die Influenz von der Dicke der Platten unabhängig sein muss. Er glaubte desshalb, dass das bei Franklinschen Platten von verschiedener Glasdicke am Sinuselektrometer zu beobachtende Potential, die sogenannte disponible Ladung, stets derselbe Bruchtheil der ursprünglichen Ladung sein müsse.

Das ist indess nur der Fall, wenn die von der Franklinschen Platte zu dem Sinuselektrometer führende Leitung und des Elektrometers eine gegen diejenige der Franklinschen Platte verschwindend kleine elektrische Capacität haben. Sowie die Capacität der mit der Franklinschen Platte in Verbindung stehenden leitenden Theile eine merkliche ist, muss bei gleicher Influenzwirkung auf den Isolator der Gang des Potentialwerthes ein ähnlicher sein, wie ihn Herr von Bezold beobachtete. Es ergibt sich das unmittelbar aus der Gleichung die wir in den früheren §§ für α oder wenn der Zwischenraum zwischen den leitenden Platten ganz mit dem Isolator ausgefüllt ist, für α erhielten

$$\alpha = \frac{B - A}{B - D}$$

In dieser Gleichung ist, wie wir sehen, B der Quotient der Potentiale der freischwebenden und der auf dem Isolator liegenden, A der Quotient zwischen den Potentialen der frei schwebenden und der in gleicher Entfernung über der Condensatorplatte schwebenden aber statt des Isolators durch Luft von derselben getrennten Platte. Es folgt somit, dass

$$\frac{1}{\frac{B}{A}} = \frac{A}{B} \pm L$$

die dem einer bestimmten Dauer der Einwirkung ange-

hörenden Werthe von B entsprechende sogenannte disponible Ladung ist. Entwickeln wir aus obiger Gleichung dieser Quotienten, so wird

$$\frac{A}{B} = L = \frac{A(1-\alpha)}{A-\alpha D} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha \frac{D}{A}}$$

In dem Ausdrucke für L ist α das Mass der in gleichen Zeiten im Isolator bewirkten Influenz, somit wenn die Influenz von der Plattendicke unabhängig ist, für alle Plattendicken dasselbe. D ist eine Constante des Apparates kleiner wie 1 aber grösser wie Null, sobald die Capacität des Elektrometers nicht verschwindend klein gegen die Capacität der frei schwebenden Collectorplatte ist. Der Werth von A wird dagegen um so grösser, je geringer der Abstand von Collectorplatte und Condensatorplatte ist, er nimmt also mit wachsender Plattendicke ab. Die Form obiger Gleichung lässt nun schon unmittelbar erkennen, dass bei gleichem α grössern Werthen von A kleinere Werthe von L entsprechen, da der Zähler des Ausdrucks constant ist, der Nenner dagegen mit wachsendem A grösser wird. So würde sich z. B. bei den Capacitätsverhältnissen meiner Apparate und Plattendicken, welche denen, die Herr von Bezold angewandt ähnlich sind, für die am Sinuselektrometer beobachteten disponibeln Ladungen ergeben:

	Für $\alpha = 0,5$ und einer Plattendicke von		
	mm. 3,53	mm. 2,65	mm. 1,77
würde L gleich	0,5909	0,5786	0,5565
	Für $\alpha = 0,75$		
würde L gleich	0,3249	0,3138	0,3044.

Die von Herren von Bezold gefundenen Werthe gaben allerdings viel grössere Unterschiede in den disponibeln Ladungen, will man nicht annehmen, dass die Werthe

wesentlich von dem während der Versuche stattfindenden Elektrizitätsverlust beeinflusst sind, so würde aus diesen Werthen zu schliessen sein, dass trotz gleicher influenzirender Kraft, die Influenz in dünnere Platten eine viel stärkere ist, als in dickern Platten.

Der Versuch von Kohlrausch würde, wenn man den Unterschied in der Rückstandsbildung nicht der Verschiedenheit des angewandten Glases zuschreiben will, das gerade entgegengesetzte Resultat liefern, es müsste die Influenz in sehr viel stärkerm Verhältniss in den dickern Platten wachsen, als in den dünnern.

13.

Ich habe besonders die Ebonikplatten, deren ich 6 von verschiedener Dicke gleichzeitig aus derselben Fabrik bezogen hatte, benutzt, um einen etwaigen Einfluss der Dicke auf die Grösse und den Gang der Influenz in den Isolatoren zu untersuchen. Die Platten hatten folgende Dicken:

	mm.
Platte VI.	15,30
„ V.	10,41
„ VI.	8,36
„ III.	3,53
„ II.	2,24
„ I.	1,12

Die Beobachtungen mit dem Sinuselektrometer wurden theils so angestellt, dass die Collectorplatte auf den Ebonitplatten auflag, theils dass sie in geringer Entfernung 0,294 oder 0,588 darüber schwebten. Die Uebereinstimmung der unter diesen verschiedenen Umständen aus den an einer und derselben Platte berechneten Werthe von α bietet eine Controlle für die Beobachtungen.

In der nachfolgenden Tabelle gebe ich die in 6 Beobachtungsreihen, welche im December 1875, Januar und Februar 1876 angestellt sind, für die Ebonitplatte VI gefundenen Werthe von α . Die erste Columnne enthält die Zeit in Minuten, für welche der betreffende Werth von α gilt, die folgenden diese Werthe, wie sie bei den über den betreffenden Columnnen angegebenen Abständen der Collectorplatte erhalten wurden.

Tabelle I.

Ebonitplatte VI.

Zeit in Minuten.	Abstand der Collectorplatte					
	mm. 0,00	mm. 0,294		mm. 0,588		
1	0,5364	0,5684	0,4986	0,5684	0,5352	0,5737
2	0,5514	0,5972	0,5206	0,5999	0,5611	0,6064
3	0,5577	0,6183	0,5300	0,6267	0,5848	0,6232
4	0,5770	0,6405	0,5502	0,6535	0,6064	0,6370
6	0,5881	0,6684	0,5715	0,6836	0,6294	0,6611
8	—	0,6823	0,5860	0,7112	0,6483	0,6813
12	0,6121	0,7152	0,6047	0,7458	0,6877	0,7129
16	0,6292	0,7384	0,6226	0,7636	0,6955	0,7300
20	0,6419	0,7543	0,6389	0,7729	0,7125	0,7495
24	0,6535	0,7727	0,6521	—	0,7317	0,7576
28	0,6589	0,7845	0,6613	0,7880	—	0,7713
32	0,6687	—	0,6655	—	0,7420	0,7769
36	0,6751	0,7909	0,6784	—	0,7508	—
40	0,6839	0,7952	0,6868	0,7994	0,7568	0,7842
52	0,7029	—	0,7062	—	—	—

Die folgende ganz wie die erste angeordnete Tabelle enthält die für die Ebonitplatte V gefundenen Werthe von α ; die Beobachtungsreihen sind in demselben Zeitraum gewonnen worden, wie diejenigen an Platte VI.

Tabelle II.

Ebonitplatte V.

Zeit in Minuten	Abstand der Collectorplatte					
	mm. 0,00	mm. 0,234			mm. 0,588	
1	0,5295	0,5688	0,5354	0,5367	0,5738	0,5756
2	0,5610	0,6023	0,5533	0,5625	0,5932	0,6025
3	0,5755	0,6222	0,5644	0,5781	0,6068	0,6162
4	0,5889	0,6405	0,5872	0,5840	0,6178	0,6191
6	0,6088	0,6639	0,5971	0,6030	0,6344	0,6384
8	0,6270	0,6815	0,6263	0,6243	0,6484	0,6503
12	0,6596	0,7134	0,6531	0,6544	0,6657	0,6757
16	0,6729	0,7348	0,6795	—	0,6774	0,6874
20	0,6877	0,7476	0,7034	0,7054	0,6894	0,6928
22	0,7001	0,7542	0,7126	—	0,7012	—
28	0,7123	0,7690	0,7292	0,7300	0,7083	—
32	0,7231	0,7818	0,7353	0,7400	0,7192	0,7250
36	0,7287	0,7856	0,7420	—	0,7247	—
40	0,7350	0,7949	0,7490	0,7500	0,7291	0,7400

Die nächstfolgende Tabelle enthält die in demselben Zeitraum für die Ebonitplatte IV erhaltenen Werthe von α .

Tabelle III. Ebonitplatte IV.

Zeit in Minuten	Abstand der Collectorplatte			
	mm. 0,00	mm. 0,294	mm. 0,588	mm. 0,882
1	0,5599	0,6691	0,5589	0,5776
2	0,5732	0,7098	0,5704	0,5973
3	0,5828	0,7279	0,5836	0,6150
4	0,5937	0,7466	0,5945	0,6155
6	0,6118	0,7778	0,6126	0,6320
8	0,6243	0,7955	0,6289	0,6565
12	0,6412	0,8289	0,6591	0,6726
16	0,6490	0,8547	0,6650	0,6870
20	0,6616	—	0,6954	0,6967
24	0,6694	—	0,7030	0,7058
28	0,6761	—	0,7146	0,7207
32	0,6765	—	0,7237	0,7265
36	0,6838	—	0,7330	0,7308
40	0,6860	—	0,7397	0,7358

Tabelle IV gibt die in dem gleichen Zeitraum für die Ebonitplatte III gefundenen Werthe von a.

Tabelle IV. Ebonitplatte III.

Zeit in Minuten.	Abstand der Collectorplatte			
	mm. 0,294	mm. 0,588	mm. 0,882	mm. 1,176
1	0,5847	0,6194	0,5896	0,5742
2	0,6057	0,6335	0,6116	0,5862
3	0,6218	0,6496	0,6173	0,5965
4	0,6283	0,6617	0,6261	—
6	0,6453	0,6732	0,6422	0,6216
8	0,6659	0,6865	0,6533	0,6425
12	0,6774	0,7077	0,6607	0,6551
16	0,6818	0,7232	0,6771	0,6682
20	0,6950	0,7400	0,6965	0,6839

14.

