©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über den Einfluss der Strahlen grosser Brechbarkeit auf das elektrische Leitungsvermögen verdünnter Gase

Ernst Simon.

Aus dem physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 4 Textfiguren.)

I.

Der Einfluss des Lichtes auf elektrische Erscheinungen ist schon in mannigfacher Weise nachgewiesen worden. So befördert das Licht, insbesonders das ultraviolette, die Funkenbildung (Hertz), es führt in auffallend kurzer Zeit eine Zerstreuung negativer Ladungen herbei (Hallwachs) und erzeugt sogar auf Leitern positive Elektricität (Righi). Auch übt es einen merklichen Einfluss auf das Leitungsvermögen verdünnter Gase aus. Diesbezügliche Versuche hat S. Arrhenius[1] angestellt. Er verwendete ein cylindrisches Glasrohr von 10 *mm* innerem Durchmesser, das an dem einen Ende mit einer Luftpumpe in Verbindung stand; das andere Ende schloss eine 3 *mm* dicke Quarzplatte luftdicht ab. In das Rohr waren 4 *mm* von der Quarzplatte entfernt zwei Platindrähte einander gegenüber eingeschmolzen, deren Enden 1·4 *mm* von einander abstanden; anderseits waren sie mit einander leitend verbunden und enthielten in der Leitung ein Galvanometer und eine Reihe Clark'scher Elemente. Wurden die Platinenden und damit auch die dazwischen befindliche Luft durch die Quarzplatte von

[1] Wied. Ann. XXXIII S. 638 (1888).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

den Funken einer Holtz'schen Influenzmaschine beleuchtet, die möglichst nahe an der Quarzplatte übergingen, so gab das Galvanometer bei einem Luftdrucke zwischen 15—0·6 *mm* Hg in der Glasröhre einen Ausschlag, der sich vor dem Belichten nicht gezeigt. Arrhenius nimmt nun als Ursache dieses Stromschlusses zwischen den Platinenden an, es sei die verdünnte Luft im Glasrohre durch die Bestrahlung mit den Funken, insbesondere in Folge der ultravioletten Strahlen derselben wie ein Elektrolyt leitend geworden.

Diese elektrolytische Leitung unterscheidet sich aber von einer metallischen nicht wesentlich, da die Wirkung der Bestrahlung selbst bei den geringsten Potentialdifferenzen noch eintrat, eine elektromotorische Gegenkraft demnach so gut wie nicht vorhanden war.

Nach E. Wiedemann[1] dürften bei den beschriebenen Versuchen Vorgänge mehr convectiver Art stattgefunden haben. Auch Strenger[2] scheinen die Versuche von Arrhenius nicht hinreichend, um aus ihnen ein Leitungsvermögen der Luft zu folgern.

II.

Diese Mittheilungen waren der Anlass zu den folgenden Versuchen, welche in der That einen Einfluss des Lichtes auf das elektrische Verhalten verdünnter Gase zeigen, anderseits aber beweisen, dass trotzdem den Gasen eine Leitungsfähigkeit der Elektricität im Sinne von Arrhenius nicht zuzuschreiben ist.

Vor der Beschreibung der eigentlichen Versuche will ich zunächst die ihnen zugrunde liegende Idee und ihre Anordnung anführen. Den Ausgangspunkt bildete folgende Überlegung: Wird die Luft bei den Versuchen von Arrhenius durch Bestrahlung mit geeignetem Lichte wirklich leitend, so muss sie es auch innerhalb der Platten eines geladenen Condensators werden. Die Dielektricitätsconstante (D.-C.) der Zwischenschichte muss einen grösseren Werth annehmen,

---

[1] Wied. Ann. XXXV, S. 260 (1888).
Winkelmann, Handbuch III/1, S. 371 (1893).

im Falle vollständiger Leitung sogar unendlich werden und damit die Capacität des Condensators unter sonst gleichen Verhältnissen merklich grösser ausfallen wie ohne Beleuchten der Zwischenschicht. Die Resultate von Arrhenius mussten sich also auch aus Bestimmungen der D.-C. der bestrahlten Zwischenschicht eines Condensators ergeben.

Die Versuchsanordnung war jener nachgebildet, die zuerst Gordon[1] zu Bestimmungen von D.-C. angewendet und die Lecher[2] wesentlich vereinfacht hat. Die inneren Platten *A*, *M* zweier Condensatoren wurden mit dem einen Pole der secundären Spule eines Ruhmkorff'schen Inductions-Apparates, die äusseren *B*, beziehungsweise *N* mit je einem Quadrantenpaare eines Thomson'schen Elektrometers verbunden; der zweite Pol des Ruhmkorff war mit der Lemniskate desselben in ständiger Verbindung. Die Metallhülle des Elektrometers war zur Erde abgeleitet. Als Elektricitätsquelle diente anfangs eine Tauchbatterie bestehend aus sechs Smee'schen Elementen, deren Poldrähte durch einen Schlüssel zum Ruhmkorff führten; später wurde dafür der Wechselstrom von der Centrale der I. E.-G. verwendet.

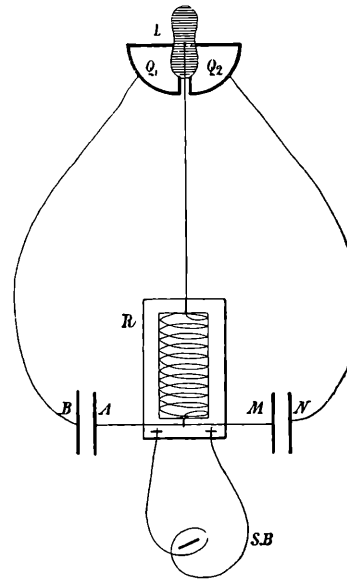

Fig. 1.

Die Wirkung dieser Anordnung ist leicht zu übersehen: Hatten die beiden Condensatoren gleiche Ladungen, so wurden die beiden Quadranten in gleicher Weise abwechselnd positiv und negativ geladen, die Nadel blieb in Ruhe. Wurde nun zwischen die Platten des Condensators *MN* ein Dielektricum

[1] Phil. Trans. I, p. 417 (1879).

[2] Diese Sitzungsber. 99, S. 480 (1890).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mit einer grösseren D.-C., als sie Luft hat, z. B. eine Scheibe Paraffin, bei ungeändertem Vergleichscondensator AB gebracht, so wurde der Condensator MN und damit auch das mit ihm verbundene Quadrantenpaar stärker geladen. Es musste daher die entgegengesetzt geladene Elektrometernadel diesem folgen; der dabei entstehende Ausschlag, der mit Fernrohr und Scala beobachtet wurde, konnte dann mittelst Mikrometerschrauben durch entsprechendes Näherrücken der Platten des schwächer oder auch durch Auseinanderschrauben des stärker geladenen Condensators compensirt werden.

Hat die zwischen M und N eingeführte dielektrische Platte die Dicke d und die D.-C. $\varkappa$, so wirkt sie wie eine Luftschichte von der Dicke $\frac{d}{\varkappa}$; um die vermehrte Induction in Folge des eingeführten Dielektricums durch eine grössere Plattendistanz auszugleichen, seien die Condensatorplatten MN in eine Entfernung von einander gebracht worden, die sich von der früheren um δ unterschied. Bei bekanntem d und δ lässt sich die D.-C. $\varkappa$ leicht finden:

$$\varkappa = \frac{d}{d - \delta}.$$

Die probeweise gemachten Bestimmungen der Dielektricitäts-Constanten von Paraffin und von Spiegelglas in verschiedenen Stärken ergaben übereinstimmende Resultate mit den bekannten von anderer Seite angegebenen Werthen.

