

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Bildung der Erdalkaliperoxyde

Engler, Carl

Heidelberg, 1910

Einleitung und I. Teil Lichtquelle

[urn:nbn:de:bsz:31-289891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289891)

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
Stiftung Heinrich Lanz
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

=====
Jahrgang 1910. 28. Abhandlung.
=====

Über die Wirkungen sehr kurzwelligen
ultravioletten Lichtes auf Gase und über
eine sehr reiche Quelle dieses Lichtes

Einleitung und I. Teil

Lichtquelle

Von

^[Lipp]
P. Lenard und ^[au]
C. Ramsauer

(Aus dem radiologischen Institut der Universität Heidelberg)

Mit einer Abbildung

Eingegangen am 2. August 1910



Heidelberg 1910

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 514.

Stenographie
der Deutschen Akademie der Wissenschaften
Leipzig, 1874
Verlag von C. Neumann, Neudamm

Über die Wirkung des Lichtes auf die
Molekularbewegungen in Gasen und
Flüssigkeiten
von
Erster Teil

Lichtwellen

von
H. Lorentz
Leipzig, 1875
Verlag von C. Neumann, Neudamm



Heidelberg 1875
Verlag von C. Neumann, Neudamm

Der eine von uns hat vor längerer Zeit gezeigt¹⁾, daß Gase durch kurzwelliges ultraviolettes Licht eine dreifache Veränderung erfahren: es wird 1. das Gas elektrisch leitend, indem sich positiv und negativ geladene Elektrizitätsträger in ihm bilden, 2. entstehen Nebelkerne im Gas, welche im Gegensatz zu jenen Elektrizitätsträgern unelektrisch sind, und 3. können chemische, molekulare Veränderungen erfolgen — aus Sauerstoff bildet sich Ozon. Neu war hierin sowohl die Erkenntnis, daß nicht nur einige besondere Gase, wie das Chlor-Wasserstoff-Gemisch, sondern so gut wie alle Gase durch Licht von geeigneter Wellenlänge ergriffen werden, als auch die Art der Wirkungen. Denn die Versuche waren darauf angelegt, zu zeigen, daß alle diese Wirkungen, namentlich auch die Bildung der Elektrizitätsträger²⁾, die zum Teil sehr groß sind, und die Bildung der Nebelkerne — d. i. verhältnismäßig grober Partikel im Gas — ohne wesentliche Mitwirkung fester Körper stattfinden, daß also alle diese Produkte aus den Molekülen im Gaszustand durch bloße Wirkung der periodischen elektrischen Kräfte des Lichtes auf diese Moleküle entstehen.

Es ließen sich hiernach aus dem Studium dieser Wirkungen neue Einblicke erwarten in die Wechselwirkungen zwischen Ätherwellen und materiellen Molekülen. Dies war der Anlaß, seither den Gegenstand fast stetig weiter zu verfolgen, besonders auch die Herstellung einer Lichtquelle zu suchen, welche jene Wirkungen in größerer Intensität ergäbe, und also

¹⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, Bd. 1, p. 486, 1900 (im folgenden kurz mit „1900, Bd. 1“ bezeichnet) und Bd. 3, p. 298, 1900 (im folgenden kurz mit „1900, Bd. 3“ bezeichnet).

²⁾ Vermutet wurde die Entstehung von Elektrizitätsträgern in Gasen durch Licht schon vor unseren Versuchen, und wohl zuerst, von Herrn ARRHENIUS (*Wied. Ann.* 33, p. 638, 1888) als ein Erklärungsversuch der damals von HERTZ soeben erst in einer ersten Form entdeckten elektrischen Wirkungen des ultravioletten Lichtes; doch zeigte es sich später (P. LENARD, Wiener Akad., 19. Okt. 1899), daß die Wirkung gerade in dieser Form nicht auf das Gas, sondern nur auf die feste negative Elektrode ausgeübt wird.

unter möglichst günstigen Verhältnissen zu studieren erlaubte. Wir haben in dieser zuletzt gemeinsam durchgeführten Arbeit auch Erfolg gehabt. Die neue Lichtquelle übertrifft im Reichtum an sehr kurzwelligem Licht weit alle bisher benutzten Lichtquellen; sie verspricht daher ganz allgemein überall dort von erheblichem Vorteil zu sein, wo es sich um Wirkungen dieses Lichtes handelt. Man überzeugt sich mit Hilfe dieser Lichtquelle auch leicht davon, daß die eben erwähnten, früher gezogenen Schlüsse — welche von manchen Seiten, sehr zu Unrecht, bezweifelt worden sind — richtig waren. Namentlich bestätigt es sich auch, daß es Moleküle im Gaszustand sind, auf welche das Licht wirkt, ohne daß natürlich, wie schon ursprünglich hervorgehoben, die Mitwirkung fester Körper — Staub im Gas oder Gefäßwände — dann ausgeschlossen ist, wenn solche mitbestrahlt werden.

Wir berichten im folgenden I. Teil über die Lichtquelle, alsdann in nachfolgenden weiteren Teilen über die mit ihr bereits erhaltenen neuen Resultate, wobei dann auch Gelegenheit sein wird, auf die von anderen Seiten über den Gegenstand erschienenen Publikationen einzugehen, welche unseren erwähnten ersten Mitteilungen folgten.

I. Teil, Lichtquelle.

Prinzip. — Schon zur Zeit, als wir die Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf die Gase fanden, erwiesen sich die elektrischen Funken als die reichste Quelle des kurzwelligen Lichtes. Seither kam die Quecksilberbogenlampe in Quarzgefäßen als neue, mächtige ultraviolette Quelle hinzu. Da es sich aber hier um Wellenlängen unterhalb 200 $\mu\mu$ handelt (1900, Band 1, p. 494ff., Band 3, p. 315f.), für welche selbst der kristallisierte Quarz schon mangelhaft durchlässig ist, so sind dieser Lampe hier Grenzen gesetzt. Sie ist an diesen Wellenlängen sogar erheblich ärmer als die Funken eines gewöhnlichen Induktoriums mittlerer Größe bei zweckmäßiger Kapazitätsanschaltung, und sie bietet hier hauptsächlich nur den Vorteil, in sich hermetisch geschlossen, und daher störungsfreier und in der Anwendung bequemer zu sein als die Funken. In der Tat sind unsere Versuche bereits vielfach mit Quecksilberlampen wiederholt und auch, namentlich nach der chemischen Seite hin, erweitert worden (s. den II. Teil). Die