Vergleicht man zunächst die für ein und dieselbe Platte erhaltenen Werthe für α so findet man in den für gleiche Zeiten bei jeder der 4 Platten bestimmten Werthen von α ziemlich beträchtliche Unterschiede, welche bei der Platte VI bis auf 0,2 des mittlern Werthes von α reichen, bei Platte IV einen noch beträchtlich höhern Betrag erreichen. Dass diese Unterschiede nicht etwa einen Fehler in der Bestimmung der Constanten des Apparates begründet sind, ergibt sich abgesehen von der Grösse der Unterschiede daraus, dass die Unterschiede bei gleicher Lage der Collectorplatte in jeder Tabelle ebenso gross sind, als diejenigen, welche bei den verschiedenen Lagen derselben erhalten sind. Bei gleicher Lage der Collectorplatte ändert sich aber nur der Werth des Quotienten B, in welchem wie vorher gezeigt wurde, Fehler von solcher Grösse nicht möglich sind, die nothwendig wären um derartige Unterschiede zu erklären.

Wir müssen daher schliessen, dass der Gang der Influenz bei einer und derselben isolirenden Platte in der That zu verschiedenen Zeiten ein sehr verschiedener sein kann. Als einen wesentlichen Grund dieser Verschiedenheit gab sich der Feuchtigkeitszustand der Luft zu erkennen, indem die Werthe von α stets rascher wachsen, wenn die Luft feuchter ist.

Den Nachweis hierfür lieferte der Gang der Versuche selbst, indem die Zunahme von α mit der Zeit stets dann ein rascherer war, wenn auch der Elektricitätsverlust ein grösserer war. Es genügt das an einzelnen Beispielen zu zeigen. Bei Platte VI zeigen die zweite und dritte Columne den grössten Unterschied in den gleichzeitigen Werthen von α . Bei der Versuchsreihe, welche die Columne 2 lieferte nahm der Werth des Potentials auf der Collectorplatte während der Dauer des Versuches ab von 0,9635 auf 0,6602 ;

bei der in Columnne 3 dargestellten Versuchsreihe in der beträchtlich grössern Zeit nur von 0,9769 auf 0,8335.

Einen noch grössern Unterschied zeigen die Reihen 2 und 3 der Tabelle III für die Platte IV. Bei der zweiten Reihe für die Platte IV nahm der Werth des Potentials in 12 Minuten von 0,8871 ab auf 0,6275, bei der in der folgenden Columnne dargestellten Reihe dagegen in 40 Minuten nur von 0,9257 auf 0,8043.

Man ist geneigt diesen Unterschied auf eine mehr oder weniger starke Leitung der Oberflächen der Isolatoren zu schieben, welche durch eine Condensation der Luftfeuchtigkeit bedingt wird, da die Temperatur, bei welcher die den einzelnen Platten angehörigen Werthe gefunden wurden, immer sehr nahe die gleiche war, etwa 18° C, die Temperatur bis zu welcher der Raum meines Laboratoriums ziemlich constant geheizt ist.

Man muss dann für alle von mir untersuchten Isolatoren einen ziemlich gleichen Einfluss der condensirten Feuchtigkeit auf die Oberflächenleitung annehmen, da sich bei allen ähnliche Unterschiede in dem Verlaufe der Influenz zeigen; weiter auch muss diese Condensation ziemlich schnell erfolgen, denn die Unterschiede zeigten sich auch, wenn man die Platten vorher in einem durch wasserfreie Phosphorsäure getrockneten Raume aufbewahrt hatte. Ausserdem müssen dann aber auf diese Oberflächenleitung noch andere nicht erkennbare Einflüsse von Bedeutung sein, da selbst bei gleichem, an der gleichen Schnelligkeit des Elektricitätsverlustes erkennbarem, Feuchtigkeitszustande der Luft sich Unterschiede in dem Gange der Influenz bemerklich machen.

Trotz dieses Unterschiedes in dem Gange der Influenz ist, wie die vorigen Tabellen zeigen der anfängliche Werth der Influenz nicht sehr verschieden, und ebenso werden wir erkennen, dass der schliesslich erreichbare Werth nicht davon beeinflusst wird.

15.

Vergleicht man darnach die Werthe von α für die 4 Platten, deren dickste eine mehr als vierfache Dicke als die dünnste hat, so erkennt man unmittelbar, dass die für die verschiedenen Platten erhaltenen Werthe von α nicht mehr von einander abweichen als die für eine Platte erhaltenen. Es tritt das besonders deutlich hervor, wenn man die für die verschiedenen Platten aus obigen Beobachtungsreihen sich ergebenden den gleichen Zeiten entsprechenden Mittelwerthe von α zusammenstellt. Folgende Tabelle zeigt, wie wenig die Mittelwerthe von einander abweichen, besonders die für die beiden ersten Platten, für deren jede 6 Reihen zu Gebote standen, trotz der grossen in den einzelnen Reihen vorhandenen Unterschiede. Es erklärt sich das eben dadurch, dass die Beobachtungen alle in dem gleichen Zeitraume angestellt sind, so dass die äussern Einflüsse alle Platten nahezu gleichmässig trafen.

Tabelle V.Mittelwerthe von α für die verschiedenen Platten.

Zeit in Minuten	Werthe von α für Platte			
	VI	V	IV	III
1	0,5468	0,5533	0,5911	0,5920
2	0,5728	0,5791	0,6126	0,6092
3	0,5901	0,5939	0,6298	0,6213
4	0,6108	0,6062	0,6375	0,6303
6	0,6329	0,6244	0,6585	0,6456
8	0,6515	0,6430	0,6763	0,6641
12	0,6794	0,6703	0,6979	0,6752
16	0,6966	—	0,7114	0,6876
20	0,7116	0,7060	—	0,7039
24	0,7246	—	—	—
28	0,7334	—	—	—
32	—	0,7374	—	—
36	—	0,7400	—	—
48	0,7510	0,7497	—	—

Trotz der in der That nahen Uebereinstimmung der Werthe für α ist indess nicht zu verkennen, dass die für die ersten Minuten erhaltenen Werthe von α für die dünnern Platten die grössern sind, dass erst etwa von der 8 Minuten ab die Werthe wirklich gleich werden. Das zeigt sich ebenso, wenn man die Werthe von α für die beiden noch dünnern Platten I und II hinzufügt. Für diese musste man sich begnügen die Werthe von α für die erste und eine oder einige spätern Zeiten zu bestimmen; da die Ablenkungen am Sinuselektrometer schon sofort nach dem Niederlassen der Collectorplatte nur $2^\circ - 3^\circ$ betragen; es war desshalb bei der mit dem Sinuselektrometer erreichbaren Genauigkeit ein stetiges Verfolgen der Influenz bei diesen Platten nicht durchzuführen. Die so für die beiden Platten erhaltenen Werthe waren folgende

Tabelle VI.

Werthe von α für Platte II und I.

Platte II.

Zeit.	Werthe von α				
1'	0,6514	0,6218	0,6095	0,6356	0,6281
35'	—	—	0,6707	—	—
40'	—	—	—	—	0,6950

Platte I.

0'	0,6059	0,5976	0,6074	0,6140	0,6129
53'	—	—	0,6789	—	—
55'	—	—	—	0,7393	—

Der der ersten Minute entsprechende Mittelwerth für Platte II ist 0,6281, für Platte I 0,6063. Hier gibt also die dickere Platte einen etwas grössern Werth, während der für die dünnere Platte erhaltene nur wenig mehr grösser ist als der für Platte III erhaltene.

Sehen wir von Platte II ab, so ist ein Wachsthum der Werthe α mit abnehmender Plattendicke unverkennbar

Dasselbe gaben die nach der zweiten Methode unter gleichen Verhältnissen gefundenen Werthe zu erkennen. Eine Anzahl für die verschiedenen in den Tagen vom 12. bis 18. Mai 1876 bestimmter Werthe ergaben in Mittel für die Dauer der Influenz von 10 Sekunden

Platte VI. $\alpha = 0,5881$	Platte III. $\alpha = 0,6036$
„ V. $\alpha = 0,5930$	„ II. $\alpha = 0,6263$
„ IV. $\alpha = 0,6042$	„ I. $\alpha = 0,6135$

Dass diese Werthe trotz der kürzer dauernden Influenz zum Theil etwas grösser sind als die vorher für 1 Minute angegebenen Werthe, zeigt den im § 6 erwähnten Einfluss des Abströmens der Elektricität von den die Collectorplatte tragenden Glasstäbchen.

Diese Verschiedenheit der Werthe α verschwindet indess mit wachsender Zeit, indem für die dickeren Platten die Zunahme von α anfänglich eine etwas raschere ist als für die dünnere, von der 6 oder 8 Minute ab lässt sich ein Einfluss der Plattendicke nicht mehr erkennen. Diese nach einiger Zeit eintretende Gleichheit von α zeigt sich auch, wenn man nach der zweiten Methode die Influenz eine sehr lange Zeit nämlich 3 Stunden wirken lässt. Der Werth α wächst dann, wie schon hier erwähnt werden mag, sehr stark und nähert sich sehr der Einheit. Es ergab sich für

Platte VI.	Platte V.	Platte IV.	Platte III.
$\alpha = 0,9561$	$\alpha = 0,9486$	$\alpha = 0,9424$	$\alpha = 0,9468$
Mittel $\alpha = 0,9486$.			

Dieser Gang der Werthe von α beweist, dass in den Isolatoren, wie es die Theorie der Influenz verlangt, die Influenz von der Dicke der Platten unabhängig ist. Die Potentialtheorie zeigt, dass bei einem plattenförmigen Condensator die scheidende Kraft zwischen den Platten unabhängig von deren Abstand überall den gleichen Werth hat. Ist h die Dichtigkeit der Elektricität in der Collectorplatte und δ der Abstand der Collector- und Condensatorplatte, so

ist das Potential in einem Abstände x von der Collectorplatte zwischen den Platten

$$V_x = 4\pi h (\delta - x)$$

somit die scheidende Kraft

$$\mp \frac{dV_x}{dx} = \pm 4\pi h.$$

Es gilt das mit aller Strenge jedoch nur für Platten von solcher Grösse, dass der Abstand δ gegen den Durchmesser der Platten verschwindend klein ist. Bei begrenzten Platten, bei denen der Abstand einen im Verhältnisse zu den Plattengrössen nicht sehr kleinen Werth hat, muss sich der Einfluss der Ränder bemerklich machen, durch welchen die Scheidungskraft etwas kleiner werden muss. Desshalb muss im Anfange die Influenz in einer dickern Platte etwas kleiner sein. Ist aber der Isolator elektrisch, so wirkt dessen Elektrizität der Influenz im Isolator entgegen, und um so mehr je grösser α schon ist. Das Potential geht über in

$$V_x = 4\pi h (1 - \alpha) (\delta - x)$$

und die scheidende Kraft

$$= \frac{dV_x}{dx} = \pm 4\pi h (1 - \alpha)$$

Daraus folgt dann, dass die Influenz in den dickern Platten anfänglich etwas rascher wachsen muss wie in den dünnern Platten, ein Unterschied, der um so mehr verschwinden muss, je stärker die Influenz in dem Isolator wird, je grösser α , je mehr sich also das Potential in dem Isolator dem Werthe null nähert, den es überall haben würde, wenn der Isolator bis zu derselben Stärke influencirt würde wie ein Leiter, α also den Werth eins annähme.

