

9. *Ueber Ausstrahlung statischer Elektrizität aus Spitzen*¹⁾; von *H. Sieveking*.

Hr. Himstedt hat bei Versuchen mit Hochfrequenzströmen²⁾ beobachtet, dass die Mengen positiver bez. negativer Elektrizität, welche aus einer Spitze ausstrahlen, in den verschiedenen Gasen sehr verschieden sind. Es lag deshalb die Frage nahe, zu untersuchen, ob ähnliche polare Unterschiede auch bei der Ausstrahlung statischer Elektrizität auftreten können.

Ueber die Spitzenausstrahlung liegen schon eine grosse Reihe von Versuchen³⁾ vor, die sich jedoch meist mit Entscheidung anderer Fragen beschäftigen, hauptsächlich mit der des Minimumpotentialen, auf dessen Bedeutung zuerst Hr. Röntgen⁴⁾ aufmerksam gemacht hat.

Mit den ausgestrahlten Mengen beschäftigt sich eine Arbeit des Hrn. Warburg⁵⁾, welche erst erschienen ist, als diese Versuche schon zum Teil ausgeführt waren. Auf diese Arbeit werde ich später zurückkommen müssen.

Die Aufgabe der folgenden Untersuchung lässt sich dahin formuliren: Es sollen die Mengen + und – Elektrizität bestimmt werden, welche in gemessenen Zeiten von einer auf gemessenes Potential geladenen Spitze gegen eine in gemessener Entfernung ihr gegenüberstehende Scheibe bez. die Oberfläche

1) Auszug aus der Inaugural-Dissertation.

2) F. Himstedt, Wied. Ann. 52. p. 473. 1894.

3) J. Precht, Wied. Ann. 49. p. 150. 1893. Hier finden sich genaue Literaturangaben über die älteren Versuche. K. Wesendonck, Wied. Ann. 30. p. 1. 1887; 39. p. 577. 1890.

4) W. C. Röntgen, Entladungen der Elektrizität in Isolatoren. Göttinger Nachr. p. 396. 1878.

5) E. Warburg, Wied. Ann. 67. p. 42. 1899.

einer die Spitze umschliessenden Kugel in verschiedenen Gasen ausgestrahlt werden.

Dazu benutzte ich folgende Versuchsanordnung (vgl. Fig. 1):

1. Eine Wimshurst'sche Elektrisirmaschine (*WM*) von 21 cm Scheibendurchmesser wird durch einen kleinen Elektromotor in mässig schnelle dauernde Rotation versetzt. Der eine Pol der Maschine ist zur Erde abgeleitet, der andere mit einer Batterie (*B*) von grösserer Capacität (7 Leydener Flaschen von 50 cm Höhe) verbunden. Die äussere Belegung der Batterie liegt an Erde, von der inneren Belegung führt ein Draht zu einem Siemens'schen elektrostatischen Voltmeter (*V*, Messbereich bis 10000 Volt) und von dort zu der ausstrahlenden Spitze (*Sp*); dieselbe wird gebildet durch ein Stückchen feinen

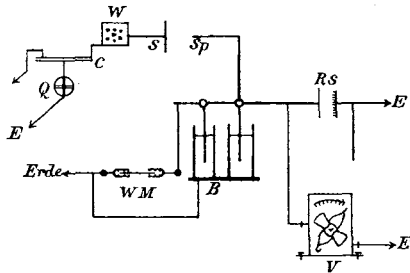


Fig. 1.

WM Wimshurst-Maschine, *B* Leydener Batterie, *Sp* ausstrahlende Spitze,
S Scheibe, *W* Wippe, *C* Condensator, *Q* Quadrantenelektrometer, *RS* Regulirspitzen,
V Siemens'sches Elektrometer.

Platindrahtes von $\frac{1}{10}$ mm Dicke und 3 mm Länge, das in einen Messingstab eingelötet ist. Der Spitze gegenüber steht in variablem Abstand eine polirte Messingscheibe (*S*) von 12 cm Durchmesser, die durch einen auf der Rückseite angelöteten Draht mit einem Elliot'schen Glimmercondensator (*C*) von $\frac{1}{2}$ Mikrofarad Capacität in Verbindung steht.

Die Spannung, die dem Condensator durch die von der Spitze zur Scheibe übergelassene Elektricität erteilt wurde, wird gemessen mit einem Thomson'schen Quadrantenelektrometer.

