

Die  
Methoden der Fixierung  
der  
elektrischen Entladungserscheinungen.

Von  
**Albert v. Obermayer.**

---

Vortrag, gehalten den 24. Februar 1892.

*(Mit Projectionen.)*

Mit 1 Tafel und 27 Abbildungen im Texte.



Der elektrische Funke ist eine sehr bekannte Erscheinung. In seiner mächtigsten Form zeigt er sich als Blitz, und von da an gibt es Abstufungen bis zum kaum sichtbaren knisternden Funken einer geriebenen Glas- oder Harzstange.

Alle diese Entladungserscheinungen sind sehr flüchtiger Natur. Wheatstone fand mit dem rotierenden Spiegel für die Dauer des Funkens einer Leydenerflasche 0·000000868 Secunden, Feddersen nach derselben Methode für die Dauer des Funkens einer großen Batterie 0·00008 bis 0·00009 Secunden.

Wenn nun auch ein Lichteindruck von noch so kurzer Dauer im Auge selbst 0·1 Secunde nachwirkt, so genügt diese kleine Zeit gar nicht, um die Einzelheiten eines Funkenbildes zu erfassen.

Zur Fixierung der Erscheinung sind hauptsächlich zwei Methoden angewendet worden. Entweder wird die Lichterscheinung photographiert, oder man lässt den Funken seinen Weg auf beruhten oder lichtempfindlichen Glasplatten aufzeichnen. Die letztere Methode ist nur auf sogenannte gleitende Funken anwendbar. Beide Methoden haben mannigfaltige Aufschlüsse über

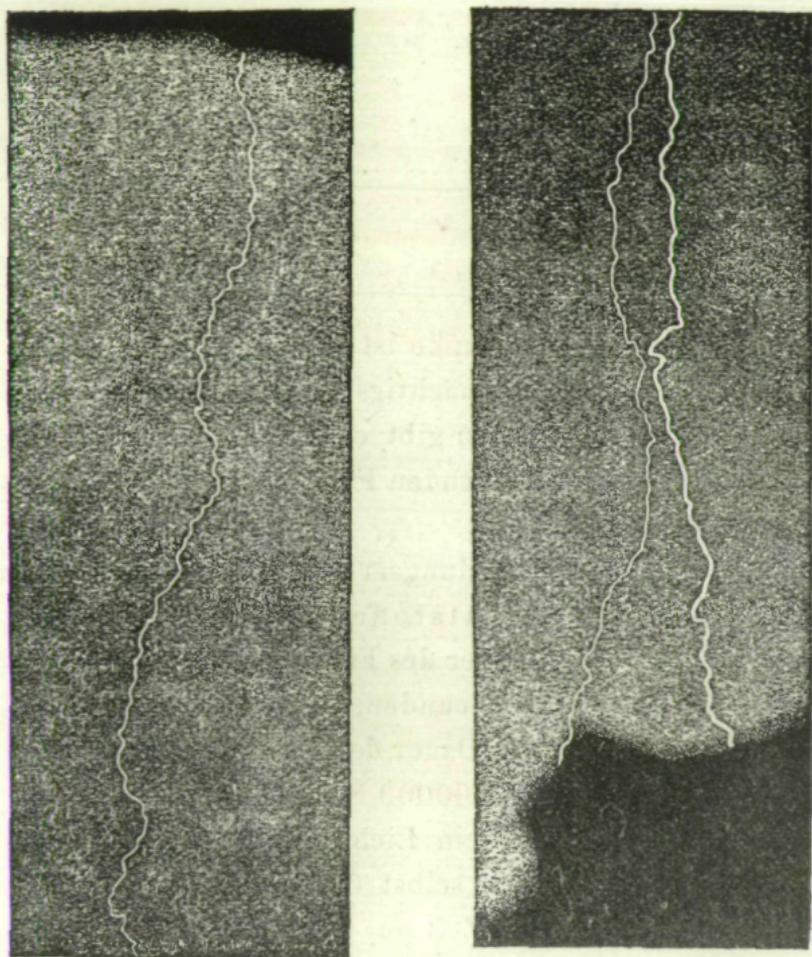


Fig. 1 und 2. Photographien von Blitzen am 6. Juli 1883  
von R. Hänsel in Reichenberg.

die Natur der Entladung und der dieselben begleitenden Erscheinungen geliefert.

Eine so altbekannte Erscheinung wie der Blitz ist stets als eine Zickzacklinie aufgefasst und seit dem Alterthume so dargestellt worden. Die Photographien