Es folgt somit unzweideutig, dass die Influenz in den Isolatoren bei gleicher influenzirender Kraft von der Dicke der Isolatoren unabhängig ist. Der von Kohlrausch sowie

von Herrn von Bezold beobachtete Einfluss der Glasdicke auf die Rückstandsbildung resp. die Abnahme der disponibeln Ladung ist somit andern Umständen zuzuschreiben, bei Kohlrausch der verschiedenen Beschaffenheit der Gläser, bei Herrn von Bezold dem während der Versuche bei den dünnern Platten stattfindenden stärkern Verlust an Elektricität, ein Umstand auf den schon Herr Clausius⁶⁾ hingewiesen hat.

Ueber die Abhängigkeit der Influenzen in
den Isolatoren von der Zeit.

16.

Die in den letzten §§ für den Ebonit mitgetheilten Zahlen beweisen schon, dass die Influenz in den Isolatoren mit der Zeit stetig erst rascher, dann immer langsamer wächst, und dass sie schliesslich sich einem bestimmten Werthe anzunähern scheint, der bei dem Ebonit indess kleiner ist, als der Werth den die Influenz in einem Leiter erreicht. Vor einer genauern Besprechung der Frage wird es aber gut sein erst die an den andern Isolatoren erhaltenen Resultate kennen zu lernen. Ich theile zunächst die an den Schwefelplatten gemachten Beobachtungen mit, welche ich an diejenigen mit Ebonit anschloss, weil der Schwefel als ein vorzüglicher Repräsentant eines reinen Dielektricum's gilt, und weil es mir bei einzelnen frühern Beobachtungen schien, als wenn die Influenz im Schwefel nur wenig mit der Zeit zunähme.

Die Dicke der hauptsächlich untersuchten Schwefelplatte war fast genau gleich der von Ebonitplatte V, nämlich 10,34 Mm. im Mittel aller nur 0,06 Mm. differirender Messungen. Sie möge als Schwefelplatte I bezeichnet

6) Clausius. Poggend. Ann. Bd. CXXXIX p. 278.

werden; die Schwefelplatte II, welche wie die erste den gleichen Durchmesser wie die leitenden Platten besass, hatte eine Dicke von 5,14 Mm. und die dritte Schwefelplatte III, deren Durchmesser mehr als doppelt so gross war, eine Dicke von 16 Mm.

Nur die erste Platte ist mit dem Sinuselektrometer untersucht worden; sie lag dabei um eine etwaige Oberflächenleitung möglichst zu eliminiren, nicht direkt auf der abgeleiteten Condensatorplatte, sondern auf drei auf dieselbe aufgesetzten Schellacktröpfchen, so dass die untere Fläche der Schwefelplatte 0,59 Mm. von der oberen Fläche der Condensatorplatte entfernt war. Die Collectorplatte schwebte 0,295 Mm. über der Schwefelplatte.

Folgende Tabelle enthält zwei an dieser Platte gemachten Beobachtungsreisen angeordnet wie die die frühere

Tabelle VII.

Schwefelplatte I.

Zeit	Werth von α	
0' 20"	0,5914	0,5754
40"	0,5886	0,5900
1'	0,5900	0,6060
2'	0,5941	0,6299
3'	0,5990	0,6488
4'	0,6024	0,6632
6'	0,6083	0,6762
8'	0,6109	0,6852
12'	0,6222	0,7185
24'	0,6255	—
36'	0,6323	—
40'	0,6341	—

Von den beiden Reihen wurde die erste am 25. Februar die andere am 2. März 1876 erhalten, die Unterschiede beider Reihen sind ähnliche wie sie beim Ebonit vorkommen, bei der ersten Reihe wächst α in 40 Minuten nur äusserst wenig, wie wenn in der That der Schwefel nahezu ein reines Dielektricum im Sinne der Auffassung von Faraday wäre, bei der zweiten ist dagegen das Wachsthum ein ziemlich beträchtliches. Der Unterschied bei beiden Reihen war wieder der, dass bei der zweiten die Luft ziemlich feucht, bei der ersten dagegen sehr trocken war. Die Abnahme des Potentials ging bei der ersten Reihe in 40' von 0,9609 bis zu 0,8029 während bei der zweiten Reihe das Potential der Collectorplatte in 12 Minuten von 0,9470 auf 0,5912 herabsank. Ich mache dabei darauf aufmerksam, dass der in jeder Reihe als letzter angegebener Werth mindestens dieselbe Sicherheit hat als der erste, da er aus einem Werth von B abgeleitet ist, der der Quotient aus dem in der letzten Minute beobachteten Potentiale der über dem Isolator schwebenden Collectorplatte und dem unmittelbar nachher an der aufgezogenen Beobachteten ist.

17.

Bei den mit der Schwefelplatte I nach der zweiten Methode durchgeführten Versuchen lag die Schwefelplatte direkt auf der abgeleiteten Condensatorplatte, die Collectorplatte schwebte über derselben in einem Abstände von ^{mm.} 0,295. Die Werthe von α ergaben sich also aus der Relation

$$\alpha = a \cdot \frac{10,635}{10,340}$$

und a aus der Gleichung

$$a = \frac{B - A}{B - 0,7775}$$

Den Werth von A gaben 15 im Laufe der Beobachtungen von Zeit zu Zeit gemachte Bestimmungen zu

1,456	1,437	1,459
1,438	1,445	1,476
1,461	1,468	1,450
1,488	1,482	1,453
1,466	1,471	1,473

also im Mittel aus allen Beobachtungen

$$A = 1,461.$$

Die nächstfolgenden Tabellen geben alle an dieser Schwefelplatte gemachten Beobachtungen, bei denen eine Ladungsdauer von 10' angewandt wurde, in der Reihenfolge, in welcher sie angestellt wurden. Columnne I gibt den Tag der Beobachtung, Columnne II gibt an, welche Lage die Platte hatte, das heisst, welche Seite die der Collectorplatte zugewandt war, wobei eine Lage als die normale bezeichnet ist. Columnne III gibt das Vorzeichen der zur Ladung der Collectorplatte benutzten Elektrizität, Columnne IV die direkt beobachteten Werthe von B, die Quadratwurzeln aus den Quotienten der jedesmaligen Torsionen, welche die Nadel des Elektrometers auf 10° stellte, wenn das Elektrometer mit der aufgezogenen Collectorplatte verbunden gewesen war, dividirt durch die, welche das Potential des Batteriepoles mass. Columnne V gibt endlich die daraus und aus den obigen Angaben berechneten Werthe von α .

Die jedesmal zwischen zwei horizontalen Strichen eingeschlossenen Beobachtungen wurden unmittelbar nach einander angestellt, wobei jeder Versuch etwa eine Viertelstunde in Anspruch nahm. So lange in den aufeinanderfolgenden Versuchen bei gleicher Lage der Platte dieselbe Elektrizität zur Ladung der Collectorplatte angewandt wurde, überzeugte man sich vor jedem Versuche, dass die Schwefelplatte nicht elektrisch war, indem man die nichtgeladene Collectorplatte

bis zu der stets angewandten Entfernung von der Schwefelplatte herabliess, dann ableitend berührte und während sie mit dem Elektrometer in Verbindung war nach aufgehobener Berührung emporzog. Konnte man dann im Elektrometer keine Ladung erkennen, so bewies das, dass die Schwefelplatte nicht elektrisch war, oder genauer, dass das elektrische Potential der Schwefelplatte in der Collectorplatte nicht messbar war, was für unsere Versuche dieselbe Bedeutung hat. Liess sich bei diesem Versuche im Elektrometer auch nur eine Spur von Elektrizität erkennen, so wurde die Schwefelplatte durch die Flamme eines Bunsen'schen Brenners gezogen, bis sie in der angegebenen Weise geprüft unelektrisch gefunden wurde. Die in der letzten Columne stehende Bemerkung „Flamme“ bedeutet, dass vor dem nebenstehenden Versuche die Platte durch die Flamme gezogen war.

Um eine Vorstellung von der Grösse der zur Bestimmung von B gemessenen Torsionen des Glasfadens zu geben, bemerke ich, dass das Potential des Batteriepoles bei Anwendung der 12 Meidinger'schen Elemente durch eine Torsion von etwa 60° gemessen wurde. Dem Werthe $B = 2,270$ entspricht dann eine Torsion von 366° nach dem Aufziehen der Collectorplatte, dem Werthe $B = 3$ eine Torsion von 540° dem Werthe $B = 3,5$ eine Torsion von 735° u. s. f.

Tabelle VIII.

Schwefelplatte I stets 10" influenzirt.

Zeit.	Lage der Platte	Vorzeichen der Ladung.	B	α	Bemerkungen
1876 Mai 20. Vorm.	normal	—	2,470	0,6132	Flamme
"	"	—	2,626	0,6483	
"	"	—	3,051	0,7193	
Mai 20. Nachm.	normal	—	2,652	0,6535	Flamme
"	"	—	2,785	0,6737	
"	"	—	2,898	0,6917	
"	umgekehrt	—	2,707	0,6643	
"	normal	—	2,840	0,6877	
"	"	—	2,829	0,6859	
"	"	—	2,596	0,6420	1 1/2 Stunde später
"	"	+	2,652	0,6535	
"	"	—	2,623	0,6477	
"	"	—	2,899	0,6969	
Mai 22. Vorm.	normal	—	2,587	0,6382	Flamme Flamme Flamme
"	"	—	2,743	0,6709	
"	"	—	2,828	0,6859	
"	"	—	2,832	0,6865	
"	"	—	2,925	0,7028	
"	"	—	2,883	0,6947	
"	"	—	2,885	0,6952	
"	"	—	3,039	0,7178	
"	"	—	3,000	0,7123	
"	"	+	2,969	0,7078	
Mai 22. Nachm.	"	—	2,679	0,6589	

18.