Die Spannung der strahlenden Spitze, sowie die Strahlungsdauer wurden so bemessen, dass der mit der Scheibe verbundene Condensator sich nicht auf mehr als 40 Volt lud.

Die Verminderung der Potentialdifferenz zwischen Spitze und Scheibe während der Strahlung braucht dann gegenüber dem hohen Potential der Spitze nicht in Rechnung gezogen werden.

Eine bei elektrostatischen Messinstrumenten immer wünschenswerte Controlirung der Angaben des Voltmeters erfolgte durch Vergleichung mit einem Heydweiller'schen¹⁾ Spiegel-elektrometer für hohe Spannungen.

Letzteres wurde geaicht mit Hülfe einer Batterie von 400 Kupfer-Zink-MgSO₄-Elementen. Bei der Herstellung derselben wurde die grösste Sorgfalt auf vollständige Isolation verwendet; die Batterie bestand aus 4 Kästen zu je 100 Elementen; die einzelnen Zellen bestanden aus Reagensgläsern, gefüllt mit einer Zehntel-Normallösung von Magnesiumsulfat; in dieselben tauchten Kupfer- und Zinkstreifen von etwa $\frac{1}{2}$ mm dickem Blech. Die Lötstellen waren lackirt und auf jedes Gläschen einige Tropfen Vaselineöl gegossen; die Gläser standen in einer 3 cm hohen Paraffinschicht. Eine solche Batterie hat den Vorzug, sehr lange Zeit hindurch constante Spannung zu zeigen. Jeder Kurzschluss ist sorgfältig zu vermeiden, da sich die Zellen hiervon nur sehr langsam erholen. Die elektromotorische Kraft eines solchen Elementes beträgt 1,08 Volt.

Bei den Versuchen sollte die in einer gemessenen Zeit von der auf gemessenes Potential geladenen Spitze gegen die in gemessener Entfernung ihr gegenübergestellte Scheibe übergestrahlte Elektrizitätsmenge bestimmt werden. Man musste deshalb imstande sein, den Uebergang der Elektrizität durch Einschiebung eines zur Erde abgeleiteten Drahtnetzes aufzuheben, oder durch eine vom Sitze des Beobachters aus regulirbare Wippe, die unter Aufhebung der Verbindung Scheibe—Condensator, gleichzeitig erstere mit der Erde, letzteren mit dem Quadrantenelektrometer verband.

Es empfiehlt sich nicht, die Strahlung der Spitze zu unterbrechen, da in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Hrn. Precht²⁾ sich das Entladungspotential nicht unab-

1) A. Heydweiller, Sonderabdruck aus der Zeitschr. f. Instrumentenk. November 1892.

2) J. Precht, Wied. Ann. 49. p. 159. 1893.

hängig davon zeigt, ob vorher ein Ausströmen aus der Spitze stattgefunden hat oder nicht. Erst nach Verlauf einiger Zeit wird die Strahlung regelmässig. Ich zog es daher vor, die Spitze dauernd strahlen zu lassen.

Ein constantes Spitzenpotential lässt sich in der Weise erzielen, dass, nachdem die mit der Spitze verbundene Flaschenbatterie auf das gewünschte Potential geladen ist, durch vorsichtiges Drehen der Elektrisirmaschine stets soviel Elektrizität nachgeliefert wird, wie zur Deckung der Verluste erforderlich ist. Sehr viel bequemer und dabei, man kann sagen absolut sicher, lässt sich dies so erreichen, dass man die Maschine durch den Motor in constante schnelle Rotation versetzt und dadurch die Batterie auf ein höheres als das gewünschte Potential ladet. Durch ein System von Hilfspitzen, die zur Erde abgeleitet sind, wird der Ueberschuss abgesaugt.

Die Hilfspitzen sind aus demselben Material wie die strahlende Spitze und kammartig an einen Messingstab angelötet; dieselben können einer mit der Batterie verbundenen Scheibe beliebig genähert werden und reguliren so die Spannung.

Ein zwischen Maschine und Flaschenbatterie eingeschalteter Widerstand begünstigte eine constante Einstellung des Elektrometers; dasselbe zeigte je nach dem Stande der Regulirspitzen und der Geschwindigkeit der Maschine Spannungen von 1500—9000 Volt.