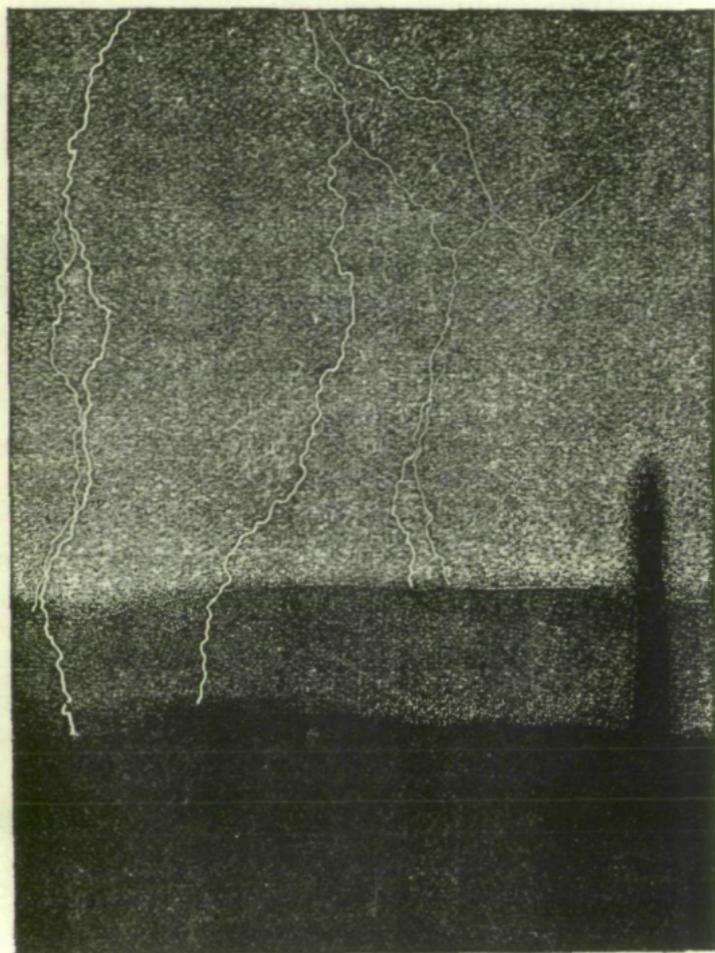


Fig. 3. Photographie von Blitzen am 3. Juli 1883  
von R. Hänsel in Reichenberg.

der Blitze, die erst aus den letzten Jahren herrühren, haben erkennen lassen, dass die Bahnen der Blitze nicht nur mannigfach geschlängelt, sondern auch vielfach verzweigt sind und fast einem Flussnetze ähneln.

Selbstverständlich können Photographien der Blitze nur bei Nachtgewittern erhalten werden. Die photographische Camera ist dann bei aufgezo- genem Cassettenschieber und mit auf unendlich gestellter Linse

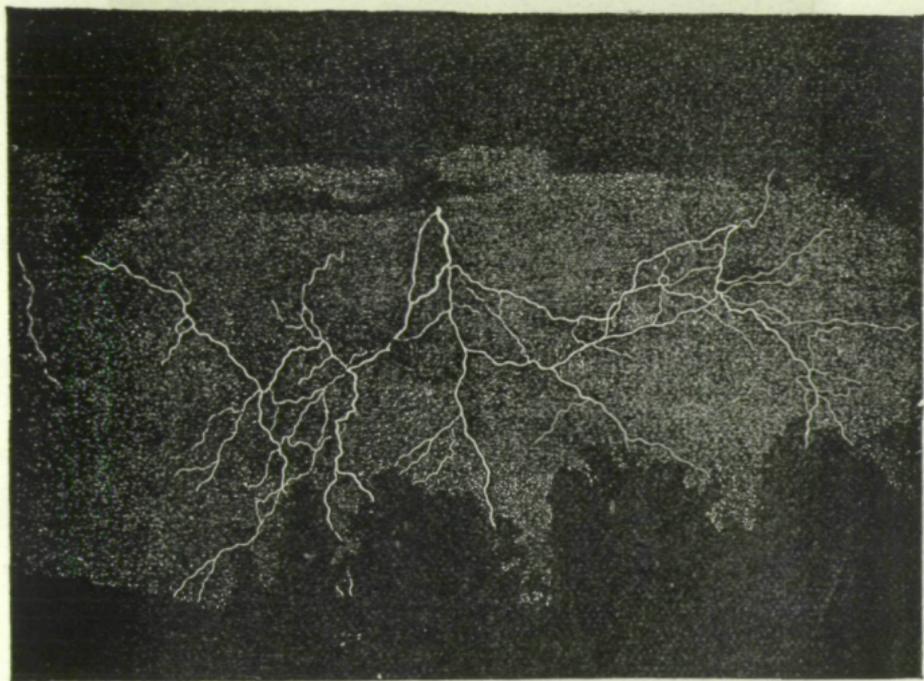


Fig. 4. Photographie von Blitzen von Dequesne.

bei unbedecktem Objective aufzustellen, und es sind ein oder mehrere Blitze abzuwarten.

Die Bilder, die ich hier vorzeige, sind bei einem Nachtgewitter in Mondsee mit einer Goldmann'schen Detectivcamera und einem Français'schen Weitwinkel aufgenommen. Die Diapositive sind Vergrößerungen