Da ein Bestrahlen der Zwischenschichte des »abgeglichenen« Condensators MN mit Magnesiumlicht und anderen an ultravioletten Strahlen reichen Lichtarten bei gewöhnlichem Luftdrucke keinerlei Capacitätsänderung an demselben zur Folge hatte, so musste die getroffene Versuchsanordnung in einer Art ergänzt werden, welche es ermöglichte, die zwischen den Condensatorplatten befindliche Luftschichte beliebig weit zu verdünnen. Dies gelang nach einigen missglückten Vorversuchen[1] schliesslich mit Hilfe

[1] So wurde der Condensator MN in ein Glasgefäss gebracht, in dem man den Luftdruck erniedrigen konnte. Ein prismatisches Becherglas, wie sie für galvanische (Smee'sche) Elemente verwendet werden, bekam an einer Schmalseite einen Spalt, der mit einer klaren Gypsplatte geschlossen wurde. Als

eines schmalen, parallelopipedischen Glasgefässes ($22 \cdot 3 \times 20 \cdot 6 \times 2 \cdot 24\ cm^3$), das zwischen die Condensatorplatten *MN* einzustellen war und bei dem die Luft des Innenraumes beliebig verdünnt werden konnte. Dasselbe bestand aus zwei ($7 \cdot 25$, beziehungsweise $8 \cdot 35\ cm$) starken Spiegelglasscheiben ($22 \cdot 3 \times 20 \cdot 6$, beziehungsweise $20 \cdot 2 \times 20 \cdot 6\ cm^3$), die auf drei Seiten durch $6 \cdot 2\ mm$ dicke Glasstreifen in einer Breite von $5 \cdot 6\ mm$ mittels dünn aufgetragenem Dubois's'schen Kitte verbunden waren; eine klare, $3\ mm$ dicke, etwas über die Glasränder vorstehende Gypsplatte, welche die Strahlen grosser Brechbarkeit wenig absorbirte, schloss die Vorderseite ab; $3 \cdot 5\ cm$ von dieser war ein Ebonit zwischen die Seitenscheiben eingelegt, um auch an dieser Seite dem bedeutenden äusseren Luftdrucke während der Verdünnung innerhalb ein Eindrücken der Scheiben zu erschweren. An der schmalen Rückseite waren in zwei freigelassenen Öffnungen ein Manometer zur Controle für die im Innern des Apparates constant zu erhaltenden, niedrigen Drücke und eine Glasröhre mit einem gut schliessenden Geisslerhahne luftdicht eingekittet. — Zu diesem Glasapparate wurde auch ein neuer Condensator angefertigt, dessen Platten — mit Stanniol überzogene, an den Ecken abgerundete Glasscheiben — die Form und Grösse des parallelopipedischen Innenraumes hatten; diese rechteckigen Platten ($15 \times 13\ cm^2$) waren recht eben und gut parallel auf Hartgummi aufgestellt und konnten mittelst einer Mikrometerschraube einander beliebig genähert werden. An dem Boden des Condensatorgestelles waren Holzleisten in entsprechender Distanz angekittet, welche den eingestellten Glasapparat hielten, so dass dieser während der Versuche die Stanniolplatten nicht berührte.

Deckel diente eine luftdicht aufgekittete Zinkplatte, welche nebst einem Manometer, einem Geisslerhahne, der mit der Quecksilber-Luftpumpe verbunden werden konnte, auch die Zuleitungsdrähte zu den vorher gut isolirt eingeführten Condensatorplatten enthielt; diese kamen gerade vor den mit der Gypsplatte überdeckten Spalt zu stehen. — Dieser Glasapparat litt jedoch an zwei Fehlern, von welchen sich der zweite nicht umgehen liess. Einmal war bei der nicht unbedeutenden Ausdehnung desselben eine luftdichte Verkittung nur vorübergehend herstellbar, dann liessen sich die geladenen Condensatorplatten bei niedrigeren Drücken (unter $50\ mm$ Hg) auch ohne Belichten nicht vor Entladungen schützen; ein Überziehen mit Siegellack half nichts.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die durch die Einführung desselben bedingte Capacitätszunahme von *MN* liess sich auf einfache Weise durch Nähern der kreisförmigen Messingplatte ($r = 7 \cdot 1\ cm$) des Vergleichcondensators *AB*, der beibehalten wurde, vollständig ausgleichen.

Zur Bestrahlung des Innenraumes des Glasapparates diente in der Folge an Stelle des Magnesiumlichtes das einer Siemens'schen Bogenlampe, die durch den ebenfalls im Institute zur Verfügung stehenden Gleichstrom von Siemens & Halske mit ungefähr 200 Volt-Ampère brannte. Zwischen Bogenlampe und Stanniolplatten-Condensator stand knapp vor diesem eine mit Stanniol überzogene, zur Erde abgeleitete Papierwand ($45 \times 65\ cm^2$), in der ein mit einem ebenfalls abgeleiteten Drahtnetze überdeckter Spalt in der Grösse der Schmalseite des Innenraumes des Glasapparates ($13 \times 0 \cdot 8\ cm^2$) eingeschnitten war. Diese Wand schützte den Condensator mit den Stanniolplatten vor Induction von Seite der vor ihm befindlichen Körper, den Vergleichcondensator und das Elektrometer als Blende vor Bestrahlung, die nur durch den erwähnten Spalt erfolgte.

III.

Nachdem die Anordnung der Versuche in dieser ausführlichen Art beschrieben, gehe ich zu diesen selbst über.

Zunächst wurden die beiden Condensatoren bei geschlossenem Strome, den noch die Smee'sche Batterie lieferte, abgeglichen, wobei der Stanniolplatten-Condensator den Glasapparat enthielt. Belichten des auf der Vorderseite mit der Marienglasplatte abgeschlossenen Innenraumes des letzteren mittelst Bogenlicht durch den Spalt der Schutzwand bei gewöhnlichem Luftdrucke änderte nichts an den abgeglichenen Condensatoren; auch bei Drücken von 100, 80 und 50 *mm* Hg blieb die Lemniskate in Ruhe. War aber die Luft im Apparate auf 25 *mm* Hg erniedrigt worden, so hatte das Belichten der verdünnten Schichte bei geschlossenem Strome plötzlich einen Lemniskatenausschlag zur Folge; seine Richtung wies auf eine Capacitätszunahme des Condensators mit dem belichteten Glasapparate hin. Die Lemniskate

kehrte aber bald in ihre Ruhelage zurück, in der sie auch trotz Weiterbelichtens verblieb. Bei grösserer Abnahme des Luftdruckes zwischen den Stanniolplatten nahmen die Ausschläge an Grösse zu; war die Luft im Glasapparate bis auf 9 *mm* Hg verdünnt worden, so kehrte die Elektrometernadel nicht mehr in ihre frühere Nulllage zurück: es zeigte der Stanniolplatten-Condensator eine dauernde Capacitätszunahme an. Um die Lemniskate in die Nullstellung zurückzuführen, mussten die Platten des Vergleichcondensators näher aneinander geschraubt werden.

Die Belichtungswirkung wuchs bei noch fortgesetzter Verdünnung der im Glasapparate eingeschlossenen Luft bis zu einem Maximum, das bei etwa 0·5 *mm* Hg eintrat. Doch zeigte sich nur dann ein Ausschlag der Nadel, wenn die Belichtung nach geschlossenem Strome erfolgte. — Es kamen jedoch bei dem erwähnten Compensiren wiederholt Unregelmässigkeiten vor; so entsprach gleichen Drücken im Glasapparate ein ungleiches Näherschrauben der Platten des Vergleichcondensators. Die Ursache lag wohl in der geringen Constanz der verwendeten Smee'schen Batterie und der damit bedingten veränderten, zumeist verringerten Potentialdifferenz an den Polen des secundären Stromkreises am Ruhmkorff. War wiederum die Batterie frisch gefüllt, so gab sie oft einen zu starken Strom und damit zu hohe Spannungen; die Folge davon waren dann ungemein störende Entladungen am Elektrometer.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde daher die Smee'sche Batterie durch eine mehr verlässliche Stromquelle ersetzt, nämlich durch den inzwischen in das Versuchszimmer eingeleiteten Wechselstrom von der Centrale der I. E.-G. Dieser hatte 80 Polwechsel in der Secunde und 50 Volt Spannung, die auch durch einfaches Umschalten auf das Doppelte, auf 100 Volt erhöht werden konnte. Alle anderen bisher benützten Apparate wurden weiter beibehalten. Auch der früher gebrauchte Ruhmkorff wurde wieder verwendet. Es zeigte sich nämlich, dass die Spannungen des Wechselstromes nicht genügten, um eine Wirkung beim Belichten zu erhalten, die auf eine Capacitätszunahme des belichteten Condensators schliessen liess. Diese trat erst wieder ein, als der Wechsel-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

strom nach Einschalten entsprechenden Widerstandes durch den erwähnten Inductionsapparat auf eine genügend hohe Spannung gebracht worden war, wobei die Unterbrechungen des Stromes auch durch den Hammer am Ruhmkorff erfolgen mussten.

