3. *Über die Ozonisierung des Sauerstoffs bei der stillen elektrischen Entladung;* *von Arthur W. Gray.*

(Der k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin am 11. Nov. 1903 im Auszuge mitgeteilt.)

§ 1. Diejenigen, die bisher versucht haben, die Gesetze der chemischen Vorgänge zu finden, welche auftreten, wenn man Gase in einem Apparat von der von W. Siemens¹⁾ beschriebenen Form der Wirkung der stillen elektrischen Entladung unterwirft, scheinen ihre Aufmerksamkeit auf die Menge der ganzen gebrauchten Elektrizität gerichtet zu haben, während doch die als Leitungsstrom durch das Gas hindurchgehende, von welcher allein die Ozonisierung abhängt, kleiner als jene ist. Hr. Prof. Warburg schlug mir deshalb vor, die Elektrizitätsmenge, die als Leitungsstrom durch das Gas hindurchgeschickt wird, mit der Masse des erzeugten Ozons zu vergleichen.

Elektrische Theorie des Generators.

§ 2. Bei der gewöhnlichen Konstruktion besteht der Siemenssche Generator aus zwei conachsialen zylindrischen Glasröhren, durch deren ringförmigen Zwischenraum das zu ozonisierende Gas durchgeleitet wird, so daß das Ganze einen zusammengesetzten Kondensator von drei Schichten bildet. Solange die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden nicht groß genug ist, um einen Leitungsstrom durch das Gas zu verursachen, bleibt die elektrostatische Kapazität konstant; aber bei hinreichender Potentialdifferenz hört die Isolationsfähigkeit des Gases auf und infolge der hinübergeführten Elektrizitätsmenge steigt die Kapazität. Mit Hilfe der Dimensionen eines solchen Kondensators und der Ladung, welche zugeführt werden muß, um die Potentialdifferenz von Null bis auf einen gegebenen Wert zu bringen, kann man leicht die Kapazität und die durch das Gas fließende Elektrizitätsmenge bestimmen. Für den Fall eines zusammengesetzten Kondensators

1) W. Siemens, Pogg. Ann. 192. p. 120. 1857.

sators mit unendlich großen planparallelen Platten hat mir Hr. Prof. Warburg die Formel dafür angegeben. Der hier betrachtete Fall ist der allgemeinere, in welchem die Potentialdifferenz zwischen den äußeren Flächen eines Kondensators, der aus drei unendlich langen conachsialen zylindrischen Schichten besteht, von einem beliebigen Wert V bis zu irgend einem anderen $V + \Delta V$ gebracht wird; indem man annimmt, daß die erste und die dritte Schicht für alle Werte von V vollkommen isolieren, während die zweite für niedrige Werte isoliert, aber teilweise oder ganz leitet, wenn V eine gewisse Grenze übersteigt.

Fig. 1.

§ 3. Einen Durchschnitt eines solchen Kondensators zeigt Fig. 1. Seien r_0 , r_1 , r_2 , r_3 die Radien der Begrenzungsflächen; e_0 , e_1 , e_2 , e_3 die Ladungen pro Längeneinheit auf diesen Flächen; K_1 , K_2 , K_3 die Dielektrizitätskonstanten der betreffenden Schichten; F die elektrische Feldstärke in einem Punkt, dessen Entfernung von der geometrischen Achse r ist; und V die Potentialdifferenz zwischen der inneren und der äußeren Oberfläche — alles in C.G.S. elektrostatischen Einheiten gemessen.