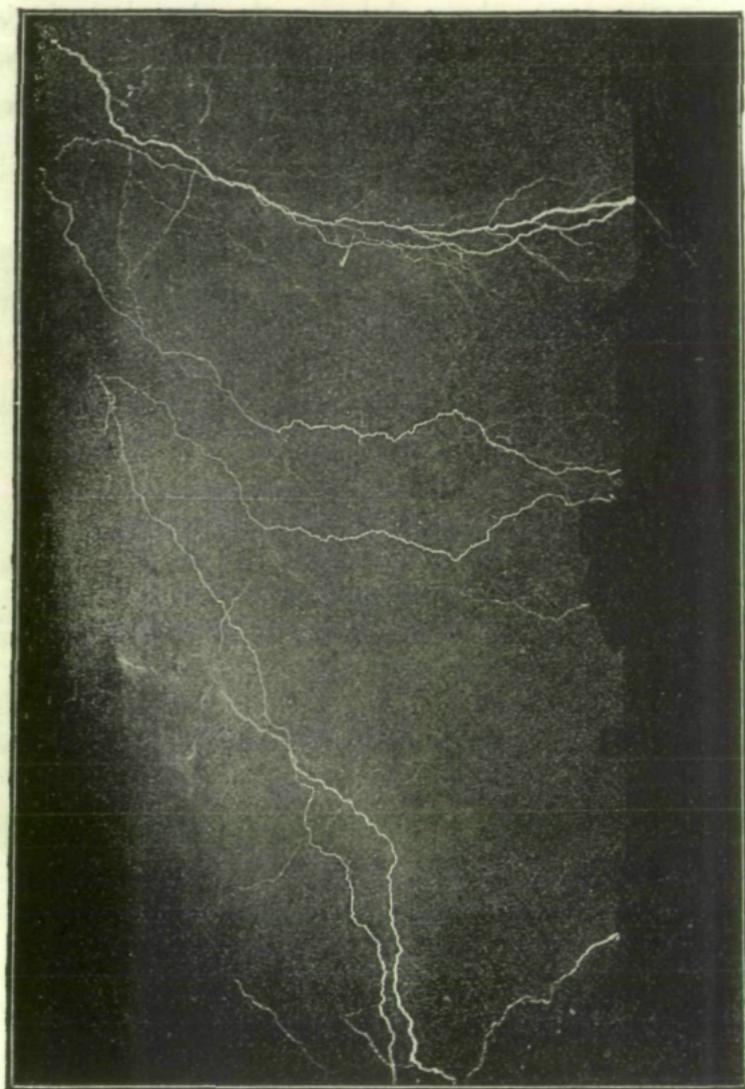


Fig. 5. Photographie von Blitzen von Seeliger in Olmütz.

der sehr kleinen Originalbilder. Es scheint, dass die Verästelungen der Blitze nach allen Richtungen des Raumes hin verlaufen. Die Schlingen, die in den Bildern

gesehen werden, rühren daher wahrscheinlich davon her, dass hintereinander gelegene Zweige sich kreuzen. Zufälligerweise haben sich gerade recht charakteri-

Fig. 6. Photographie von Blitzen von Seeliger in Olmütz.



stische Blitzbilder ergeben, unter anderen auch solche, wo Blitze knapp nebeneinander verlaufen sind, was übrigens häufig gefunden wird.

Wenn man einmal weiß, dass die Blitze sich verzweigen, dann fällt es auch nicht schwer, dieses während eines Gewitters mit freiem Auge zu beobachten. <sup>1)</sup>

Die Fig. 1, 2 und 3 rühren von R. Hänsel in Reichenberg her und sind bei einem Nachtgewitter am 6. Juli 1883 aufgenommen. Die Fig. 4 entstammt einer Blitzaufnahme von Dequesne in Frankreich.

<sup>1)</sup> Brühl, Ann. von Wiedemanns, Bd. 26, S. 334.

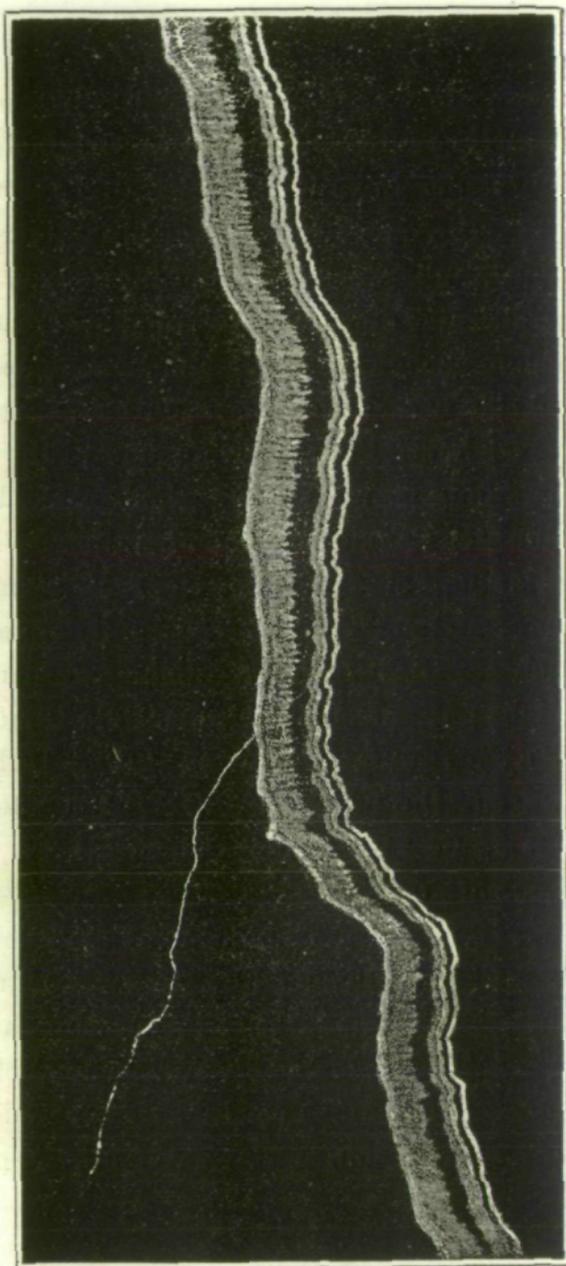


Fig. 7. Vergrößerung einer Blitzphotographie von H. Kayser in Berlin.

Die Fig. 5 und 6 sind Blitzphotographien von Seeliger in Olmütz. Die Originalaufnahme zeigte unter der Lupe mehrere parallel verlaufende Strahlen.

Die merkwürdigsten Blitzbilder rühren von H. Kayser in Berlin her.<sup>1)</sup> Eines davon zeigt in der Vergrößerung eine eigenthümliche Structur (Fig. 7). Es scheinen mehrere Entladungen nebeneinander verlaufen zu sein und eine davon ist durch eine Querstreifung ausgezeichnet. Eine befriedigende Erklärung dieser Querstreifung ist noch nicht gegeben worden. Im luftverdünnten Raume, zwischen parallelen Platten, gelingt es allerdings eine geschichtete, funkenähnliche Entladung herzustellen,<sup>2)</sup> ob diese aber mit der von Kayser beobachteten Schichtung verglichen werden kann, lässt sich nicht gut entscheiden, zumal die Dimensionen des von Kayser aufgenommenen Blitzes sehr beträchtliche waren. Die Länge des Blitzes betrug 300 m, die Aureole 28 m, die Länge einer Schichte 1·7 m, die Höhe einer Schichte 0·35 m.