Die in vorstehender Tabelle VIII mitgetheilten Zahlen zeigen einen durchaus unerwarteten Verlauf; anstatt wie man erwarten sollte constant zu sein, nehmen die Werthe für B und damit für α , welche bei aufeinander folgenden Versuchen erhalten wurden, im grossen und ganzen stetig zu, und werden im allgemeinen um so grösser, je öfter man den Versuch ohne Zwischenzeit wiederholt. Ueberlässt man dann aber die Platten eine Zeitlang sich selbst, so wird B wieder kleiner und damit sinkt der Werth von α wieder hinab. Es ist gerade, wie wenn durch eine mehrfach wiederholte Influenzierung die Elektricität in dem nichtleitenden Schwefel beweglicher würde und deshalb bei gleicher Dauer der Influenz immer stärker auseinander ginge. Ueberlässt man die Schwefelplatte sich selbst einige Zeit hindurch, so würde die Beweglichkeit wieder abnehmen.

Dass diese Zunahme von B nicht etwa einem Herabsinken der Collectorplatte oder einer Zunahme des Potentials am Batteriepole zuzuschreiben ist, davon überzeugte man sich stets indem man die Abstände controlirte, ebenso das Potential der Batterie jedesmal beobachtete und ferner von Zeit zu Zeit den Werth von A bestimmte.

Man konnte indess bei obigen Versuchen noch vermuthen, da bei denselben mit nur zwei Ausnahmen stets dieselbe Elektricitätsart zur Ladung angewandt ist, dass trotz der vor jedem Versuche vorgenommenen Prüfung der Platte, in derselben eine gewisse bleibende Vertheilung der Elektricitäten eingetreten sei, zu welcher sich dann die neue Influenz addirt habe. Um das zu prüfen wurde bei weitem Versuchen stets das Vorzeichen der influenzirenden Elektricität oder die Lage der Platte gewechselt, so dass die vorher obere Seite die untere wurde. Wäre bei den vorhergehenden Versuchen die Ursache des Wachsens eine bleibende Influenz gewesen, so hätte jetzt ein solches Wachsen

nicht stattfinden können. Tabelle IX zeigt dagegen, dass das Wachsen ein noch stärkeres war.

Tabelle IX.

Schwefelplatte I. stets 10'' influenzirt.

Zeit	Lage der Platte	Vorzeichen der Ladung	B	α
Mai 23 Vorm.	normal	—	2,819	0,6843
"	"	+	2,954	0,7056
"	"	—	2,999	0,7122
"	"	+	3,191	0,7373
"	"	—	3,196	0,7381
"	"	+	3,082	0,7236
"	"	—	3,121	0,7286
Mai 23 Nachm.	normal	—	2,883	0,6946
"	"	+	3,111	0,7273
"	"	—	3,296	0,7495
"	"	+	3,310	0,7510
"	umgekehrt	+	3,414	0,7795
"	"	—	3,314	0,7514
"	"	—	3,348	0,7576
"	normal	—	3,995	0,8114
Mai 24 Vorm.	normal	+	2,910	0,6990
"	"	—	3,247	0,7448
"	umgekehrt	—	3,296	0,7495
"	normal	—	3,715	0,7893
"	umgekehrt	—	3,428	0,7635
"	"	+	3,490	0,7694
"	"	—	3,529	0,7739
"	"	+	3,680	0,7864
"	normal	—	3,552	0,7753
"	"	+	3,640	0,7834
Mai 24 Nachm.	"	+	3,482	0,7687
Juni 1	normal	—	2,692	0,6614
"	umgekehrt	—	2,692	0,6614

Ich habe dann später diese Beobachtungen noch öfters wiederholt, stets mit demselben Erfolg, es wurde im allgemeinen bei gleicher Dauer der Influenz der Werth von α um so grösser je öfter man den Versuch wiederholte. Ich theile von diesen Versuchen noch in Tabelle X zwei Reihen mit, deren erste am 12. Juni, deren zweite am 27. Juni 1876 erhalten wurde. In der ersten wurden halbe und ganze Secunden als Dauer der Influenz genommen in der zweiten, wechselte die Dauer zwischen 1" und 10". Da die Ladungen durch das Eintauchen eines mit der Hand geführten Kupferhakens, der an einem isolirenden Stiele befestigt war, bewirkt wurden, so können die halben und einzelnen Secunden nicht mit derselben Genauigkeit genommen werden wie die Dauer von 10", indess tritt das Wachsen der Influenz bei öfterer Wiederholung des Versuches doch nicht minder deutlich hervor.

Tabelle X. Schwefelplatte I.

Dauer der Influenz	Lage der Platte	Vorzeichen der Ladung	B	α
0", 5	normal	+	2,609	0,6447
0", 5	umgekehrt	+	2,778	0,6773
0", 5	"	—	2,682	0,6594
0", 5	normal	—	2,768	0,6754
1"	"	+	2,840	0,6877
1"	umgekehrt	+	2,907	0,6984
1"	"	—	2,715	0,6657
1"	normal	—	2,910	0,6989
10"	normal	—	3,250	0,7443
1"	"	+	2,658	0,6601
10"	"	+	3,688	0,7871
1"	"	+	2,972	0,7083
1"	"	—	3,291	0,7485
10"	"	—	3,936	0,8061
1"	"	+	3,177	0,7378
10"	"	+	4,172	0,8215
1"	"	+	3,378	0,7583

19.

In der folgenden Tabelle XI theile ich zwei Versuchsreihen mit, welche mit der Schwefelplatte II ausgeführt sind, die nur etwa halb so dick war als Schwefelplatte I; sowohl die Werthe von α als der Gang derselben stimmen, mit Beachtung dessen, was vorhin über den Einfluss der Dicke der Platten gesagt ist, vollständig mit den an der ersten Schwefelplatte erhaltenen Ergebnissen überein. Der Werth von A ergab sich aus 4 Versuchen

$$A = 1,823$$

Von den beiden Reihen ist die erste am 9. die zweite am 12. Juni 1876 erhalten.

Tabelle XI.

Schwefelplatte II.

Dauer der Influenz	Lage der Platte	Vor- zeichen der Ladung	B	α
0", 5	normal	+	3,492	0,6492
0", 5	"	—	3,608	0,6668
10"	"	+	5,038	0,7979
10"	"	—	4,957	0,7853
10"	"	+	5,500	0,8147
0", 5	"	+	4,005	0,7140
0", 5	"	—	3,841	0,6965
0", 5	"	—	5,005	0,7140
0", 5	"	—	3,862	0,6990
0", 5	"	+	3,975	0,7117
0", 5	"	+	3,988	0,7131
0", 5	umgekehrt	—	3,619	0,6684
0", 5	"	+	3,729	0,6828
0", 5	normal	+	3,831	0,6954
10", 0	"	—	4,627	0,7702

20.

Die in den letzten §§ mitgetheilten Versuche beweisen, dass auch bei wechselnder Ladung oder bei wechselnder Lage der Platte der durch eine gleiche Dauer der Einwirkung hervorgerufene Grad der Influenz bei öfterer Wiederholung zunimmt, ähnlich wie durch längere Dauer der Influenz, ja dass es selbst den Anschein hat, als würde durch häufigeres Influenziren selbst dauernd der Schwefel leichter influenzirbar, ein Zustand der nur durch längeres Liegen allmählich verschwindet.

Diese Zunahme der Influenz bei gleicher Dauer der Einwirkung lässt sich nicht auf eine Vermehrung der oberflächlichen Leitung erklären, wenigstens nicht durch etwaige Condensation von Feuchtigkeit, da sie unter allen Umständen bei Wiederholung der Influenz eintritt, und da in der Zeit eines Vormittags oder Nachmittags sich der Feuchtigkeitszustand der Luft nicht in dem Masse ändert, um derartige Aenderungen von α zu erklären. Um indess auch experimentell mich davon zu überzeugen, dass die Oberflächenleitung bei diesem Verhalten der Schwefelplatten keine wesentliche Rolle spielt, habe ich auch die Schwefelplatte III zu einigen Versuchen benutzt. Die mit dieser erhaltenen Zahlen können nicht die gleiche Genauigkeit beanspruchen wie die frühere, da die Dicke der Platte nicht mit dem Sphärometer gemessen werden konnte, und da der Abstand der Collectorplatte von der obern Fläche der Schwefelplatte nicht so genau bestimmt werden konnte, da der Rand der Schwefelplatte um etwa 6 Centim. über den Rand der Collectorplatte hervorragte, somit nicht mit dem Mikroskope der Abstand gemessen werden konnte. Trotzdem die Platte so viel grösser war, zeigte sich dennoch in den Werthen von α derselbe Gang. So nahm an einem Tage bei 4 Versuchen der Werth von α von 0,5882 bei dem ersten zu bis 0,6086 bei dem vierten, bei einer andern

Versuchsreihe von demselben Werthe 0,5882 beim ersten bis zu 0,6844 bei dem 13 Versuche, wenn stets wechselnde Ladungen und eine Ladungsdauer von 0,5 Secunde angewandt wurde. Es wird überflüssig sein auch die Tabellen dieser Versuche mitzutheilen, da sie nichts neues bieten.

21.

Nach der zweiten Methode sind auch die Werthe von α bestimmt, welche bei sehr langer Dauer der Influenz eintreten. Der Werth von α nahm dann in einer solchen Weise zu, dass selbst bei den dicken Platten zur Ladung nicht die 12 Elemente benutzt werden konnten. Schon bei Anwendung von 6 oder 4 Elementen ergaben sich Torsionen des Glasfadens von bis zu 5 ganzen Umdrehungen. Diese vertrug der Faden indess ganz gut, es zeigte sich nach einer solchen Torsion nur eine elastische Nachwirkung von einigen Graden, die sich indess nach Verlauf einiger Zeit, höchstens 1 Stunde, wieder verlor. Bei Anwendung von 6 Elementen ist die Torsion nur $\frac{1}{4}$ von derjenigen bei Ladung mit 12 Elementen, da der Werth des Potentials des Batteriepoles dann nur $\frac{1}{2}$ ist. Deshalb konnte das Potential des Poles nicht mit derselben Sicherheit gemessen werden, da bei der schwachen Torsion der Einstellungsfehler der Nadel nicht viel kleiner ist als bei der Torsion von 60° , welche die 12 Elemente stets annähernd geben, der Einfluss der Luftströmungen aber ein grösserer ist. Es wurde daher das Potential des Batteriepoles ausser der direkten Messung hier stets auch dadurch bestimmt, dass unmittelbar nach Beendigung des Versuches das Potential des Batteriepoles bestimmt wurde, von denen die benutzten 6 oder 4 einen Theil ausmachten. Es wurde dann, wenn beide Werthe nicht genau übereinstimmten, das Mittel aus beiden genommen.