Die in einem späteren Abschnitte folgenden Angaben über die Intensität der zur Verwendung gelangten Ströme werden diese wesentliche Vorbedingung für das Eintreten der Belichtungswirkung eingehend berücksichtigen. Um einigermassen einen Aufschluss über die Grösse dieser Wirkung zu erhalten, zeigen sich später numerische Capacitätsbestimmungen bei der hier gegebenen Darstellungweise nöthig. Da aber zwei verschieden geformte Condensatoren verwendet wurden, der eine hatte kreisförmige, der zweite für den Glasapparat bestimmte rechteckige Platten, so empfahl es sich, um das Vergleichen wesentlich zu vereinfachen, an die Stelle der letzteren für die Rechnung gleichwerthige Kreisplatten einzuführen. Legt man diesen Bestimmungen die Kirchhoff'sche Condensatorformel[1] zugrunde, so ergibt sich, dass die Stanniolplatten so wirkten, wie kreisförmige Scheiben von einem Radius gleich $82 \cdot 6\ mm$. Für die weitere Anwendung der genannten Formel wurde angenommen, dass die Platten A und M, falls die Condensatoren abgeglichen waren, auf den gegenüberstehenden mit den Quadranten verbundenen Platten B und N gleiche Ladungen inducirten, von denen die gleichnamigen aber fast vollständig auf die Quadrantenpaare übergingen; eine weitere Voraussetzung war die, dass wenigstens, wenn die letzten Annahmen nicht streng zutrafen, die thatsächlichen Abweichungen davon für beide Condensatoren dieselben waren. Diese Voraussetzung wird bei geringen Plattendistanzen auch zugetroffen haben. Doch da für gewöhnlich der $22 \cdot 4\ mm$ breite Glasapparat sich zwischen den Stanniolplatten befand, so waren von vornherein

[1]
$$E = \frac{R^2}{4d} + \frac{R}{4\pi}\left(\log\frac{16\pi(a+d)R}{e\,d^2} + \frac{a}{d}\log\frac{a+d}{a}\right),$$

wobei R den Plattenradius, a ihre Dicke, d ihre Distanz bedeutet; e ist die Basis der natürlichen Logarithmen; die eine Platte hat das Potential $V_1 = +1$, die zweite $V_2 = -1$.

merkliche Abweichungen der Versuchsergebnisse von denen der Rechnung zu erwarten, wie dies auch die folgenden Angaben zeigen.

Der Glasapparat, der im Wesentlichen eine Schichte Luft mit zwei Glasschichten einschloss, war so zwischen die Platten des Stanniolcondensators eingestellt, dass sich zu beiden Seiten desselben ein Zwischenraum von 1·4 *mm* befand; es standen dann die Stanniolplatten 25·2 *mm* von einander entfernt. Dabei mussten die kreisförmigen Messingplatten des Vergleichcondensators in eine Distanz von 7·9 *mm* gebracht werden, um die Elektrometernadel auch nach Stromschluss in der Nullage zu erhalten. Wurde nun der zwischen die Platten des Stanniolcondensators eingeführte Glasapparat herausgenommen, während an der Plattendistanz des anderen Condensators nichts geändert wurde, so zeigte der Faden des Fernrohres nach Stromschluss die frühere Nullstellung an, wenn man die Stanniolplatten in Rechteckform bis auf 10·9 *mm* einander genähert hatte. Dann waren wiederum auf die Quadrantenpaare gleiche Ladungen übergegangen, die bei der symmetrischen Anlage des Elektrometers gleiche Potentiale hatten. Aus den bekannten Dicken der Spiegelglasscheiben des Apparates (7·25 und 8·35 *mm*) und ihren bereits früher bestimmten Dielektricitätsconstanten (5·7 und 6·0) liess sich die Breite der wirksamen Innenschichte Luft berechnen. Von dem Zwischenraume der Condensatorplatten in der Breite von 25·2 *mm* nahm der Glasapparat 22·4 *mm* und eine auf beide Aussenseiten desselben sich vertheilende Luftschichte 2·8 *mm* ein; die eine Glasplatte war in ihrer Wirkung wie eine 1·3 *mm*, die zweite wie eine 1·4 *mm* breite Schichte Luft in die Rechnung einzubeziehen. Anderseits erhielt ohne eingeführten Apparat eine Plattendistanz von 10·9 *mm* bei ungeändertem Vergleichscondensator die Lemniskate auch nach Stromschluss in der Ruhelage. Demnach machte sich der innere lufterfüllte Raum des Apparates als eine 5·4 *mm* breite Luftschichte in der Rechnung geltend, obwohl sie eigentlich 6·8 *mm* breit war.

Dieses für den ersten Moment auffallende Ergebniss ist aber nur der Ausdruck dafür, dass die Abweichungen der verwendeten Versuchsanordnung von den Bedingungen der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kirchhoff'schen Formel nicht mehr für beide Condensatoren die gleichen sind, falls der Glasapparat zwischen die Stanniolplatten eingeführt war. Die Glastafeln, die gar nicht die Condensatorplatten berührten, dürften bei den Versuchen ihr Verhalten elektrischen Ladungen gegenüber kaum merklich geändert haben. Auch dem zwischen die Glasscheiben eingelegten Ebonitstücke, sowie den in den Innenraum des Apparates hineinragenden Glasröhren des Manometers und des Geisslerhahnes, die sich nicht gut vermeiden liessen, konnte nur ein untergeordneter Einfluss auf die reducirte Wirkung des Stanniolcondensators zukommen. Die wesentliche Ursache hiefür ist nur in der grossen Plattendistanz zu suchen, welche der zwischen sie eingestellte Glasapparat nothwendig machte. Da aber dieselbe für alle weiteren Versuche genau beibehalten wurde, so erhielten sich wohl auch die grösseren Abweichungen von den der Rechnung zugrunde liegenden Voraussetzungen bei diesem Condensator constant. Es stand zu erwarten, dass die vermehrten Differenzen, denen die oben angegebene Reduction Rechnung trägt, bei den folgenden Bestimmungen nicht mehr zum Ausdrucke kommen und auch die angenäherte Rechnung den thatsächlichen Beziehungen entsprechende vergleichbare Resultate liefern werde, zumal es bei diesen lediglich auf Verhältnisswerthe ankam. Die weiteren Bestimmungen bestätigen diese Annahme (vergl. S. 577). Eine genaue Berücksichtigung der Umstände der verwendeten Versuchsanordnung hätte zu kaum übersteigbaren rechnerischen Schwierigkeiten geführt.

Für die Folge wurde also eine wirksame innere Luftschichte im Glasapparate in der Breite von 5·4 *mm* in die Capacitätsbestimmungen einbezogen; diese musste für die Rechnung zum Theil herausfallen, wenn sie bei den weiteren Versuchen theilweise »leitend« werden, sie musste zur Gänze verschwinden, wenn sie sich in der ganzen Breite wie ein Leiter verhalten sollte.

Bei den Versuchen, bei denen Belichtung eine Capacitätszunahme des bestrahlten Condensators zeigte, hatte der Wechselstrom eine Spannung von 50 Volt, in seiner Leitung war ein Widerstand von 29·9 S.-E. eingeschaltet; an den

Enden des secundären Stromkreises des Ruhmkorff stieg dann die Potentialdifferenz bis zur Maximalhöhe von etwa 6000 Volt an. Ein mit den Polen des Ruhmkorff entsprechend verbundenes Funkenmikrometer mit Messingkugeln als Elektroden ($r = 0{\cdot}5\,cm$) ergab nämlich bei dem genannten Widerstande und bei ruhigem Gange des Hammers eine grösste Schlagweite von $1{\cdot}48\,mm$, der nach den Tabellen von Paschen[1] der angegebene Werth für die Spannung entsprechen dürfte; doch spielte der Gang des Hammers bei der Erhaltung einer constanten Schlagweite eine nicht unwesentliche Rolle. Das intensive Licht der ruhig brennenden Siemens'schen Bogenlampe gab selbst in einer Entfernung von 50 *cm* von der Gypsplatte hinreichend wirksame Strahlen, so dass bei geschlossenem Strome zwischen 25 *mm* bis 10 *mm* Hg im Innern des belichteten, zwischen die Stanniolcondensatorplatten eingestellten Glasapparates Ausschläge der Lemniskate im Sinne einer Capacitätszunahme des Stanniolcondensators erfolgten; mit steigender Verdünnung trat eine dauernde Capacitätszunahme ein, die erst ein Näherschrauben der Platten des Vergleichcondensators wieder ausglich. Die Wirkung erreichte auch jetzt ein nicht zu überschreitendes Maximum, sie erlosch aber bei den tiefsten Drücken vollständig.