Da unter gewöhnlichen Umständen die Ladung auf der äußeren Oberfläche gleich und entgegengesetzt derjenigen auf der inneren ist, so ist $e_0 + e_3 = 0$; und da auch irgend welche

Ladungen, die sich auf den Oberflächen des mittleren Mediums befinden, durch Leitung durch dieses Medium verursacht worden sind, so ist $e_1 + e_2 = 0$. Ferner ist

$$\begin{aligned} V &= \int_{r_0}^{r_2} F dr = \frac{2e_0}{K_1} \int_{r_0}^{r_1} \frac{dr}{r} + \frac{2(e_0 + e_1)}{K_2} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} \\ &\quad + \frac{2(e_0 + e_1 + e_2)}{K_3} \int_{r_2}^{r_3} \frac{dr}{r} \\ &= 2e_0 \left(\frac{1}{K_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{K_3} \ln \frac{r_3}{r_2} \right) - \frac{2e_2}{K_2} \ln \frac{r_2}{r_1} \end{aligned}$$

daher:

$$(1) \quad e_2 = \frac{K_2}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left[2e_0 \left(\frac{1}{K_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{K_3} \ln \frac{r_3}{r_2} \right) - V \right].$$

Wenn keine Leitung durch die zweite Schicht stattgefunden hat, so ist $e_2 = 0$ und also

$$(2) \quad 2 \left(\frac{1}{K_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{K_3} \ln \frac{r_3}{r_2} \right) = \frac{V}{e_0} \equiv \frac{1}{c_0},$$

wo c_0 die Kapazität des zusammengesetzten Kondensators pro Längeneinheit, wenn die zweite Schicht isoliert, bedeutet. Wenn vollkommene Leitung durch diese Schicht stattfindet, so ist $e_2 = e_0$, und Gleichung (1) wird

$$(3) \quad 2 \left(\frac{1}{K_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{K_3} \ln \frac{r_3}{r_2} \right) = \frac{V}{e_0} \equiv \frac{1}{c_\infty},$$

wo c_∞ die Kapazität pro Längeneinheit bedeutet.

Wenn man die Ladung pro Längeneinheit auf der Oberfläche vom Radius r_0 bis $e_0 + \Delta e_0$ ändert, so wird dabei

$$e_2 = \frac{K_2}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{e_0}{c_0} - V \right)$$

bis

$$e_2 + \Delta e_2 = \frac{K_2}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left[\frac{e_0 + \Delta e_0}{c_0} - (V + \Delta V) \right]$$

geändert. Folglich ist

$$(4) \quad \Delta e_2 = \frac{K_2}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{\Delta e_0}{c_0} - \Delta V \right).$$

Man mißt Δe_0 mittels eines ballistischen Galvanometers, durch welches die Ladung geleitet wird, die irgend einer vorher auf der Oberfläche vom Radius r_0 befindlichen Ladung hinzugefügt wird; ΔV mißt man mit einem Elektrometer, und die anderen zur Berechnung von Δe_2 notwendigen Größen findet man aus den Dimensionen des Kondensators — indem man die Annahme macht, daß die Änderung von V keinen Einfluß auf K_2 hat.

Bedeutet l die Länge des Kondensators, $C_0 = l c_0$ dessen Kapazität, wenn die zweite Schicht vollkommen isoliert, und Q_2 die Elektrizitätsmenge, welche diese Schicht durchfließt, während die Potentialdifferenz zwischen der inneren und der äußeren Oberfläche um ΔV wächst infolge der Hinzufügung der Ladung Q zu irgend einer vorher auf der inneren Oberfläche befindlichen, dann ist

$$(5) \quad Q_2 = \frac{K_2 l}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{Q}{C_0} - \Delta V \right) \text{ in C.G.S. elektrost. Einheiten.}$$

Mißt man Q in Coulomb und V in Volt, so ist

$$(6) \quad Q_2 = \frac{10^{-11} K_2 l}{18 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{Q}{C_0} - \Delta V \right) \text{ Coulomb.}$$

$$(7) \quad = \frac{10^{-11} K_2 A_1}{36 \pi a_2 \left(1 - \frac{a_2}{r_1} + \frac{a_2^2}{r_1^2} - \dots \right)} \left(\frac{Q}{C_0} - \Delta V \right) \text{ Coulomb,}$$

wo $a_2 = r_2 - r_1$ und A_1 die Oberfläche des Zylinders vom Radius r_1 bedeutet.

$$(8) \quad \lim_{r_1 = \infty} [Q_2] = \frac{10^{-11} K_2 A}{36 \pi a_2} \left(\frac{Q}{C_0} - \Delta V \right) \text{ Coulomb,}$$

entspricht dem Fall, in welchem die Schichten von parallelen Ebenen, statt von conachsialen Zylindern begrenzt sind.