notwendige feste Hülle ist jedoch ein ernstliches Hemmnis gegen die volle Auswertung des an sich vielleicht an jenem äußersten Ultraviolett sehr reichen Quecksilberbogens. Denn der geschmolzene Quarz, aus welchem die Hülle besteht, absorbiert nach Messungen, welche Herr S. SACHS im hiesigen Radiologischen Institut ausgeführt hat, jenes kurzwellige Licht noch außerordentlich viel stärker als der kristallisierte Quarz. Während 1 cm kristallisierter Quarz noch 45 pc. dieses Lichtes hindurchläßt, gemessen durch die hinter dem Quarz beobachtete Leitfähigkeit der Luft, gehen durch 1 cm geschmolzenen Quarzes nur 0,006 pc. hindurch.³⁾ Die anderen bekannten durchlässigen Materialien, auch Flußspat, sind aber nicht genügend feuerbeständig, um bei der Quecksilberlampe angewendet zu werden. Auch die von Herrn SCHUMANN bei seiner ersten Auffindung dieses kurzwelligen Lichtes und bei seinen Untersuchungen darüber so vorteilhaft gefundenen elektrischen Entladungen in verdünntem Wasserstoff hinter Steinsalz- oder Flußspatverschluß zeigten sich bei vorgenommenem Vergleich mit den Funken als Lichtquelle nur von bescheidener Wirksamkeit. Wir sind daher wieder zu den Funken zurückgekehrt. Die Benutzung der verschiedenen käuflichen Typen von Induktorien und Transformatoren zeigte, daß keiner derselben die Wirkungen der Funken zu einem Maximum bringt; wir fanden die Wirkung immer noch im Ansteigen, wenn wir die Sekundärwicklung auf größere Elektrizitätsmengen einrichteten, als es bei jenen, meist für geringe Menge und dafür hohe Spannung konstruierten Typen der Fall ist. Die hohe Spannung kommt für den gegenwärtigen Zweck nicht zur Geltung, denn man wünscht für Versuche mit Licht in erster Linie eine möglichst konzentrierte Quelle, also kurze Funken.

Auf Grund dieser Erfahrungen und Überlegungen — welche sich bestätigten — haben wir eine besondere Sekundärwicklung mit mehreren Schaltungsmöglichkeiten für einen großen Induktor herstellen lassen, deren Windungszahl und Isolation auf keine höhere Spannung berechnet war, als der gewünschten Funkenlänge entsprach, welche aber dafür den verfügbaren Raum mit um so dickerem Draht füllte.⁴⁾ Fügt man noch eine

³⁾ Die Zahlen sind an viel dünneren Quarzschichten ermittelt und nach dem Absorptionsgesetz umgerechnet. Vgl. S. SACHS, Dissertat. Heidelberg 1910.

⁴⁾ Die Firma Klingelfuß in Basel hatte mit dankenswertem Entgegen-

geeignet große, an die Funken zu schaltende Kapazität hinzu, so ergibt sich die von uns jetzt benutzte, außerordentlich reiche Ultraviolettquelle. Folgendes sind die Einzelheiten derselben.

Primär- und Sekundärspulen. -- Die Primärspule⁵⁾ aus dünn isoliertem Kupferdraht von 3 mm Durchmesser umschließt einen Kern aus Eisenblechlamellen von 110 cm Länge und 9 cm Durchmesser in 3 Lagen zu je etwa 330 Windungen. Die äußerste Lage der Windungen ist nach außen hin durch eine besondere Hülle von etwa 0,5 cm Dicke isoliert, so daß der äußere Durchmesser der ganzen Primärspule etwa 12 cm beträgt. Auf diesen Kern wird die viergeteilte Sekundärspule aufgeschoben. Jeder der 4 Teile dieser Spule hat einen inneren Durchmesser von 12 cm, einen äußeren Durchmesser von 26 cm und eine Länge von 16 cm und besteht aus etwa 32 Lagen dünnspannenen Kupferdrahts von 1 mm Durchmesser zu je etwa 90 Windungen. Die Wicklungsrichtung ist so gewählt, daß bei Hintereinanderschaltung die zu verbindenden Nachbarspulen beide außen oder beide innen enden, wodurch Schutz der Verbindungsleitungen gegen zu hohe Spannungsdifferenz überflüssig wird. Die Spulen, welche bei Erregung des Sekundärstromes starke Anziehungskräfte aufeinander ausüben, werden durch massive Hartgummiringe voneinander getrennt gehalten.

Unterbrecher. — Die Primärspule vertrug für kürzere Dauer⁶⁾ — die Belichtungszeiten während der Beobachtungsreihen betragen im Mittel 15 sec., jedenfalls nicht über 60 sec., und folgten einander in Pausen von 2—3 Min. — eine Belastung bis zu 90 Ampère. Zur völligen Ausnutzung der Konstruktion war daher ein Unterbrecher bis zu dieser Beanspruchung erforderlich. Die benutzten mechanischen Unterbrecher, die sich für gewöhnliche Induktorien bis über 20 Ampère als brauchbar erwiesen hatten, zeigten bei dickdrähtigen Spulen für die gleiche Stromstärke bereits so starke Extrastrom-

kommen diese Wicklungen probeweise geliefert; es zeigte sich die Wirkung bereits so gut, daß wir zunächst weitere Abänderungen noch nicht vorgenommen haben, wenn wir auch solche im oben folgenden in Vorschlag bringen werden.

⁵⁾ Wir wählten denjenigen Primärkerntyp der Firma Klingelfuß, welcher der gewünschten Induktionswirkung bei der verfügbaren Primärstromstärke am besten entsprach.

⁶⁾ Würde es sich um Dauerwirkung, wie bei technischer Anwendung, handeln sollen, so würde Wechselstrom als Betriebsstrom anzuwenden sein (s. w. u.).

