**10. Ueber die Elektricitäts-
zerstreuung in ultraviolett durchstrahlter Luft;
von P. Lenard.**

Dass von kurzwelligem Licht durchstrahlte Luft elektrisch leitend wird und dass Nebelkerne und Ozon in ihr gebildet werden, haben mir frühere Versuche gezeigt.¹⁾ Gegenwärtig wird der Mechanismus der so vermittelten Elektricitätsleitung behandelt, zusammen mit der Frage nach ihrer Beziehung zu den Nebelkernen. Dazu werden zuerst zwei Wege gezeigt zur Trennung der auf die Luft ausgeübten Wirkung des Lichtes von der Wirkung desselben auf feste oder flüssige Oberflächen.

22.²⁾ Elektrisirte Leiter, welche sich ausserhalb eines frei die Luft durchsetzenden Lichtbündels befinden, werden entladen und zwar sehr viel schneller bei positiver als bei negativer Ladung.

Als Lichtquelle dienen, wie früher (10), Inductionsfunken zwischen Aluminiumdrähten. Eine stets leitend mit der Erde verbundene, verticale Wand aus altem Zinkblech trennt die Lichtquelle vom Beobachtungsraume, wohin das Licht durch

1) P. Lenard, Ann. d. Phys. **1.** p. 486. 1900. Bald nach Veröffentlichung dieser Arbeit erfuhr ich, dass die Nebelkernbildung durch das Licht bereits Gegenstand eingehender Untersuchungen Hrn. C. T. R. Wilson's gewesen war (Phil. Trans. **129.** p. 412 und **193.** p. 289. 1899). Man findet in diesen so viel älteren Arbeiten schon den Nachweis, dass die Nebelkerne Product der Wirkung des Lichtes auf die Luft selbst sind. Hr. Wilson untersuchte die Nebelkernbildung durch das Licht in Zusammenhang mit der gleichen Wirkung anderer Agentien, während sie in meiner Arbeit in Beziehung steht zu anderen Wirkungen des Lichtes; wo aber beiderseits die gleichen Fragen behandelt werden, findet man eine bei der Verschiedenheit der angewandten Mittel besonders erfreuliche Uebereinstimmung in den Resultaten.

2) Um Bezugnahme auf die frühere Mittheilung zu erleichtern, ist deren Absatznumerirung hier fortgesetzt.

eine völlig klare, 0,5 mm dicke, 2,5 cm im Quadrat messende Quarzplatte dringt, welche luftdicht eine Oeffnung in jener Wand verschliesst. Die den Funken zugewandte Fläche dieses Fensters ist für die gegenwärtigen Versuche mit einer Blende aus dünnem, geschwärzten Kupferblech bedeckt, deren kreisförmige, 2 cm weite Oeffnung das zu beobachtende Strahlenbündel absondert, welches von da ab bis zur 5 m entfernten Zimmerwand völlig freien Weg durch die Luft findet. Seitlich an diesem horizontal verlaufenden, conischen Strahlenbündel ist ein Stück Messingdrahtnetz von $10 \times 14 \text{ cm}^2$ Grösse isolirt so aufgestellt, dass die im verdunkelten Zimmer auf einem Papierblatt beobachtete Grenze des Lichtbündels überall mindestens 4 cm von der Fläche des Netzes entfernt bleibt. Um diese Lichtgrenze gegen das Netz hin möglichst scharf zu machen, war die nur 3 mm lange Funkenstrecke vertical gestellt worden.

Man beobachtet nun an dem mit dem Netze verbundenen Exner'schen Elektroskope eine Abnahme der Divergenz während der Belichtung der Luft. Die Stärke der Wirkung ist vom Vorzeichen der Ladung abhängig; sie nimmt ausserdem ab mit wachsender Entfernung von der Lichtquelle. Stehen Funken und Netz dem Fenster nahe, so sinken die Blätter des Elektroskopes bei positiver Ladung mit unmittelbar ersichtlicher Geschwindigkeit zusammen; bei negativer Ladung ist dagegen die Wirkung unter allen Umständen nur durch sorgfältige Beobachtung zu constatiren. Die folgende Zusammenstellung von mittleren Resultaten solcher Beobachtungen zeigt diese Verhältnisse quantitativ und lässt erkennen, dass die Wirkung auch in ziemlich grossen Abständen von der Lichtquelle noch deutlich vorhanden ist.¹⁾ Der stets sehr geringe, vom Licht unabhängige Ladungsverlust, welcher ohne Bestrahlung oder bei bedecktem Fenster gemessen wurde, ist von den Zahlen der Tabelle bereits subtrahirt.²⁾

1) Die grösste in der Tabelle vorkommende Entfernung, 50 cm, ist dieselbe, bis zu welcher auch die Dampfstrahlwirkung der Aluminiumfunken noch deutlich verfolgt werden konnte (10).

2) Das Gleiche gilt auch für alle im Folgenden noch zu machenden Angaben über Ladungsverluste.

Abstand		Verluste in 15 Sec. bei 20 Set.			
der Mitte des Netzes von der Lichtquelle	der Blende (und des Fensters)	Anfangsladung			
		ohne Luftstrom		mit Luftstrom	
		+	—	+	—
cm	cm	Set.	Set.	Set.	Set.
10	3	4,4	0,2	9,5	1,3
17	10	2,6	—	3,9	—
25	10	2,6	—	2,9	—
35	10	2,5	—	2,8	—
50	10	1,6	—	2,0	0,1

23. Die Wirkung bei positiver und auch bei negativer Ladung konnte verstärkt werden durch einen Luftstrom, welcher quer durch das Lichtbündel gegen das Netz hin geblasen wurde, jedoch musste dazu der Luftstrom — wenigstens für positive Ladungen — sehr kräftig sein. Die beiden letzten Columnen obiger Tabelle beziehen sich auf einen Luftstrahl, welcher aus der 1 cm weiten, jenseits und ausserhalb des Lichtbündels befindlichen Mündung eines Glasrohres austrat und das Bündel mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 m/sec durchsetzte.

24. War das Netz anfänglich unelektrisch, so nahm es unter dem Einfluss des Lichtes auch bei Anwendung des Luftstrahles keine am Exner'schen Elektroskop bemerkbare Ladung an.

