**8. Ueber den Druck im Funken;
von *Eduard Haschek und Heinrich Mache.***

(Aus den Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Mathem.-naturw.
Klasse; Bd. CVII. Abth. IIa. November 1898.)

Gelegentlich ihrer Versuche mit der 11000gliedrigen Chlorsilberbatterie beobachteten Warren de la Rue und H. W. Müller, dass ein Funkenstrom in einer theilweise evacuirten Luftpumpenglocke eine plötzliche Druckerhöhung hervorruft, die beim Oeffnen des Stromes ebenso rasch wieder zurückgeht. Dieser Ausschlag, der beispielsweise bei 56 mm Quecksilberdruck zu 15,8 mm angegeben wird, lässt sich eben wegen seiner Grösse und seines raschen Verschwindens nach der Unterbrechung des Funkenstromes nicht als Wärmeauschlag deuten, sondern muss als Folge einer Druckerhöhung im Metalldampfe der Funkenbahn angesehen werden, worauf Warren de la Rue und H. W. Müller bereits hinweisen.¹⁾ Auch auf indirectem Wege lässt sich auf einen derartigen Druck im Funken schliessen. Es hat nämlich Humphreys²⁾ nachgewiesen, dass die Linien des Bogenspectrums eine Verschiebung nach Roth erfahren, sobald man den Bogen in Gas von erhöhtem Drucke brennen lässt. Aus den numerischen Angaben Humphreys' kann man nun von einer etwaigen Linienverschiebung auf eine Druckerhöhung in dem Theile eines leuchtenden Dampfes schliessen, von dem das spectral zerlegte Licht stammt.

Es haben nun F. Exner und E. Haschek³⁾ gelegentlich ihrer Untersuchungen der ultravioletten Funkspectra der Elemente derartige, und zwar sehr beträchtliche Linienverschiebungen nachgewiesen und schätzen aus der Grösse der-

¹⁾ Warren de la Rue und H. W. Müller, *Compt. rend.* **89.** p. 637. 1879; vgl. auch das Luftthermometer von Kinnersley, G. Wiedemann, *Elektricität* **4.** p. 731.

²⁾ W. Humphreys, *Astroph. Journ.* **6.** p. 169. 1897.

³⁾ F. Exner u. E. Haschek, *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien* **106.** p. 1127. 1897.

selben im Vergleiche zu den Angaben Humphreys' den Funkendruck auf 24—30 Atmosphären. Hiermit stimmt auch die Beobachtung Mohler's¹⁾ überein, dass man in einer Geisslerröhre, die auf 2 mm Druck ausgepumpt wurde, dieselben Wellenlängen der Spectrallinien erhält, wie im Bogen, der unter 20 mm Druck brennt.

Endlich hat H. Mache²⁾ auch direct nachgewiesen, dass beim Ausströmen hochgespannter Elektricität aus Spitzen, sowie beim Ueberschlagen von Funken der Influenzmaschine oder des Inductoriums Druckveränderungen in der Umgebung der Elektroden auftreten.

Es erscheint nach allem wünschenswerth, diese gewiss interessante Erscheinung näher zu studiren und messend zu verfolgen.

§ 1. Die definitiven Versuche hatten wir in folgender Weise angeordnet:

In einer starkwandigen Glaskugel von 20,8 cm Durchmesser waren oben und unten Schliffstücke *A* und *B* angebracht. In *A* war die eine Elektrode *E*₁ befestigt, an *B* eine 1 m lange Barometerröhre angeblasen, durch die ein Stahlstab ging, an dem die zweite Elektrode *E*₂ befestigt wurde. Der Stab selbst war mit einer Stahlschraube *S* von 2 mm Ganghöhe verbunden, sodass die Elektrode *E*₂ gehoben und gesenkt werden konnte. Der luftdichte Abschluss wurde im Barometerrohre durch eine Vaselineöl- bez. Quecksilbersäule bewerkstelligt, deren Stand gleichzeitig den in der Kugel herrschenden Druck abzulesen gestattete. Zu den Elektroden wurde der Strom eines Hochspannungs-Transformators von etwa 5200 Volt effectiver Spannung zugeleitet. Parallel zur Funken-

1) J. Mohler, *Astroph. Journ.* **4**, p. 175. 1896.