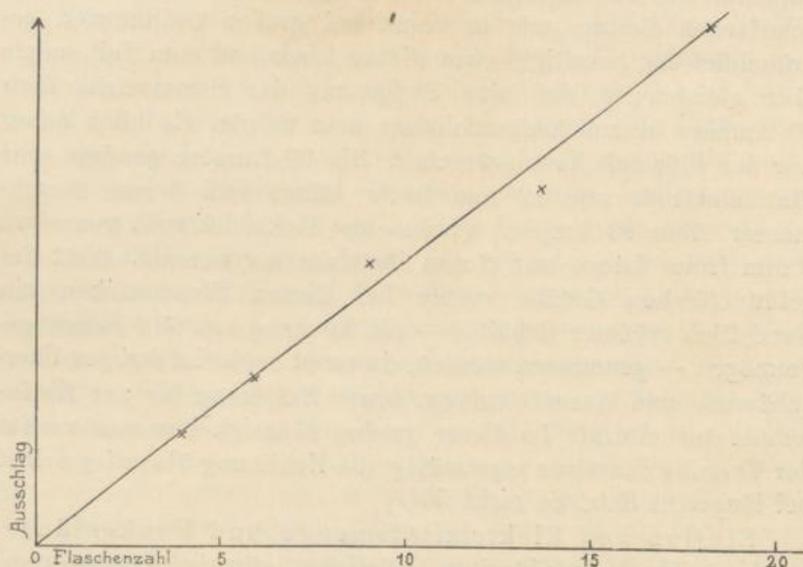
funken, daß der Effekt wesentlich geschwächt und die Apparate selbst gefährdet wurden. Eine Erhöhung der Kondensatorkapazität des Primärkreises auf 6 Mikrofarad, d. h. auf fast den zehnfachen Betrag, wie er sonst bei großen Induktorien gebräuchlich ist, beseitigte zwar diesen Übelstand zum Teil, zeigte aber gleichzeitig, daß eine Steigerung der Stromstärke über 20 Ampère hinaus ausgeschlossen sein würde. Es blieb daher nur der Flüssigkeitsunterbrecher. Bis 60 Ampère genügte eine Platinelektrode von 12 mm freier Länge und 3 mm Durchmesser, über 60 Ampère wurde eine Nickelelektrode von etwa 6 mm freier Länge und 8 mm Durchmesser benutzt. Statt der gebräuchlichen Gefäße mußte bei diesen Stromstärken ein wesentlich größerer Behälter — ein Tonkrug von 60 l Fassungsvermögen — genommen werden, da sonst explosionsartiges Übersäumen und Gasentzündung, sowie Erhitzung bis zur Siedetemperatur eintrat. In dieser großen Flüssigkeitsmasse verlief der Vorgang durchaus regelmäßig, die Erhitzung überstieg selbst bei längerem Betriebe nicht 50°.7)

Einfluß von Elektrizitätsmenge und Funkenlänge.
— Um dieses Induktorium möglichst günstig auszuwerten, untersuchten wir den Einfluß der an die Funken geschalteten Kapazität, also der in ihnen in oszillatorische Entladung gebrachten Elektrizitätsmenge, auf die Wirkung der Funken. Folgende Versuche zeigten, daß die Wirkung in der Tat — wovon wir ausgingen — der Elektrizitätsmenge proportional ist. Diese Versuche benutzten einen vorläufig vorhanden gewesenen, minder wirksamen Primärkern im Induktorium, so daß es bei 8 mm Funkenlänge im Höchsthalle eine Kapazität von 18 Leydener Flaschen mittlerer Größe aufzuladen vermochte. Wurden bei der Funkenlänge von 8 mm der Reihe nach 3, 6, 9, 13 und 18 Flaschen angeschaltet, so ergab sich die umstehende Kurve, welche die an der Trägererzeugung gemessene Lichtwirkung⁸⁾ in ihrer Abhängigkeit von der Flaschenzahl zeigt.

7) Bei den früheren Versuchen (1900) waren Kühlkörper und Absaugung des Knallgases mit der Wasserluftpumpe benutzt worden.

8) Es wurde filtrierte Luft in einem Gefäß mit Flußspatverschluß bestrahlt und die erregte Leitfähigkeit der Luft gemessen; wir beschreiben den Apparat unter Fig. 1 im II. Teil. Zu bemerken ist, daß wir uns hier, bei Benutzung der vorläufigen, schwächeren Funken, im Gebiet relativ geringer und mittlerer Lichtintensitäten befinden, woselbst die Wirkung auf die Luft noch nahe proportional der Lichtintensität wächst.

Man sieht, daß diese Lichtwirkung tatsächlich der Elektrizitätsmenge proportional geht.



Neben der Kapazität spielt natürlich noch die Länge der Funkenstrecke eine ausschlaggebende Rolle. Verdoppelt man die Funkenlänge, so verringert sich die im Maximum aufzuladende Kapazität auf die Hälfte; es war uns aber schon von den früheren Versuchen her bekannt, daß die Gesamtwirkung in lichtelektrischer Beziehung doch die gleiche bleibt. Die Lichtwirkung ist daher ganz allgemein der im Funken entladene Gesamtenergie (Spannung·Menge) proportional. Trotzdem kann eine Steigerung der Wirkung im wesentlichen doch nur — worauf wir die Konstruktion von Anfang gründeten — durch Vergrößerung der Menge (Kapazität) erreicht werden, da eine Steigerung der Spannung (Funkenlänge) nur bis zur Durchschlagsgrenze der benutzten Kapazitäten, also, selbst wenn lange Funken als Lichtquelle erwünscht wären, nur in enger Grenze möglich ist. Diese Grenze wird bei starker Beanspruchung der Kapazitäten bereits bei 8 mm Schlagweite erreicht, so daß hiermit die Länge des Funkens von vornherein auf 6—8 mm festgelegt war.

Kapazität. — Die mit dem beschriebenen, schließlich

benutzten Induktorium bei 60 Ampère und 200 Volt primär erreichte Sekundärspannung entsprach einer Funkenstrecke von nur 10 mm, dem entsprechend waren aber die Elektrizitätsmengen von außerordentlicher Größe. Um diese Mengen aufzunehmen, unter Reduktion der Spannung auf 6—8 mm Funken, war daher eine große Kapazität erforderlich. Die Erreichung derselben durch Zusammenschalten von 4—6 Dutzend großen Leydenerflaschen war möglich, bedingte aber durch Ausstrahlung sowie durch Leitungswiderstand erhebliche Verluste und führte zu einem sehr großen Volumen des Ganzen. Wir haben daher FRANKLIN'sche Tafeln größten Formates konstruiert. Diese Tafeln bestanden aus 5—6 mm dicken Glasscheiben von 100·100 cm² Größe mit beiderseitigen Belegungen von 90·90 cm²; sie wurden zu je 5 oder 10 nebeneinander geschaltet. Mehrere solcher Sätze werden dann nach Bedarf miteinander kombiniert, so daß das Überschlagen der Funken bei der gewählten Länge der Funkenstrecke eben mit voller Sicherheit noch erfolgt, die von der Sekundärspule gelieferte Elektrizitätsmenge also voll ausgenutzt wird.