§ 4. Wenn ein Kondensator durch ein Galvanometer geladen oder entladen wird, mißt letzteres die *Änderung* der Ladungen, welche sich vorher auf den äußeren Oberflächen desselben befanden. Da aber, wie im eben betrachteten Falle, die Änderung der Ladung nicht notwendig der ganzen Ladung gleich ist, bedeutet das Wort „Kapazität“ in dieser Abhandlung den *Zuwachs* der Ladung auf einer der äußeren Ober-

flächen für die Einheit des Zuwachses der Potentialdifferenz zwischen beiden.

Wenn, wie es in den unten zu beschreibenden Experimenten immer der Fall war, beide Elektroden des benutzten Ozongenerators vor dem Laden zur Potentialdifferenz V und nach dem Laden gleiche Potentiale besaßen, so war $\Delta V = \pm V$. Ferner war $Q/V \equiv C_v$ die elektrostatische Kapazität des Kondensators für diese Potentialdifferenz. Setzt man diese Werte in die Gleichungen (6) und (8) ein, so wird für den Fall eines unendlich langen Zylinders

$$(9) \quad Q_2 = \frac{10^{-11} K_2 l}{18 \ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \frac{C_v - C_0}{C_0} \cdot V \text{ Coulomb,}$$

und für den Fall einer unbegrenzten Ebene

$$(10) \quad Q_2 = \frac{10^{-11} K_2 A}{36 \pi a_1} \cdot \frac{C_v - C_0}{C_0} \cdot V \text{ Coulomb.}$$

Beschreibung des Apparates.

§ 5. Der benutzte Apparat ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. 1 zeigt die Pole einer von einem Elektromotor ziemlich regelmäßig betriebenen großen Vossschen Maschine; 2 einen Polwechsler; 3 eine große Leidener Batterie; 4 ein Braunsches Elektrometer; 5 einen Spitzennebenschluß zum Regulieren des Potentials. Vermittelt einer durch einen Elektromotor 8 betriebenen Wippe 7 wurde die innere Belegung des Ozongenerators 9 abwechselnd durch 6 mit der Leidener Batterie und durch 10 mit der Erde verbunden. Die äußere Belegung des Generators wurde durch einen großen Widerstand 11, einen Polwechsler 12, einen Ayrtonschen Nebenschluß 13, und ein von Siemens & Halske konstruiertes Drehspulgalvanometer 14 mit der Erde verbunden. Ein Draht führte von der äußeren Belegung des Generators zum Umschalter 15, durch welchen jene entweder mit den Quecksilbernäpfchen 16 und 17, oder mit den ähnlichen 18 und 19 verbunden werden konnte. Die Näpfchen 20 und 21 waren mit der Erde verbunden. Solange der Schlüssel 22 in der gezeichneten Stellung blieb, war die äußere Belegung des Generators direkt mit der Erde verbunden, so daß das Galvano-

Fig. 2.