2) H. Mache, *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien* **107**, p. 708. 1898.

strecke konnten im Bedarfsfalle gemessene Capacitäten eingeschaltet werden. Zwei Hähne, H_1 und H_2 ermöglichten es, die Kugel zu evacuiren, bez. mit verschiedenen Gasen zu füllen. Auch erwies es sich sehr häufig als nöthig, das beim Ueberschlagen der Funken sich reichlich entwickelnde Stickoxyd zu entfernen.

§ 2. Lässt man den Funken zwischen den Elektroden übergehen, so zeigt die Indexflüssigkeit im Barometerrohre eine Druckerhöhung an, welche sofort fast vollständig zurückgeht, wenn man den Funkenstrom einstellt. Zur Deutung dieser direct zu messenden Druckerhöhung im Gesamttraume der Kugel für unsere Zwecke ist es nöthig, eine Beziehung zwischen eben dieser Druckerhöhung und der Druckerhöhung im Funken selbst aufzustellen. Offenbar wird diese plötzlich im Funken auftretende Steigerung des Druckes, die nach der Entladung ebenso rapid verschwindet, im umgebenden Gase zur Bildung einer Welle Veranlassung geben, die mit einer der Schallgeschwindigkeit mindestens gleichen Geschwindigkeit fortschreitet. Wegen der Kleinheit der Erregungsquelle — wir verwendeten nur in einem Falle eine Funkenstrecke von mehr als 3 mm Länge — können diese Wellen schon in kleiner Entfernung als Kugelwellen angesprochen werden.

Es wird dabei auf die Flächeneinheit der Oberfläche einer jeden solchen Kugelwelle ein Druck entfallen, der mit wachsendem Radius der betreffenden Welle kleiner wird, jedoch so, dass der Druck auf der Gesamtoberfläche constant bleibt, denn die Gesamtenergie der Kugelwelle, welcher der Druck direct proportional ist, bleibt constant. Nennen wir also die Druckerhöhung auf der Oberflächeneinheit des Funkens selbst P , dessen Oberfläche O , so entfällt auf die Oberflächeneinheit einer Kugelwelle vom Radius r die Druckerhöhung

$$P' = \frac{O}{4 r^2 \pi} \cdot P.$$

Ist r der Radius der verwendeten Glaskugel, so wird dieser Druck P' direct am Manometer beobachtet, da ja die Welle in der angesetzten Röhre, welche genügend calibrisch ist, ohne Einbusse an Energie weiterschreitet. Die oben gemachte einfache Annahme ist bei der erreichten Genauigkeit der Messung vollkommen genügend. Wir verwandten, um uns

davon zu überzeugen, Kugeln von verschiedenen Radien, $r = 10,4$ cm und $r' = 5,48$ cm, und maassen unter sonst gleichen Umständen die Ausschläge. Aus den Radien berechnet sich das Verhältniss der Ausschläge zu 3,57, während wir 3,54 beobachteten. Es ist also die durch die Formel erreichte Annäherung als praktisch vollkommen genügend zu betrachten.

Da jedoch wegen der Trägheit der Indexflüssigkeit zur Messung ein Funke allein nicht genügt, ist man genöthigt, die Einstellung des Index während eines Funkenstromes abzuwarten, sodass man dann P' und analog P als ein Zeitmittel der Druckerhöhung zu definiren hätte. Es ist aber ohne weiteres klar, dass dieses Zeitmittel P um so genauer dem wahren Funkendrucke gleichgesetzt werden kann, je rascher die einzelnen Entladungen aufeinander folgen.

Experimentell wird sich ein Werth für die Zahl der Funken in der Secunde ergeben, über den hinaus eine Variation der Einstellung der Indexflüssigkeit nicht mehr constatirt werden kann. Berücksichtigt man, dass der entwickelte Metalldampf und somit auch der zwischen den Elektroden herrschende Druck nicht mit dem Funken völlig gleichzeitig verschwinden können, so ist im voraus anzunehmen, dass bei unserem Transformator, der mit Wechselstrom von etwa 80 Wechseln in der Secunde gespeist wurde, dieser Grenzwertb wohl zur Genüge erreicht sein dürfte. In der That wurde die Berechtigung dieser Annahme durch die später in § 9 angeführten Versuche mit dem Funkeninductor festgestellt.