Funkenstrecke. — Die Entladung einer solchen Kapazität entwickelt bei der außerordentlich großen Elektrizitätsmenge und der Kleinheit von Widerstand und Selbstinduktion eine große Stromstärke. Hierdurch wird eine starke Erhitzung der Zuleitung zur Funkenstrecke und dieser selbst bedingt. Aus diesem Grunde müssen alle Verbindungen in dem Entladungskreis aus starkem Kupferdraht (mindestens 3 mm Durchmesser) genommen werden, man darf sich also in der Wahl der Drahtstärke nicht etwa durch die weit geringere Drahtdicke der Sekundärspule beeinflussen lassen. Außerdem muß die Funkenstrecke selbst für starke Wärmeabgabe eingerichtet werden, da die Energieentwicklung in ihr entsprechend der großen Stromstärke bei großem Spannungsabfall eine sehr große ist. Ein Abschmelzen der Elektroden muß hierbei auf jeden Fall vermieden werden, da dies den Übergang in eine andere, mehr bogenähnliche Entladungsform von wesentlich geringerer Wirksamkeit bedingt; außerdem würde der Substanzverlust eine ständige Änderung der Funkenlänge verursachen und stetige Neuregulierung erforderlich machen, während der Substanzverbrauch bei Beibehaltung des Funkencharakters der Entladung für mehrstündige Benutzung nur 1—2 mm beträgt.

Die Elektroden, meist Aluminium, wurden 10 mm stark gewählt, an ihren vorderen Enden jedoch für eine Strecke von etwa 10 mm auf 7 mm abgedreht, um die Erhitzung an den Enden mehr zu konzentrieren. Sie passen in entsprechende Bohrungen starker Messingträger von 25 mm Durchmesser und werden durch Schrauben, welche die geschlitzten Messingträger zusammenpressen, gehalten. Auf der ganzen Länge bis fast zur Funkenstrecke selbst hin stecken die Elektroden in genau passenden Kupferrohren, welche starkwandige, mit Wasser gefüllte Kupfergefäße durchsetzen. Diese Kühlgefäße werden mit den Elektroden von den Messingsäulen getragen, und also auch mit aufgeladen. Beide Messingsäulen tragen Zuleitungsklemmen und sind auf Hartgummisäulen gesetzt, letztere sind in entsprechender Weise in einem starken Grundbett montiert. Alle mechanischen Verbindungen müssen hierbei sorgfältig ausgeführt werden, da die Erzitterungen beim Funkenübergange sonst leicht Lockerungen hervorrufen.

Elektrischer Schutz. — Die hin- und herfließenden Elektrizitätsmengen sind so groß, daß sie in allen Metallgegenständen des Beobachtungsraumes intensive Schwingungen erzeugen. Es genügte daher nicht, das Elektrometer nebst Zuleitungen mit geerdeten Hüllen zu umgeben, und außerdem etwa noch eine geerdete Zwischenwand zwischen Funkenstrecke und Elektrometersystem anzubringen, wie es bei den früheren Versuchen ausreichte. Die durch kleine Unvollkommenheiten solcher Hüllen auftretenden Störungen sind je nach der Anordnung der einzelnen Systemteile bald mehr, bald weniger erheblich und äußerst wechselnd, indem z. B. schon eine geringe Verschiebung eines Bunsenstativs die Kräfteverteilung wesentlich verändern kann. Es erwies sich daher als notwendig, die ganze Lichtquelle vollständig in eine Metallhülle einzuschließen. Es wurde ein großer Kasten aus verzinktem Eisenblech mit einer Grundfläche 120·130 cm² und einer Höhe von 135 cm konstruiert. Zwei gegenüberliegende Seitenwände waren durch Verschraubung mit dem Boden des Kastens verbunden, die beiden anderen Wände lassen sich in Schlitz dieser festen Wände nach oben herauschieben. Das Ganze wird nach oben durch einen Deckel abgeschlossen, der mit einem 10 cm hohen Rand in entsprechend tiefe Schlitz aller vier Wände eingreift. Die Funkenstrecke selbst ist durch einen kleineren Kasten aus Weißblech abgeschirmt, welche so kon-

struiert ist, daß beim Abnehmen des oberen weit übergreifenden Teiles die Funkenstrecke gut zugänglich wird. Die Verbindung zwischen beiden Kästen wird durch ineinander verschiebbare Rohre aus Weißblech von je 15 cm Durchmesser und einer äußeren Gesamtlänge von 25—50 cm vermittelt; die Lage der Funkenstrecke ist daher ohne weiteres um ca. 25 cm variierbar.

Dieses ganze System von Hüllen wird mit Erde verbunden und bietet einen genügenden Schutz gegen elektrische Störung des Meßsystems; Störungen infolge des Primärstromkreises lassen sich dann leicht durch die auch sonst unumgängliche Einhüllung des Meßsystems beseitigen.

Elektrische Untersuchung der Lichtquelle. — Die elektrischen Konstanten wurden durch eine Reihe von Messungen und Berechnungen ermittelt. Für die am häufigsten angewandte mittelstarke Energieumsetzung⁹⁾ ergaben sich folgende Werte in runden Zahlen:

Kapazität (8 m² Belegung, 0,4 cm Glasdicke, Dielektrizitätskonstante 6) = $11 \cdot 10^{-8}$ Farad oder $11 \cdot 10^{-17}$ CGS (elektromagnetisch); Selbstinduktion (angenommen ist ein Quadrat von 0,3 cm dickem Kupferdraht und 40 cm Seitenlänge) = 1300 CGS (elektromagnetisch)¹⁰⁾; daraus Schwingungsdauer = $1,14 \cdot 10^{-6}$ Sek. und Schwingungszahl $n = 0,88 \cdot 10^6$ pro Sek. bezogen auf einfache (Halb-)Schwingungen.

Entladungsspannung (0,6 cm Funkenlänge) = 20000 Volt; Aufgehäuften El. Menge kurz vor der Entladung = $11 \cdot 10^{-8}$ Farad $\cdot 2 \cdot 10^4$ Volt = $22 \cdot 10^{-4}$ Coulomb; also elektrische Gesamtenergie jeder Entladung = $\frac{1}{2} \cdot 22 \cdot 10^{-4}$ Coulomb $\cdot 2 \cdot 10^4$ Volt = 22 Voltcoulomb¹¹⁾ und elektrische Gesamtenergie während 1 Sek. (Anzahl der Unterbrechungen pro Sek. = 53, vgl. S. 14) = 1170 Voltcoulomb.

Diesem Werte der Sekundärenergie steht eine Primärenergie von etwa 12000 Voltcoulomb gegenüber (60 Amp., 200 Volt). Die Ausnützung der Primärenergie ist also eine recht ungünstige. Für wissenschaftliche Zwecke, wozu der Apparat

⁹⁾ Bei Anwendung des Nickelunterbrechers mit 90 Ampère Primärstärke war die Kapazität und damit die zur Entladung gelangende Elektrizitätsmenge auf das $2\frac{1}{2}$ bis 3fache des oben angenommenen zu steigern.