25. Dass die beobachtete Wirkung vom Fenster ausgeht und dem ultravioletten Lichte zugehört, wird erhärtet durch ihr Ausbleiben beim Bedecken des Fensters mit Stücken von Metall oder Glimmer, durch ihr Fortbestehen beim Bedecken desselben mit einer 2 mm dicken Quarzplatte und ausserdem durch die folgenden Versuche.

Ein zweiter grosser Schirm aus Zinkblech wurde parallel der Fensterwand in 10 cm Abstand von derselben aufgestellt; er besass eine kreisförmige Oeffnung, welche eben gross genug war, um das aus dem Fenster dringende Lichtbündel frei passiren zu lassen. Dieser Schirm hatte nicht den mindesten bemerkbaren Einfluss auf die Grösse der Wirkung, welche in etwa 30 cm Entfernung vom Fenster beobachtet wurde. Wurde nun aber zwischen dem Schirm und dem Fenster, nahe dem letzteren und etwas unterhalb desselben ein Schnittbrenner auf-

gestellt, aus welchem eine unentzündete Leuchtgaslamelle parallel der Fensterfläche austrat, so war die Wirkung verschwunden; eine aus derselben Brenneröffnung sehr kräftig geblasene Luftlamelle war dagegen einflusslos.

26. Die Natur der elektrisirten Fläche ist ohne Einfluss. — An Stelle des Messingdrahtnetzes konnte in dem zuerst beschriebenen Versuch (22) ohne Aenderung des quantitativen Erfolges auch eine Aluminiumplatte benutzt werden, und ob dieselbe frisch gesmiret oder oxydirt, mit Stanniol, trockenem oder benetztem Filtrirpapier bedeckt war, war ebenfalls gleichgültig.

27. Die Grösse des Abstandes der elektrisirten Platte von der Grenze des Lichtbündels war nur von geringem Einfluss solange derselbe klein blieb; erst ein Abstand von 10 cm verringerte die positive Entladung auf etwa die Hälfte.

28. Wurde der Platte gegenüber, jenseits und also ebenfalls ausserhalb des Lichtbündels, eine zweite, mit der Erde verbundene, grössere leitende Fläche aufgestellt, so änderte dies die Wirkung nicht wesentlich. Indessen musste bei der starken Divergenz des Lichtbündels der gegenseitige Abstand der beiden Platten immerhin verhältnissmässig gross bleiben.

Concentration des Lichtes zu einem schmalen Bündel mit Hülfe einer Quarzlinse, wobei der Abstand der beiden Platten bis auf 6 cm verringert werden konnte, ergab keine bemerkenswerte Verstärkung der Wirkung. Dies scheint durch die 7 mm betragende Dicke der Quarzlinse und die nicht vollkommene Durchlässigkeit des Materiales¹⁾ erklärbar. Günstiger wirkte eine Steinsalzlinse, welche dann zugleich als Fensterverschluss diente und in solchem Abstand (4,25 cm) von den Funken gestellt war, dass das violette, bez. das ultraviolette Licht parallel bez. convergent aus ihr austreten musste. Hier indessen zeigte sich die negative Wirkung unverhältnissmässig stark vergrössert und auch von der Natur der Plattenoberfläche abhängig. Bei Benutzung einer blanken Aluminiumfläche wurden negative Ladungen schneller verloren als positive. Diese Wirkung konnte zurückgeführt werden auf zerstreutes

1) Vgl. V. Schumann, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien 102. p. 456. 1893 und 5. des Obigen.

Licht, welches von der im Gebrauch sich trübenden Steinsalzoberfläche ausging und sichtbar die Platten beleuchtete; offenbar war die zu untersuchende Wirkung hier überdeckt von der bekannten lichtelektrischen Wirkung auf die negativ elektrisirte Fläche.

29. Leiteroberflächen zu besitzen, welche dieser letzteren Wirkung unzugänglich wären, schien erforderlich, um grössere Freiheit zur Variation der Versuchsbedingungen zu gewinnen und es schien auch möglich, solche Flächen herzustellen durch Ueberzüge, welche das ultraviolette Licht nicht kräftig absorbirten. Wasser und Seifenlösung konnten nach früherem (5) hier in Betracht kommen. Ich habe die letztere vorgezogen und brauchbar gefunden.¹⁾ Eine mit Seifenlösung ganz überzogene Metallplatte²⁾ kann in der zuerst beschriebenen Versuchsanordnung (22) statt ausserhalb auch innerhalb des aus dem klaren, dünnen Quarzfenster dringenden Lichtbündels aufgestellt werden, ohne dass dadurch die Entladungsgeschwindigkeit der positiven wie der negativen Elektrizität beeinflusst würde.

30. Die Versuche am Lichtbündel der Steinsalzlins (28) wurden nun in der Weise durchgeführt, dass dasselbe den Zwischenraum zweier einander paralleler, mit Seifenlösung überzogener Leiterflächen symmetrisch durchsetzte. Die eine, mit der Erde verbundene Fläche war durch eine Nickelplatte von (25 cm)² Grösse gebildet, die andere, isolirte, durch das früher (22) benutzte Drahtnetz. Standen beide Flächen 6 cm voneinander ab und mit ihren Mitten 13 cm von der Fensterwand, so war die Wirkung im Mittel, bei einer Anfangsdivergenz von 20 Sct. des Exner'schen Elektroskopes

6,7 Sct. Verlust in 10 Sec. bei positiver Ladung

0,5 „ „ „ 10 „ „ negativer Ladung.

1) Mit Wasser getränktes Filtrirpapier zeigte manchmal kräftige Entladung negativer Elektrizität im Licht; glattes nasses Seidenpapier oder Schleiergewebe nicht. Es scheinen im ersteren Falle vorstehende, der Benetzung sich entziehende Fasern zu wirken. Seifenlösung benetzt bei einiger Vorsicht auch metallische Oberflächen gut.

2) Des geringen Gewichtes wegen wurde, wo nichts anderes bemerkt, stets Aluminiumblech benutzt.

Ob die Maschen des Netzes durch die Seifenlösung geschlossen oder ob sie offen waren, war einflusslos; ebenso wurde mit gleichem Erfolge statt des Netzes feines, ausgespanntes Schleiergewebe, trocken und wasserbenetzt, und statt der ge-seiften eine ungesiifte Nickelplatte oder ebenfalls Schleiergewebe benutzt.