meter beim Laden oder beim Entladen keinen Ausschlag geben konnte; wurde aber 22 gerade vor einer Ladung aus 19 herausgehoben und die Verbindung zwischen 19 und 20 vor der nächsten Entladung hergestellt, so wurde ein einziger Ladungsstrom (Q in Gleichung (5)) gezwungen, durch das Galvanometer zu fließen. Dies konnte man beliebig dadurch herstellen, daß man eine an 7 angebrachte automatische Vorrichtung, deren Wirkung aus der Zeichnung ersichtlich ist, in Gang setzte. Das untere Ende des Armes 23, durch welchen die Wippe 7 betrieben wird, trägt einen Haken 24, welcher sich längs des oberen Teiles des Hebels 25 hin und her bewegt, solange letzterer in der gezeichneten Stellung stehen bleibt. Beim Niederdrücken von 25 aber fällt der Haken auf die gebogene Stange 26 und gleitet längs dieser, bis 7 die Verbindung mit 10 herstellt; dann geht er an der Stufe in 26 vorbei und fällt noch weiter herunter, so daß, wenn er nach rechts zurückkehrt, er 26 mitnimmt und 22 aus dem Quecksilber heraushebt, ehe 7 die Verbindung mit 6 herstellt. Wenn dies geschieht, hat 24 das rechte Ende seiner Bewegung erreicht, ist an der Stufe in der Stange 27 vorbeigegangen und ist noch weiter heruntergefallen; wenn er also nach links zurückkehrt, nimmt er 27 mit und taucht den angebrachten Schlüssel 28 in 19, bevor 7 die Verbindung mit 10 herstellt. Danach gleitet das Ende von 24 nur längs der unteren Stufe von 27, ohne die Stellung von 22 oder 28 zu beeinflussen, so daß, obgleich die Wippe in ununterbrochenem Tempo weiterläuft, das Galvanometer nur von einer *einzigen* Ladung durchflossen wird. Um den Apparat wieder für die Gewinnung eines neuen Ausschlages einzustellen, hebt man 25, schiebt 26 mit der Hand nach links und 27 nach rechts. Eine ähnliche Vorrichtung auf der rechten Seite der Wippe gestattet, die Elektrizitätsmenge zu messen, welche durch den Kreis fließt, wenn der Generator entladen wird. Um dies zu bewerkstelligen, hat man 15 mit 16, statt mit 18 zu verbinden.

§ 6. Entweder durch Natronkalk in 29 getrocknete Zimmerluft, oder käuflicher in 30 komprimierter Sauerstoff konnte durch den Dreiwegehahn 31, durch die in 32 enthaltene konzentrierte Schwefelsäure, und die Baumwolle 33 in den Gasraum zwischen den Wänden des Generators hindurchgeleitet

werden. Das durch den Generator durchgeleitete Gas gelangt dann durch den Dreiwegehahn 34, den Absorptionsapparat 35, die Röhre 36, die Waschflasche 37, die ableitende Röhre 38 und eine Wasserstrahlluftpumpe ins Freie. Durch Drehung des Dreiwegehahns 34 konnte man den Gasstrom statt durch den Absorptionsapparat, durch die Flasche 39 zu der Röhre 38 leiten. Die teilweise mit gewöhnlichem Wasser gefüllte Waschflasche 37 verhinderte, daß das Ozon durch 36 in den Absorptionsapparat eintrat, wenn 34 den Generator mit 39 verband. 39 verhinderte Überspritzen von Wasser aus 37 in 9, falls man die Wasserstrahlluftpumpe zu plötzlich abstellte. Der Hahn 34 und der Schliff 40 wurden mit konzentrierter Schwefelsäure gedichtet. Der Gummischlauch 41 erleichterte das Abnehmen des Absorptionsapparates, welcher aus fünf hintereinander geschalteten Gefäßen, die im ganzen ungefähr 40 ccm $\frac{1}{50}$ -normaler Natriumarsenitlösung enthielten, bestand.

Die Zahl der benutzten Stromstöße — indem Ladung oder Entladung als je ein Stromstoß gerechnet wird — wurde durch ein besonderes Zählwerk gemessen.

Methode der Ausführung der Messungen.