¹⁰⁾ Diese Zahl wird unter Vernachlässigung des bei so schnellen Schwingungen sehr geringen inneren Magnetfeldes des Drahtes berechnet.

¹¹⁾ Es wäre zu überlegen, inwiefern diese Oszillationsquelle etwa auch für die Zwecke der Wellentelegraphie dienlich wäre.

zunächst konstruiert war, ist dies ohne Belang, und es wird bei Gleichstrom als Betriebsstrom die Ausnutzung der Primärenergie auch wesentlich günstiger nicht werden können. Ist Wechselstrom als Betriebsstrom zur Verfügung, so wird man aber den Apparat mit geschlossenem Eisenkreis bauen, nach dem Typus der Transformatoren, mit Beibehaltung aller übrigen angegebenen Konstruktionsprinzipien, und die Ausnutzung der Primärenergie wird dann eine wesentlich günstigere sein. Wir werden aus diesem Grunde im weiter unten folgenden, wo wir die neue Lichtquelle mit andern Ultraviolettquellen vergleichen, nur von der Sekundärenergie ausgehen.

Quadratischer Mittelwert der Stromstärke im Schwingungskreise, J_q : Der oszillierende Strom ruft in einem Hitzdrahtampèremeter, dessen gerader Hitzdraht aus demselben Kupferdraht besteht wie der Schwingungskreis selbst, und an Stelle eines entsprechenden Stückes des Schwingungskreises gesetzt wird, die gleiche Erwärmung hervor wie ein Gleichstrom von 160 Ampère. Hierbei benutzt der oszillierende Strom wegen der großen Schwingungszahl n von rund 10^6 pro Sek. aber nicht den ganzen Drahtquerschnitt, sondern im wesentlichen nur eine bestimmte Oberflächenschicht. Bei Berechnung seines quadratischen Mittelwertes darf daher nicht der einfache OHM'sche Widerstand des Drahtes $w = 0,006 \Omega$ (200 cm Kupferlänge bei 3 mm Durchmesser) zugrunde gelegt werden, sondern nur der Widerstand w' der wirklich beanspruchten Oberflächenschicht. Nach Lord RAYLEIGH¹²⁾ ist $w' = \sqrt{w \cdot l \cdot \pi \cdot n \cdot \mu}$ wo l die Länge in cm und μ die Permeabilität = 1 bedeutet. Man erhält demnach $w' = 0,06 \Omega$. Da nun der Gleichstrom von 160 Ampère bei einem OHM'schen Widerstand von $0,006 \Omega$ und der quadratische Mittelwert des oszillierenden Stromes J_q bei einem Leitungswiderstand von $0,06 \Omega$ die gleiche Erwärmung hervorrufen, so erhält man: $J_q^2 \cdot 0,06 = (160 \text{ Amp.})^2 \cdot 0,006$, also $J_q = 50$ Ampère.

Einfacher (linearer) Mittelwert des Stromes während einer Halbschwingung, J_1 : Nimmt man die Schwingung als sinusförmig an, so stehen bekanntlich der quadratische Mittelwert J_q und der einfache Mittelwert J_1 zueinander wie $1/\sqrt{2}$ zu $2/\pi$; es ist daher $J_1 = 0,9 \cdot J_q = 45$ Ampère.

Zahl der Schwingungen bei jeder Entladung: Bei

¹²⁾ *Phil. Mag.* (5) 21, p. 381, 1886.

jeder Entladung, deren 53 pro Sek. erfolgen, gehen also 45 Coulomb:53 = 0,8 Coulomb im ganzen durch den Draht hindurch, während bei der ersten Halbschwingung $2 \cdot 22 \cdot 10^{-4}$ Coulomb den Draht passieren (s. oben). Unter der Annahme eines gleichbleibenden Elektrizitätstransports bei jeder Halbschwingung würde man demnach für jede Entladung $0,8:4,4 \cdot 10^{-3} = 180$ Halbschwingungen oder 90 ganze Schwingungen zu rechnen haben. In Wirklichkeit erfolgt dieser Elektrizitätstransport natürlich in einer noch größeren Anzahl immer schwächer werdender Schwingungen, von denen aber die letzten für die Lichterzeugung sicherlich gar nicht mehr in Betracht kommen.¹³⁾

Energieumsatz im Schwingungskreis pro Sek.: Dader oszillierende Strom in seiner Wärmeentwicklung 160 Ampère Gleichstrom äquivalent ist, so berechnet sich der pro Sek. auf Wärmeentwicklung zu rechnende Energieverlust — ohne daß man hierfür den quadratischen Mittelwert des oszillierenden Stromes und den Oszillationswiderstand zu kennen brauchte — unmittelbar zu $(160 \text{ Amp.})^2 \cdot 0,006 \Omega = 150 \text{ Voltcoulomb}$. Setzt man die übrigen Energieverluste (Erwärmung von Zweigleitungen und Übergangsstellen, Rückstandswirkung des Glases und Aussendung elektromagnetischer Wellen, Schallerzeugung) ebenfalls gleich 150 Voltcoulomb, was wohl recht hoch gegriffen ist, so bleibt als Energieverbrauch im Funken pro Sek. rund 900 Voltcoulomb. Dies entspricht etwa dem Energieumsatz einer mittleren Bogenlampe (20 Ampère bei 45 Volt Kohlespannung). Die Art des Energieverbrauchs ist aber eine wesentlich verschiedene. Bei der Bogenlampe erstreckt sich der Verbrauch gleichmäßig über die ganze Dauer der Sekunde, beim Funken konzentriert er sich auf ganz kurze Zeitabschnitte, welche von langen, energielosen Pausen unterbrochen werden. Die Zahl der wirksamen Schwingungen ist sicherlich kleiner als 50¹³⁾ (vgl. auch oben), und von jeder Schwingungsdauer ist nur etwa $\frac{1}{4}$ als Dauer von lichterzeugendem Strom zu rechnen; die gesamte Wirkungszeit pro Sek. ist also kleiner als $(53 \cdot 50 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^{-6} \text{ Sek.}) = 0,0006 \text{ Sek.}$ Der Effekt, die Energieumsetzung pro Zeiteinheit,

¹³⁾ Das photographische Bild des Elektroden (vgl. S. 14), welches durch die ersten, am stärksten wirkenden Entladungen erzeugt wird, erscheint nicht merklich verbreitert, wenn die Filmgeschwindigkeit von 5 m/sec. auf 20 m/sec. gesteigert wird. Da eine Verbreiterung von 0,5 mm nicht übersehen werden kann, so läßt sich berechnen, daß die Zahl der merklich wirkenden Schwingungen sogar nicht mehr als 33 betragen kann.