31. Es kann jetzt auch auf die einfache Versuchsanordnung zurückgegriffen werden, die geladene Platte parallel zur Fensterwand in das Lichtbündel zu stellen. Platte und Fensterwand sind dann mit Seifenlösung überzogen, die Fläche des Fensters selber¹⁾ wurde jedoch trocken gelassen. Stand die $10 \times 14 \text{ cm}^2$ grosse Platte 5 cm vom Fenster ab, 10 cm von den Funken, so fing sie alles aus dem Fenster dringende Licht auf; die am Exner'schen Elektroskop beobachteten Verluste betrugen dann bei der Anfangsspannung von 20 Set. = 217 Volt.

7,7 Set., entsprechend 67 Volt in 10 Sec. bei pos. Ladung

0,9 „ „ 6 „ „ 10 „ „ neg. Ladung.

Die Wirkung ist demnach hier in grosser Nähe des Fensters noch stärker wie oben (30) unter Anwendung der Linse.

Eine Fläche aus feinstem, in einem Rahmen ausgespannten Schleiergewebe statt der Platte ergab die gleiche Wirkung.

32. Um die Wirkung bei verschiedener Spannung und unabhängig von etwa durch das Fenster dringenden elektrischen Kräften der Funken zu beobachten, wurde die Fensterfläche mit geseiftem, feinem Schleiergewebe bedeckt. Die dadurch eintretende Schwächung der Wirkung zu compensiren, wurden die Funken dem Fenster auf 3 cm genähert. Die drei benutzten Spannungen wurden an einem Elektroskop mit Stannioblättern, am Exner'schen Elektroskop und an einem Quadrantenelektrometer mit Zeigerablesung gemessen. Die Resultate sind für positive Ladungen hierunter zusammengestellt; die Wirkung bei negativer Ladung lag auch hier stets an der Grenze des Messbaren.

1) Als solches wird von hier ab durchweg wieder die erstbenutzte, 0,5 mm dicke Quarzplatte (22), jedoch ohne Blendung, vorausgesetzt.

Anfangs- spannung E	Spannungs- verlust in 10 Sec.	Rel. Capacität der geladenen Systeme	In 10 Sec. ver- lorene Mengen Q	$\frac{Q}{E}$
Volt	Volt			
3750	110	1,08	119	0,032
217	12	1,26	15	0,070
55	3	2,85	9	0,16

Die entladene Elektrizitätsmenge Q wächst also mit der Spannung E , aber, wie die letzte Columnne zeigt, langsamer als diese.

Wurde bei der Spannung von 3750 Volt eine geseifte Schleier- oder Papierfläche statt der glatten Platte benutzt, so war mitunter die Wirkung sowohl bei positiver als auch bei negativer Ladung auf das 4- oder 5 fache verstärkt. Es zeigte sich, dass diese Erscheinung mit dem Vorhandensein hervor- stehender Fasern, also örtlich sehr vergrösserter elektrischer Kraft an der belichteten Seite des geladenen Leiters verbunden war. Die Wirkung setzte auch hier ein mit dem Lichte und verschwand mit ihm, war also keine gewöhnliche Spitzen- entladung.

33. Die erwähnte Schwächung der Wirkung durch An- legen eines Schleiergewebes an das Fenster (32) war übrigens grösser als nach der Flächenbedeckung der Fäden des Gewebes erwartet wurde und zwar war sie um so grösser, je weiter die Funken vom Fenster abstanden, wie die folgenden Zahlen zeigen.

	Funkenabstand vom Fenster		
	1 cm	4 cm	10 cm
Fenster	Abnahme einer Anfangsdiv. von + 20 Sct. = 216 Volt in 10 Sec.		
a) frei	7,0 Sct. = 57 Volt	6,0 Sct. = 47 Volt	0,8 Sct. = 4,5 Volt
b) verschleiert	5,0 „ = 37 „	2,6 „ = 18 „	0,2 „ = 1,1 „
Quotient $\frac{a}{b}$	1,54	2,6	4

Ob der Schleier an die vordere oder hintere Fensterfläche gelegt war, war gleich; eine besondere Wirkung der Fensteroberfläche ist danach nicht im Spiele. Hinzufügen eines zweiten Schleiers zum ersten schwächte die Wirkung noch weiter.

Die von den benetzten Fäden des Schleiers bedeckte Fläche betrug viel weniger als $\frac{1}{4}$ der Fläche der Oeffnungen, was einem Quotienten $a/b < 1,3$ entspräche. Die grösseren Werte der Quotienten in der letzten Zeile der Tabelle können in dem Sinne gedeutet werden, dass ein Schwellenwert der Lichtintensität besteht, in dessen Nähe die Stärke der Wirkung — wenigstens der positiven — rasch gegen Null herabsinkt.¹⁾

34. Den Vorgang der Entladung eines Leiters in ultraviolett durchstrahlter Luft wird man nicht als Austreten von Elektricität aus dem Leiter in die Luft auffassen dürfen, sondern nur umgekehrt als ein Hinströmen entgegengesetzter Elektricität aus der Luft zum Leiter. Das Licht wirkt überhaupt nicht auf den Leiter (26), welcher nicht beleuchtet zu sein braucht (16, 22), sondern auf die Luft, welche zugleich das wirksame Licht verschluckt (44). Auf eine zum geladenen Körper hin gerichtete Bewegung materieller Träger von Elektricität weist auch schon die fördernde Wirkung eines in gleicher Richtung blasenden Luftstromes hin (23). Es gelingt aber auch umgekehrt, durch einen entgegengesetzt gerichteten Luftstrom die Wirkung zu schwächen und zum Stillstand zu bringen und es soll weiter unten (39) in dieser Weise die Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger bestimmt werden. Da die Bewegung der Elektricitätsträger unter dem Einfluss der elektrischen Kräfte des geladenen Körpers erfolgt, wird dieser auch auf die gleichnamigen Träger wirken, sie nämlich zu den Körpern der Umgebung hin treiben müssen, sodass an diesen

1) War das Licht schwacher Funken durch zwei dicke Quarzplatten und eine dünne Wasserschicht gegangen, so wurde an einer mit Wasser gut benetzten Platte der Verlust von positiver Elektricität kaum grösser gefunden als der von negativer; Einschalten von Glimmer beseitigte beide Verluste. Diese Form der Wirkung wechselte in diesem Falle sprunghaft, ohne mir bisher erkennbar gewordene Ursache, mit der sonst beobachteten Form rascherer positiver Entladung.

gleichnamige Ladung sich sammelt. Dies bestätigt der Versuch. Wurde der Zwischenraum zweier isolirter, paralleler Platten durchstrahlt, von welchen die erste auf -1550 Volt geladen war, die zweite Erdpotential besass, so nahm die zweite Platte negative Ladung an, sodass ihr Potential nach 10 Sec. -12 Volt betrug. Reducirt man dies Potential auf die Capacität der ersten Platte¹⁾, so entspricht es 32 Volt; diese erste Platte selber hatte aber nur etwa 10 Volt Spannungsverlust erlitten. Es ist also mehr negative als positive Elektrizität aus der Luft gewonnen worden, ganz wie bei allen vorhergegangenen Versuchen, in welchen die zum geladenen Körper hingerichtete Bewegung der Träger zur Beobachtung kam.