Um die in die Rechnung eingehende Oberfläche des Funkens O mit thunlichster Annäherung zu bestimmen, haben wir vom Funken Momentphotographien in vierfacher Vergrösserung angefertigt. Die Geschwindigkeit des hierbei verwendeten Momentverschlusses betrug $\frac{1}{28}$ Secunde. Der in der Ebene fixirte, vom Funken belichtete Theil des Raumes wurde mit Hülfe eines Polarplanimeters ausgemessen. In unserem Falle genügte es stets, für die dem so gemessenen Querschnitte entsprechende Oberfläche des Funkens die Oberfläche einer Kugel zu substituiren, deren Radius ρ gleich ist dem Radius des Kreises, der jenem Querschnitte flächengleich ist. Es wird dann auch

$$P' = \frac{Q^2}{r^2} P \text{ und } P = \frac{r^2}{Q^2} P'.$$

Die Messung des P' , d. h. der Druckerhöhung im Gesamttraume der Kugel, unterlag keinen besonderen Schwierigkeiten. Zwar tritt stets auch ein Ausschlag der Indexflüssigkeit infolge der im Funken producirten Wärme auf, doch ist die Natur dieses Wärmeausschlages von der des Druckausschlages so verschieden, dass eine Trennung beider mit Leichtigkeit bewerkstelligt werden kann. Doch ist hier auf einen Umstand aufmerksam zu machen. Während der Dauer des Versuches erhitzen sich nämlich am Funkenströme die Elektroden sehr beträchtlich — bei zu starkem primären Ströme bis zur Rothgluth. Die aufsteigende warme Luft drückt aber wegen ihrer besseren Leitfähigkeit das Schlagpotential des Funkens wesentlich herab und gleichzeitig beginnt der Ausschlag zurückzugehen.

Diese Erscheinung äussert sich auch in akustischer Beziehung, indem das laute Prasseln des Funkens in ein schwächeres, zischendes Geräusch übergeht. Die Beobachtungen dürfen daher höchstens bis zum Eintritte dieses Phänomens ausgedehnt werden.

Es sei hier noch bemerkt, dass wir die Funkenwärme selbst für eine Erscheinung secundärer Natur halten, deren directe Ursache die lebendige Kraft ist, welche den von den Elektroden durch elektromotorische Kräfte abgeschleuderten Metallpartikeln oder Metallmoleculen innewohnt. Wir finden uns hier in Uebereinstimmung mit den Versuchen von Schuster¹⁾, welcher die Geschwindigkeit der von den Elektroden abgeschleuderten Funkensubstanz bis zu 2000 m/sec angiebt.

Die hier geäusserte Anschauung ist übrigens seit langem und zu wiederholten Malen ausgesprochen worden. Unseres Wissens findet sie sich zuerst bei v. Waltenhofen²⁾, welcher sich „die ponderable Materie zwischen den Elektroden nicht nur als Träger der Entladung, sondern als durch diese selbst in Bewegung gesetzt denkt“.

1) A. Schuster, *Nature* **57**. p. 17. 1897.

2) A. v. Waltenhofen, *Pogg. Ann.* **128**. p. 608. 1866; vgl. auch E. Lecher, *Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. zu Wien* **96**. p. 103. 1887.

§ 3. Es wurde zunächst der Druck im Funken für verschiedene, in den secundären Kreis eingeschaltete Capacitäten bestimmt. Hierbei bedienten wir uns einer Funkenstrecke $f = 2$ mm Länge zwischen Messingstiften von 3 mm Durchmesser. Als indicirende Flüssigkeit verwendeten wir Vaselineöl. Die primäre Stromstärke betrug bei diesen Versuchen 7,5 Amp. bei einer Spannung von 100 Volt.

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. In derselben, wie in allen folgenden, bedeutet c die Capacität in Metern, P' den Ausschlag in mm, P den Druck im Funken in Atmosphären.

Tabelle I.

c	P'	P	c	P'	P
5.16	33	22	53.1	220	51
11.1	118	40	77.3	228	50
16.4	148	48	100.2	258	46
22.9	165	45	156.0	293	36

Die in der Kugel eingeschlossene Luft stand hierbei unter einem Drucke von 695 mm.