ist also beim Funken sicherlich mehr als 1000mal so groß als beim Bogen. Infolgedessen ist die Erhitzung der stromführenden Substanzen, im besonderen auch der verdampfenden Metallteile, beim Funken ebenfalls eine entsprechend höhere, und die Temperatur der Bogenlampe (3000° absolut) muß sich im Funken entsprechend vervielfachen. Bei Annahme schwarzer Strahlung würde diese Temperatur eine Lage der Maximalstrahlung im Ultraviolett bedingen, während bei der Bogenlampe die Maximalstrahlung ins Ultrarot fällt und das Ultraviolett nur einen geringen Bruchteil der Gesamtstrahlung ausmacht. Dieser Lage des Strahlungsmaximums entspricht auch die verhältnismäßig geringe Helligkeit der neuen Lichtquelle im sichtbaren Gebiet; sie leuchtet nur mit etwa 120 Hefnereinheiten, also kaum wie eine Liliput-Bogenlampe mit 2 Ampère, während ihre Strahlung im Ultraviolett die Strahlung einer 30 Ampère-Bogenlampe um das Vierfache übertrifft (vgl. S. 8).

Optische Eigenschaften der Lichtquelle. — Zur Ergänzung dieser elektrischen Untersuchung geben wir einige, zunächst nur orientierende, optische Beobachtungen.

Es wurde zunächst eine photographische Aufnahme des Funkens auf einer rotierenden Trommel von etwa 90 cm Umfang ausgeführt, auf welche eine Glaslinse von 60 cm Brennweite ein etwas verkleinertes Bild des Funkens entwarf. Hierbei wurde der Weg für die Lichtstrahlen durch die Öffnung eines mit einem Pendel verbundenen undurchsichtigen Schirmes eine bestimmte Zeit hindurch freigegeben, welche aus den Pendelkonstanten und den geometrischen Verhältnissen leicht berechnet werden konnte. So wurden z. B. für eine Gesamtzeit von 0,0952 Sek. 5 Funkenbilder erhalten, woraus sich die oben angegebene Unterbrechungszahl von 53 pro Sek. berechnet. Der zeitliche Abstand der Entladungsbilder war hierbei im allgemeinen konstant, doch traten manchmal auch kurz hintereinander nach etwa $\frac{1}{300}$ Sek. Doppelentladungen auf. Durch Verkürzung der Funkenstrecke von 6 auf 4 mm konnte die Zahl dieser Entladungen auf 6 vermehrt werden, wohl deswegen, weil hierdurch die Entladungsspannung herabgesetzt wird und die einmalige Entladung des Kondensators die von der Sekundärspule beförderte Elektrizitätsmenge noch nicht erschöpft hat.¹⁴⁾

¹⁴⁾ Diese Art der Entladung, mit nicht maximaler Schlagweite, vermindert

Die Einzelbilder der Entladung lassen die Details des Funkens nicht erkennen, da die photographische Wirksamkeit der einzelnen Teile allzu stark verschieden ist, und da sich außerdem die Bilder der Einzelfunken der Schwingungen überdecken. Das Bild je einer Entladung (Schwingungsreihe) erstreckt sich zeitlich im ganzen auf etwa 0,001 Sek. entsprechend einer Strecke von 0,5—2,0 cm auf dem Film je nach der Rotationsgeschwindigkeit. Es ist dies im Einklang mit der oben gefundenen Schwingungszahl und Schwingungsdauer; ob aber die letzte Schwärzung auf den Bildern noch wirklichen Funkenübergängen entspricht, oder ob sie durch eine Art von Nachglühen der Funkenstrecke verursacht wird, muß zunächst dahingestellt bleiben.

Die Herren SCHUSTER und HEMSALECH haben bei ihren Untersuchungen oszillierender Funkenentladungen¹⁵⁾ etwa zehnmal größere Filmgeschwindigkeiten benutzt; sie konstatieren einen ersten, hauptsächlich aus leuchtender Luft bestehenden Funken, welchem dann die anderen, Elektrodenmetallspektrum gebenden Funken der Oszillation folgen. Die Entwicklung des Metaldampfes setzt nach Herrn HEMSALECH jedesmal an der positiven Elektrode an.¹⁶⁾

Ohne zeitliche Trennung der einzelnen Teile der Entladung beobachtet man direkt mit dem Auge, am besten an dem auf Papier oder Mattglas entworfenen reellen Linsenbild, das Folgende. Die Entladung besteht aus einem kurzen, breiten, äußerst hellen, von Elektrode zu Elektrode gehenden zentralen Bande, welches von einem weniger hellen kugelförmigen Mantel umgeben ist, der nach außen in einen alles umschließenden, unregelmäßig geformten, leicht verblaßbaren Saum (Aureole) übergeht. Diese verschiedenen Teile der Entladung besitzen charakteristische, verschiedene Färbungen. Bei Aluminium als Elektrodenmetall ist der innerste Teil bläulich-weiß, der kugelförmige Mantel rötlich-violett und der Saum grün, und diese drei Teile zeigen auch verschiedene (Linien-) Spektren.

Einschaltung großer Selbstinduktion in den Schwingungs-

nach Vorhergehendem die Lichtausbeute, was uns auch schon von früheren Untersuchungen her bekannt war (P. LENARD, *Ann. d. Phys.* 46, p. 637, 1892 und 1910, Bd. 1 u. 3).

¹⁵⁾ A. SCHUSTER und G. HEMSALECH, *Phil. Trans. A.*, Vol. 193, p. 189, 1899.