§ 7. Um eine Bestimmung zu machen, setzt man die Elektrisiermaschine und Wippe in Gang, gibt dem Dreiwegehahn die Stellung, durch die der Generator mit 39 verbunden wird, und leitet den Gasstrom ein. Man bringt das Potential der Leidener Batterie durch den Spitzennebenschuß auf den gewünschten Wert, füllt das Absorptionsgefäß mit einer gewogenen Menge des Absorptionsmittels und stellt das Zählwerk auf Null. Nachdem man sich durch einige Galvanometerauschläge überzeugt hat, daß der elektrische Apparat regelmäßig funktioniert, verbindet man den Generator mit dem Absorptionsapparat und rückt das Zählwerk ein. Von Zeit zu Zeit nimmt man Kapazitätsmessungen nach § 5 vor. Nach 12000 bis 25000 Stromstößen, je nach dem benutzten Potentiale, verbindet man wieder den Generator mit 39 und rückt das Zählwerk aus. Die erhaltene Ozonmenge bestimmt man in bekannter Weise durch Titrieren mit ungefähr $\frac{1}{50}$ -normaler Jodlösung, welche man jedesmal vorher auf die $\frac{1}{50}$ -normale

Natriumarsenitlösung einstellt. Durch einen Versuch stellt man fest, daß die zu benutzende Elektrizitätsmenge nicht mehr Ozon liefert, als vollständig von der Lösung absorbiert wird.

Vorsichtsmaßregeln.

§ 8. Um zuverlässige Resultate zu erhalten, muß man vor allem für eine sehr gute elektrische Isolierung sorgen, besonders von 6 an. 6 war auf Paraffin montiert. Zwei Siegellackstangen isolierten 7. Derjenige Teil des Generators, welcher sich über dem Gasraum befand, wurde mit geschmolzenem Schellack überzogen; reines und getrocknetes Quecksilber bildete die Belegungen; der Generator selbst wurde von einer dicken Schicht von Paraffin gehalten, welche über das die äußere Belegung bildende Quecksilber gegossen wurde; das ganze Gefäß war auf einen dicken Paraffinklotz gestellt. Der Gasraum wurde mit starken Säuren, destilliertem Wasser, Alkohol und Äther gereinigt. Der zum Galvanometer leitende Kupferdraht war unbesponnen und an seidenen Fäden aufgehängt. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19 standen auch auf Paraffin. Staub, Feuchtigkeit oder kleine Quecksilberkügelchen in der nächsten Nähe des Kreises machten große Schwierigkeiten. Wegen des hohen Widerstandes und Selbstinduktion des Galvanometers war es besonders notwendig, daß, wenn man einen Ausschlag erhalten wollte, die nach der Erde leitenden Schlüssel 22 und 28 um eine genügende Strecke aus dem Quecksilber herausgehoben wurden. Der Widerstand 11 war nach Longden¹⁾ aus Ruß hergestellt; er sollte verhindern, daß Funken zwischen den Windungen der Galvanometerspule überspringen. Er war so reguliert, daß durch seine Einschaltung der Ausschlag von über 400 mm, hervorgebracht durch die Entladung eines mit ungefähr 2 Volt geladenen Halbmikrofaradkondensators, nicht mehr als um ein halbes Millimeter verringert wurde. Das Regulieren des Potentials bot einige Schwierigkeiten, aber man konnte ziemliche Regelmäßigkeit erhalten, wenn die die Elektrisiermaschine und die Wippe treibenden Elektromotoren gleichförmig liefen.

1) A. C. Longden, Phys. Rev. 91. p. 355. 1902.

Ergebnisse.