Wir geben hier und in den folgenden Tabellen den direct am Manometer beobachteten Ausschlag, weil wir in demselben ein Maass für die im Funken entwickelte Schallenergie erblicken. Es zeigt sich, dass mit wachsender Capacität, also wachsender Elektrizitätsmenge, die im Einzelfunken übergeht, diese akustische Energie zunimmt, und zwar anfangs sehr rasch, später aber einem bestimmten Grenzwerthe zustrebt. Gleichzeitig nimmt auch der Druck im Funken anfangs rasch zu, erreicht aber dann ein Maximum und sinkt hierauf in Folge der Vergrößerung des Funkenvolumens wieder langsam ab.

§ 4. Weiter wurde bei gleichbleibender Capacität und primärer Stromstärke die Funkenlänge verändert. Auch hier wächst der beobachtete Ausschlag gegen einen Grenzwert. Der im Funken entwickelte Druck scheint aber constant zu bleiben, da sich die Funkenzahl nicht ändert, also die im Einzelfunken übergehende Energiemenge unverändert bleibt. Er beträgt im Mittel 50,7 Atm. Die folgende Tabelle giebt die genaueren Daten. Die verwendete Capacität betrug 77,3 m, die primäre Stromstärke 6,2 Amp., der Gasdruck 697 mm Hg.

Tabelle II.

f	P'	P	f	P'	P
1	85	41	3	260	59
1,5	120	57	3,5	280	47
2	182	51	4	300	55
2,5	227	45			

§ 5. Ferner wurde der Einfluss des Druckes (II) des umgebenden Mediums untersucht. Selbstverständlich musste als Indexflüssigkeit in diesem Falle Quecksilber verwendet werden. Die erhaltenen Resultate sind im Folgenden gegeben. Verwendet wurde dabei eine Funkenstrecke von 3 mm, eine Capacität von 100,2 m, bei einer primären Stromstärke von 9,5 Amp.

Tabelle III.

II	P'	P	II	P'	P
585	7,8	27,2	320	2,2	6,5
550	6,2	19,6	217	1,2	3,7
502	5,0	19,9	96	0,5	1,0
415	3,3	11,2			

Auch hier, wie in allen folgenden Versuchsreihen, wo nicht ausdrücklich von anderen Elektroden die Rede ist, wurden als solche Messingstifte von 3 mm Durchmesser verwendet.

Erwähnt sei, dass bei den Drucken von 217, bez. 96 mm Quecksilber die Elektroden bereits von blauem Licht umhüllt waren. Da ein weiteres Verfolgen der Erscheinung bei noch niedrigeren Drucken wegen der geringen Ausschläge bei so kleiner Funkenstrecke unthunlich war, so haben wir die letztere auf 24 mm erhöht. Wir erhielten die folgende Tabelle.

Tabelle IV.

II	P'	II	P'
165	12,3	88	4,7
160	11,1	70	3,5
140	8,8	50	2,8
120	7,1	20	1,0

Den Druck haben wir nicht bestimmt, da die bei der Ableitung der Formel in § 2 gemachten Voraussetzungen hier nicht mehr genügend genau erfüllt sind und die Anfertigung, bez. Deutung der Photographien mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist. Es ist nämlich die sich bildende Aureole so lichtschwach, dass sie auf Momentaufnahmen nicht mehr sichtbar gemacht werden kann, während wieder das blaue Licht, das die Elektroden einhüllt, sowie die Funkenbahn selbst so aktinisch sind, dass bei Daueraufnahmen, welche die Aureole zeigen müssten, dieselbe infolge des diffusen, vom Funken stammenden Lichtes vollständig im Schleier verschwindet. Ausserdem ist das blaue Licht an den Elektroden sehr unruhig, sodass ein auch nur annähernd genaues Ausmessen der Photographien, selbst bei Ueberwindung obiger Schwierigkeiten, ganz aussichtslos wäre.

§ 6. Auch den Einfluss der Form der Elektroden unterzogen wir einer Prüfung, indem wir unter denselben Versuchsbedingungen, welche der Tabelle III zu Grunde liegen, die Messingstifte durch Messingkugeln von 18 mm Durchmesser ersetzten. Die erhaltenen Resultate sind mit den oben gegebenen identisch.