35. Als Wirkung des Lichtes ist danach die Sonderung positiver und negativer Träger in der Luft anzusehen. Nach dem Ergebnis der Versuche muss aber dann den beiden Trägersorten eine sehr verschiedene Beweglichkeit zugeschrieben werden. Die positiven Träger folgen den Kräften des Feldes kaum; sie müssen dann grösstenteils in der Luft bleiben. Hiervon geben die folgenden Versuche auch Anzeige.

Ein würfelförmiger Käfig von 12 cm Kantenlänge ist aus einem Drahtgerüste und darüber gewundenen Leinenfäden hergestellt, sodass die Fäden als Netzwerk von 1 cm^2 Maschengrösse seine Flächen bilden. Im Centrum des Würfels ist eine Messingkugel von 3 cm Durchmesser an einem am Käfig selbst befestigten Seidenfaden isolirt aufgehängt. Alle Teile des Käfigs und die Kugel sind mit Seifenlösung überzogen, nur der Seidenfaden ist trocken. Der von der Erde isolirte Käfig ist leitend mit einem Elektroskop verbunden, dessen eines Blatt an der Ocularscala eines Mikroskopes beobachtet wird.²⁾ Zur Ausführung des Versuches wird der Kugel im Käfig eine Ladung von 2270 Volt erteilt, während der Käfig Erdpotential behält. Der geringe Ladungsverlust der Kugel durch Isolationsmangel des Seidenfadens kommt bei der ge-

1) Die ungleiche Capacität der beiden Platten war durch die Verschiedenheit der mit ihnen verbundenen Messinstrumente bedingt.

2) Diese auch weiter noch zu benutzende Messvorrichtung war in Volts calibriert, es entsprachen z. B. 10 Sect. 28 Volt, 50 Sect. 66 Volt.

wählten Anordnung nicht zur Beobachtung, das Elektroskop des Käfigs verharret daher zunächst in seiner Nulllage. Wird nun der Käfig am Quarzfenster durchstrahlt, so beobachtet man ein langsames Ansammeln von Ladung an ihm, und dies dauert auch nach Aufhören der Belichtung noch etwa 10 Sec. lang fort. Die Ladung ist stets negativ, gleichgültig ob die Kugel positiv oder negativ geladen worden war. Da das durch die Ladung der Kugel gegebene elektrische Feld auf das Innere des Käfigs beschränkt ist, kann Ladungsaustausch mit der Umgebung nicht stattfinden (vgl. 24), dagegen kann die Luft frei den Käfig verlassen, und das angegebene Resultat des Versuches deutet an, dass sie dies mit positiver Ladung thut. Wird während der Belichtung ein breiter Luftstrom von etwa 0,5 m/sec mit Hülfe eines Ventilators durch den Käfig getrieben, so ist die entstehende negative Ladung desselben erstens grösser als ohne diesen Luftstrom und zweitens wächst sie nach Aufhören der Belichtung nicht mehr weiter an. Offenbar wird jetzt mit der Luft des Käfigs auch die positive Ladung derselben erstens vollständiger und zweitens schneller entfernt. Die beobachteten Ladungen waren z. B. ohne Luftstrom 10 Volt in 10 Sec. und noch 4 Volt weiter in den nach der Bestrahlung folgenden 10 Sec. Mit dem Luftstrom wurden 32 Volt in 10 Sec. erreicht; ohne Bestrahlung war der Luftstrom unwirksam.

36. Im wesentlichen dieselben Erscheinungen waren bei verfeinerter Beobachtung auch an der einfachen, dem Fenster gegenüber aufgestellten Platte zu bemerken. Das mit der Platte verbundene Elektroskop befand sich dazu im Innern einer isolirt aufgestellten, leitenden Hülle, deren Potential mit Hülfe einiger Leydener Flaschen auf constantem, hohem Werte gehalten wurde (vgl. E und HH in der Figur zu 39). Zum Laden der Platte wird dieselbe leitend mit der Hülle verbunden, zur Beobachtung der Entladung von derselben losgeschaltet. Der mikroskopisch zu beobachtende Gang des Elektroskopes misst dann unmittelbar die Spannungsabnahme an der Platte.

Man findet nun bei positiv geladener Platte, dass der Spannungsverlust noch einige Zeit nach Aufhören der Belichtung fort dauert. Als z. B. die Platte 5 cm vom Fenster,

12 cm von den Funken entfernt war und das Potential des Gehäuses, also das Anfangspotential der Platte +2270 Volt betrug, wurden während 3 Sec. Bestrahlung 11 Volt verloren und der Verlust setzte sich nachher noch etwa 15 Sec. lang fort bis zu 15 Volt im ganzen. Derselbe Endwert des Verlustes wurde fast momentan erreicht, wenn ein breiter Luftstrom, unmittelbar nach Beendigung der Bestrahlung einsetzend, zwischen Platte und Fenster hindurchblies. Die Nachwirkung war in jedem Falle um so beträchtlicher, je länger vorher belichtet wurde. Blies aber der Luftstrom schon während der Belichtung, so fehlte die Nachwirkung. Ohne Belichtung war der Luftstrom einflusslos; seine Geschwindigkeit betrug nahe 0,2 m/sec.

Eine Erklärung der beobachteten Nachwirkungserscheinungen durch Annahme einer genügend langen Nachdauer des leitfähigen Zustandes der Luft stösst hier auf den Widerspruch, dass die Nachwirkung durch Forttreiben der ruhend belichteten Luft nicht aufgehoben, sondern nur beschleunigt wurde. Dagegen sind alle Erscheinungen erklärt, wenn unter dem Einfluss des Lichtes und der elektrischen Kraft positive Elektrizität in der Luft sich anhäuft, welche nachher von selber langsam, mit starker Luftbewegung aber schnell fortströmt, deren Anhäufung also auch verhindert werden kann, wenn schon von vornherein genügende Luftbewegung vorhanden ist.