Im Laboratorium bedient man sich zur Erzeugung von Elektrizität der Elektrisiermaschinen und sammelt die Elektrizität in Leydenerflaschen auf.

Mir standen zu den Versuchen nebst zwei Doppelinfluenzmaschinen von 37 cm Scheibendurchmesser, eine Influenzmaschine zweiter Art mit vier paarweise gegen-

---

<sup>1)</sup> A. Kayser, Wiedemanns Ann., Bd. 25, S. 131.

<sup>2)</sup> Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. X, S. 156.

einander rotierenden Hartgummischeiden, von 130 cm Durchmesser zugebete, welche von der Transmission einer zweipferdigen Gasmaschine angetrieben werden

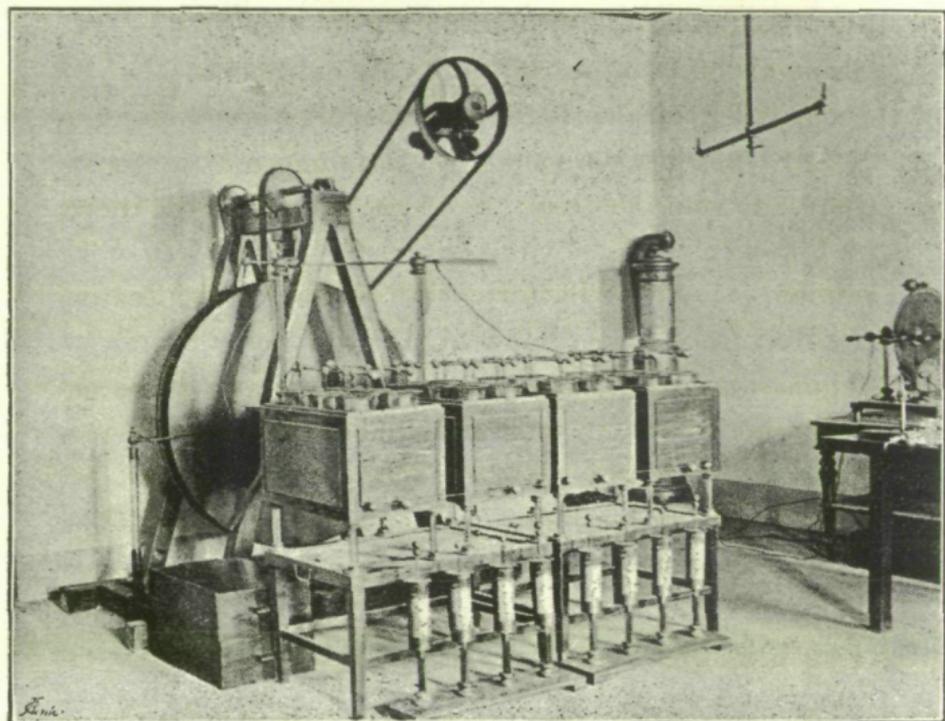


Fig. 8. Influenzmaschine mit vier Hartgummischeiden von 130 cm Durchmesser; Batterie von 24 Leydenerflaschen in vier Kästen, paarweise auf verschiebbarem Stative; Cascadenbatterie von 8 kleinen Leydenerflaschen.

konnte. Die Scheiben führten 300 Touren in der Minute aus.

Die kleinen Maschinen geben bei gewöhnlicher Tourenzahle eine Stromstärke von 0,00006 Amp. Die

vierscheibige Maschine (Fig. 8) gab bei obiger Tourenzahl 0.00048 Amp., d. i. nahe  $\frac{1}{2}$  Milli-Amp. Stromstärke, etwas weniger als der tausendste Theil des Stromes, welcher zum Betriebe einer Glühlampe nöthig ist. Die Potentialdifferenz dürfte bei der großen Maschine an 80.000 bis 100.000 Volt betragen.

Als Batterie verfügte ich in der letzteren Zeit über 24 Leydenerflaschen von 13 *cm* Durchmesser und 40 *cm* Höhe, die vom Boden an bis 34 *cm* belegt waren. Diese 24 Flaschen sind zu vier Batterien à 6 Flaschen verbunden, jede dieser Batterie ist in einem eigenen Kasten mit Holzdeckel untergebracht. Je zwei dieser Batterien stehen, durch Glasfüsse isoliert, auf einem niederen Tische, mit Rollen und Handhaben zum bequemen Transporte (Fig. 8).

Die Höhe der Belegung der Flaschen verhindert ein Durchschlagen des Glases. Die Funken springen über den Flaschenrand, wenn die Ladung der Flasche zu hoch anwächst.

Alle Kugeln sind mit feinen Löchern versehen, in welche sich die Enden der Verbindungsdrähte stecken lassen. Die inneren Belegungen je dreier Flaschen einer Batterie sind durch einen, die Kugeln der verticalen, zur inneren Belegung führenden Stange durchsetzenden Draht, der an seinen Enden selbst Kugeln trägt, verbunden.

Durch aufgelegte Querstangen werden die inneren Belegungen der 6 Flaschen einer Batterie verbunden. Mit den äußeren Belegungen stehen die Flaschen einer

Batterie auf Messingblechstreifen und sind dadurch leitend verbunden.

Das Maß für die Fähigkeit einer Batterie, Elektrizität aufzunehmen, nennt man die Capacität. Man misst dieselbe in absoluten elektrostatischen Einheiten in Centimetern oder in Metern.

Eine solche Batterie von 6 Flaschen, alle inneren Belegungen miteinander und alle äußeren Belegungen miteinander verbunden, d. h. die Flaschen neben-

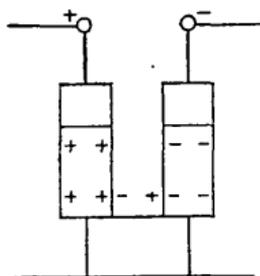


Fig. 9. Schema einer Cascadenbatterie von zwei Gruppen.