Die nachfolgende Tabelle gilt für trockene atmosphärische Luft.

In der ersten Verticalreihe stehen die Drücke in Millimeter Hg, wie sie im Innern des Glasapparates herrschten; das an diesem angebrachte Manometer zeigte an, dass sich diese Drücke während der betreffenden Versuche constant erhielten. Die Evacuirung der Luft erfolgte mittelst einer Geissler'schen Quecksilberluftpumpe, deren Leod'sches Manometer eine ziemlich gute Bestimmung der tiefsten Drücke ermöglichte.

Die zweite Reihe enthält die zum Ausgleich der Belichtungswirkung nöthige verringerte Plattendistanz des Vergleichcondensators *AB*; es sind diese Zahlen Mittelwerthe aus wieder-

[1] Winkelmann, Handbuch III./1. S. 363.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

holt bei gleicher Stromstärke und Belichtungsquelle gemachten Beobachtungen. Die angefügten Angaben in Procenten bestimmen jenen Bruchtheil der Gasschichte, der sich im Condensator wie ein vollkommener Leiter verhielt.

p	d von AB	e_1	d von MN	
750, 100, 50 35, 33, 28	7·9 (0%) Lemniskaten- ausschläge von 4—26 Theilst.	172·0	10·9	172·4
25, 23, 21 19, 15, 13				
9	7·2 (17·5%)	187·7	9·7	191·7
7	6·4 (37·5%)	209·8	8·8	208·8
5	5·3 (65%)	251·0	7·2	252·8
1	4·5 (85%)	293·6	6·1	295·4
0·5	3·9 (100%)	336·8	5·5	328·1
0·1				
0·04	7·9 (0%)	172·0	10·9	172·4

Die dritte Colonne gibt die nach der Kirchhoff'schen Formel bei gegebenem Plattenradius des Vergleichcondensators und bekannter Plattendistanz gefundenen Verhältnisswerthe für die auf dieselben übergegangenen elektrischen Ladungen.

Befindet sich zwischen den Platten des Stanniolcondensators MN durchaus gewöhnliche Luft, ist also der Glasapparat herausgenommen und werden die zwei Condensatoren abgeglichen, wobei der Vergleichcondensator die in der zweiten Reihe angegebenen Plattendistanzen von 7·9 *mm* herab bis auf 3·9 *mm* hat, so ergeben sich für die entsprechenden Entfernungen der Stanniolplatten die Werthe von 10·9—5·5 *mm*, wie sie die vierte Reihe anführt. Die Belichtung mit dem Bogenlichte bei den angegebenen Drücken und der bestimmten Spannung hatte demnach die Wirkung,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

als wäre die Luftschichte im Innern des Glasapparates durch leitende Schichten bis zu einer Breite von 5·4 *mm*, d. h. in ganzen der Ausdehnung der wirksamen inneren verdünnten Luftschichte zwischen den Glasscheiben ersetzt worden.

Die Werthe der vierten Reihe für die Distanz der Stanniolplatten *MN* wiederum in die Kirchhoff'sche Formel eingesetzt, ergeben Werthe, für die auf *MN* übergegangenen Elektricitätsmengen, die recht gut bis auf 2% mit den in Colonne 3 enthaltenen Werthen übereinstimmen. Die Abweichungen unserer

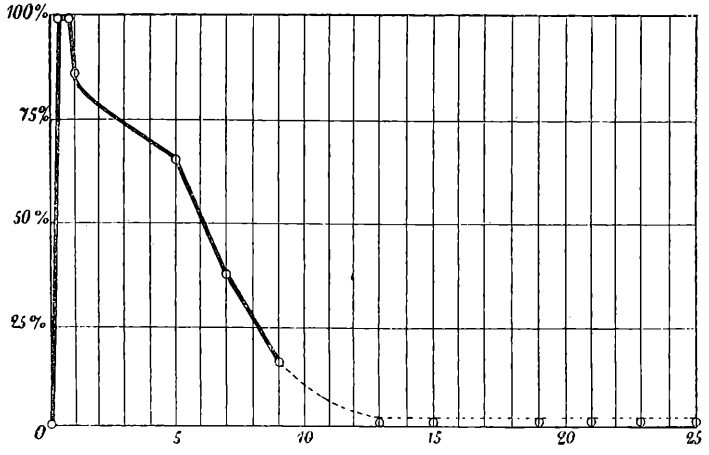

Fig. 2.

Versuchsbedingungen von den der verwendeten Formel zugrunde liegenden sind also in der That für eine ganze Reihe von Beobachtungen für beide Condensatoren die nämlichen, kommen also bei den Verhältnisszahlen nicht mehr zum merklichen Ausdrucke.

Trägt man die Drücke, wie sie im Innern des Glasapparates herrschten, als Abscissen eines rechtwinkeligen Coordinatensystems auf, als Ordinaten die Theile der Luftschichte in %, die bei Belichten so wirkten, als wären sie durch eine leitende Platte in gleicher Breite ersetzt worden, so ergibt sich als Verbindungslinie der entsprechenden Durchschnittspunkte für trockene atmosphärische Luft die vorstehende Curve (Fig. 2).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es sei nochmals hervorgehoben, dass sich ohne geschlossenen Strom bei Belichten ebensowenig eine Veränderung an den abgeglichenen Condensatoren zeigte, wie bei geschlossenem Strome ohne Belichten. Beides musste zu derselben Zeit erfolgen, um einen Ausschlag am Elektrometer im Sinne einer gesteigerten Capacität des bestrahlten Condensators zu ergeben. Wurde das Bogenlicht ausgelöscht, während der Ruhmkorff-Hammer im Gange blieb, oder bei weiter brennender Lampe der Strom unterbrochen, so verschwand auch die Wirkung sogleich, auch wenn diese eine dauernde war und zum Ausgleich ein Näherrücken der Platten des Vergleichcondensators erfordert hatte. Nur wenn die Verdünnung im Glasapparate so weit getrieben war, dass die Platten *AB* von ihrer ursprünglichen Distanz auf 3·9 *mm* genähert werden mussten, um die Lemniskate in ihre Nulllage zurückzuführen, so erwies sich dieses Compensationsmaximum auch dann noch als nöthig, wenn die Bogenlampe unterbrochen wurde. Bei dieser Verdünnung — zwischen Drücken unterhalb 1—0·1 *mm* Hg — zeigte bei abgedunkeltem Zimmer der Innenraum des Glasapparates bei geschlossenem Strome und vorangegangener Belichtung ein Leuchten der verdünnten eingeschlossenen Luft. Das dabei ausgestrahlte Licht flackerte im Takte der Unterbrechungen am Ruhmkorff, war gleichmässig hellgrünn wie die Spiegelglasscheiben des Apparates und sehr schwach, so dass eine Untersuchung mit dem Taschenspectroskop keinen näheren Aufschluss in spectralanalytischer Hinsicht ergab. Wurde auch der Strom unterbrochen und neuerdings ohne Erneuerung des Belichtens geschlossen, so erhielt sich die Elektrometernadel in Ruhe, falls die Platten des Vergleichcondensators auch in der Distanz von 3·9 *mm* von einander gelassen wurden — noch mehr die verdünnte Luft im Glasapparate leuchtete bei den genannten Drücken wieder auf, nach kurzer Stromunterbrechung fast gleichzeitig mit dem Stromschlusse, nach längerer Unterbrechung erst nach einigen Secunden. Stieg der Druck im Glasapparate durch Einleiten (trockener) Luft auf etwa 6 *mm* Hg, so verschwand das Leuchten und ein Lemniskatenausschlag

zeigte an, dass die Platten AB für den neuen Druck zu nahe an einander standen.

IV

In diesem Abschnitte sollen die für das Eintreten der Belichtungswirkung nöthigen Stärken des elektrischen Feldes zwischen den Condensatorplatten bei der verwendeten Versuchsanordnung näher beschrieben werden.