§ 9. Der erste zu untersuchende Punkt war die Angabe von Shenstone und Priest¹⁾, nach welcher das im Generator befindliche Gas nur bei der Entladung leuchtend wird. Dieses wurde mit einem aus zwei durch Luft getrennten Glasplatten bestehenden Kondensator, sowie mit den Generator selbst untersucht, indem man durchsichtige Elektroden aus konzentrierter Schwefelsäure anwandte. Bei langsamer Ladung und plötzlicher Entladung bemerkte man, in Übereinstimmung mit Shenstone und Priest, in der Dunkelheit das Leuchten nur beim Entladen; wenn man aber eine plötzliche Ladung dadurch erzeugte, daß man die Belegung des Kondensators mit einer vorher bis zu einem genügend hohen Potential geladenen großen Leidener Flasche verband, so trat das Leuchten auch beim Laden ein; dies ist von Wichtigkeit, da nach J. J. Thomson und R. Threlfall²⁾ nur durch leuchtende Entladung Ozon gebildet wird.

§ 10. Wenn die angelegte Potentialdifferenz zwischen den Elektroden des Generators in die Nähe eines gewissen Wertes kam, wurden die Ergebnisse unregelmäßig, indem man manchmal Leuchten beobachtete, manchmal nicht. Mit niedrigen Potentialen wurde das Gas niemals, mit höheren immer leuchtend; aber jedesmal, wenn man Leuchten beobachtete, zeigte das Galvanometer den Durchgang einer viel größeren Elektrizitätsmenge, als ohne Leuchten.

§ 11. Wie zu erwarten war, ging dieselbe Elektrizitätsmenge sowohl beim Entladen als beim Laden durch. Scheinbare Ausnahmen davon wurden immer auf fehlerhafte Isolation zurückgeführt.

§ 12. Solange die angelegte Potentialdifferenz unter einem gewissen Werte war, blieb die Kapazität konstant, woraus zu schließen war, daß keine Leitung durch das Gas eingetreten war. Alsdann wuchs die Kapazität langsam mit zunehmendem

1) W. A. Shenstone u. M. Priest, Journ. Chem. Soc. Trans. **63**, p. 960. 1893.

2) J. J. Thomson u. R. Threlfall, Proc. Roy. Soc. **40**, p. 340. 1886.

Potential, ohne daß sichtbares Leuchten eintrat, worüber in § 14 Näheres gesagt ist, mit Eintreten des sichtbaren Leuchtens erfuhr sie eine sprungweise Vergrößerung auf das zwei- bis dreifache des Anfangswertes. Nachher wuchs sie mit zu-

Fig. 3.

nehmendem Potential, erst schnell, dann langsam, was in Fig. 3, Kurve *a*, graphisch dargestellt ist. Aus der Gleichung (5) ergibt sich

$$(10) \quad C_v = C_0 \left(1 + \frac{2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{K_2 l} \cdot \frac{Q_2}{V} \right).$$

Wäre also der Leitungsstrom Q_2 dem Potential V proportional, so würde C_v unabhängig von V sein und C_0 um einen konstanten Wert übertreffen. Aus den erhaltenen Resultaten geht hervor, daß Q_2/V mit wachsendem V wächst, oder daß der Leitungsstrom schneller wächst als das Potential. Doch scheint C_v einem konstantem Werte zuzustreben. Leider war es wegen Isolationsschwierigkeiten unmöglich, über ungefähr 12000 Volt hinauszugehen.

§ 13. Ob der Generator von trockenem Sauerstoff oder von trockener Luft durchflossen wurde, schien keinen Unterschied in der Kapazität auszumachen, nicht nur, wie zu erwarten war, wenn kein Leitungsstrom vorhanden war, sondern, was nicht von vornherein evident war, auch wenn Leitung stattfand. Dieses sieht man sofort aus der Vergleichung der Kolonnen *a* und *b* der Tab. I. In dieser Tabelle gibt die erste Kolonne die zwischen den Elektroden angelegte Potentialdifferenz in Volt; die anderen Kolonnen geben die zugehörigen Werte der Kapazität $C \equiv Q/V$, in 10^{-10} Farad. Bei *a* wurde der Generator von ziemlich trockener Luft, bei *b* von trockenem Sauerstoff durchströmt (Mittelwerte der Tab. II). Bei *c* (Kurve *c*, Fig. 3) war der Gasraum mit Quecksilber gefüllt und der hierbei erhaltene Wert der Kapazität ist viel größer als der Maximalwert, welchem die Kapazität bei der Leitung durch das Gas zuzustreben scheint.