In dieser Weise ergaben sich für die drei Schwefelplatten folgende Werthe

Tabelle XII.

Dauer der Influenz	α für Schwefelplatte		
	I	II	III
1 Stunde	0,9500	—	—
2 Stunden	0,9680	—	—
3 Stunden	—	0,9884	0,9360
4 Stunden	—	—	0,9665

Wie man sieht nähern sich diese Werthe sehr der Einheit ohne sie indess ganz zu erreichen, selbst bei der Schwefelplatte III, welche wie erwähnt einen etwa doppelt so grossen Durchmesser hatte, als die leitenden Platten, so dass bei diesen eine oberflächliche Leitung wohl nicht angenommen werden kann.

22.

Für die Ebonitplatten habe ich bereits in dem vorigen Abschnitte die einer Influenz von 10" entsprechenden Werthe von α sowie die schliesslich erreichten Werthe für die 4 dickern Platten angegeben (§ 15). Die der Dauer von 10" entsprechenden Werthe sind aus einer Anzahl einzelner Beobachtungen abgeleitet, welche nach einander in dem dort angegebenen Zeitraum mit den verschiedenen Platten angestellt wurden, und bei denen zufällig mit einer und derselben Platte die Versuche nach einander nicht mehr als höchstens zweimal angestellt waren. Nachdem bei der Schwefelplatte sich das eigenthümliche Verhalten herausgestellt, dass bei häufigerer Wiederholung der Influenz der einer gleichen Dauer der Einwirkung entsprechende Werth von α beträchtlich zunahm, habe ich mit der Ebonitplatte V die Versuche nach der gleichen Richtung wiederholt.

Das Resultat war auch hier dasselbe, der Werth von α nahm in ganz ähnlicher Weise zu wie bei dem Schwefel. Ich begnüge mich damit zwei Versuchsreihen mitzutheilen, welche am 26. Mai 1876 bei trockner und am 27. Mai 1876 bei trockner und am 27. Mai bei sehr feuchter Luft ausgeführt worden sind. Bei fester Lage der Platten wurde stets das Vorzeichen der Ladung gewechselt, die Ladungsdauer ist jedesmal 10".

Tabelle XII.
Ebonitplatte V.

26. Mai		27. Mai	
Vorzeichen der Ladung	α	Vorzeichen der Ladung	α
—	0,5982	+	0,6879
+	0,6281	—	0,7109
+	0,6428	+	0,6980
—	0,6436	—	0,7297
+	0,6506	+	0,7230
+	0,6618		
—	0,6619		

Dasselbe ergab eine Versuchsreihe für Ebonitplatte IV, in welcher α von 0,7417 bei dem ersten Versuche bis 0,6999 bei dem vierten Versuche zunahm.

Die beiden dünnen Ebonitplatten lieferten bei langer Dauer der Influenz ebenfalls Werthe für α , welche annähernd den für die dickern gefundenen gleich waren. Für Platte II, deren Dicke 2,24 Mm. betrug, erhielt ich bei drei 2 bis 3 Stunden dauernder Influenz, als die Collectorplatte 0,35 Mm. über derselben schwebte für α die Werthe 0,9465; 0,8152; 0,9040. Für Platte I deren Dicke 1,12 Mm. betrug, ergab sich als die Collectorplatte 0,59 Mm. darüber schwebte, ein Werth von α , der sogar etwas grösser als 1

war nämlich 1,030. Da indess bei diesen dünnen Platten ein kleiner Fehler in der Bestimmung des Abstandes der Collectorplatte von sehr beträchtlichem Einfluss ist, so ist der bei ihnen durch lange Dauer der Influenz erreichte Werth von α mit einer grösseren Unsicherheit behaftet, als bei den dickern Platten. Jedenfalls zeigen auch diese Beobachtungen, dass der nach langer Dauer der Influenz im Ebonit erreichte Werth von α der Einheit ziemlich nahe kommt.

23.

Die übrigen von mir untersuchten isolirenden Substanzen boten im wesentlichen dieselben Erscheinungen wie Schwefel und Ebonit, es wird deshalb nicht erforderlich sein die Resultate mit der gleichen Ausführlichkeit mitzutheilen.

Von Paraffin sind zu den Versuchen 5 Platten verschiedener Dicke benutzt worden, dieselben waren

Platte	I mit einer Dicke von				mm.
"	II	"	"	"	9,40
"	III	"	"	"	6,71
"	IV	"	"	"	2,15
"	IVa	"	"	"	2,20

Die vier ersten Platten waren, wie früher schon angegeben ist, aus einem Stück käuflichen Paraffins herausgeschnitten und durch Schaben auf die betreffende Dicke gebracht, die Platte IVa war durch Schmelzen der bei Darstellung der andern Platten abgefallenen Stücke und Giessen erhalten. Ich führe die mit derselben erhaltenen Resultate deshalb an, weil die Werthe von α dort wesentlich andere sind als bei Platte IV, ein Beweis wie wesentlich der Gang der Influenz durch geringe Umstände beeinflusst werden kann.

Um die Schwankungen der für eine und dieselbe Platte zu verschiedenen Zeiten sich ergebenden Werthe von α hervortreten zu lassen, theile ich in der folgenden Tabelle drei mit Platte III erhaltene Reihen mit, welche mit dem Sinuselektrometer durchgeführt worden sind.

Tabelle XIV.
Paraffinplatte III.

Zeit	Werth von α		
1'	0,4520	0,4789	0,5249
2'	0,4594	0,4881	0,5362
3'	0,4644	0,4979	0,5481
4'	0,4663	—	0,5579
6'	0,4755	0,5000	0,5635
8'	0,4849	0,5159	0,5753
12'	0,4988	0,5263	0,5920
20'	0,5257	0,5482	0,6225
28'	0,5486	—	0,6300
40'	0,5643	0,5636	0,6383
60'	—	0,6000	—
80'	—	0,6427	—

In folgender Tabelle stelle ich die Mittelwerthe für die 5 Paraffinplatten, wie sie sich aus den Versuchen mit dem Sinuselektrometer ergeben haben, zusammen

Tabelle XV.
Paraffin.

Zeit.	Werthe von α für Platte				
	I	II	III	IV	IVa
1'	0,4592	0,4530	0,4853	0,4933	0,5599
4'	0,4822	0,4754	—	—	0,6246
8'	0,5011	0,5022	0,5253	0,5094	0,6777
12'	0,5146	0,5148	0,5390	0,5205	0,6945
20'	0,5356	0,5336	0,5655	—	—
28'	0,5509	—	—	—	—
40'	0,5730	—	0,5886	0,5752	—
48'	—	—	—	—	0,8067
60'	0,6052	—	0,6000	0,5978	—

Die Platte IVa hatte wie erwähnt fast genau dieselbe Dicke wie Platte IV und unterschied sich nur dadurch, dass sie aus den bei Bearbeitung der andern Platten erhaltenen Abfällen durch Zusammenschmelzen erhalten war. Die Tabelle zeigt wie gross durch dies einmalige Schmelzen der Unterschied in der Influenz dieser Platte gegenüber den andern Platten geworden ist. Die für die übrigen Platten erhaltenen Werthe zeigen denselben Verlauf wie die Ebonitplatten, nur dass die Werthe von α ganz beträchtlich kleiner sind.

Dass auch bei dem Paraffin eine wiederholte Influenz den Werth von α steigerte zeigten unter andern folgende an Platte II gemachte Beobachtungen, bei einer Ladungsdauer von 10''.

Vorzeichen der Ladung.	α
—	0,4306
+	0,4734
—	0,5173
+	0,5173
+	0,5265

Die für die Paraffinplatten bei jedesmal erster 10'' dauernder Ladung waren im Mittel

für Platte I	$\alpha = 0,4235$
„ II	0,4397
„ III	0,4358
„ IV	0,4867
„ IVa	0,5355

Für eine vierstündige Ladungsdauer ergab sich für Platte II, deren Dicke jener der dickern Schwefelplatte am nächsten kam

$$\alpha = 0,7851$$

und für die Platte IV

$$\alpha = 0,7820$$

Wie man sieht wächst auch für Paraffin der Werth von α ganz beträchtlich, bleibt aber weit hinter dem für Schwefel und Ebonit erhaltenen zurück.

24.

Die verschiedenen zu den Versuchen benutzten Schellackplatten, oder genauer aus einer Mischung von Schellack und venetianischem Terpentin bestehenden Platten ergaben für die Influenz ziemlich verschiedene Werthe, was indess, da wir es hier mit Gemischen zweier Substanzen zu thun haben, in denen die Mengenverhältnisse der Bestandtheile keinesfalls die gleichen sind, nicht auffällig erscheinen kann. Es möge genügen für zwei Schellackplatten je drei und zwei Reihen von Beobachtungen mitzuthemen, welche den Unterschied der für α erhaltenen Werthe zeigen, gleichzeitig aber erkennen lassen, dass auch hier der Gang der Influenz im grossen und ganzen der gleiche ist, wie bei den andern Substanzen. Von den Platten hatte die Platte I eine Dicke von 10,93; Platte II von 13,58 Mm.

Tabelle XVI.
Schellackplatte I und II.

Zeit.	Werth von α für Platte				
	I	I	I	II	II
1'	0,7094	—	0,6946	0,5929	0,5998
4'	0,7723	0,6804	0,7383	0,6329	0,6300
8'	0,7920	0,7025	0,7620	0,6554	0,6446
16'	0,8148	0,7373	0,7870	0,6832	0,6650
24'	0,8321	0,7505	0,7900	0,6946	0,6747
32'	0,8356	0,7650	0,7946	0,6990	0,6839
40'	—	—	0,7987	0,7016	0,7033
48'	—	—	—	0,7033	0,7099
56'	—	—	—	0,7087	0,7099

Für die Platte II wurden dann nach der zweiten Methode unter andern folgende Werthe erhalten.