Es ist schon erwähnt worden, dass bei den ersten Versuchen, welche eine Capacitätszunahme des belichteten Condensators ergaben, eine Smee'sche Tauchbatterie verwendet wurde. Diese hatte kurz nach dem Eintauchen der Metallscheiben in frisch angesäuertes Wasser eine Stromstärke von fast 5 Ampère, die jedoch schon nach kurzem Gebrauche auf 3, sogar bis auf 2 Ampère zurückging. Der mit ihr verbundene Ruhmkorff zeigte an den Polen seines secundären Stromkreises eine grösste Potentialdifferenz von circa 6000 Volt; ein entsprechend geschaltetes Funkenmikrometer mit Messingelektroden ($r = 0{\cdot}5\ cm$) gab noch Funken von $1{\cdot}44\ mm$ Schlagweite. Dagegen reichte die Spannung des direct ohne Inductionsapparat verwendeten Wechselstromes der I. E.-G. mit 100 Volt ebenso wenig aus, um bei Belichten des luftverdünnten Zwischenraumes des Stanniolcondensators eine gesteigerte Capacitätszunahme desselben zu erhalten, wie die mittelst eines Schlittenapparates transformirte Spannung, die aber immer noch weniger als 2900 Volt betrug. Eine Potentialdifferenz von 6000 Volt an den Polen des secundären Stromkreises am Ruhmkorff ergab beim Belichten die in der Tabelle eingetragenen Werthe. Wuchs die verwendete Stromstärke, indem in die Leitung des Wechselstromes ein geringerer Widerstand (25·7 S. E.) eingeschaltet wurde, so zeigten sich wie vordem erst bei einem Luftdrucke von 25 *mm* Hg die ersten Ausschläge; diese waren im Allgemeinen grösser als bei den vorangehenden Versuchen, auch fielen bei entsprechend tieferen Drücken die Compensationen durch Näherschraüben der Platten des Vergleichcondensators grösser aus. So mussten z. B. diese bei einem Drucke von 9 *mm* Hg im Innern des belichteten Glasapparates bis auf $6{\cdot}8\ mm$ genähert werden — während vordem

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nach der Taeblle bei diesem Drucke bereits eine grössere Plattendistanz (7·2 *mm*) hinreichte, die Lemniscate in die gewöhnliche Ruhelage zurückzuführen. Die grösste Belichtungswirkung zeigte sich schon bei Drücken von 2 *mm* Hg, wobei sich auch das im abgedunkelten Zimmer deutlich sichtbare etwas intensivere Leuchten der verdünnten Luftschichte wie vordem wieder einstellte, das auch bei Drücken bis 0·01 *mm* noch anhielt. Unterhalb 0·01 *mm* Hg zeigte sich auch bei dieser Spannung, die bei einer Funkenschlagweite von 3 *mm* ungefähr 28400 Volt betragen mochte, keinerlei Veränderungen der Capacität des belichteten Condensators. Die Anwendung noch höherer Spannungen machten die bei der getroffenen Versuchsanordnung dann leicht eintretenden Entladungen am Elektrometer für vergleichbare Beobachtungen unmöglich.

Nahm aber die Spannung zwischen den Ruhmkorffpolen ab, so dass das eingeschaltete Funkenmikrometer noch Funken von 1 16 *mm* Länge, bei weiterer Abnahme der Stromstärke nur noch solche von 0·76 *mm* gab, so wurden die Wirkungen der Belichtung immer geringer: so trat erst bei Drücken, die unter 20 *mm* Hg lagen, ein Ausschlag der Elektrometernadel ein, geringere Compensationen als wie sie die Tabelle enthält, reichten hin, um die Condensatoren wieder abzugleichen. Die frühere Maximalwirkung, die sonst constant ein Näherrücken der Platten des Vergleichcondensators auf 3·9 *mm* zum Ausgleiche erforderte, trat nicht mehr ein, auch das sichtbare Aufleuchten der im Glasapparate eingeschlossenen verdünnten Luft blieb aus. War schliesslich der Strom, den bei diesem Versuche drei Daniell'sche Elemente mit entsprechend eingeschaltetem Widerstande dem Ruhmkorff lieferten, so weit geschwächt, dass das mit den Polen der secundären Spule des Inductionsapparates verbundene Funkenmikrometer Schlagweiten von 0·504 *mm* gab — denen eine Spannung von etwas mehr als 2900 Volt entsprachen — so zeigte selbst bei einem Drucke von 1 *mm* Hg Belichten des Glasapparates keinerlei Wirkung, wie sie sonst bei höheren Spannungen so oft eingetreten war.

Nach den zuletzt angegebenen Versuchen nimmt es nicht Wunder, wenn bei der vorliegenden Versuchsanordnung weder

bei Benützung des directen, noch des durch den Schlittenapparat transformirten Wechselstromes sich eine Wirkung gezeigt, da sie beide Potentialdifferenzen ergaben, bei denen unsere Anordnung überhaupt eine Capacitätsänderung des bestrahlten Condensators nicht mehr erkennen liess. Dass für das Eintreten der Belichtungswirkung eine genügend hohe Potentialdifferenz ein wesentlicher Factor ist, das werden auch bei einer anderen Anordnung gemachte Versuche bestätigen, die später erwähnt werden sollen.

V

Bei der nun folgenden zusammenfassenden Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Belichtungsquellen ist zunächst an die Wirkung des Magnesiumlichtes, sowie des elektrischen Bogenlichtes bei der verschieden weit geführten Verdünnung der Luft des Glasapparates zu erinnern. Bei einer mittleren, schon früher näher bestimmten Stromstärke und Spannung hat das Belichten mit den genannten beiden Lichtquellen von dem gewöhnlichen Luftdrucke herab bis auf 26 *mm* Hg keinen Einfluss auf eine Capacitätsänderung des belichteten Condensators; bei Luft unter einem Drucke von 25—0·01 *mm* zeigen sich dann angeregt durch das Belichten die bekannten Wirkungen im Sinne einer Capacitätszunahme, die aber bei den Drücken unterhalb 0·01 *mm* Hg nicht mehr erfolgen.

Der Einfallswinkel der Belichtungsstrahlen, sowie die Dauer der Belichtung schien bei ruhigem Gange der Unterbrechungen am Ruhmkorff bei dem intensiven Lichte der Bogenlampe ohne besonderen Einfluss zu sein, wie sich denn auch keine grösseren Wirkungen zeigten, wenn die Bogenlampe, die gewöhnlich 50 *cm* von der Gypsplatte entfernt stand dieser bis auf 5 *cm* genähert wurde. Auch der Spalt ($13 \times 0{\cdot}8\,cm^2$) der zur Erde abgeleiteten Schutzwand, hinter dem die Gypsplatte hart anstand, konnte auf ein Viertel seiner Höhe oder auch seiner Breite eingeengt werden, ohne dass sich die Belichtungswirkungen merklich verringert hätten; doch reducirte eine Spaltöffnung, die immer zugleich Belichtungsöffnung war,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

von nur 2 *mm* Höhe den dauernden Ausschlag, der sich bei einem Luftdrucke von 1 *mm* Hg bei voller Spalthöhe sonst gezeigt, auf einen nur momentanen, der zurückging und damit ein Verschwinden der Capacitätszunahme andeutete, dem aber gleich wieder bei unveränderter weiterer Belichtung ein neuerlicher Ausschlag folgte, um wieder zurückzugehen und von Neuem einzutreten im Gegensatze zu der früher erwähnten Wirkung zwischen 25 *mm* und 10 *mm* Hg Luftdruck, wo die Lemniscate nach einem momentanen, alsbald zurückgehenden Ausschlage trotz ununterbrochenen Weiterbelichtens in Ruhe verblieb. In den Gang der Strahlen gehaltene weisse Glasscheiben, sowie färbige Scheiben, und zwar rothe, dunkel- und lichtorange, gelbe Gläser liessen die wirksamen Strahlen nicht hindurch; es dürfte also, wie von allem Anfange angenommen, der wesentliche Einfluss den Strahlen grosser Brechbarkeit unserer Belichtungsquelle auch bei den vorliegenden Versuchen zuzuschreiben sein. Auch dünne (1—2 *mm*) Scheiben Paraffin, wie auch mit geschmolzenem Paraffin getränktes weisses Schreibpapier absorbiren die wirksamen Strahlen, während bei einer klaren, nur 0·05 *mm* dicken Glimmerplatte die Ausschläge sich wie ohne diese zeigten. Um auch den Einfluss der Richtung der Lichtschwingungen zu finden, wurde ein Nicol'sches Prisma vor den Beleuchtungsspalt, der bis auf die Grösse der Metallfassung des Kalkspathrhomboëders abgedunkelt war, gestellt; doch ergab sich bei keiner Stellung des letzteren eine Wirkung in dem bekannten Sinne — der fast 4 *cm* lange Nicol liess zu wenig wirksame Strahlen in den Innenraum des Glasapparates gelangen. Wurde der Nicol aus seiner äusseren Fassung entfernt, so zeigte sich sogleich der Lemniscatenausschlag in der früheren Richtung und Grösse.