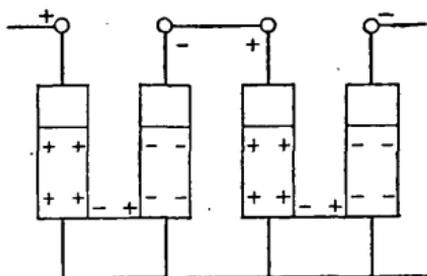


Fig. 10. Schema einer Cascadenbatterie von vier Gruppen.

einander geschaltet ( $6 \times 1$ ), hat zufällig eine Capacität von nahe  $100 m$ . Eine frei im Raume befindliche Kugel von  $100 m$  Halbmesser nimmt unter gleichen Verhältnissen (beim Potentiale Eins) ebensoviel Elektrizität auf als diese Batterie von 6 Flaschen.

Werden alle vier Batterien nebeneinander geschaltet ( $24 \times 1$ ), so geben sie eine Capacität von  $400 m$ . Die Schlagweite kann aber dann zwischen Kugeln von etwa  $2 cm$  Durchmesser nicht über  $13-15 mm$  gesteigert werden.

Einer Schlagweite von 1 *cm* zwischen Kugeln von 1 *cm* Durchmesser entspricht ein Potentialwert von 27.000 Volt etwa, d. h. die Spannung eines Stromes, welcher 270 Glühlampen hintereinander zu betreiben vermöchte. Die Spannung, welche die Batterie aushält, dürfte also nahe an 30.000 Volt betragen.

Dagegen lassen sich die Batterien auch hintereinander oder in Cascade schalten, z. B. in zwei Gruppen zu 12 Flaschen ( $12 \times 2$ ) nach vorstehendem Schema (Fig. 9). Jede Gruppe trägt dann die Hälfte der Spannung. Die Capacität der Batterie ist dann, obgleich 24 Flaschen angewendet werden, nur ein Viertel der Batterie  $24 \times 1$ , d. i. 100 *m*. Dagegen vermag die Batterie das doppelte Potentiale, d. i. 60.000 Volt, angenähert geschätzt, zu ertragen. Die Schlagweite ist jetzt zwischen Kugeln von 2 *cm* Durchmesser leicht auf 10—12 *cm* zu bringen.

Auch in vier Gruppen können die Flaschen nach dem Schema Fig. 10 hintereinander geschaltet werden. Jede Flasche trägt dann nur den vierten Theil der Gesamtspannung an den Polen, die Capacität der Batterie  $6 \times 4$  sinkt auf den sechzehnten Theil der Batterie  $24 \times 1$ , d. i. auf 25 *m* herab.

Endlich können auch acht Gruppen zu je drei Flaschen gebildet werden. Eine Flasche trägt ein Achtel der Gesamtspannung, die Capacität der Batterie  $3 \times 8$  ist der 64. Theil der Batterie  $24 \times 1$ , d. i. auf 12·5 *m* gesunken. Zwischen den Elektroden einer Maschine, die allerdings eigenthümlich geformt waren,

betrug die Schlagweite 25—30 *cm*. Trotzdem würde ich die Größe des Potentials höchstens auf 80.000 bis 100.000 Volt schätzen. Auch eine Cascadenbatterie von kleineren Flaschen, jede von 7·5 *cm* Durchmesser und 19·5 *cm* Belegungshöhe, zu acht oder vier Flaschen (Fig. 8) fand Verwendung. Die Capacität einer solchen Flasche ist 708·22 *cm*. Die Batterie von  $1 \times 8$  hat 98 *cm* Capacität.

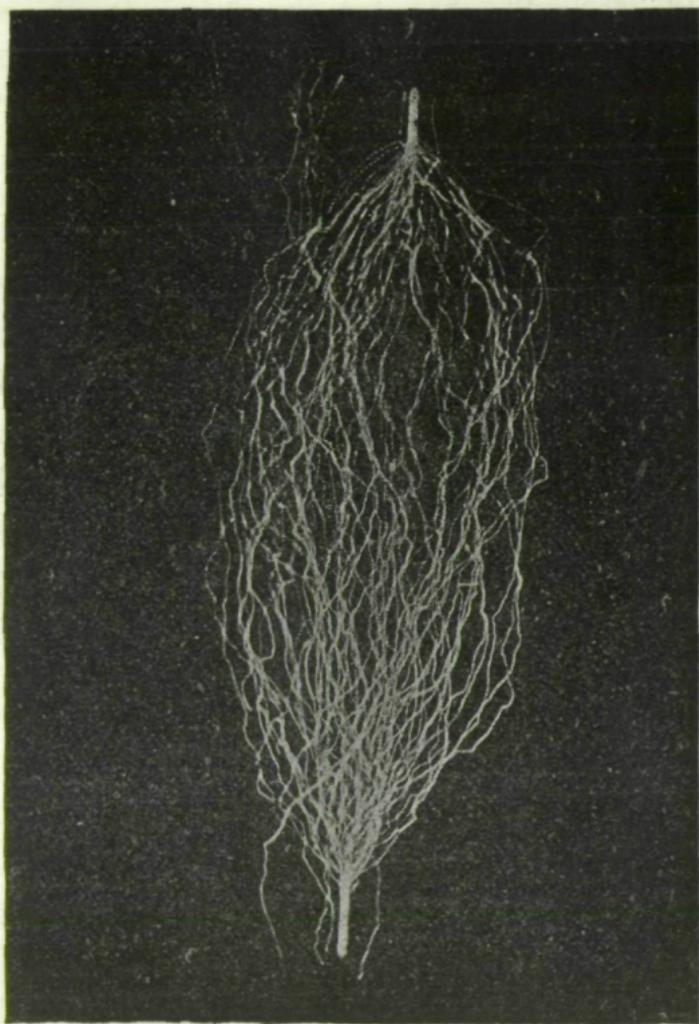
Die Funkenbilder sind zum größten Theile mit einem Rapid-Rectilinear von Dallmayer, von 47 *mm* Öffnung und 32·3 *cm* Brennweite, in ungefähr  $\frac{3}{4}$  der natürlichen Größe aufgenommen. Einzelne der vorgezeigten Bilder sind in früheren Jahren von Hauptmann Baron Hübl mit einem Steinheil-Aplanate hergestellt worden.