2. Hr. Warburg¹⁾ hat aus Versuchen, bei denen das Spitzenpotential zwischen ± 4800 und ± 12000 lag, eine empirische Formel für die ausgestrahlte Elektrizitätsmenge abgeleitet. Nach derselben soll

$$E = CV(V - M)$$

sein. Die Resultate meiner Versuche, bei denen Spitzenpotentiale zwischen 5000 und 9000 Volt zur Anwendung gekommen sind, stimmen mit seiner Formel gut überein. Dagegen lassen die Versuche mit kleinerem Spitzenpotential erkennen, dass

1) E. Warburg, Wied. Ann. 67. p. 72. 1899.

für solches die Formel nicht mehr anwendbar ist. Die Resultate dieser Versuche¹⁾ lassen sich vielmehr sehr gut darstellen nach der Formel

$$E = a (V - b),$$

wo a und b nur von den Versuchsbedingungen, d. h. von der Natur der Spitze und dem Abstand der Scheibe von der Spitze abhängen. Dabei hat b dieselbe einfache physikalische Bedeutung wie M in der Formel des Hrn. Warburg. Es ist nämlich das Potential, bei dem noch gerade eine Strahlung stattfindet (Minimumpotential des Hrn. Röntgen.²⁾)

Bezeichnen wir dasselbe mit M , so ist also auch

$$E = a (V - M).$$

Ich lasse zwei Beispiele folgen, zuerst ein solches für Ausstrahlung mit Spitzenpotentialen über 5000 Volt, dann ein solches für kleinere Potentiale und stelle daneben einmal die nach der Formel

$$E = a (V - b)$$

berechneten Werte, dann die nach der Formel des Hrn. Warburg sich ergebenden:

I.

$d = 10$ cm. M.-P. = - 2600 Volt.

$V/100$	gefunden	berechnet nach Warburg $C. V (V - M.-P.) \cdot 10^{-6}$	berechnet $\alpha (V - M.-P.) \cdot 10^{-3}$
- 90	17,5	17,3	13,4
- 80	13,2	13,0	11,3
- 70	9,2	9,2	9,2
- 60	6,5	6,1	7,1
- 50	4	3,6	5,0

1) Ausführliche Tabellen finden sich in der Inaugural-Dissertation. Freiburg i. B. 1899.

2) W. C. Röntgen, Entladung der Elektrizität in Isolatoren. Göttinger Nachr. p. 396. 1878.

II.

 $d = 6 \text{ cm. M.-P.} = - 3050 \text{ Volt.}$

$V/100$	gefunden	berechnet nach	
		Warburg $C \cdot V(V - \text{M.-P.}) \cdot 10^{-6}$	berechnet $\alpha(V - \text{M.-P.}) \cdot 10^{-3}$
-32	0,8	0,6	0,9
-34	2	1,5	2,1
-36	3,2	2,5	3,3
-38	4,4	3,6	4,5
-40	5,7	4,8	5,7
-42	6,8	6	6,9
-44	8	7,4	8,1
-46	9,2	8,9	9,3
-48	10,7	10,5	10,5
-50	11,8	12,2	11,7
-52	13,5	14	12,9
-54	15,3	15,9	14,1
-56	18	17,9	15,3
-58	19,6	20	16,5
-60	22	22,1	17,7
-62	24	24,4	18,9

Die Untersuchungen wurden in analoger Weise für positive Elektrizität angestellt.

3. Das Minimumpotential. Zur Bestimmung des Minimumpotential wurde in der oben beschriebenen Versuchsanordnung das Siemens'sche Elektrometer durch das Heydweiller'sche ersetzt, da dasselbe kleinere Unterschiede genauer zu messen gestattete.

Die Hilfsspitzen wurden entfernt und die Maschine mit der Hand gedreht unter steter Beobachtung der Elektrometernadel. Ein Hilfsbeobachter behielt die Nadel des Quadrantenelektrometers im Auge. Sobald dieselbe begann, gleichmässig zu wandern, wurde die Spannung abgelesen.

Das zum Uebergang erforderliche Minimumpotential nimmt mit der Entfernung zu und zwar ist bei kleinen Abständen die Zunahme stärker. Bei Abständen grösser als 5 cm ist die Zunahme eine sehr langsame. Die Abhängigkeit des Minimumpotential von der Entfernung wurde auch bei einer kleineren Scheibe von 2 cm Durchmesser constatirt.