Dauer der Ladung.	Vorzeichen der Ladung und Lage der Platten	α
10"	normal —	0,5639
10"	umgekehrt —	0,6032
10"	umgekehrt +	0,6277
10"	normal +	0,6185
0", 5	normal —	0,5933
0", 5	umgekehrt —	0,6130
10"	normal —	0,6757
1' —	normal —	0,7585
3 Stunden	normal —	0,9405
2 „	normal —	0,9369

Für Platte I ergab ein Versuch nach 1,5 Stunden $\alpha = 0,9107$.

Nach der zweiten Methode wurde noch eine dritte Platte untersucht, deren Dicke 7,7 Mm. war, sie ergab am 11. und 13. Juni 1876 folgende Werthe von α .

Dauer der Ladung	Vorzeichen der Ladung und Lage der Platten	α
0", 5	normal —	0,5998
0", 5	umgekehrt —	0,5946
10"	normal —	0,6530
10"	normal +	0,6472
1' —	normal —	0,6834
2' —	normal —	0,6907
0", 5	normal —	0,6129
0", 5	umgekehrt —	0,6039
0", 5	umgekehrt +	0,6199
0", 5	normal +	0,6269
1 Stunde	normal +	0,8358

25.

Schliesslich theile ich noch die an zwei Spiegelglasplatten gemachten Beobachtungen mit, von denen die eine 7,52, die andere 1,18 Mm. dick war. Die Platten waren, um die in Folge der Hygroskopie des Glases zu befürchtende Oberflächenleitung möglichst unschädlich zu machen, mit braunem Schellackfirniss überzogen. Die folgende Tabelle XVII enthält zunächst die mit dem Sinuselektrometer für beide Platten enthaltenen Werthe.

Tabelle XVII. Spiegelglas.

Zeit	Werthe von α für	
	Platte I	Platte II
0' 20"	0,7946	0,8415
40"	0,8274	0,8526
1' —	0,8475	0,8825
2' —	0,8765	0,9413
3' —	0,8968	0,0080
4' —	0,9118	0,9857
6' —	0,9461	—
8' —	0,9603	—
12' —	0,9753	—

Bei der dünnern Platte ist nach 3 Minuten die Influenz schon ebenso stark als in einem Leiter, bei der dicken Platte ist derselbe Werth nach 12' noch nicht erreicht. Ich bemerke indess, dass bei der Kleinheit der Ablenkungen am Sinuselektrometer, die nur etwa 30' betrugen, die letzten Werthe von α unsicher sind, wie das ja auch schon die letzten Werthe bei Platte II erkennen lassen.

Dass indess bei diesen Glasplatten in der That schon nach kurzer Zeit der Werth von α der Einheit sehr nahe kommt, das zeigten auch die Versuche nach der zweiten Methode, welche gleichzeitig wieder das hier sehr rasche Wachsen von α bei öfterer Wiederholung der Influenz erkennen lassen.

Tabelle XVIII.

Glasplatte 7,52 Mm.

10. Juni 1876			26. Juni 1876		
Dauer der Ladung	Vorzeichen und Lage der Platte	α	Dauer der Ladung	Vorzeichen und Lage der Platte	α
0", 5	normal +	0,7361	0", 5	normal +	0,8078
0", 5	" +	0,7873	0", 5	" —	0,8581
0", 5	" —	0,8066	0", 5	" +	0,8539
0", 5	" +	0,8206	0", 5	" —	0,8630
0", 5	umgekehrt +	0,8230	10"	" +	0,9223
0", 5	" —	0,8216	10"	" —	0,9288
0", 5	normal —	0,8280	10"	" +	0,9358
0", 5	" +	0,8169	10"	" +	0,9224
0", 5	umgekehrt +	0,8335	1'	" +	0,9432
0", 5	normal +	0,8339	10"	" —	0,9276
10"	" +	0,8854	1'	" —	0,9600
10"	umgekehrt +	0,8854	1'	" +	0,9420
			2'	" +	0,9699
			1'	" —	0,9537
			2'	" +	0,9796

Aehnlich war das Verhalten der dünnen Glasplatte, nur dass bei dieser nach mehrfacher Influenzierung sich schon bei einer Dauer der Influenz von 10" Werthe von α ergaben, welche der Einheit ziemlich nahe kamen.

In Betreff des Ganges der Influenz im Glase möge es mir gestattet sein, zu bemerken, dass sich für die in meiner schon vorhin erwähnten kleinen Untersuchung über den elektrischen Rückstand benutzten Spiegelglasplatten ein ganz ähnlicher Gang für α ergibt wie für das hier benutzte 7,5 Mm. dicke Glas. Für das damals zu den Versuchen benutzte Fensterglas ergibt sich dagegen ein sehr viel langsames Wachsen von α .

26.

Ueberblicken wir das hier vorgeführte ziemlich ausgedehnte Beobachtungsmaterial für den Gang der Influenz in den Isolatoren mit wachsender Zeit, so ist der im grossen und ganzen übereinstimmende Gang in den verschiedenen Isolatoren nicht zu verkennen. Bei allen wächst die Influenz ganz beträchtlich, wenn auch nicht im gleichen Masse, und bei allen ist die Zunahme im Anfang eine sehr viel raschere als später, so dass bei allen der Werth von α sich einer bestimmten Grenze nähert, der von der Natur des Isolators abhängig zu sein scheint, bei einzelnen aber gleich 1 ist.

Unter gewissen einfachen Voraussetzungen lässt sich leicht aus der Theorie der Influenz ableiten, in welcher Weise α mit der Zeit sich ändern muss, wie das unter andern in ähnlicher Weise schon von Kohlrausch und Herrn von Bezold bei ihren Untersuchungen über den elektrischen Rückstand geschehen ist. Setzen wir einen plattenförmigen Ansammlungsapparat voraus, dessen Radius gegen den Abstand der Platten hinreichend gross ist, so ist, wenn h die Dichtigkeit der Elektrizität auf der nicht abgeleiteten Collectorplatte ist, der Werth des Potentials zwischen den Platten im Abstände x von der Collectorplatte

$$V_x = 4\pi h (\delta - x)$$

wenn der Zwischenraum zwischen den Platten mit Luft gefüllt ist. Ist der Zwischenraum mit einem Isolator ausgefüllt, auf dessen den leitenden Platten zugewandten Flächen in Folge der Influenz zur Zeit t die elektrischen Dichtigkeiten $\mp ah$ sind, so wird das Potential im Abstände x

$$V_x = 4\pi h (1 - \alpha) (\delta - x).$$

Für die im Innern des Isolators wirksame, die negative Elektrizität gegen die eine die positive gegen die andere Grenzfläche des Isolators parallel der Richtung α treibende Kraft ergibt sich daraus

$$\mp \frac{dV_x}{dx} = 4\pi h (1-\alpha).$$

Setzen wir nun voraus, dass die Elektrizität in dem Isolator in ähnlicher Weise bewegt wird, wie in einem Leiter, und nennen die Leitungsfähigkeit des Isolators, also die Elektrizitätsmenge, welche durch die Flächeneinheit des Isolators parallel der Richtung x nach beiden Seiten hindurchtritt, wenn der Werth des Potentials für die Längeneinheit um die Einheit abnimmt k , so wird parallel der Richtung x durch die Flächeneinheit des Isolators in dem Zeitelement dt die Elektrizitätsmenge

$$dq = \mp k \frac{dV_x}{dx} dt$$

hindurchgehen. In Folge dessen wächst die elektrische Dichtigkeit auf den Grenzflächen des Isolators um $hd\alpha$, so dass

$$hd\alpha = dq$$

somit

$$hd\alpha = 4\pi h \cdot k \cdot (1-\alpha) dt$$

oder

$$d\alpha = 4\pi \cdot k \cdot (1-\alpha) dt.$$

Nach dieser Gleichung müsste α bis zu dem Werthe 1 wachsen, was nach den vorliegenden Erfahrungen nicht allgemein der Fall zu sein scheint.

Dieser Erfahrung tragen wir Rechnung, wenn wir die Annahme machen, dass in jedem Isolator der Scheidung der Elektrizitäten eine gewisse von der Natur des Isolators abhängige Gegenkraft entgegenwirkt, die man als eine molekulare Anziehung auf die getrennten Elektrizitäten betrachten kann. Diese Kraft kommt zur Wirkung sowie die beiden Elektrizitäten geschieden sind und nimmt zu mit der Menge resp. Dichtigkeit derselben. Damit würde dann die Menge der in dem Zeitelement dt durch die Querschnitts-

einheit des Isolators nach beiden Seiten hindurchgehende Elektrizitätsmenge nicht einfach der scheidenden Kraft sondern der Differenz dieser und jener molekularen Gegenkraft proportional zu setzen sein, oder es wäre

$$dq = \mp k \left(\frac{dV_s}{dx} - \mu' \alpha h \right) dt$$

worin $\mu'ah$ jene der Dichtigkeit, ah der geschiedenen Elektrizitäten proportionale Gegenkraft, also μ' eine von der Natur des Isolators abhängige Constante ist.

Damit würde dann

$$dq = h d\alpha = k \cdot 4\pi h (1 - \alpha - \mu\alpha) dt$$

wenn wir $\mu = \frac{\mu'}{4\pi}$ setzen, oder

$$d\alpha = k \cdot 4\pi \cdot (1 + \mu) \left(\frac{\alpha}{1 + \mu} - \alpha \right) dt.$$

Setzen wir nun $\frac{1}{1 + \mu} = \varepsilon$, $4\pi k (1 + \mu) = c$, so ist

$$d\alpha = (\varepsilon - \alpha) c dt$$

und man sieht, dass der schliesslich erreichte Werth von α nicht 1 sondern ε ist.

Hiernach ergibt sich α aus der Gleichung

$$\frac{d\alpha}{\varepsilon - \alpha} = c dt$$

Ist nun α_0 der der Zeit $t = 0$ entsprechende Werth von α so folgt

$$\log \frac{\varepsilon - \alpha_0}{\varepsilon - \alpha} = c \cdot t$$

oder

$$\varepsilon - \alpha = (\varepsilon - \alpha_0) e^{-ct} = (\varepsilon - \alpha_0) e^{-t}$$

Der der Zeit $t = 0$ entsprechende Werth α_0 braucht auch, wenn man die Isolatoren nicht als Dielektrica be-

trachtet nicht gleich 0 zu sein, da schon eine molekulare und deshalb in unmessbar kleiner Zeit stattfindende Verschiebung der beiden Elektricitäten eine messbare Elektrisirung des Isolators zur Folge haben kann.