Ausser mit Mg- und Bogenlicht wurde die verdünnte Luftschichte des Glasapparates an einem klaren Sommertage mit Sonnenlicht bestrahlt, das an einem Spiegel reflectirt, in den Apparat fiel. Es ergab merkliche, wenn auch geringe Ablenkungen der Elektrometernadel, z. B. bei 8 *mm* Luftdruck eine solche von 20 Theilstrichen, die langsam zurückging, während ein darauf erfolgtes Belichten mit der Bogenlampe einen weit grösseren Ausschlag der Lemniscate mit einer

dauernden Ablenkung derselben zur Folge hatte, die eine Compensation durch Näherrücken der Platten des Vergleichcondensators erst wieder aufhob. Auch die Strahlen einer leuchtenden, sowie einer heissen Leuchtgasflamme eines Bunsenbrenners, knapp vor den Spalt gestellt, gaben kleine Lemniscatenausschläge, die bei Belichten mit einer Spiritusflamme beträchtlich grösser wurden. Bei 0·4 *mm* Hg brachte das Licht einer Kerze, die 3 *cm* vor dem Glasapparate brannte, den verdünnten Zwischenraum nach Stromschluss zum Leuchten und machte ein Näherrücken der Platten des Vergleichcondensators bis auf 3·9 *mm* — also die grösste Compensation — nöthig, um die Lemniscate in der gewöhnlichen Ruhelage zu erhalten. Es genügt demnach eine verhältnissmässig wenig Strahlen grosser Brechbarkeit aussendende Lichtquelle, um bei dieser Versuchsanordnung Ergebnisse zu erzielen, wozu ohne diese Anregung, wie etwa bei den Tesla'schen Versuchen, bedeutend stärkere elektrische Felder vorhanden sein müssten.

VI.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen befand sich durch Chlorcalcium getrocknete atmosphärische Luft bei Zimmertemperatur in dem Glasapparate. Dieser wurde ausser mit Luft noch mit Wasserstoff und Kohlensäure gefüllt, zwischen die Stanniolcondensatorplatten gestellt und dann analoge Versuche wie mit Luft angestellt. Der Wasserstoff wurde in einem Kipp'schen Apparate mit Zink und Schwefelsäure, die Kohlensäure durch Einwirken von verdünnter Salzsäure auf Marmor erhalten. Diese Gase wurden mit concentrirter Schwefelsäure und Chlorcalcium getrocknet in den bis auf Hundertel Millimeter Hg evacuirten Glasapparat langsam eingeleitet. Die sonstigen Verunreinigungen dieser Gase, welche die verwendete bequeme Darstellungsweise mit sich bringt, waren wohl zu gering, als dass sie die Ergebnisse merklich beeinflussen konnten, wesshalb sie auch nicht weiter berücksichtigt wurden. Da Wasserstoff sowohl wie Kohlensäure ultraviolette Strahlen stark absorbiren, so waren ähnliche Anordnungen wie bei Luft vorausgesetzt, analoge Wirkungen also auch Capacitätszunahmen des Stanniolcondensators bei Belichten mit

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Strahlen grosser Brechbarkeit zu erwarten. In der That stellten sich bei diesen beiden Gasen für die Stromstärke und die Plattendistanzen der Condensatoren, welche der Tabelle für atmosphärische Luft zugrunde liegen, ganz ähnliche Wirkungen ein, wie die folgenden Angaben zeigen.

H		CO_2	
p	d von AB	p	d von AB
750, 80, 50	7·9 (0%)	750, 45, 25	7·9 (0%)
45	Zurückgehende Ausschläge	19	Zurückgehender Ausschlag
30		17	7·5 (10%)
27		13	6·5 (35%)
25	7·2 (17·5%)	9	6·3 (40%)
13	5·3 (65%)	6	5·8 (52·5%)
7	5·0 (72·5%)	2·0, 0·6, 0·08	3·9 (100%)
2·5	3·9 (100%)	0·03	4·3 (90%)
0·6		0·008	4·5 (85%)
0·06	7·9 (0%)	0·004	7·9 (0%)

Diese Tabelle enthält nur die wesentlichen Rubriken der früheren: Die erste Reihe gibt wieder die Drücke im Glasapparate in Millimeter Hg an, die zweite die jeweilige genäherte Plattendistanz des Vergleichcondensators, welche zur Compensirung der Belichtungswirkung nöthig war und in Procenten ausgedrückt jenen Bruchtheil der verdünnten belichteten Gasschichte, der sich im Condensator wie ein vollkommener Leiter verhielt.

Die folgenden Curven (Fig. 3 und 4) gelten für Wasserstoff und Kohlensäure, wie die auf S. 13 für Luft galt, der sie auch im Grossen und Ganzen ähnlich sehen.

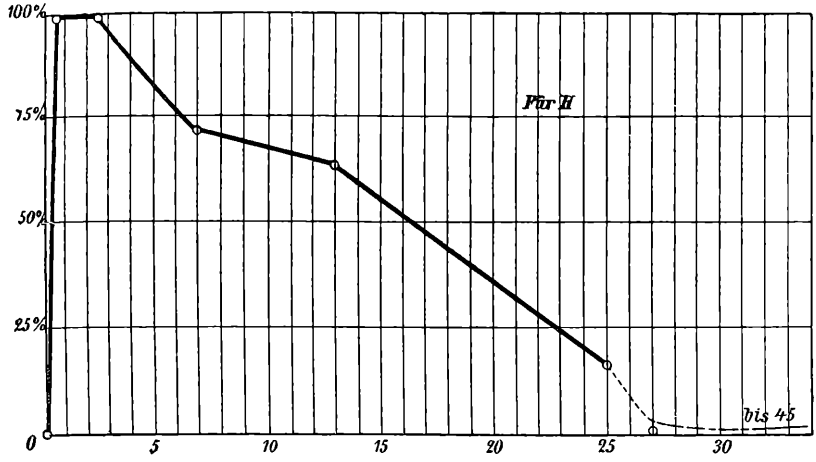

Fig. 3.

Auch bei H und CO_2 tritt nach geschlossenem Stromkreise im Allgemeinen erst immer bei verhältnissmässig tiefen Drücken eine bemerkbare Einwirkung des Belichtens ein.

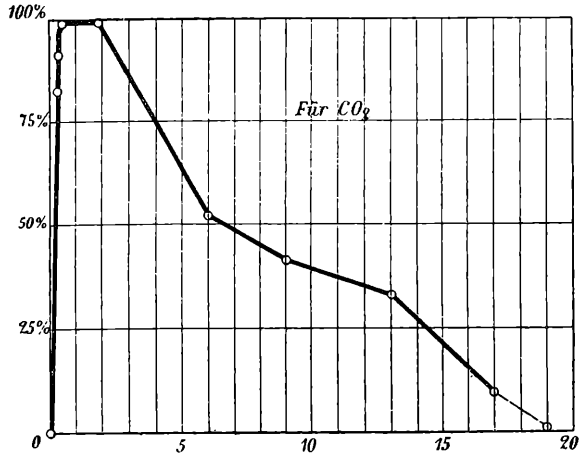

Fig. 4.

Bei H zeigt sich schon bei 45 *mm* Hg Druck im Glasapparate eine momentane, bald verschwindende Wirkung, die bei 25 *mm* in eine dauernde — solange wenigstens die Belich-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

tung erfolgt — übergeht. Steigende Verdünnung bedingt ein weitergehendes Nähern der Platten des Vergleichcondensators, um die Elektrometernadel in ihrer Ruhelage zu erhalten; bereits bei 2 5 *mm* zeigt der Stanniolcondensator eine Capacitätszunahme, als ob der Innenraum des Glasapparates nicht mehr zwischen seinen Platten vorhanden wäre. Bei einem Drucke von 0·06 *mm* Hg ist schliesslich auch bei H die untere Wirkungsgrenze erreicht. Belichten hat wie bei Drücken oberhalb 45 *mm* Hg keine Lemniscatenausschläge mehr zur Folge.