Ausserdem ist das Minimumpotential natürlich abhängig von der Natur der Spitze.

4. Ein Vergleich der Beobachtungen bei negativer und positiver Elektrizität ergibt, dass in allen Fällen die erstere bei niedrigerem Potential auszustrahlen beginnt und bei gleichem Potential stets in grösserer Menge übergestrahlt wird als die positive Elektrizität. Dies findet sich in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen des Hrn. Precht. Stellt man die Beziehungen zwischen den übergestrahlten Mengen und dem Abstand zwischen Scheibe und Spitze graphisch dar (Abscisse ausgestrahlte Menge, Ordinate Abstand Spitze—Scheibe), so erhält man ein System von parabolisch gekrümmten Curven; dieselben sind bei negativen Spitzenpotentialen flacher als bei positiven, da bei ersteren die übergestrahlten Elektrizitätsmengen rascher mit abnehmender Entfernung wachsen (vgl. Curven Figg. 2—5).

5. Es wurden alsdann Versuche angestellt, bei denen eine Spitze aus demselben Material wie die bisher verwendete gebraucht wurde, statt der Scheibe dagegen Hohlkugeln aus Messingblech; es wurde ein Satz von 10 Kugeln hergestellt; die grösste hatte einen Durchmesser von 12 cm, die kleinste von 3 cm. Mittels eines seitlichen, 2 cm langen Ansatzes liessen sich die Kugeln auf ein graduirtes Glasrohr aufschieben, in dem, durch Paraffin isolirt, die Zuleitung zur Spitze verlief. Die Spitze befand sich stets im Mittelpunkt der Kugel.

Das Beobachtungsintervall ist kleiner als bei Anwendung einer Scheibe, da Condensator und Quadrantenelektrometer nicht auf höher als 40 Volt geladen werden sollten und diese Grenze bei Anwendung der Kugeln schon früh erreicht wird.

Auch bei diesen Versuchen¹⁾ zeigt sich, dass die negative Elektrizität durchweg leichter und in grösserer Menge ausgestrahlt wird als die positive.

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den nach der Formel $E = a (V - b)$ berechneten Werten ist für — Elektrizität in dem Intervall von 2000—3200, für einige der Reihen bis 3600 eine gute, für + Elektrizität in dem

1) Vgl. Tabellen in der Dissertation.

Intervall von 2600—4400 Volt. Ob auch hier für höhere Potentiale die Formel des Hrn. Warburg gilt, konnte nicht untersucht werden, da die von den Kugeln angenommene Ladung sonst zu gross geworden wäre.

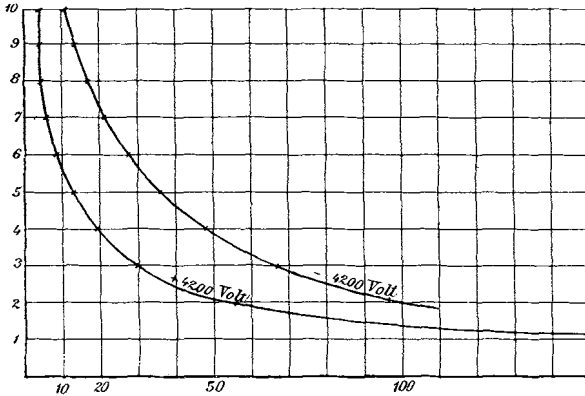


Fig. 2.

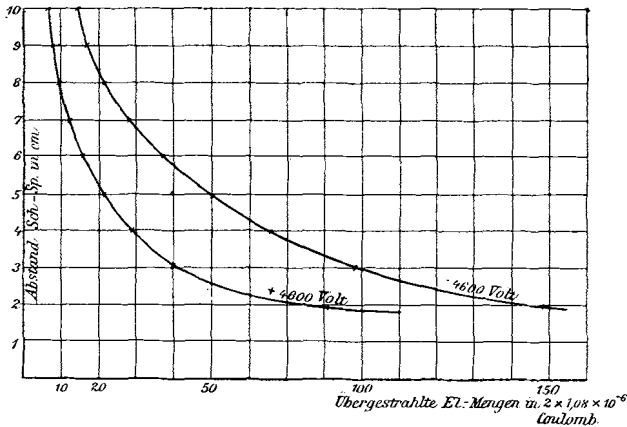


Fig. 3.