37. In einem abgeschlossenen, durchstrahlten Raume wurden positiv und negativ geladene Leiter nahezu gleich schnell entladen. Der Versuch wurde mit einer Blechbüchse ausgeführt, welche ein dünnes Quarzfenster zum Eintritt des Lichtes trug und in deren Centrum sich eine Metallkugel befand, deren Stiel durch eine kleine Oeffnung der Büchsenwand frei zum Elektroskop oder Quadrantelektrometer herausführte. Alle Oberflächen im Innern der Büchse waren mit Seifenlösung überzogen, nur das Quarzfenster blieb trocken. Das Quadrantelektrometer zeigte in diesem Fall bei positiver wie bei negativer Ladung eine Nachwirkung von der Dauer etwa einer Minute an.

Auch die früher (16) beschriebenen Versuche, in welchen durchstrahlte Luft zwischen die Belege eines geschlossenen

geladenen Condensators geleitet wurde, haben gleiche Entladungsgeschwindigkeit für beide Elektricitäten ergeben; dies Resultat besteht aber, wie ich seither fand, nur so lange, als die Strömungsgeschwindigkeit der Luft eine gewisse Grenze nicht übersteigt. Bei genügend schneller Strömung verliert der Condensator positive Ladung schneller als negative.¹⁾

38. Frische Luft ist wirksamer als Luft, welche der Wirkung schon unterworfen war.

Schon früh fiel mir auf, dass in allen Fällen die am Elektroskop beobachtete Wirkung nicht proportional der Dauer der Belichtung, sondern sehr verzögert wächst, wie das folgende Beispiel zeigt.

Geseifte Platte parallel dem Fenster; Anfangsspannung + 217 Volt.

Dauer der Bestrahlung	Verlust	$\frac{\text{Verlust}}{\text{Dauer}}$
sec	Volt	$\frac{\text{Volt}}{\text{sec}}$
5	10	2,0
10	12	1,2
20	17	0,85
30	24	0,80

Ausserdem zeigte sich bei langdauernden Versuchsreihen die Wirkung auf eine positive Platte jedesmal in beständiger Abnahme begriffen, bis sie zuletzt fast versagte, um aber nach kurzer Lüftung des Zimmers durch Oeffnen der Fenster in der ursprünglichen Stärke sofort wiederzukehren. Die an sich geringe Wirkung auf die negative Platte schien dagegen durch die Lüftung geschwächt zu werden.²⁾

1) Das Bestrahlungsgefäss bot hier blanke Glaswände dar. — Von dem Verfolg obiger Versuche habe ich zunächst abgesehen, weil es schwierig schien, von dauernder Vollständigkeit der Benetzung unzugänglicher Innenwände und damit von der Reinheit der Versuche sich zu überzeugen.

2) Um jederzeit vergleichbare Resultate zu erhalten, wurde schon früh im Laufe der Versuche die Vorsicht gebraucht, stets nur mit kurzen Belichtungen und bei häufig wiederholter Zimmerlüftung, oder, an wind-

Ausser mit dem Freiwerden von positiver Elektricität in der Luft (35, 36) hängen diese Ermüdungserscheinungen vielleicht auch mit der Anhäufung der durch das Licht erzeugten Nebelkerne in der Zimmerluft zusammen.¹⁾

39. Wie das Vorhergehende (34—37) zeigt, führen die Eigentümlichkeiten der durch ultraviolettes Licht leitend gewordenen Luft zu denselben, der Theorie der Elektrolyse entnommenen Vorstellungen, welche durch Hrn. J. J. Thomson und seine Mitarbeiter an anderen Fällen der Elektricitätsleitung durch Gase bereits entwickelt und als fruchtbar gezeigt worden

sind und in welchen Träger positiver und negativer Elektricität von verschiedener Natur und daher auch verschiedener Wanderungsgeschwindigkeit im leitenden Gase angenommen werden.

Ich habe die Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger der durchstrahlten Luft folgendermaassen bestimmt.²⁾

stillen Tagen, bei offenen Fenstern zu arbeiten. Auch wurde die als Lichtquelle dienende Funkenstrecke von einem dichten, innen mattschwarzen Gehäuse umgeben, das bis zur Fensterfläche reichte und durch welches beständig ein Luftstrom gesaugt wurde, der an der Fensterfläche eintrat.

1) Die Herren Elster u. Geitel fanden im Falle der spontanen Elektricitätszerstreuung in der freien Luft einen hemmenden Einfluss von Staub. (Terr. Magn. u. atm. Elektricität 4. p. 213. 1899 und Ann. d. Phys. 2. p. 435. 1900.) Man vergleiche indessen für unseren Fall auch die erste Fussnote zu 45.

2) Nach dem benutzten Princip ist in einem anderen Falle bereits von Hrn. J. Zeleny verfahren worden (Phil. Mag. (5) 46. p. 122. 1898).

Zwei rechtwinklige Metallrahmen rr und RR waren mit Leinenfäden bespannt, sodass jeder Rahmen ein Netz von etwa 1 cm^2 Maschenweite bildete. Diese beiden Netze waren einander parallel in 5 cm gegenseitigem Abstand so am Quarzfenster ff' aufgestellt, wie es vorstehende Figur (p. 310) zeigt. Das kleinere Netz rr maass $(7\text{ cm})^2$, das grössere, hochkant gestellte Netz RR $17 \times 24\text{ cm}^2$. Die Luft zwischen den Netzen wird durchstrahlt, wobei jedoch die Lichtgrenze 2 cm von dem kleineren Netz entfernt blieb¹⁾, welches mit dem mikroskopisch zu beobachtenden Elektroskop E in der Hülle HH (36) verbunden und positiv geladen ist. Das grössere Netz hat Erdcontact. Ein Centrifugalventilator bläst quer durch beide Netze einen Luftstrom, der breiter ist als das kleinere Netz. Die Geschwindigkeit des Luftstromes ist regulierbar und wird durch ein kleines Schalenkreuzanemometer gemessen²⁾, welches hierzu zwischen die beiden Netze gebracht werden kann. Es wurde nun für verschiedene Geschwindigkeiten des Luftstromes jedesmal der Spannungsverlust des geladenen Netzes bei 10 sec langer Bestrahlung gemessen. Ohne Licht war auch beim schnellsten benutzten Luftstrom kein Verlust in dieser Zeit zu bemerken. Die erhaltenen Resultate sind die folgenden:

Geschwindigkeit der Luft	Verlust in 10 sec	Geschwindigkeit der Luft	Verlust in 10 sec
m/sec	Volt	m/sec	Volt
0	58	1,16	9
0,29	42	1,30	0
0,46	36	1,46	0
0,79	15	2,10	0
1,02	11		

Verluste und Geschwindigkeiten sind hiernach nahezu in linearer Beziehung zu einander bis zur Geschwindigkeit $1,30\text{ m/sec}$

1) Ohne diese Vorsicht war es aus leicht ersichtlichem Grunde nicht möglich, durch den Luftstrom die Entladung ganz zum Stillstand zu bringen.