§ 7. Hingegen konnten wir einen Einfluss des umgebenden Gases auf den Funkendruck constatiren.

Untersucht wurden Luft, Kohlendioxyd und Leuchtgas (Dichte = 0,47). Verwendet wurde hierbei eine Funkenstrecke von 2 mm, eine Capacität von 72,8 m bei einer primären Stromstärke von 6 Amp. Das in der Kugel eingeschlossene Gas stand unter dem Druck von 704 mm Quecksilber.

Tabelle V.

	P'	P
Luft	167	51,7
Kohlendioxyd	323	153,2
Leuchtgas	260	79,7

§ 8. Weitere Versuche wurden mit Elektroden aus verschiedenem Material durchgeführt. Wir benutzten dazu den Transformator und die Condensatoren, die bei den Spectral-

untersuchungen von F. Exner und E. Haschek Verwendung finden, um nach Möglichkeit die dort herrschenden Versuchsbedingungen zu gewinnen. Zum Vergleich mit den früher gegebenen Zahlen haben wir auch den Funkendruck für Messingelektroden bestimmt. Die Kohlenstifte waren aus käuflicher gepresster Gaskohle (Elementenkohle) geschnitten, deren hoher Gehalt an leicht zersetzlichen, flüchtigen Bestandtheilen wohl den hohen Werth des Druckes im Funken erklärt.

Die Versuchsbedingungen waren 8,2 Amp. im primären Stromkreis, 6 Batterien je zehnplattiger, ebener Condensatoren mit der Gesammtcapacität von 750 m bei beiläufig 5800 Volt effectiver Spannung im secundären Kreis. In der folgenden Tabelle sind wieder der directe Ausschlag, der Funkendruck und die Funkenlänge, die nicht bei allen Elektroden auf denselben Betrag gebracht werden konnten, angegeben.

Tabelle VI.

Material	f	P'	P	Material	f	P'	P
Gaskohle	3	740	124	Zink	2,6	243	44
Eisen	3	605	79	Kupfer	2,5	187	33
Messing	3	427	64				

Die hier für verschiedene Materialien gefundenen Funkendrucke lassen sich vielleicht mit den von V. v. Lang¹⁾ gemessenen elektromotorischen Gegenkräften im Gleichstrombogen in Zusammenhang bringen. Es zeigen nämlich die Substanzen, welche einen grossen Werth des Funkendruckes liefern, eine höhere elektromotorische Gegenkraft; nur Zink macht hier eine Ausnahme. Doch lässt sich dies vielleicht dadurch erklären, dass der für die elektromotorische Kraft des Zinkbogens gefundene Werth wegen der leichten Schmelzbarkeit des Materials mit einer grösseren Unsicherheit behaftet sein dürfte.

§ 9. Gemäss den Ausführungen in § 2 ist eine Untersuchung der Abhängigkeit unserer Erscheinung von der Zahl der Funken in der Secunde wünschenswerth. Da sich eine derartige Untersuchung mit dem Transformator naturgemäss

1) V. v. Lang, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien 95. p. 84. 1887.

nicht ausführen liess, da wir bei demselben an die Wechselzahl des Strassenstromes gebunden waren, so verwendeten wir hierzu einen Ruhmkorff'schen Funkeninductor von ca. 15 cm Schlagweite. Die Unterbrechung des primären Stromes geschah für die niedrigen Unterbrechungszahlen mit einem regulirbaren Foucault'schen Unterbrecher, für die höheren mit einem Neef'schen Hammer, bez. mit einem schnelllaufenden Motorunterbrecher. In den secundären Kreis hatten wir eine Capacität von 5,16 m eingeschaltet. Die Abhängigkeit des Ausschlages von der Unterbrechungszahl (u) ergibt die folgende Tabelle.

Tabelle VII.

u	P'	u	P'
4,8	2,3	20,0	14,7
7,5	4,3	24,0	15,2
14,1	11,2	30,0	15,5

Bei der verwendeten Capacität entspricht jeder Unterbrechung auch ein Funke. Da nun der Ausschlag für eine Aenderung von 24 auf 30 Unterbrechungen in der Secunde nur um 0,3 mm Vaselineöl, das ist um etwa 2 Proc. wächst, so ist klar, dass schon bei einer wenig grösseren Unterbrechungszahl — die wir leider nicht mehr erreichen konnten — der in § 2 erwähnte Grenzwert erreicht worden wäre. Daraus folgt aber, dass für den Transformator bei 80 Wechsell in der Secunde der in den Tabellen angegebene Druck, der ja zunächst nur ein Zeitmittel ist, mit dem wahren Funkendruck zusammenfällt.