5. Hr. Himstedt hat gefunden, dass bei Ausstrahlung aus der Spitze eines Teslapoles in einem mit Luft gefüllten, nach aussen gänzlich abgeschlossenen Raum die in einer bestimmten Zeit erhaltene Ladung der der Spitze gegenüberstehenden Scheibe bei fortgesetzter Ausstrahlung kleiner und kleiner wird, sowie, dass in dem längere Zeit durchstrahlten

Luftraum sich NO_2 bildet, in welchem am Teslapol + und - Elektrizität in gleichen Verhältnissen ausstrahlen, sodass die Scheibe keine Ladung erhält. Um zu untersuchen, ob auch bei Strahlung statischer Elektrizität eine Abnahme statt-

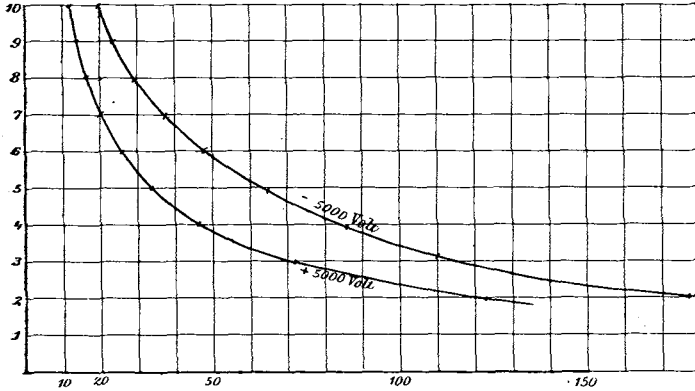


Fig. 4.

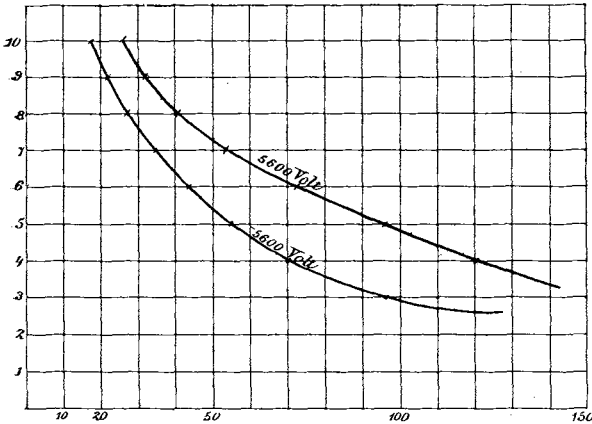


Fig. 5.

findet, schloss ich die in einer Kugel enthaltene Luft nach aussen ab; es liess sich nach $\frac{1}{2}$ stündiger Strahlung jedoch noch keine Veränderung der Luft constatiren, wenigstens was deren Verhalten gegen die Strahlung betrifft.

Ebenso scheint ein Durchgang der einen Elektrizität die Luft nicht in der Art zu beeinflussen, dass ein kurz

darauf erfolgender Durchgang der anderen dadurch beeinträchtigt wird.

6. Um das durch die strahlende Spitze erzeugte Kraftfeld an verschiedenen Stellen zu untersuchen, wurden die Hohlkugeln durch zwei genau aufeinander passende Halbkugeln ersetzt, die durch eine möglichst dünne Luftschicht voneinander isolirt waren. Während der Strahlungsdauer wurde je eine Halbkugel zur Erde abgeleitet, während die der anderen erteilte Ladung gemessen wurde.

Als Mittelwert aus vielen Beobachtungen ergibt sich bei negativer Elektrizität für die untere Halbkugel 63 Proc., für die obere 37 Proc. der totalen, gemeinschaftlichen angenommenen Ladung, bei positiver Elektrizität bez. 67,5 Proc. und 32,5 Proc.

Demnach scheint die positive Elektrizität eine geringere Zerstreung zu zeigen als die negative und für erstere sich ein ausgeprägteres Maximum der Strahlung in der Richtung der Spitzenaxe zu ergeben. Es bildet dies einen Gegensatz zu den von Hrn. Himstedt beobachteten Erscheinungen am Teslapole. Liess ich die Spitze gegen die untere Halbkugel strahlen, während die bisher in diesem Falle zur Erde abgeleitete obere Halbkugel ganz entfernt war, so nahm die andere eine wesentlich stärkere Ladung an, und zwar bei positiver Elektrizität 90 Proc., bei negativer Elektrizität 70 Proc. der von der ganzen Kugel angenommenen Ladung.