Die hier angeschlossenen Figuren, sowie die Blitzphotographien, sind dem Buche „Momentphotographie“ von Dr. J. M. Eder entnommen, und es wurden mir die Clichés in liebenswürdigster Weise vom Herrn Verfasser zur Verfügung gestellt.

Die Funken der vierscheibigen Influenzmaschine ohne jedwede angeschaltete Capacität sind vielfach gekrümmt. Sie gehen am positiven Pole zum größten Theil von einem gemeinschaftlichen Stiele aus und enden einzeln am negativen Pole. Sie sind am positiven Pole röthlich, am negativen Pole weiß. In der Photographie spricht sich dies durch die verschiedene Schattierung aus.

Die Fig. 11 stellt die photographische Aufnahme von Funken einer Influenzmaschine durch Dr. Stein

Fig. 11. Photographie elektrischer Funken einer Influenzmaschine von Dr. Stein.



in Frankfurt dar. Sonderbarer Weise zeigt diese Figur an beiden Elektroden den stieförmigen Austritt der

Funken, welcher in meinen Photographien für den positiven Pol charakteristisch ist.

In Fig. 11 liegt der negative Pol rechts; es zeigt sich dortselbst die größere Intensität des Funkenlichtes.

Wird an die Elektrisiermaschine die Cascade vor vier der früher erwähnten kleinen Flaschen geschaltet,

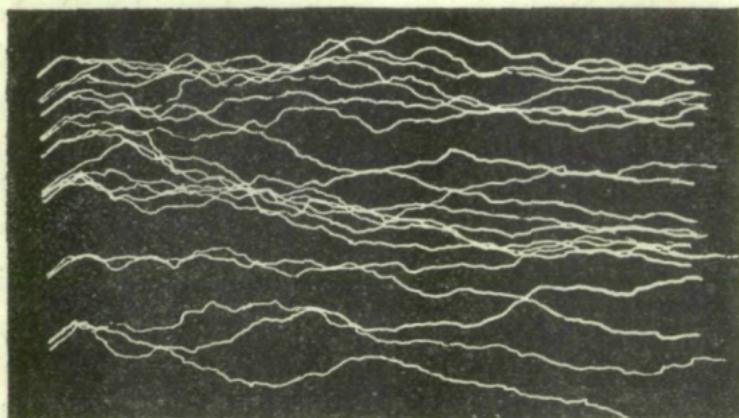


Fig. 12. Photographie der Funken einer Influenzmaschine mit beigeschalteten Leydenerflaschen von Melbecke und Plücker.

so entstehen Funkenbilder, welche den gemeinschaftlichen Stiel am positiven Pol noch erkennen lassen. Die Breite der Funken nimmt mit der Capacität zu. Wo die Funken scharf umbiegen, erscheint das Bild intensiver, da die Funken für ihr eigenes Licht durchsichtig sind (Fig. 12).

Auch dann, wenn unter Zuschaltung der Cascade von  $8 \times 3$  großer Flaschen mehrere Funken hinter-

einander schlagen, ist der gemeinschaftliche geradlinige Stiel am positiven Pole noch erhalten. Es ist der Stiel des Büschels, welches sich an diesem Pole bildet, wenn die Elektroden sehr weit auseinandergezogen werden.

Die Funkenbilder der Verbindung  $3 \times 8$ ,  $6 \times 4$ ,  $12 \times 2$  zeigen bei gleicher Schlagweite zunehmende Breite des Funkenbildes, insbesondere des Funkencanales inmitten der Aureole und eine Zunahme der Intensität, welche das Diapositiv sehr gut erkennen lässt. Die Fig. 13 gibt ein annäherndes Bild einer Funkenphotographie, in welcher die Aureole gegen den Funkencanal zurücktritt.

Das Ansehen der Funkenbilder verändert sich auch mit der Blende, welche im photographischen Apparate zur Verwendung kommt.

Sehr charakteristisch sind die mit den Blenden 1, 2, 3, 4 auf Imperialplatten erhaltenen Funkenbilder der Batterie  $12 \times 2$ . Der Lichtcanal in der Mitte des Funkenbildes und die leuchtende Hülle sind sehr deutlich ausgedrückt. An Stelle, wo der Funke scharf umbiegt, geht von der Innenseite der Winkel ein V-förmiges Lichtbüschel aus. Dasselbe ist, wie später nachgewiesen werden wird, akustischen Ursprunges.

Die Funkenbilder, mit der Batterie  $2 \times 12$  und den Blenden 0, 2, 4, 6 aufgenommen, zeigen sehr deutlich die Abnahme in der Lichtintensität der Aureole, während der Canal in der Mitte des Funkenbildes erhalten bleibt.

Die Breite des Funkencanales ist von Cardani<sup>1)</sup> für verschiedene Capacitäten gemessen und nahe der ersten Potenz der Capacität proportional gefunden worden.