Auch versuchten wir ein Maass für den im Funken eines Inductoriums herrschenden Druck zu gewinnen. Doch stösst man hierbei auf eine Schwierigkeit. Da nämlich bei einer geringen eingeschalteten Capacität der Funke für eine Momentaufnahme sich als zu lichtschwach erweist, andererseits aber bei grösserer Capacität die Zahl der Funken in der Secunde über ein gewisses Maximum nicht zu steigern ist, so waren wir gezwungen, die Messung bei niedrigerer Unterbrechungszahl vorzunehmen und vermittelst der obigen Tabelle auf die höchste

zu reduciren. Es ergab sich auf diese Weise für eine Capacität von 16,4 m und einen direct beobachteten Ausschlag von 11,5 mm Vaselineöl der Funkendruck zu 11,3 Atmosphären.

§ 10. Auf Grund der in § 2 entwickelten Anschauung könnte die Frage entschieden werden, ob man es im Gleichstrombogen mit einem continuirlichen oder disruptiven Entladungsvorgang zu thun hat; denn es zeigt sich auch hier in ganz analoger Weise eine Druckerhöhung. Zündeten wir nämlich in unserer Kugel einen Bogen von etwa 2 mm Länge an, so sank das Vaselineöl zunächst rasch und gleichmässig; wurde dann plötzlich der Bogen abgestellt, so hörte dieses Sinken nicht nur im selben Moment auf, sondern ging ebenso momentan in ein Steigen über. Nun zeigt aber die Indexflüssigkeit den Partialdruck derjenigen Stelle im Gase an, wo die Manometerrohre an die Kugel angesetzt ist. Wird dieser erhöhte Druck an jener Stelle nicht durch nachkommende Verdichtungswellen fort und fort erneuert, so wird das Manometer solange in Ruhe bleiben, bis der expandirende Metaldampf selbst das Manometerrohr erreicht hat. In Anbetracht des grossen Volumens unserer Kugel und des Charakters der ganzen Erscheinung lässt sich somit für die letztere nur dann eine befriedigende Erklärung finden, wenn man auch im Lichtbogen eine sich fortwährend stossweise regenerirende Druckerhöhung voraussetzt, eine Annahme, die um so unbedenklicher gemacht werden kann, als auch anderweitige experimentelle Untersuchungen auf eine solche Intermittenz der Entladung hinweisen.¹⁾ Auf die Existenz des hierdurch bedingten Druckes lässt sich auch insofern schliessen, als erfahrungsgemäss die in verschiedenen Bogen erhaltenen Spectrallinien desselben Elementes Verschiebungen aufweisen, die sich durch eine Verschiedenheit des in den einzelnen Bogen herrschenden Druckes ungezwungen erklären würden.

Für einen Bogen von 3 mm Länge und eine Stromstärke von ca. 2 Amp. bei 110 Volt Spannung schätzten wir nach Analogie der oben für Funkenstrecken gefundenen Werthe die Grösse dieses Druckes auf 2—3 Atmosphären.

1) Vgl. E. Lecher, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, 95. p. 992. 1887; M. Cantor, l. c. 107. p. 519. 1898; Wied. Ann. 67. p. 481. 1899.

Resultat.

Als Resultat der obigen Versuche ergibt sich der Nachweis eines hohen Druckes in der Bahn des elektrischen Funkens, als dessen unmittelbare Ursache der von den Elektroden abgeschleuderte Metaldampf anzusehen ist. Hieraus erklärt sich, dass der Druck im Funken ebensowohl mit der aufgewendeten Energie variirt, wie mit der Substanz, aus welcher die Elektroden bestehen. Ein weiteres Ergebniss ist die Abhängigkeit der Erscheinung vom Druck und der Natur des umgebenden Gases. Endlich zeigt sich auch im Lichtbogen eine Drucksteigerung, die auf eine Intermittenz der Entladung hinweist.

(Eingegangen 8. Juni 1899.)