Dass die Ladung der Halbkugel einen im Verhältnis zur Ladung der Vollkugel so hohen Wert annimmt, ist so zu erklären, dass eine Anzahl von Kraftlinien, die bei Anwesenheit mehrerer Leiter im Felde sich auf dieselben verteilen, bei Gegenwart eines einzigen zu demselben hingezogen werden.

7. Ist nur ein einziger Leiter im Kraftfelde, so ist der Uebergang der Elektrizität zu demselben nur wenig abhängig von seiner Stellung zur Spitzenaxe. Ich brachte eine Scheibe von 11 cm Durchmesser in 10 cm Abstand in den Strahlungsbereich der Spitze und zwar zuerst senkrecht zur Axe der Spitze. Die Scheibe wurde dann bei constantem Abstand von der Spitze gedreht; erst bei einer Stellung, in der die Normale auf der Scheibe mit der Axe der Spitze einen Winkel von 45° bildete, beobachtete ich eine Abnahme der Strahlung um

10 Proc. Eine Maximalströmung der Elektrizität in der Verlängerungsrichtung der Spitze ist zwar stets zu constatiren, aber dieselbe ist nur gering; dies zeigte sich auch bei Versuchen, in denen die Spitze nicht mehr vertical zur Trennungsfläche der Halbkugeln, sondern unter einem Winkel von 45° zu derselben eingeführt wurde.

8. Zur weiteren Untersuchung der Frage, ob die positive Elektrizität eine grössere Bevorzugung der Ausstrahlung in der Richtung der Spitzenaxe zeigt als die negative, wurde folgender Versuch gemacht. Aus einer Kugel ($r = 5,5$ cm) wurde ein Segment von 45° Oeffnungswinkel herausgeschnitten und untersucht, welche Ladung dasselbe annahm, wenn der übrige Teil der Kugel zur Erde abgeleitet

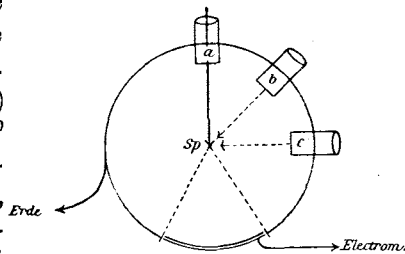


Fig. 6.

war; die Spitze wurde in drei verschiedenen Stellungen in die Kugel eingeführt durch die drei aus Figur 6 ersichtlichen Ansätze *a*, *b* und *c*.

Die Beobachtungen ergaben, dass für + Elektrizität die Abnahme der Ladung bedeutender ist als für - Elektrizität, wenn die Spitze von *a* nach *b* und schliesslich nach *c* gebracht wurde; die einzelnen Beobachtungen zeigen indessen keine sehr gute ziffernmässige Uebereinstimmung, und zwar rührt dies daher, dass es bei der feuchtwarmen Luft in den Monaten Juni und Juli überhaupt nicht mehr möglich war, zuverlässige quantitative Messungen auszuführen. Qualitativ war aber zu erkennen, dass die - Elektrizität mehr zerstreut, die + Elektrizität mehr in der Axenrichtung zusammengehalten wird.

9. Strahlung in verschiedenen Gasen bei normalem Druck. Die strahlende Spitze ist durch Paraffin isolirt, mittels eines Schliffstückes luftdicht in eine Glasflasche von 4-5 l Inhalt eingeführt. Ein Quecksilberhorizont auf dem Boden der Flasche¹⁾ vertritt die bisher gebrauchte Scheibe.

1) Eine ausführliche Beschreibung des Apparates, sowie eine Angabe des Darstellungs- und Reinigungsverfahrens der angewandten Gase findet sich in der Dissertation.