Die Entladung der Batterien  $24 \times 1$  und  $12 \times 2$  ist sehr geeignet, Metalldrähte zu zerstäuben. Die

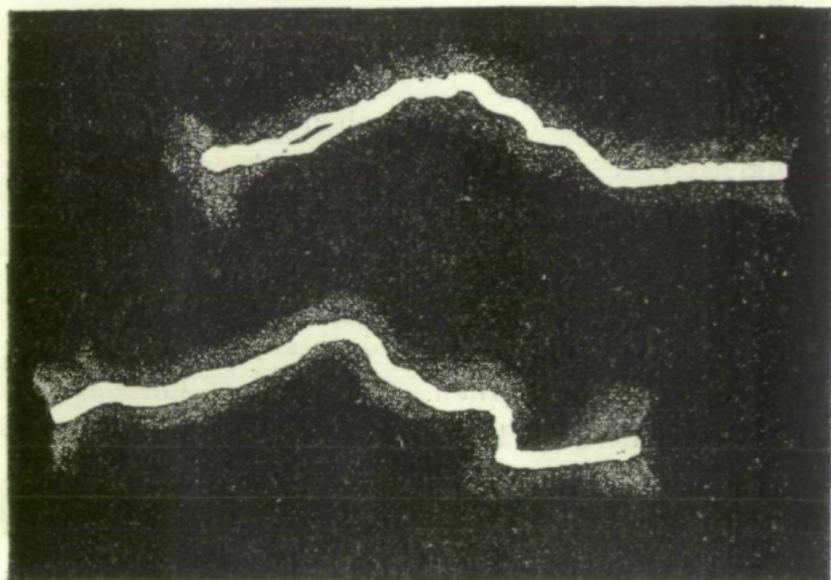


Fig. 13. Photographie des Funkens einer Leydenerbatterie von Welten in Genf.

Photographie liefert von solchen Drähten recht gute Bilder mit mannigfaltigem Detail, welches der Beobachtung mit freiem Auge vollständig entgeht.

---

<sup>1)</sup> Beiblätter zu den Ann. von Wiedemann, Bd. 9, S. 470.

Die Drähte werden zwischen die Arme eines Henley'schen Ausladers gespannt, welche am Ende federnd umgebogen sind, so dass die Drähte sich leicht einklemmen.

Zwischen die Pole der Batterie und die Arme des Ausladers sind mittels Funkenmesser Funkenstrecken eingeschaltet. Durch die Veränderung der Länge dieser letzteren lässt sich die Intensität der Entladung verändern.

Die  $24 \times 1$  Flaschen geben trotz der kleinen Funkenstrecke von  $13.5 \text{ mm}$  bei Drähten eine mächtigere Wirkung wie die  $12 \times 2$  Flaschen bei den Funkenstrecken von  $10 \text{ cm}$  einer- und  $1 \text{ cm}$  andererseits.

Am charakteristischsten sind die Bilder, welche durch Zerstäubung von Eisendrähten mit der Batterie  $24 \times 1$  erhalten werden. Bei langem, horizontalen Drahte von  $0.16 \text{ mm}$  Durchmesser und kleiner Funkenstrecke zerbricht der Draht in einzelne Stücke, welche im weißglühenden Zustande weggeschleudert werden und auf der photographischen Platte ihre Bahnen aufzeichnen (Fig. 14). Da die Bahnen nicht alle parallel mit der Bildebene liegen, erscheinen sie perspectivisch verzerrt. Einzelne der weggeschleuderten Theilchen rotieren auch, wie aus dem zackigen Aussehen einzelner Bahnbilder zu erkennen ist.

Wird unter denselben Verhältnissen der Draht vertical gestellt, dann zeigt sich ein Wegschleudern der Theilchen nach allen Richtungen, auch nach aufwärts. Man erkennt hieran, dass einzelne Stellen des Drahtes