Bei CO_2 zeigt sich die erste bemerkbare Einwirkung des Belichtens erst bei weit tieferen Drücken; dann stellen sich aber sogleich bedeutende Ausschläge ein, die zwar bei 19 *mm* Hg Druck trotz Weiterbelichtens vergehen, aber bereits bei 17 *mm* eine Compensation durch Nähern der Platten des Vergleichcondensators erfordern. Mit Abnahme des Druckes wächst die Belichtungswirkung, die bei 2 *mm* Hg wieder dasselbe Maximum wie bei Luft und H erreicht. Doch dauert bei CO_2, wie auch bei H die Wirkung bei allen untersuchten Drücken, auch da, wo sie das Maximum erreichte, nur während des Belichtens. Ein Erlöschen der Bogenlampe brachte alsbald trotz ungeändertem Stromschluss wieder eine Abnahme der Capacität des Stanniolcondensators mit sich. Das bei Luft eingetretene Leuchten der verdünnten Zwischenschichte konnte bei den entsprechenden Drücken weder bei H noch CO_2 beobachtet werden. Bei Drücken unterhalb 0·08 *mm* nimmt auch für CO_2 die Belichtungswirkung ab; eine untere Grenze, bei welcher die Belichtung die Ruhelage der Lemniscate nicht verändert, tritt bei diesem Gase erst bei tiefsten Verdünnungen ein. Wurde in den Apparat etwas trockene CO_2 — gleiches gilt für H und auch für Luft — eingelassen, so dass der Druck desselben von den niedrigsten Werthen auf etwa 5 *mm* Hg stieg, so zeigte die Lemniscate bei fortdauernder Belichtung sogleich einen Ausschlag; die Bestrahlung machte wieder ihren Einfluss geltend. Nicht veränderte Stromverhältnisse, sondern die zu weit verdünnte Zwischenschicht hatten das Ausbleiben der Nadelablenkungen verschuldet. Es sei noch erwähnt, dass die breiten Aussenseiten des Glasapparates vor jeder Neueinstellung zwischen die Platten des Stanniolcon-

densators sorgfältig mit einem wärmeren Tuche abgetupft wurden, um die Feuchtigkeitsschichten, die sich aus der Luft an ihnen angesetzt, wegzunehmen; dessgleichen wurden die Condensatorplatten, sowie die Lemniscate nach jedem Versuche abgeleitet. Wenn sich eine dauernde Ablenkung der letzteren gezeigt, so wurde der Apparat mit getrockneter Luft beziehungsweise H oder CO_2 gefüllt und dann wiederum entsprechend weit evacuirt.

Zur besseren Übersicht über die dauernden Belichtungswirkungen folgt eine Zusammenstellung derselben, mit Angabe der Drücke, bei denen sie eintraten; die Querstriche in den Rubriken besagen, dass bei diesen Drücken die betreffenden Gase nicht beobachtet wurden. Die Zahlen geben in Procenten jenen Bruchtheil der ganzen Gasschichte an, der sich wie vollkommen leitend verhielt

p	Luft	CO_2	H
750—26	0	0	0
25	0	0	17·5%
17	0	10%	—
13	0	35	65
9	17·5%	40	—
	—	—	72·5
6	—	52·5	—
	65	—	
	—	—	100
	—	100	—
1	85	—	—
0·6	—	100	100
0·5	100	—	—
0	0	0	0

VII.

Sämmtliche im Vorstehenden angegebenen Versuche wurden unter Zugrundelegung der Gordon-Lecher'schen Anordnung zur Bestimmung von Dielektricitätsconstanten aus-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

geführt; innerhalb gewisser Druckgrenzen ergaben sich — entsprechende Stromstärken vorausgesetzt — bei Belichten, insbesondere mit der Bogenlampe, Wirkungen, die verständlich werden, wenn man annimmt, dass verdünnte Gase durch Belichten ihr Verhalten elektrischen Ladungen gegenüber in einer Weise ändern, als wären sie selbst leitend geworden, dass man es aber dabei nicht mit einer Leitung im gewöhnlichen Sinne zu thun hat, die auch bei geringen Potentialdifferenzen durch Belichten angeregt werden kann, dafür sprechen einmal die schon erwähnten Versuche, bei denen die verwendeten Spannungen unter 2900 Volt lagen, die keine Belichtungswirkung im Sinne eines Leitendwerden der verdünnten Luft zeigten. Diese Behauptung werden auch die folgenden Versuche beweisen, bei denen die bisher verwendete Anordnung durch eine neue höchst einfache Zusammenstellung ersetzt wurde.

Das eine Quadrantenpaar des bisher gebrauchten Elektrometers war mit der Lemniskate und mit einer Platte des Stanniolcondensators — der zweite Condensator wurde nicht mehr weiter benöthigt — leitend verbunden; das andere Quadrantenpaar, sowie die Metallhülle des Elektrometers waren zur Erde abgeleitet. Der Condensator stand auch jetzt vor dem Spalt der zur Erde abgeleiteten Schutzwand und enthielt zwischen seinen Platten den bekannten Glasapparat, ohne ihn zu berühren.

Wurde nun die zweite, nicht mit dem Elektrometer verbundene Condensatorplatte mit dem einen Pole einer Zambonischen Säule (circa 200 Volt) verbunden, deren zweiter Pol dabei abgeleitet war, so wirkte die auf die Platte übergegangene Ladung inducirend durch den Glasapparat auf die zweite Condensatorplatte und auf die mit dieser verbundenen Quadranten; die Lemniskate des Elektrometers ergab als Mittelwerth einer Reihe von Beobachtungen Ausschläge von 163 Theilstrichen. Die Luft im Glasapparate war auf 0·5 *mm* Hg verdünnt, bei welchem Drucke bei den früheren Versuchen die grösste Belichtungswirkung sich gezeigt hatte. Ein Ableiten der beiden Condensatorplatten führte die Lemniskate in die Ruhelage zurück. Wurde darauf die Zwischenschichte verdünnter Luft wie früher mit elektrischem Bogenlicht bestrahlt,

die Condensatorplatten wie vordem geladen, so ergaben sich Lemniskatenausschläge von 160 Theilstrichen, also keine grösseren Werthe wie ohne Belichten. Wäre aber die Zwischenschicht Luft leitend geworden, so hätte sich der Ausschlag bei der empfindlichen Schaltung des Elektrometers wesentlich vergrössern müssen, trotzdem die Condensatorplatten 4 *cm* von einander standen, um noch übersehbare Lemniskatenausschläge zu erhalten.

Um die Wirkung der Bestrahlung auf die verdünnte Luftschichte — wenn eine solche überhaupt eintrat — noch merklicher zur Geltung zu bringen, wurden die Condensatorplatten möglichst nahe an den Glasapparat, ohne ihn aber zu berühren, gebracht. Zur Vermeidung zu grosser Ausschläge der Elektrometernadel wurde zum Laden der einen Condensatorplatte eine Batterie von 50 Smee'schen Wasserelementen zusammengestellt, die Verbindung des Quadrantenpaares mit der Lemniskate unterbrochen und die Nadel selbst dauernd mit der Zambonischen Säule geladen. Auch bei dieser Verbindung wurden die Condensatorplatten vor jedem Versuche abgeleitet und damit auch die Quadrantenpaare auf das Potential Null gebracht. Ein Laden mit der Smee'schen Batterie aus den 50 Wasserelementen hatte im Mittel Ausschläge von 97 Theilstrichen zur Folge, wenn der Glasapparat mit der verdünnten Luft nicht belichtet wurde, bei Belichten mit Bogenlicht solche von 96·5 (im Mittel). Auch bei dieser Anordnung ergab sich demnach keine gesteigerte Inductionswirkung durch Belichten, obwohl die verdünnte, bestrahlte Luftschichte ein Drittel der Plattendistanz des Condensators einnahm und die in ihrer ganzen Breite hätte herausfallen müssen, falls sie leitend geworden wäre.

Zum Eintritte der veränderten Wirkung der bestrahlten Luft erweist sich also nicht bloss Belichten, sondern auch eine entsprechende Stärke des elektrischen Feldes als unbedingt nothwendig.

VIII.

Die erste grössere Hälfte der Versuche ergab zweifellos einen Einfluss der Bestrahlung auf die Capacitätsverhältnisse

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

des Stanniolcondensators, der zwischen seinen Platten den belichteten Glasapparat enthielt.