Zur Füllung der Flasche benutzte ich getrocknete Luft, Kohlendioxyd, Sauerstoff und Stickstoff. Die Versuche wurden denen in freier Luft analog ausgeführt, mit dem Unterschied, dass die Regulirspitzen (vgl. p. 302) fortgelassen wurden. Soll die Untersuchung der Strahlung in irgend einem Gase vorgenommen werden, so müssen alle anderen in einem zweiten Medium befindlichen Spitzen vermieden werden. Es zeigte sich dies gleich bei den ersten Versuchen mit O_2 und CO_2 . Bei Anwendung der Hülfs spitzen bekam ich in diesen Gasen solche Unregelmässigkeiten, dass ich auf diese Regulirung verzichten musste.

Beobachtet wurde in dem Spannungsintervall von 3000 bis 9000 Volt.

Es wurde stets mit den hohen Spannungen begonnen, bis zu den niedrigen herabgegangen und die Beobachtungen aufwärts wiederholt. Die Differenzen zwischen zwei so ermittelten Werten sind durchweg zu vernachlässigen.

Es zeigte sich, dass in sämtlichen untersuchten Gasen die negative Elektrizität in grösserer Menge übertritt als die positive. Die Unterschiede der absoluten Mengen, die sich in Luft und Stickstoff ergeben, sind sehr gering; erstere ergibt etwas mehr bei $-$ Elektrizität, letzterer bei $+$ Elektrizität.

Bildet man für die untersuchten Gase den Quotienten $- E/+ E$, so erhält man im Mittel

für O_2 1,4	für Luft 2,5
„ N_2 1,7	„ CO_2 4,7.

Es zeigt also O_2 eine deutliche Bevorzugung von $+$ Elektrizität, CO_2 eine solche von $-$ Elektrizität.

Bei seinen Versuchen über die Spitzenausstrahlung am Teslapole hat Hr. Himstedt die Gase in eine entsprechende Reihe geordnet und findet in Sauerstoff und Luft die $+$ Ausstrahlung, in Stickstoff und Kohlendioxyd die $-$ Ausstrahlung überwiegend.

Das ausgeprägt entgegengesetzte Verhalten von O_2 und CO_2 tritt also in beiden Fällen auf, wo hingegen hier bei der Ausstrahlung statischer Elektrizität der Stickstoff keine Bevorzugung der $-$ Elektrizität zeigt.

10. Ich fasse die Ergebnisse der Untersuchung kurz zusammen:

a) Der Beginn des Ausstrahlens aus einer Spitze erfolgt für negative Elektrizität *stets* bei niedrigerem Potential als für positive.

b) Unter gleichen Bedingungen ist die bei *negativer* Ladung der Spitze ausgestrahlte Elektrizitätsmenge *stets* grösser als bei *positiver*.¹⁾

c) Die übergestrahlte Menge lässt sich als Function des Potentials der Spitze darstellen nach der Formel $E = a(V - b)$; hierin ist b identisch mit dem *Minimumpotential*; die Formel hat Gültigkeit für Potentiale, die zwischen dem Minimumpotential und 5000 Volt liegen. Für höhere Spannungen findet sich die von Hrn. Warburg angegebene Formel:

$$E = CV(V - M)$$

bestätigt.

d) Das Minimumpotential ist *abhängig* von der Entfernung; bei kleineren Abständen wächst es rasch; bei grösseren Abständen wird es annähernd *constant*.

e) Die positive Elektrizität zeigt eine stärker ausgeprägte Strahlung in der Axe der Spitze als die negative.

f) Die untersuchten Gase lassen sich hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die Ausstrahlung *negativer* Elektrizität zu begünstigen, in eine Reihe ordnen, in der *Sauerstoff* und *Kohlensäure* den ersten bez. letzten Platz einnehmen, gerade so wie bei der Ausstrahlung aus einem Teslapole.

Vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Hrn. Prof. Dr. Himstedt unternommen und im Physikalischen Institut der Universität ausgeführt; es sei mir erlaubt, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer für seine Unterstützung meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Freiburg i. Br., Juni 1899.

1) Die unter a) angeführte Thatsache ist wohl zuerst von Hrn. W. C. Röntgen festgestellt, später von den Herren K. Wesendonck, J. Precht und anderen bestätigt worden. Der Letztgenannte macht dabei auch auf Satz 2 aufmerksam mit den Worten: „Da für negative Elektrizität im allgemeinen das Anfangspotential kleiner ist, so ist bei gleicher Spannung die entladene Menge negativer Elektrizität grösser.“ Vgl. J. Precht, Wied. Ann. 49. p. 180. 1893.

(Eingegangen 14. October 1899.)