¹⁶⁾ G. HEMSALECH, *Compt. Rend. der Pariser Acad.*, 25. Juni 1906.

kreis läßt alles außer der grünen Aureole zusammenschrumpfen; diese erscheint dann sehr groß. Der Ultraviolett-reichtum ist aber damit verschwunden; er gehört also gewiß nicht der Aureole an, was auch mit deren sicherlich relativ niedrigen Temperatur schwer verträglich wäre. Man weiß aber aus den Untersuchungen von SCHUSTER und HEMSALECH (l. c.), daß Selbstinduktion die Luftlinien im Gesamtspektrum der Entladung zurücktreten macht, und danach könnte es scheinen, als ob der Ultraviolett-reichtum dem Luftspektrum angehörte. Dem kann aber nicht so sein, denn das Elektrodenmetall ist von größtem Einfluß auf die Quantität — und auch die Qualität — des Ultraviolett. Den Einfluß auf die Quantität haben bereits unsere früheren Versuche (1900, Bd. 1, p. 492) aufs deutlichste gezeigt, und hiernach wählten wir auch Aluminium als Elektroden-substanz. Daß auch ein Einfluß auf die Qualität vorhanden ist, zeigte sich bei Absorptionsversuchen mit dem ausgestrahlten Lichte (vgl. auch 1900, Bd. 1, p. 498). Läßt man z. B. verschieden lange Luftstrecken durchstrahlen, so bemerkt man, daß je nach dem Elektrodenmaterial die Wirkung, z. B. auf den Dampfstrahl¹⁷⁾, in einem Falle sehr auf die Nähe der Lichtquelle sich konzentriert, dort aber äußerst intensiv ist (in Luft sehr absorbierbares Licht), im anderen Falle aber mit geringem Abfall der Intensität durch sehr große Luftstrecken reicht (in Luft weniger absorbierbares Licht); letzteres ist z. B. besonders bei Aluminium der Fall. Auch die Beobachtung verschiedener Wirkungen von Ultraviolett zeigt dasselbe. So ist für die Erregung grüner Glasphosphoreszenz (langwelliges Ultraviolett) Messing als Elektroden-substanz viel wirksamer als Aluminium. Für die lichtelektrische Wirkung (auf Aluminium oder Kohle; Wirkung von kürzerwelligem Ultraviolett) Aluminium besser als Messing, Zink aber viel besser als beide.¹⁸⁾ Für die Wirkung auf die Luft, wenigstens wenn es sich um größere Distanzen handelt, ist es — wieder ganz anders — das Aluminium, welches in den Vordergrund tritt.

Es muß danach das kurzwelligste Ultraviolett unserer Lichtquelle von leuchtenden Metalldämpfen kommen, welche in denselben zentralen Teile der Entladung sich finden, der auch die

¹⁷⁾ Beobachtet wie 1900, Bd. 1, p. 492.

¹⁸⁾ Dies war bereits 1899 bemerkt und benutzt worden (P. LENARD, *Wien. Acad.* 103, p. 1649).

leuchtende Luft enthält, und der durch Selbstinduktion wohl nur deshalb zurücktritt, weil sie die Entladung verlangsamt, den Energieumsatz pro Zeiteinheit geringer und also die Temperatur niedriger macht.

Entwirft man ein Lochkamerabild der Entladung auf eine ebene Glasplatte, so sieht man in grüner Phosphoreszenzfarbe die verschiedenen Teile der Entladung abgebildet, ohne daß das Licht ein festes, absorbierendes Medium zu durchsetzen gehabt hätte. Schiebt man nun eine nicht zu dünne Quarzplatte in den Strahlenweg, so sieht man eine sehr auffällige Verdunkelung gerade des zentralen Teiles der Entladung, zum Zeichen, daß dieser in der Tat die Quelle von besonders kurzwelligem, durch Quarz absorbierbarem Ultraviolett ist.¹⁹⁾ Bei den früher (1900) benutzten, mit geringeren Elektrizitätsmengen arbeitenden Funken zeigte der gleiche Versuch nur die Ansatzstellen des zentralen Teiles an den Elektroden (wohl bei jeder Schwingung die Ansatzstelle an der positiven Elektrode) als Quellen dieses Lichtes.

Es geht aus allen diesen Beobachtungen auch hervor, daß der elektrische Funke zwischen Metallelektroden, bei genügender Coulombzahl und genügend schnellem Übergang derselben, ganz ebenso aus einer Reihe einander umhüllender Mäntel besteht, wie die Flammen des metallhaltigen elektrischen Bogens. Jedem der Mäntel ist eine andere Lichtemission eigen, entsprechend einem anderen (elektrischen) Zustand der emittierenden Metallatome. Diese Zustände müssen die Atome sukzessive annehmen, indem sie nach ihrer Lostrennung von der Elektrode die Mäntelräume sukzessive durchheilen. Die Untersuchung der verschiedenen Spektren dieser Mäntel mit Hilfe der früher beschriebenen Methode des Objektivspektroskopes wird — analog den entsprechenden Untersuchungen beim elektrischen Bogen — Aufschlüsse geben können über die Serienzusammenhänge der Metallinien.

Vergleich der neuen Funkenlichtquelle mit den anderen Quellen ultravioletten Lichtes. — Der Wert der neuen Lichtquelle besteht in ihrer Ergiebigkeit für das äußerste Ultraviolett. Als Maßstab für ihre Ergiebigkeit kann daher nur eine Erscheinung dienen, welche wesentlich durch kurzwelliges

¹⁹⁾ Gewisse Glassorten werden durch dieses Ultraviolett zu einer mehr gelblichen Phosphoreszenz, auch mit Nachleuchten, erregt.

Licht — Wellenlänge unterhalb $200 \mu\mu$ — bedingt wird. Wir benützten früher, bei den allmählich vorgenommenen Verbesserungen der Lichtquelle, die Nebelkernbildung in der Luft als solche Erscheinung (1900, Bd. 1). Mindestens ebensoweit ins äußerste Ultraviolett erstreckt sich aber die Erzeugung der Elektrizitätsträger in der Luft, und wir haben daher jetzt diese, quantitativ besonders leicht verwertbare Erscheinung gewählt.

Den in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Vergleichsresultaten liegt eine analoge Anordnung zugrunde wie S. 8, welche wir unter Fig. 1 im II. Teil abbilden. Den Abschluß des Bestrahlungsgefäßes, welches von getrockneter und dann durch Watte filtrierter atmosphärischer Luft²⁰⁾ durchströmt wird, bildete eine Flußpatlinse; seine Länge betrug 13 cm, sein Durchmesser 3 cm; seine Innenwände waren mit Stanniol bekleidet; die Strömungsgeschwindigkeit der Luft betrug 1000 cm^3 in 15 Sek., die Belichtungszeit 10 Sek. Die Vergleichsentfernung war in allen Fällen 10 cm von der Lichtquelle bis zur Linse, nur für die Amalgamlampe wurde der Vergleich für eine Entfernung von 5 cm durchgeführt, da sonst die Wirkung der Amalgamlampe zu gering wurde und außerdem keine Beschädigung der Linse zu befürchten war, wie es bei den Bogenlampen der Fall gewesen wäre. Gemessen wurden die Trägermengen mit dem Quadrantelektrometer an einem Kondensator, in welchen die Luft aus dem Bestrahlungsgefäß strömte.

Zu bemerken ist, daß die Erzeugung der positiven Träger (Col. 2 der Tabelle) Wirkung des Lichtes auf die Luft ist, die Erzeugung der negativen Träger (Col. 3 der Tabelle) aber ganz überwiegend lichtelektrischer Wirkung auf die Stanniolwand des Bestrahlungsgefäßes (siehe Teil II des Vorliegenden).