Man wird geneigt sein, als Ursache dieser Belichtungswirkung Entladungen von der mit dem Ruhmkorffpole verbundenen Platte des Stanniolcondensators anzusehen. Nun treffen aber die Strahlen der Bogenlampe die Condensatorplatten nicht unmittelbar, sondern diese erhielten höchstens Seitenlicht, das an der inneren Glaswand reflectirt wurde und überdies erst dann, nachdem es eine 8·35 *mm* dicke Glastafel durchsetzt hatte. Von vorn schützte ausser der mit Stanniol überzogenen abgeleiteten Wand, welche nur einen Spalt in der Ausdehnung der verdünnten Zwischenschichte hatte, die mit isolirendem Dubois'schen Kitte aufgeklebte Gypsplatte und ihre nach beiden Seiten vorstehenden, gut mit dem gleichen undurchsichtigen Kitte überzogenen Ränder, welche auch desshalb an der natürlichen Gypsplatte gelassen worden waren. Aber auch die von den inneren Glaswänden reflectirten Strahlen hatten keinen Einfluss auf Entladungen von der Condensatorplatte. Wurden nämlich zwischen Glasapparat und Condensatorplatten undurchsichtige Paraffinpapierblätter gelegt, so dass auch die an den Glaswänden zurückgeworfenen Lichtstrahlen nicht mehr den Condensator treffen konnten, so gab die Lemniskate auch jetzt, wie vordem, ohne eingeschobenes Paraffinpapier Ausschläge, die auf eine Capacitätszunahme des Stanniolplattencondensators mit dem bestrahlten Glasapparate hinwiesen. — Es wäre auch kaum einzusehen, warum erst bei verhältnissmässig niedrigen Drücken im Apparate, der die Condensatorplatten nicht berührte, Entladungen an diesen, die stets von Luft unter gewöhnlichem Drucke umgeben waren, eintreten sollten. — Gegen das Vorhandensein von Entladungen von der Innenseite der Glasplatte des Apparates sprechen die Versuche, bei denen gerade für die tiefsten mit der zur Verfügung stehenden Luftpumpe herstellbaren Drücken (0·06 bis 0·004 *mm* Hg) die Bestrahlung gar keine Entladungen mehr veranlasste. Überhaupt würden wohl auch bei solchen die Ausschläge der Elektrometernadel kaum so regelmässig erfolgt sein, wie sie thatsächlich bei geregeltem Gange der Unterbrechungen am Ruhmkorff zu beobachten waren; ein Ab-

gleichen, namentlich bei der Maximalwirkung, wäre ganz unmöglich gewesen.

Unter dem Einflusse so hoher elektrischer Spannungen, wie die verwendeten, konnten vielleicht die Glasplatten ihr Verhalten diesen gegenüber wesentlich ändern und sich dabei ihre Dielektricitätsconstante bedeutend vergrössern, so dass die am Vergleichscondensator nothwendig werdende Compensation der veränderten Wirkung der Glasplatten zuzuschreiben war. Doch abgesehen von Untersuchungen diesbezüglicher Art,[1] deren Ergebnisse die Annahme einer solchen Änderung in der Constitution des Glases bei unserer Anordnung ausschliessen, könnte eine gesteigerte Wirkung der Glastafeln nie einen so grossen Einfluss auf die Capacität des Stanniolcondensators, wie ihn die Versuche zeigen, haben, nachdem beide Glasplatten zusammen wie eine Luftschichte in der Breite von 2·7 *mm* wirkten, während zum Ausgleich der grössten Belichtungswirkung ein Näherrücken der Platten des Condensators ohne Glasapparat von 10·9 *mm* auf 5·5 *mm* also um 5·4 *mm* erforderlich war.

Die Ursache der regelmässig sich einstellenden Ausschläge der Lemniskate ist, falls die bekannten Spannungen vorhanden sind, in der durch Bestrahlung veränderten verdünnten Gasschichte selbst zu suchen. Die Wirkung ist dabei an entsprechende Verdünnung, also an eine gewisse und zwar verhältnissmässig geringe Molekelanzahl sowohl für Luft, wie auch für H und CO_2 gebunden.

Bei der sonstigen Unbestimmtheit der eigentlichen Vorgänge im Glasapparate, könnte man versucht sein, die gefundenen Ergebnisse mit jener Theorie in Übereinstimmung zu bringen, welche nach Analogie zur Elektricitätsleitung der Elektrolyte die Annahme macht, dass die Überführung der Elektricität durch Ionen geschieht. Diese Theorie legt auch Arrhenius seinen anfangs angeführten Versuchen zu Grunde. Er sagt: »Unter gewöhnlichen Umständen wäre die Luft praktisch genommen, ein vollkommener Isolator. Bei der Bestrahlung der Luftmolekel mit geeignetem (ultravioletten) Lichte

[1] Benischke, diese Sitzungsber., 102, 2.a, S. 543, 1893.

 ©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werden die Ionen dieser Molekel in Schwingungen versetzt, welche der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht zukommen. Diese Schwingungen der Ionen sind die ausreichende und nothwendige Bedingung dafür, dass die Luftmolekel elektrolytisch (activ) auftreten«. In dieser allgemeinen Fassung müssten auch geringe Potentialdifferenzen hinreichen, um Belichtungswirkungen zu ergeben. Dass dem aber nicht so ist, dass im Gegentheil ausser entsprechender Verdünnung des belichteten Gases sich dieses unter starken elektrischen Spannungen befinden muss, zeigen bei der Gordon-Lecher'schen Anordnung jene Versuche, bei denen der Wechselstrom der I. E.-G. direct, sowie der durch den Schlittenapparat transformirte Strom verwendet wurde. Bei der getroffenen Versuchsanordnung erwies sich für den Eintritt der anregenden Wirkung der Bestrahlung eine Potentialdifferenz von etwas mehr als 2900 Volt an den Polen des secundären Stromkreises des Ruhmkorff als nöthig. Auch die im vorangehenden Abschnitte beschriebenen Versuche, denen einfachere Versuchsanordnungen zu Grunde lagen, zeigen, dass Belichten ohne hohe Spannungen keine merkliche Wirkung ausübt. Man darf wohl sogar behaupten, dass bei jeder anderen Anordnung, bei der nicht so starke elektrische Felder hergestellt werden, wie sie die Gordon'sche Methode auf eine einfache Weise ermöglicht, sich kaum eine merkliche Capacitätszunahme des bestrahlten Condensators ergeben hätte. Ein Leitungsvermögen der verdünnten, belichteten Gase in dem allgemeinen Sinne Arrhenius existirt sicher nicht.

Wenn Arrhenius bei niedrigen Potentialdifferenzen nach dem Belichten Ausschläge der Galvanometernadel erhalten hat, so dürfte dies darin seinen Grund haben, dass bei seinen Versuchen Vorgänge mehr convectiver Art im Spiele waren, wie auch aus Versuchen Righi's[1] hervorgeht. Solche, bei den hier beschriebenen Versuchen anzunehmen, ist nach dem Mitgetheilten kaum möglich. Aber auch bei der Erklärung unserer Versuchsergebnisse an der Hand der Dissociationstheorie stösst man auf bedenkliche Schwierigkeiten. Da sich

[1] Compt. rend. 107, p. 559, 1888.

nämlich sowohl bei CO_2 wie bei Luft und sogar bei H eine Belichtungswirkung gezeigt, so nöthigt diese Theorie in einem Gase von so einfacher Constitution wie es H ist, elektrisch ganz verschiedene Elemente anzunehmen und die Existenz negativ geladener Wasserstoffionen vorauszusetzen, wozu bisher nirgends ein experimenteller Anlass gegeben wurde. Mit Rücksicht auf das beschränkte Beobachtungsmaterial wird es daher angezeigt sein, für diesmal die Theorie der eigenartigen Ergebnisse nicht weiter zu verfolgen. Zweifellos haben die oft wiederholten Versuche eine weitere interessante Beziehung aus dem Grenzgebiete der Elektricität und Optik gebracht. Sie haben — um die Resultate nochmals kurz zusammenzufassen — gezeigt:

1. Dass verdünnten belichteten Gasen ein Leitungsvermögen in dem allgemeinen Sinne von Arrhenius nicht zukommt;

2. dass aber verdünnte Gase, angeregt durch Strahlen grosser Brechbarkeit, bereits in verhältnissmässig weniger starken elektrischen Feldern Eigenschaften erlangen, die sie sonst ohne Belichten erst bei weit höheren Spannungen zeigen.

Am Ende dieser Arbeit ist es für mich eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. F. Exner für die Anregung, sowie für seine stets bereitwillige Unterstützung und Förderung bei diesen Untersuchungen meinen innigsten Dank auszusprechen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 104_2a

Autor(en)/Author(s): Simon Ernst

Artikel/Article: Über den Einfluss der Strahlen grosser Brechbarkeit auf das elektrische Leitungsvermögen verdünnter Gase. 565-593