Unter diesen Voraussetzungen müssten also die Differenzen zwischen dem Grenzwerthe und den zur Zeit t erreichten Werthen von α für gleiche Zeitunterschiede einer geometrischen Reihe angehören, deren Coefficient a um so grösser ist, je grösser die Leitungsfähigkeit des Isolators ist.

27.

Eine Uebereinstimmung zwischen der soeben abgeleiteten Beziehung, deren strenge Richtigkeit vorausgesetzt, und den zu verschiedenen Zeiten beobachteten Werthen von α kann nur für die mit dem Sinuselektrometer erhaltenen Reihen erwartet werden, da sich gezeigt hat, dass im Sinne der obigen Gleichung die Leitungsfähigkeit des Isolators zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene sein kann. Dieser Umstand bewirkt, dass die mit dem Torsionselektrometer erhaltenen Zahlen jener Beziehung nicht entsprechen können. Denn bestimmt man die einer verschieden langen Dauer der Influenz angehörenden Werthe aus den Beobachtungen verschiedener Tage, so weiss man nicht ob die Leitungsfähigkeit des Isolators dann immer dieselbe war, da wie schon hervorgehoben wurde, auch bei annähernd gleichem Feuchtigkeitszustande der Luft, sich noch merkliche Unterschiede in dem Gange der Werthe bei den mit dem Sinuselektrometer erhaltenen Reihen finden. Der Bestimmung von α aus unmittelbar auf einander folgenden Versuchen, bei denen man die Influenz eine verschiedene Zeit dauern lässt, tritt der aus allen Versuchen sich ergebende Umstand hindernd entgegen, dass auch bei gleicher Dauer der Influenz bei aufeinander folgenden Versuchen die

Werthe von α ganz beträchtlich wachsen. Nur die Beobachtungen einer und derselben Reihe, wie sie mit dem Sinuselektrometer erhalten wurden, sind also mit einander vergleichbar; dasselbe gilt mit sehr grosser Annäherung auch für die aus einer Anzahl von Reihen für dieselbe Platte erhaltenen Mittelwerthe, wenn die Quotienten der Reihen, wie hier meist, nur wenig von einander und von 1 verschieden sind, indem dann die mittlern Werthe der Reihen ebenfalls als einer geometrischen Reihe angehörig betrachtet werden können, deren Quotient gleich ist dem Mittelwerthe der Quotienten der einzelnen Reihen.

Aber auch dann kann die Uebereinstimmung besonders der den kleinern Zeiten angehörigen Werthe nach dem frühern und hauptsächlich nach den Bemerkungen des § 15 nur eine angenäherte sein; die anfänglichen Werthe müssen und zwar zumeist bei den dickern Platten zu klein sein, weil sich bei diesen der Einfluss der Begrenzung der Platten bemerkbar macht. Dazu kommt dann, wie früher hervorgehoben wurde, dass bei dem Beginne der Versuche stets von den Glasstäbchen, welche die Collectorplatte trugen, etwas Elektrizität auf die Platten zurückkehrte. Alles dieses in Betracht gezogen ergibt sich, dass die beobachteten Werthe von α sich vortrefflich durch die obige Gleichung darstellen lassen. Dass damit kein strenger Beweis für die Richtigkeit unserer Theorie gegeben wird, versteht sich von selbst, da die beobachteten Werthe immer nur ein kleines Stück der Curve umfassen, wenn auch gerade das Stück, welches am stärksten gekrümmt ist. Es genügt indess zu erkennen, dass die gefundenen Werthe jener Theorie hinreichend entsprechen, um in der Grösse von α ein Mass für die in obige Gleichungen eingehende Leitungsfähigkeit der Isolatoren zu erhalten.

Für Ebonit benutzte ich zur Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung die an der dünnsten Platte, No. III,

erhaltenen Werthe, denen ich für die Zeit von 20 bis 40 Minuten die an Platte V und VI erhaltenen Werthe hinzufüge, da sich dort der Einfluss der Plattendicke wohl kaum mehr bemerklich macht.

Mit Benutzung der so vorhandenen Werthe von der 3 Minute an, ergibt sich für Ebonit

$$\varepsilon = 0,9584 \quad \alpha_0 = 0,6141 \quad \log a = 0,00650$$

$$a = 1,0151$$

In der folgenden Tabelle sind die beobachteten und berechneten Werthe zusammengestellt.

Tabelle XIX.
Werthe von α für Ebonit.

Zeit	α		
	beob.	ber.	Δ
1'	0,5920	0,6198	—
2'	0,6092	0,6247	—
3'	0,6213	0,6297	+ .84
4'	0,6303	0,6346	+ 43
6'	0,6456	0,6441	— 15
8'	0,6641	0,6534	— 107
12'	0,6752	0,6771	+ 19
16'	0,6876	0,6878	+ 2
20'	0,7039	0,7035	— 4
24'	0,7246	0,7183	— 63
28'	0,7334	0,7323	— 11
32'	0,7374	0,7453	+ 79
36'	—	0,7578	—
40'	0,7505	0,7697	+ 189

Für Paraffin benutzte ich zur Berechnung die an Platte IV gefundenen Werthe, ferner für Zeiten grösser als 20' die an den andern Platten erhaltenen dazu noch einen in Tabelle XV nicht angegebenen Werthe für 90' an Platte IV. Es ergab sich

$$\varepsilon = 0,8000 \quad \varepsilon - \alpha_0 = 0,3081. \quad \log a = 0,00344$$

$$a = 1,0080$$

Tabelle XX.

Werthe von α für Paraffin.

Zeit	α		
	beob.	ber.	Δ
1'	0,4933	0,4943	+ 10
4'	—	0,5016	—
8'	0,5049	0,5109	+ 60
12'	0,5205	0,5198	+ 7
20'	0,5449	0,5369	— 80
28'	0,5509	0,5532	+ 23
40'	0,5789	0,5756	— 33
60'	0,6010	0,6085	+ 75
80'	0,6427	0,6365	— 52
90'	0,6474	0,6490	+ 16

Die an der dickern Spiegelglasplatte mit dem Sinus-elektrometer erhaltene Reihe lässt sich schon von der zweiten Minute an sehr gut darstellen mit den Constanten

$$\varepsilon = 1 \quad \varepsilon - \alpha_0 = 0,1629 \quad \log a = 0,07000 \\ a = 1,175$$

Von den an der Schwefelplatte erhaltenen Reihen liegen in der ersten die Werthe so nahe zusammen, dass $\log a$ kaum von 0 verschieden ist, das rasche Anwachsen der zweiten ist deshalb ohne Zweifel einer starken Oberflächenleitung zuzuschreiben. Nichtsdestoweniger lassen sich die von der dritten Minute an beobachteten Werthe sehr gut darstellen mit den Constanten

$$\varepsilon = 1 \quad \varepsilon - \alpha_0 = 0,3766 \quad \log a = 0,01056 \\ a = 1,0244$$

In folgender Tabelle XXI sind die beobachteten und berechneten Werthe für Glas und Schwefel zusammengestellt.

Tabelle XXI.

Zeit	α für Glas			α für Schwefel		
	beob.	ber.	Δ	beob.	ber.	Δ
1'	0,8475	0,8621	+ 146	0,6060	0,6325	—
2'	0,8765	0,8826	+ 61	0,6299	0,6413	—
3'	0,8968	0,9002	+ 34	0,6488	0,6499	+ 11
4'	0,9118	0,9150	+ 32	0,6632	0,6583	— 49
6'	0,9461	0,9384	— 77	0,6762	0,6745	+ 17
8'	0,9606	0,9554	— 52	0,6852	0,6900	+ 48
12'	0,9753	0,9771	+ 18	0,7185	0,7187	+ 2

Schliesslich lassen sich die bei den beiden Schellackplatten erhaltenen Werthe von α hinreichend genau mit folgenden Constanten darstellen um in dem Logarithmus von a ein Mass für die Leitungsfähigkeit dieser Gemenge von Schellack und venetianischem Terpentin zu erhalten.

Für Platte I ist $\varepsilon = 1$ $\varepsilon - \alpha_0 = 0,2678$ $\log a = 0,00411$
 $a = 1,0095$

Für Platte II ist $\varepsilon = 1$ $\varepsilon - \alpha_0 = 0,3385$ $\log a = 0,00126$
 $a = 1,0030$

Tabelle XXII.

Schellackplatte I und II.

Zeit	α für Platte I.			α für Platte II		
	beob.	ber.	Δ	beob.	ber.	Δ
4'	0,7303	0,7421	+ 148	0,6315	—	—
8'	0,7522	0,7517	— 5	0,6500	0,6693	+ 193
16'	0,7797	0,7700	— 97	0,6741	0,6769	+ 24
24'	0,7908	0,7868	— 40	0,6846	0,6843	— 3
32'	0,7984	0,7977	— 7	0,6915	0,6914	— 1
40'	—	—	—	0,7024	0,6986	— 38
48'	—	—	—	0,7066	0,7055	+ 11
56'	—	—	—	0,7093	0,7122	+ 29

Die Tabellen zeigen, dass in der That der Verlauf der Influenz in den untersuchten Isolatoren dem im vorigen § gemachten Voraussetzungen entspricht, selbst die Abweichungen der beobachteten und berechneten Zahlen entsprechen nach den vorhin gemachten Bemerkungen der Theorie; die im spätern Verlaufe der Influenz, in welchem der Einfluss der Dicke immer mehr zurücktreten muss, sich findenden Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung überschreiten nirgend die unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

Wir können also die mit der Zeit wachsende Influenz in den Isolatoren als eine Bewegung der Elektrizität in einem Mittel von sehr geringer Leitungsfähigkeit auffassen, der aber in manchen Isolatoren eine merkliche Gegenkraft entgegenwirkt, welche von der Natur des Isolators abhängig ist, und die desshalb als eine molekulare zu bezeichnen ist. Von der Grösse dieser Gegenkraft hängt der Grenzwert ab, welchem sich die Influenz nähert.