Tabelle I.¹⁾

Potential	Trockene Luft	Trockener Sauerstoff	Quecksilber
<i>V</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
2390	0,418	—	2,13
3070	0,415	—	—
3660	0,415	—	2,16
4250	0,417	—	—
4850	0,418	0,418	2,21
5500	0,416	—	—
6160	0,417	—	2,21
6710	0,431	—	—
7380	{ 0,449 1,19	—	2,22
7960	1,20	—	—
8590	1,19	1,20	2,24
9220	1,22	1,23	—
9800	1,32	1,31	2,26
10400	1,38	1,33	—
11000	1,40	1,40	2,30
11700	1,42	1,41	—
12200	1,43	1,44	2,33

¹⁾ Wo keine Ziffern sich befinden, wurden keine Messungen gemacht.

Tabelle II.¹⁾

Volt	Farad · 10 ¹⁰		Coulomb pro Stromstoß · 10 ⁷		Gramm-Ozon pro Stromstoß	
	C ₀	C _v - C ₀	Q	Q ₂	M · 10 ⁷	M/ Q ₂
V	C ₀	C _v - C ₀	Q	Q ₂	M · 10 ⁷	M/ Q ₂
4850	0,418	0	2,03	0	—	—
8600	1,20	0,78	10,3	8,45	—	—
8600	1,19	0,77	10,2	8,35	—	—
9200	1,25	0,83	11,5	9,6	—	—
9200	1,23	0,81	11,3	9,4	2,42	0,258
9200	1,25	0,83	11,5	9,6	2,63	0,274
9200	1,25	0,83	11,5	9,6	2,60	0,271
9200	1,24	0,82	11,4	9,5	2,41	0,254
9200	1,24	0,82	11,4	9,5	2,46	0,259
9800	1,32	0,90	12,9	11,1	—	—
9800	1,30	0,88	12,7	10,9	2,32	0,259
10400	1,33	0,91	13,9	11,9	3,09	0,260
11000	1,40	0,98	15,4	13,6	—	—
11000	1,39	0,97	15,3	13,4	3,60	0,269
11700	1,41	0,99	16,5	14,6	3,92	0,268
12200	1,43	1,01	17,5	15,5	—	—
12200	1,43	1,01	17,5	15,5	—	—
12200	1,44	1,02	17,6	15,7	4,37	0,278
12000	1,44	1,02	17,6	15,7	4,27	0,272
12200	1,44	1,02	17,6	15,7	4,14	0,264
12200	1,46	1,04	17,9	16,0	4,30	0,269
12200	1,45	1,03	17,8	15,8	4,44	0,281
12200	1,44	1,02	17,6	15,7	4,38	0,279
12200	1,45	1,03	17,8	15,8	4,47	0,282
12200	1,45	1,03	17,8	15,8	4,37	0,276

§ 14. Zu den definitiven Messungen wurde käuflicher Bombensauerstoff benutzt, welcher ungefähr 93 Volumenprocente

1) Für den in allen hier beschriebenen Versuchen benutzten Generator war

$$l = 8,3 \text{ cm}, \quad r_0 = 0,76 \text{ cm}, \quad r_1 = 0,84 \text{ cm}, \quad r_2 = 0,92 \text{ cm}, \quad r_3 = 1,00 \text{ cm}.$$

K_2 , die Dielektrizitätskonstante des durchfließenden Gases, wurde gleich Eins angenommen. Also war

$$Q_2 = \frac{10^{-11} K_2 l}{18 \ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \frac{C_v - C_0}{C_0} V = 1,26 (C_v - C_0) V \text{ Coulomb}.$$

Alle Bestimmungen wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt.