Die Überlegenheit der neuen Lichtquelle tritt hier auf das Deutlichste hervor, sowohl was die Ergiebigkeit an sich anlangt, für das äußerste Ultraviolett (Col. 2) sowie auch für das etwas länger wellige Ultraviolett (Col. 3), als auch was den Nutzeffekt anlangt (letzte Col.). Die Ergiebigkeit ist aber tatsächlich noch höher, als es den Zahlen der Tabelle entsprechen würde, da — wie wir im III. Teil zeigen — die Wirksamkeit auf Luft und auch auf feste Körper, in der Art, wie wir sie hier messen, nicht proportional der Lichtstärke, sondern

²⁰⁾ Entnommen und geleitet wie die filtrierte Luft in Teil II.

langsamer als diese wächst. Außerdem war hier die Lichtquelle nur in mittlerer Stärke benutzt; die Elektrizitätsmengen der Funken lassen sich bei unserem Apparat — vgl. S. 11, Fußnote 11 — auf das $2\frac{1}{2}$ —3fache steigern, und die Lichtmenge würde dieser Steigerung proportional wachsen (s. S. 7).

Lichtquelle	+ Träger pro Sec. = Luft- wirkung L (Relativ- zahlen)	- Träger pro Sec. = Licht- elektr. Wir- kung auf Stanniol (Relativ- zahlen)	Energie- zufuhr der Licht- quelle ²⁵⁾ E (Voltcoulbs pro Sec.)	Nutzeffekt L/E = Luft- wirkung pro Energie- einheit (willkürliche Ein- heiten)
Aluminiumfunken, 6 mm lang, Capac. ca. 8 m ² , 60 Amp. primär. ²¹⁾	100	100	1170	100
Zinkbogen, 20 Amp. primär. ²²⁾	6·6	30·1	1600	4·8
Aluminiumbogen, 20 Amp. primär. ²³⁾	22·5	41·5	1600	16·5
Kohlebogen, 30 Amp. primär. ²⁴⁾	26·2	24·6	2400	12·8
Quarzalgalamlampe, große Form von Heraeus, 4 Amp. primär.	7·6	27·1	880	10·1

²¹⁾ Es sind dies die auch oben, bei der Diskussion der elektrischen Eigenschaften der Lichtquelle, angenommenen mittleren Betriebsverhältnisse.

²²⁾ Positive Elektrode Zinkstab mit Wasserkühlung, negative Elektrode Kohle; dieselbe Vorrichtung wurde bereits früher ausgiebig zur Untersuchung der lichtelektrischen Wirkung benutzt (P. LENARD, *Ann. d. Phys.* 8, p. 149, 1902).

²³⁾ Positiver Aluminiumstab, negativer Kohlenstab. Man sieht, daß der Aluminiumbogen ergiebiger ist als der Zinkbogen; er hat jedoch den Nachteil schlechter Entzündbarkeit.

²⁴⁾ Die hier erscheinende, relativ große Ergiebigkeit des Kohlebogens ist durch seine höhere Stromstärke bedingt. Bei gleicher Stromstärke sind Zinkbogen und Kohlebogen ungefähr gleich ergiebig für äußerstes Ultraviolett, der Aluminiumbogen aber ergiebiger als beide, wie bereits früher (1900, Bd. 1, p. 504) bekanntgegeben.

²⁵⁾ Bei allen Lichtquellen ist der Energieverbrauch in Zuleitungen und Regulierwiderständen, soweit sie zum Betriebe notwendig sind, mit einberechnet. Auch bei den Funken ist die gesamte Energie des Sekundärkreises gerechnet (s. oben S. 11); der Grund, warum nicht die Primärenergie genommen werden durfte, ist oben (S. 12) angegeben. Legte man nur den Energieverbrauch in der Lichtquelle selbst zugrunde, so würden die Verhältnisse (letzte Kolumne der Tabelle) ungefähr die gleichen bleiben, nur der Nutzeffekt der Amalgamlampe erhöhte sich etwa auf das Doppelte.

Funkenstrecke in verdünnter Luft. — Die Ergiebigkeit der Quelle gerade für das zum Teil in Luft stark absorbierbare Ultraviolett macht es wichtig, die dichte Luft der freien Atmosphäre von ihr und dem Strahlenwege fernhalten zu können. Dies ist auch möglich, wie für jetzt die nachfolgenden Versuche zeigen sollen.

Es wurde eine zweite, doch kleinere Funkenstrecke ähnlicher Konstruktion wie S. 9 unter eine mittelgroße Luftpumpenglocke gebracht, die durch einen Messingteller mit einer zentralen Bohrung von 20 mm abgeschlossen werden konnte. Letztere konnte durch eine Quarz- oder Flußspatplatte verschlossen werden. Bei Einschaltung dieser Funkenstrecke bei etwa 10 mm Quecksilberdruck in den Entladungskreis des Induktoriums erhält man naturgemäß nur eine geringe Lichtwirkung, da das Entladungspotential bei diesem Drucke sehr klein wird, eine erhebliche Anhäufung von Elektrizitätsmengen im Kondensatorsystem also nicht mehr erfolgen kann. Durch gleichzeitige Einfügung der ersten, unter Atmosphärendruck stehenden Funkenstrecke in Hintereinanderschaltung mit der Vakuumfunkenstrecke gelang es uns jedoch, dieselbe Elektrizitätsmenge im Kondensatorsystem anzusammeln wie vorher. Dementsprechend erhielten wir jetzt in dem luftverdünnten Raume, dessen Absorption bei kurzer Distanz zwischen Funken und Fenster nur gering ist, eine intensive Entladungserscheinung. Sie zeigt dieselben Schichtungen mit ihren Färbungen, wie oben für die Entladung in freier Luft angegeben; ihr Spektrum zeigt Metalllinien, was auch ganz der Abnutzung der Elektroden entspricht. Herr SCHUMANN hat bekanntlich in ähnlichem Falle nur das Gasspektrum erhalten.

Die in diesem Teile erörterten, sehr bemerkenswerten elektrischen, sowie besonders die optischen Eigenschaften der beschriebenen Lichtquelle werden Anlaß zu weiteren, nach mehreren Richtungen hin Erfolg versprechenden Untersuchungen geben. Auch zum weiteren Verfolg der Untersuchung über die Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf die atmosphärische Luft leistet sie ausgezeichnete Dienste. Wir werden hierauf in nachfolgenden Mitteilungen eingehen.

*—