2) Die Angaben des Instrumentes wurden durch Herumbewegen desselben mit bekannter Geschwindigkeit auf der Centrifugalmaschine controlirt, wobei übrigens die vom Verfertiger (Firma Fuess) dem Instrument beigegebene Correctionstabelle als zutreffend befunden wurde.

hin. Dies entspricht der einfachen Vorstellung, dass die Geschwindigkeit der Träger relativ zu den Netzen gleich ist der Differenz der Wanderungsgeschwindigkeit und der Luftgeschwindigkeit und lässt annehmen, dass die angewandte elektrische Kraft gross genug war, um Diffusion der Träger nicht merklich in Betracht kommen zu lassen. Eine in graphischer Darstellung den Versuchspunkten angepasste gerade Linie schneidet an der Stelle $1,30 \text{ m/sec}$ die Nulllinie der Verluste; diese Geschwindigkeit ist danach die wirkliche Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger in unserem Falle. Die dabei wirksame elektrische Kraft war 208 Volt auf 5 cm oder $41,6 \text{ Volt/cm}$. Darf man annehmen, dass Geschwindigkeit und Kraft einander proportional wachsen (vgl. 41), so ist die für 1 Volt/cm geltende Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger $3,13 \text{ cm/sec}$. Es ist dies nahe das Doppelte des von Hrn. Rutherford in verschiedenen anderen Fällen der Elektrizitätsleitung durch Luft für die negativen Träger gefundenen Wertes.¹⁾

40. Aus der Geschwindigkeit kann auf die Natur der Träger geschlossen werden.

Jeder Träger wird Zusammenstößen mit den Moleculen der Luft ausgesetzt sein. Wir nehmen an, dass in Hinsicht der durch einen solchen Zusammenstoss bewirkten mittleren Geschwindigkeitsänderung Träger und Luftmoleculé als kugelförmige Massen m und M betrachtet werden können, die nur centrale Kräfte aufeinander ausüben. Ist dann der augenblickliche Wert der Wanderungsgeschwindigkeit des betrachteten Trägers unmittelbar vor einem Zusammenstoss v , so findet man durch Anwendung des Principis vom Schwerpunkt und des der lebendigen Kraft die nach dem Stosse übrig bleibende Geschwindigkeitscomponente in Richtung von v , d. i. in Richtung des vorhandenen elektrischen Feldes im Mittel für alle vorkommenden Arten des Zusammenstosses gleich $v m / (m + M)$. Die Verminderung der augenblicklichen Wanderungsgeschwindigkeit v des Trägers durch einen Zusammenstoss ist daher im Mittel $v M / (m + M)$. Im Falle des stationären Zustandes wird dieser Geschwindigkeitsverlust ausgeglichen durch die zwischen je zwei Zusammenstößen stattfindende Beschleunigung des

1) E. Rutherford, Proc. Cambridge Phil. Soc. 9. (8) p. 416. 1898.

Trägers im elektrischen Felde F infolge seiner elektrischen Ladung e , sodass ist

$$\frac{e}{m} F \frac{L}{V} = v \frac{M}{m + M},$$

wo L die mittlere freie Weglänge, V die mittlere Geschwindigkeit der Molecularbewegung des Trägers ist, welch letztere gross gegen die Wanderungsgeschwindigkeit v und derselben superponirt angenommen wird. Die beobachtbare Wanderungsgeschwindigkeit ω ist die mittlere Geschwindigkeit der gleichförmig beschleunigten Bewegung des Trägers zwischen zwei Zusammenstössen:

$$\omega = v \frac{m}{m + M} + \frac{e}{2m} F \frac{L}{V},$$

oder, mit dem aus der vorhergehenden Gleichung folgenden Werte von v :

$$\omega = \frac{L}{V} e F \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{2m} \right).$$

Nun ist die mittlere freie Weglänge L einer in geringer Menge in einem Gase vorhandenen fremden Molecülgattung, als welche wir die Träger ansehen, gleich $V/N\pi s^2\sqrt{V^2 + W^2}$, wo W die mittlere moleculare Geschwindigkeit des Gases, N die Zahl der Molecüle in der Volumeneinheit und $s = r + R$ die Summe der mittleren Radien von Träger und Molecül ist.¹⁾ Dies benutzt, wird die Wanderungsgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{e F}{N\pi s^2\sqrt{V^2 + W^2}} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{2m} \right).$$

Sei (a) die Masse der Träger m klein gegen die Masse der Gasmolecüle M , so wird, bei Einführung der Gasdichte $D = NM$,

$$(a) \quad \omega_a = \frac{1}{2\pi} \frac{e F}{D s^2 W} \sqrt{\frac{M}{m}};$$

sei (b) $m = M$, so wird

$$(b) \quad \omega_b = \frac{3}{2\pi\sqrt{2}} \frac{e F}{D s^2 W};$$

1) J. C. Maxwell, Phil. Mag. (4) 19. p. 29. 1860.

sei endlich (c) m gross gegen M , so ist

$$(c) \quad \omega_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{e F}{D s^2 W}.$$