Sauerstoff enthielt. Indem man das aus dem Generator austretende Gas durch eine Jodkaliumstärkelösung durchleitete, bemerkte man Ozonbildung, sobald die Kapazität anfang zu steigen und damit das Eintreten des Leitungsstromes anzeigte. Obgleich ein Leuchten des Gases dabei zuerst noch nicht bemerkt werden konnte, ist es doch nach den Ergebnissen von Thomson und Threlfall wahrscheinlich, daß es zwar vorhanden, aber zu schwach war, um bemerkt zu werden.

§ 15. Die definitiven Bestimmungen des gebildeten Ozons und der dazu verwandten Leitungsstrommenge sind in Tab. II enthalten. Aus der letzten Kolumne ergibt sich die wichtige Tatsache, daß die Masse des Ozons, welche man pro Coulomb Leitungsstrom in dem Siemensschen Apparat erhält, eine nahezu, wenn auch nicht genau, *konstante Größe zu sein scheint, deren Betrag bei dem benutzten Generator ungefähr gleich 0,27 g gefunden ist, unabhängig von der Änderung der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden des Generators und auch wahrscheinlich der gebrauchten Elektrizitätsmenge.* Es ist zwar zu bemerken, daß die Zahlen die Tendenz zeigen, ein klein wenig mit dem Potentiale zu wachsen. Der Zuwachs ist jedoch kleiner als der mögliche Versuchsfehler, und rührt vielleicht von unvollkommener Isolation des Galvanometerkreises her, wodurch Q und C_v zu klein, die Ozonmenge pro Coulomb mithin zu groß erscheinen würde; der hieraus entspringende Fehler muß mit wachsendem Potentiale wachsen. Oberflächenleitung im Generator würde einen Fehler in der entgegengesetzten Richtung hervorbringen. Da beide Fehlerquellen vorhanden waren, sind weitere Versuche notwendig, um diesen Punkt zu entscheiden.

§ 16. Warburg¹⁾ hat nachgewiesen, daß die desozonisierende Wirkung der stillen elektrischen Entladung eine wichtige Rolle spielt, wenn der erzielte Ozongehalt nicht klein ist gegen den maximalen, welchen der benutzte Apparat liefern kann. Bei den hier beschriebenen Experimenten floß das Gas mit der Geschwindigkeit von ungefähr 7 cm pro Sekunde durch; es fanden 7—11 Stromstöße pro Sekunde statt, während die größte mittlere Ozonmenge, die bei irgend einer

1) E. Warburg, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin p. 712—721. 1900; Ann. d. Phys. 9. p. 788. 1902.

Bestimmung erzielt wurde, weniger als $4,5 \cdot 10^{-7}$ g pro Stromstoß betrug. Hätte man $50 \cdot 10^{-7}$ g pro Sekunde erreicht, so würde man weniger als $50 \cdot 10^{-7} / 7 \cdot 0,0021$, das heißt weniger als 0,04 Volumenprocente Ozon erhalten haben. Bei allen von Shenstone und Priest (l. c.) mit dem Siemensschen Apparat gemachten Experimenten betrug der maximale Ozongehalt mehr als 10 Proz. des ursprünglichen Volumens; folglich war die in den hier beschriebenen Experimenten erreichte Konzentration immer kleiner als 0,004 der maximalen erreichten. Infolgedessen ist der Einfluß der desozonisierenden Wirkung zu vernachlässigen.

§ 17. Da die Masse des Ozons pro Coulomb Leitungsstrom nahezu, wenn nicht ganz, von der benutzten Potentialdifferenz unabhängig ist, so folgt, daß man für einen gegebenen Energieverbrauch das meiste Ozon erhält, wenn die angelegte Potentialdifferenz nicht größer gemacht wird als unbedingt nötig, um das Leuchten hervorzubringen; dies entspricht den bei technischen Betrieben gemachten Erfahrungen.

Berlin, Physik. Institut, Oktober 1903.

(Eingegangen 15. November 1903.)