Die die Schnelligkeit des Wachsens der Influenz bedingende Leitungsfähigkeit des Isolators ist nach den Versuchen zu verschiedenen Zeiten nicht unbeträchtlich verschieden. Als Grund dieser Verschiedenheit können wir nur eine verschieden grosse Oberflächenleitung ansehen, wie das ja auch aus dem Einfluss der Feuchtigkeit zu schliessen ist, der in einzelnen Fällen ein sehr schnelles Wachsthum der Influenz zur Folge haben kann z. B. bei der Reihe II für die Ebonitplatte IV und bei der zweiten Reihe für Schwefel. Deshalb wird überhaupt auf die Zunahme der Influenz die Oberflächenleitung einigen Einfluss haben, der indess bei trockenem Wetter wohl nicht sehr gross ist, wie die sonst nahe Uebereinstimmung der an denselben Substanzen gefundenen Werthe zu verschiedenen Zeiten zeigen.

Einen eigenthümlichen Einfluss auf die Leitungsfähigkeit der Isolatoren zeigt die in kurzen Zwischenräumen

vorgenommene Wiederholung der Influenz, die Leitungsfähigkeit wächst dann nicht unbeträchtlich, wie wenn durch öfteres Hin- und Herbewegen der Elektrizität dieselbe beweglicher würde, eine Beweglichkeit, die sie aber bei längerer Ruhe wieder verliert.

28.

In der Einleitung hob ich hervor, dass es mir schiene, als könnten die beabsichtigten Versuche uns auch einigen Aufschluss darüber geben, wo wir die Isolatoren als Dielectrica im Sinne der Faraday'schen Theorie anzusehen hätten; also als zusammengesetzt aus vollkommen leitenden Molekülen die durch nicht oder nur sehr unvollkommen leitende Zwischenräume getrennt sind, oder ob die Isolatoren nur schlechte Leiter sind. In der That scheinen mir die Versuche darüber eine ganz unzweideutige Auskunft zu geben, und zwar, wie ich es offen gestanden noch im Laufe der Untersuchung nicht erwartete, zu Gunsten der Faraday'schen Auffassung. Es ergibt sich das mit Nothwendigkeit aus einer Vergleichung der aus unsern Versuchen sich ergebenden Werthe von α_0 , der Werthe für die Zeit $t = 0$ und den Leitungsfähigkeiten der Isolatoren.

Ist nämlich der Werth der Influenz zur Zeit $t = 0$ als der Beginn der ganzen Influenzwirkung zu betrachten, so zwar, als er die erste in unmessbar kleiner Zeit stattfindende Scheidung der Elektrizitäten nur auf molekulare Distanzen in demselben Medium angibt, in welchem dann im weiteren Verlauf der Influenz die Elektrizitäten nach Massgabe der Leitungsfähigkeiten schneller oder langsamer aneinandertreten, so muss nothwendig die momentane Influenz der durch den weitem Verlauf derselben messbaren Leitungsfähigkeit proportional sein, eben weil dann die erste Bewegung der Elektrizität in demselben Medium stattfindet,

in welchem sich auch die weitere Scheidung vollzieht. Zeigt sich ein solcher Zusammenhang zwischen den Werthen von α_0 und der Leitungsfähigkeit nicht, so sind wir genöthigt zu schliessen, dass die momentane Influenz als ein ganz anderer Vorgang anzufassen ist, als die fortdauernde, oder dass, wie es die Faraday'sche Auffassung annimmt, in den Isolatoren zweierlei vorhanden ist, vollkommen leitende Moleküle in einem schlechtleitenden Zwischenmittel.

Dabei kann es nicht von Bedeutung sein, ob zur eigentlichen Leitung des Isolators eine Oberflächenleitung hinzukommt oder nicht, da diese nur als eine Verbesserung der Leitungsfähigkeit zu betrachten ist, welche im ersten Momente ebenso vollständig zur Wirkung kommt als später.

Da zeigt sich nun zunächst, dass bei einer und derselben Substanz das durch die Oberflächenleitung bedingte schnellere oder langsamere Wachsen der Influenz auf den der Zeit $t = 0$ entsprechenden Werth nur einen sehr geringen Einfluss hat. Ich hebe zum Beweise dessen die Extreme hervor. Die Reihe II für die Ebonitplatte IV wächst soviel rascher als die im vorigen § berechneten Werthe von Platte III, dass der die Leitungsfähigkeit messende $\log a$ einen fast 5 fachen Werth hat. Für a_0 ergibt sich aber nur etwa 0,65 anstatt 0,614, den für Ebonit aus Platte III gefundenen Werth. Ebenso zeigen die beiden für die Schwefelplatte gefundenen Reihen einen äusserst grossen Unterschied in den Leitungsfähigkeiten, die anfänglichen Werthe sind aber in der langsamer ansteigenden Reihe sogar grösser als in der rascher steigenden Reihe.

Noch deutlicher tritt es hervor, dass gar keine Beziehung zwischen den aus den Beobachtungen sich angehenden Werthen von α_0 und den in dem Anwachsen der Influenz messbaren Leitungsfähigkeiten der Isolatoren besteht, wenn man die für die verschiedenen Substanzen sich ergebenden

Werthe von α_0 mit den Leitungsfähigkeiten zusammenstellt. Die letztern ergeben sich, da nach § 26 gesetzt wurde

$$k \cdot 4\pi (1 + \mu) = c; e^c = a$$

$$k = \frac{\log a}{4\pi (1 + \mu) \log e}$$

Im folgenden stelle ich die gefundenen Werthe von α_0 , dieselben geordnet nach ihrer Grösse, und die nach dieser Gleichung berechneten Leitungsfähigkeiten der untersuchten Platten zusammen.

Substanzen	α_0	k
Paraffin	0,4919	0,00050
Ebonit	0,6141	0,00114
Schwefel	0,6234	0,00193
Schellack II	0,6614	0,00019
Schellack I	0,7322	0,00075
Glas	0,8371	0,01287

Ein Blick auf diese Zusammenstellung zeigt auf das unzweideutigste, dass zwischen den Werthen von α_0 und denjenigen von k gar keine Beziehung besteht, dass grössern Werthen von α_0 kleinere Werthe von k entsprechen können und dass bei annähernd gleichen Werthen von α_0 die Leitungsfähigkeiten sehr verschieden sein können.

Wir müssen also schliessen, dass die momentane Influenz ein Vorgang anderer Art ist, als die allmählich wachsende Influenz, resp. da sie von der Leitungsfähigkeit des Isolators sich ganz unabhängig zeigt, dass die momentane Influenz in ganz andern Molekülen stattfindet als die allmählich wachsende, wir werden also zu der Faradayschen Auffassung der Isolatoren als Dielektrica geführt, als bestehend aus vollkommen leitenden Molekülen in einem unvollkommen leitenden Zwischenmittel. Anstatt des letztern würde man auch in der Art wie es Kohlrausch und Herr Clausius ansehen eine Drehung der elektrischen Moleküle und eines in

Folge dessen eintretenden Wachsens des elektrischen Momentes annehmen können, was im Effect auf dasselbe hinauskommt. Die Leitungsfähigkeit, die vorhin nach der einfachern Anschauung eingeführt wurde, würde dann eine geringere oder grössere Beweglichkeit der Moleküle bedeuten. Auf diese Fragen will ich hier aber nicht eingehen.

Zur Bestimmung der Dielektricitätsconstanten

$$D = \frac{1}{1 - \alpha_0}$$

sind strenge genommen nur die für Paraffin und Ebonit gefundenen Werthe geeignet, da nur bei diesen beiden Substanzen die Platten so dünn waren, dass man den Einfluss der Dicke vernachlässigen kann. Da sich indess bei diesen gezeigt hat, dass die für grössere Zeiten erhaltenen Werthe sich ganz in die für die dünnern Platten gefundenen Werthe einordnen, so werden auch die für die andern Substanzen aus den Werthen von α_0 abgeleiteten Dielektricitätsconstanten nicht weit von der Wahrheit abweichen. Der für Schwefel sich ergebende Werth muss nach der Dielektricitätstheorie mit 1,05 multiplicirt werden, da nach § 11 die Schwefelplatte 0,048 Hohlräume enthielt. Für die Schwefelplatte habe ich die Constante noch in anderer Weise berechnet. Da die Platte fast genau die gleiche Dicke wie die Ebonitplatte V hatte, so habe ich angenommen, dass der Mittelwerth für Schwefel nach 1 Minute sich zu dem Werthe von α_0 für Schwefel verhalte wie der Mittelwerthe des nach 1 Minute für Ebonitplatte V erhaltenen Werthes zu α_0 , für Ebonit. Der sich so aus den mitgetheilten und einigen andern Beobachtungen für Schwefel nach einer Minute befundenen Werthe $\alpha = 0,5920$ ergebende Werthe für Schwefel ist neben den aus dem oben angeführten α_0 berechneten gestellt. Die Werthe sind dann

Substanzen	D
Paraffin	1,96
Ebonit	2,56
Schwefel	2,88 — 3,21
Schellack II	2,95
Schellack I	3,73
Glas	6,10

Für Paraffin erhielten Barckley und Gibson ⁷⁾ 1,976, Boltzmann ⁸⁾ 2,32, Schiller ⁹⁾ 1,81 bis 2,47 je nach Verschiedenheit der Präparate und verschiedener Dauer der Ladung, für Ebonit Boltzmann 3,15, Schiller 2,21—2,76. Für Schwefel Siemens ¹⁰⁾ 2,9, Boltzmann 3,84, für weisses Spiegelglas erhielt Schiller 5,83—6,34. Man sieht die obigen Werthe liegen zwischen den von den andern Experimentatoren für die gleichen Substanzen gefundenen. Für die Constanten des Schellack ist zu beachten, dass sie für nicht näher zu definirende und verschieden zusammengesetzte Gemenge von Schellack und venetianischen Terpentin gelten.

Aachen d. 19. Februar 1877.

7) Barklay und Gibson. Philosophical Magazin IV ser. vol. XLI.

8) Boltzmann. Poggend. Ann. Bd. CLI.

9) Schiller. Poggend. Ann Bd. CLII. Die grösste von Schiller benutzte Ladungsdauer ist 0,02, die kleinste 0,0001 Secunde etwa.

10) Siemens. Poggend. Ann. Bd. CII.