41. Die vorstehenden Gleichungen enthalten die von Hrn. Rutherford in zwei Fällen der Elektrizitätsleitung durch Gase festgestellten Regelmässigkeiten.¹⁾ So wurde von Hrn. Rutherford die Wanderungsgeschwindigkeit ω proportional der Feldstärke F gefunden und verkehrt proportional dem Gasdrucke, der bei gleichbleibender Temperatur durch N gemessen wird. Was den Einfluss der Natur der Gases anlangt, so kann nur der Fall (b) oder (c), nicht (a) Hrn. Rutherford's Beobachtungen darstellen, nach welchen die Wanderungsgeschwindigkeit in verschiedenen Gasen sehr verschieden ist. Denn das Product $D \cdot W$ ist bei verschiedenen Gasen unter sonst gleichen Umständen proportional $\sqrt{M}$ und das in s enthaltene R ist für alle Gase ziemlich nahe dasselbe²⁾, woraus hervorgeht, dass ω_a nahezu unabhängig von der Natur des Gases ist, während ω_b und ω_c verkehrt proportional der Quadratwurzel aus der Gasdichte sind. Das letztere aber scheint nach Hrn. Rutherford's Beobachtungen der Wirklichkeit zu entsprechen.³⁾

42. Setzt man $e = 6,6 \cdot 10^{-10}$ C.G.S. statisch, was Hrn. J. J. Thomson's Bestimmungen der Ladung negativer Träger in zwei Fällen von Elektrizitätsleitung durch Gase entspricht⁴⁾, $D = 0,00123$ gr/cm³, $W = 447$ m/sec⁵⁾, F und ω nach dem angestellten Versuche (39) $F = 41,6$ Volt/cm $= 0,139$ C.G.S. statisch, $\omega = 1,30$ m/sec, so findet man mit Gleichung (b) $s = 0,65 \cdot 10^{-6}$ mm. Dies rechtfertigt die Anwendung dieser

1) E. Rutherford, l. c. p. 413—416.

2) Vgl. O. E. Meyer, Kinet. Theorie d. Gase, p. 319 u. ff. 1899.

3) Hr. Rutherford findet die Geschwindigkeiten in Luft, Wasserstoff, Kohlensäure in einem Falle wie 1:2,8:0,56 (l. c. p. 415), in einem anderen Falle wie 1:3,3:0,67 (nach Columne 2 der Tabelle p. 416 l. c.); die reciproken Wurzeln der Dichten sind 1, 3,80, 0,812.

4) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46. p. 528. 1898; (5) 48. p. 557. 1899.

5) O. E. Meyer, l. c. p. 59.

Gleichung¹⁾ und zeigt einzelne Molecüle, vielleicht Atome als negative Träger an.

43. Die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Träger haben wir bereits für sehr klein erklärt, denn sie folgten mehr den Strömungen der Luft als den elektrischen Kräften. Darf man annehmen, dass diese Träger von einheitlicher Beschaffenheit sind²⁾, so kann eine Schätzung ihrer Geschwindigkeit folgendermaassen gewonnen werden. Wir fanden (36), dass das Fortströmen der Träger aus dem Raume zwischen dem Fenster und einer 5 cm von demselben aufgestellten Platte etwa 15 sec dauerte. Im Mittel befindet sich dann jeder Träger $15/2 = 7,5$ sec lang im elektrischen Felde. Da nun von einer auf 217 Volt geladenen Platte in obiger Stellung nur etwa der zehnte Teil der gesamten in der Luft frei werdenden positiven Elektricität aufgefangen wurde, nämlich nur etwa der zehnte Teil der bei entgegengesetzter Ladung aufgefangenen negativen Elektricität (31), so beträgt die Wanderung der positiven Träger in der verfügbaren Zeit von 7,5 sec nur etwa $5 \text{ cm}/10 = 0,5 \text{ cm}$. Dem entspricht eine Geschwindigkeit von $0,5 \text{ cm}/7,5 \text{ sec} = 0,067 \text{ cm/sec}$ beim Gefälle von 217 Volt/5 cm, woraus die Wanderungsgeschwindigkeit 0,0015 cm/sec für 1 Volt/cm folgt.

Aus dieser Geschwindigkeit ergibt Gleichung (c) mit den schon benutzten sonstigen Daten $(42) 2s = 2r + 2R = 56 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$ oder gleich etwa dem 70fachen des Moleculardurchmessers, was die Voraussetzung des Falles (c) rechtfertigt und Complexe sehr vieler Atome als positive Träger anzeigt. Wollte man annehmen, dass jeder Träger mit mehreren Elementarquanten e geladen ist, so würde dem ein noch grösserer Durchmesser entsprechen.

44. Um zu sehen, ob in den gegenwärtigen Versuchen dasselbe äusserste ultraviolette Licht wirksam ist, welches die Nebelkerne in der Luft bildet und von ihr absorbiert wird (8),

1) Für Molecüle der Luft als Träger wäre als Durchmesser nach Diffusionsbeobachtungen und den Abweichungen vom Gay-Lussac-Mariotte'schen Gesetz zu erwarten gewesen etwa $s = 2R = 0,80 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$ (O. E. Meyer, l. c. p. 327).

2) Einige Beobachtungen, wie die in der Note zu (33) mitgeteilte, schienen mir anzudeuten, dass unter Umständen die Geschwindigkeit der positiven Träger nahe gleich der der negativen werden kann.

habe ich die Durchlässigkeit einiger Gase für die elektrische Wirkung geprüft. Das Gas war, langsam strömend, in einer 6,5 cm langen Kammer zwischen zwei 0,5 mm dicken Quarzplatten eingeschlossen. Die Funken standen 1 cm von der ersten Quarzplatte entfernt, die geseifte, auf + 2300 Volt geladene Platte 5 cm vom Fenster, welches an der zweiten Quarzplatte anlag. Es wurde 10 sec lang bestrahlt und ein Luftstrom blies beständig zwischen Platte und Fenster hindurch. Die Verhältniszahlen zwischen der in Volt gemessenen Wirkung bei Gasfüllung und bei Luftfüllung der Absorptionskammer waren die folgenden:

Wasserstoffgas	Kohlensäure	Luft	Leuchtgas
2,0	1,3	1,0	0,0

Es ist also unzweifelhaft, dass die Luft die wirksamen Strahlen absorbiert.

45. Nach allem Mitgeteilten, besonders aber nach dem Ausfall derjenigen Versuche, in welchen das Licht frei durch die Luft strahlte (22—28), wird als erwiesen gelten können, dass das Volumen der durchstrahlten Luft der Sitz der studirten Wirkung des Lichtes ist. Zweifel können indessen darüber bestehen, ob nicht der in der Zimmerluft stets suspendirte und also mitbestrahlte Staub¹⁾ einen wesentlichen Anteil an der beobachteten Wirkung hatte. Ist dieser Staub der Hallwachs'schen lichtelektrischen Wirkung zugänglich und ist er in genügender Menge vorhanden, so würde er in der That, auch ohne Einfluss des Lichtes auf die Luft selbst, Erscheinungen wie die bisher beschriebenen hervorbringen müssen.

1) Geringe Mengen von Schornsteinrauch dürften nach der Lage des Arbeitszimmers die hauptsächlichste Verunreinigung der benutzten Luft gewesen sein, auf deren Reinheit im übrigen stets geachtet wurde. Absichtliches Brennen vieler Gasflammen beeinflusste übrigens die Wirkung nicht bemerkbar, ebensowenig dichter Salmiaknebel in der Nähe der geladenen Platte. Sichtbarer Nebel von Tabakrauch verstärkte die Wirkung ein wenig; dichte Wolken dieses Rauches, in die belichtete Luft geblasen, verstärkten sie sehr.

Leicht bewegliche negative Träger würden von ihm ausgehen, während er selbst schwer bewegliche positive Kerne bildete.

Solcher Annahme steht indessen entgegen, dass die in unseren Versuchen wirksamen negativen Träger einen Dampfstrahl nicht beeinflussen, noch auch von ihm beeinflusst werden, wie das Folgende zeigt, während die durch ultraviolettes Licht an festen oder flüssigen Körpern erzeugten negativen Träger sehr wirksame Kerne der Dampfcondensation sind.¹⁾

Seitlich an dem scharfbegrenzten, aus dem Quarzfenster dringenden Lichtbündel, in 7 cm Entfernung von dessen Rande, befindet sich ein mit feinem Schleier überzogener Rahmen isolirt aufgestellt, demselben gegenüber, jenseits der Axe des Lichtbündels, eine mit der Erde verbundene, geseifte, grössere Metallplatte. Ein mit dem Schleierahmen verbundenes Elektroskop zeigt dann die entladende Wirkung des Lichtes wie in (22). Da nun das Potential des Rahmens auf 200 bis 4000 Volt gehalten wurde, betrug die zwischen ihm und der 12 cm entfernten Platte wirksame Kraft 16 bis 300 Volt/cm, was nach der gefundenen Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger (39) die Dauer ihrer Wanderung von der Lichtgrenze bis zum Schleier zu 0,14 bis 0,007 sec ergibt. War nun ein Dampfstrahl in verschiedenen Stellungen in der Nähe des positiv geladenen Schleiers, zwischen ihm und der Lichtgrenze angebracht, ohne und auch mit Benutzung des Mantels (9), so erfolgte doch in keinem Falle die Reaction des Strahles früher als 2,0 sec nach Anfang der Belichtung. Es war auch gleichgültig für die Dauer bis zum Eintritt der Reaction ob der Schleier positiv, negativ elektrisch oder ungeladen war.

Die an einer parallel dem Fenster aufgestellten, geseiften Platte beobachtete elektrische Wirkung (81) wurde auch durchaus nicht bemerkbar geändert, wenn ein Dampfstrahl zwischen der Platte und dem Fenster austrat, ebenso nicht wenn dichter Wassernebel, von dem in einiger Entfernung befindlichen Dampfrohr kommend, den Raum zwischen Platte und Fenster erfüllte. Wirkten die Träger der negativen Elektricität als Condensationskerne, so hätte die Entladung der positiven

1) P. Lenard u. M. Wolf, Wied. Ann. **37**. p. 444. 1889.

Elektricität hier vermindert werden müssen, und ausserdem war zu erwarten, dass Staub der Zimmerluft hier mit Wasser überzogen und also lichtelektrisch unwirksam würde.

46. Aus dem Vorhergehenden ergibt sich ausserdem, dass die durch das ultraviolette Licht in der Luft erzeugten Nebelkerne, welche durch Hrn. Wilson und in der vorigen Mitteilung studirt wurden, nicht identisch sind mit den gegenwärtig untersuchten Trägern negativer Elektricität.¹⁾ Ich habe aber auch kein Zeichen dafür erhalten, dass jene Kerne etwa identisch seien mit den Trägern der positiven Elektricität.

Ströme der am Fenster stark reagirende Dampfstrahl gegen ein ausser Licht befindliches Drahtnetz oder gegen eine mit Eis gekühlte Metallfläche, so sammelte sich an diesen keine am Exner'schen Elektroskop bemerkbare Ladung, auch dann nicht, wenn der Dampfstrahl im Felde eines stark geladenen Condensators sich befand, welcher die negative Elektricität aus seinem Bereich entfernen sollte. Nur dann zeigte sich sofort Ladung am Drahtnetz, und zwar negative, wenn die blanke negative Platte des Condensators vom Licht getroffen war, was als Hallwachseffect auf diese Platte und Nebelkernwirkung der negativen Träger dieses Effectes zu deuten ist.

An der oberen Wölbung einer 50 cm hohen Glasglocke befand sich ein Quarzfenster, durch welches das Funkenlicht in die Luft der Glocke strahlen konnte. Am Boden der Glocke war eine wohl isolirte, mit dem Quadrantelektrometer verbundene, mit Seifenlösung überzogene Platte angebracht; die Wände der Glocke waren mit Wasser benetzt. Hatte das Licht eine Zeitlang in die nahezu staubfreie Luft der Glocke gestrahlt, so entstand bei nachheriger plötzlicher Expansion der Luft eine Wolke im oberen, unter dem Fenster befindlichen Teil der Glocke. Während nun die Wolke langsam sich senkte, wurde am Quadrantelektrometer der Augenblick erwartet, wo sie auf die Platte am Boden sich niederliess. Es trat dann aber entweder keine oder nur eine geringe, weniger als 0,2 Volt entsprechende Bewegung am Elektrometer ein,

1) Es stände dies auch in Widerspruch mit Versuchen von Hrn. Wilson, l. c., Phil. Trans. 193. p. 305. 1899.

von wechselndem, meist negativem Vorzeichen. Die Druckverminderung bei der Expansion betrug etwa 8 cm Quecksilber; der Anfangsdruck war Atmosphärendruck.

47. Die mitgeteilten Versuche zeigen also im ganzen vier verschiedene Producte des Lichtes in der durchstrahlten atmosphärischen Luft an: Träger negativer Elektricität, welche geladene Atome oder Molecüle zu sein scheinen, Träger positiver Elektricität von grösseren Dimensionen, Nebelkerne, welche unelektrisch sind, und Ozon.

Kiel, den 15. August 1900.

(Eingegangen 17. August 1900.)