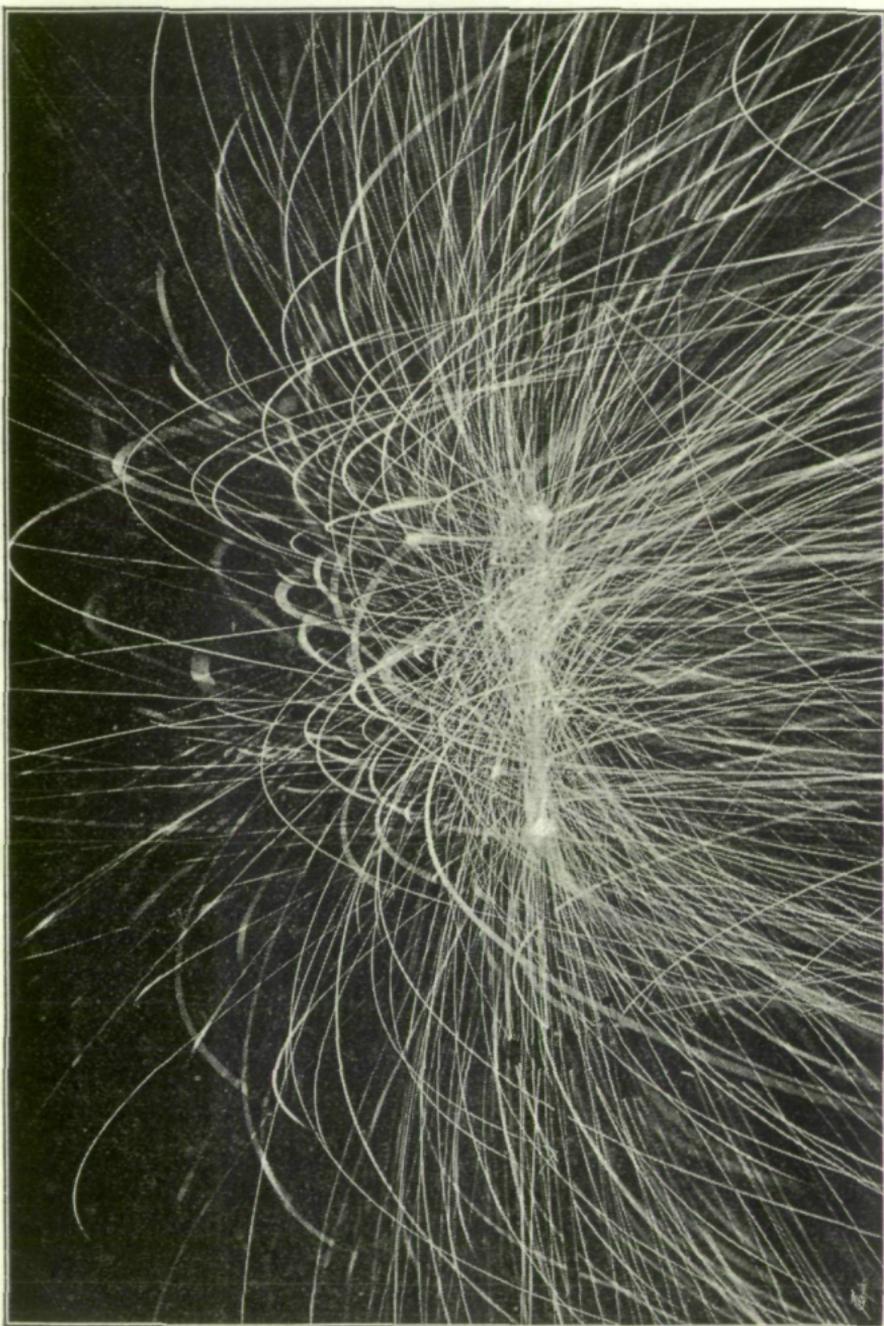


Fig. 14. Zerstäubung eines 10 cm langen Eisendrahtes durch den Entladungsschlag der Batterie von 400 m Capacität.

zu Explosionscentren werden, was wahrscheinlich durch kleine Unterschiede im Drahtmateriale bedingt ist.

Wird der Eisendraht kürzer, 7—8 *cm* etwa, genommen, dann verdampft schon ein großer Theil des Eisens, die weggeschleuderten Theilchen werden sehr klein und erlöschen bald, so dass ihre Bilder gegen das Bild der wolkigen Lichterscheinung in der Mitte sehr schwach erscheinen. Ein schwach copiertes Positiv zeigt nur die Bahnen der feinen Theilchen und gibt keinen Unterschied in dem wolkigen Bilde. Ein stark copiertes Positiv zeigt von den feinen Eisentheilchen nichts mehr und gibt nur die wolkige Erscheinung wieder, welche durch eine große Zahl chemisch wirksamer Strahlen ausgezeichnet zu sein scheint.

Ein Eisendraht von 5—6 *cm* Länge verflüchtigt sich vollständig. In der Mitte einer sehr breiten leuchtenden Wolke sieht man die einzelnen, glühenden Theilchen bei der Verwandlung in Dampf heftig aufleuchten (Fig. 15).

Funken zwischen Eisendrahtstücken, mit der Batterie  $12 \times 2$  geben sehr schöne wolkige Funkenbilder, in deren Mitte sich die Funkenbahn abhebt. Das Funkenbild unterscheidet sich durch seine wolkige Beschaffenheit von dem Bilde gewöhnlicher Funken.

Die Zerstäubungserscheinungen von Drähten aus anderen Metallen erwiesen sich durchaus nicht so charakteristisch wie jene des Eisendrahtes, vielleicht weil diese Drähte dünner waren als der angewendete Eisendraht. Sie hatten einen Durchmesser von 0.05 *mm*.

Ein schwacher Entladungsschlag gibt von einem Cement-(Messing-) Draht wie von Neusilberdraht auch ein Bild der wegfliegenden einzelnen Theilchen, die Bahnen sind aber nur auf kurze Strecken zu verfolgen. Eine stärkere Entladung gibt ein bürstenförmiges Ansehen des Bildes. Noch stärkere Schläge mit der Bat-

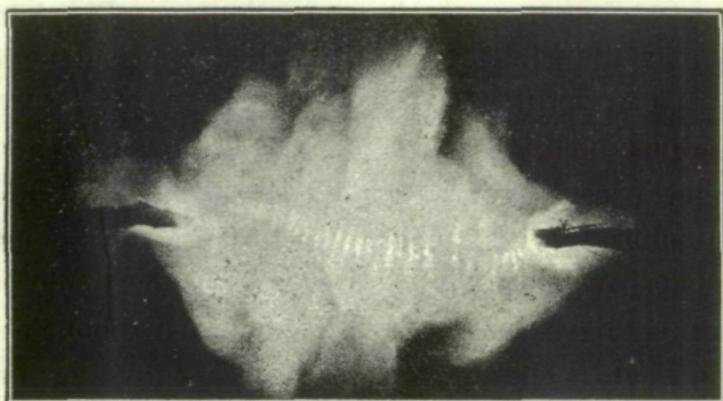


Fig. 15. Zerstäubung eines 6 cm langen Eisendrahtes durch die Batterie von 400 m Capacität.

terie  $24 \times 1$  geben Nebel und in der Mitte die hellen Bilder der verdampfenden Metalltheile.

Platindraht gibt sehr schöne und durchsichtige Nebel. In der Mitte des Nebels zeigt sich eine ähnliche Erscheinung wie beim Eisendraht.

Entladungen zwischen Stücken von Messingdraht zeigen bei schwächeren Schlägen am positiven Pole die Neigung, einzelne Stücke wegzubrechen, am negativen Pole zerstäubt der Draht vollständig. Bei stärkeren

Schlägen zeigen sich mächtige Nebel an Stelle der Drähte und ein Bild der Funkenbahn zwischen den Drahtenden. Stellenweise sieht man sehr deutlich, wie von den Enden der Drähte leuchtender Metaldampf in die Funkenbahn hineingeschleudert wird.

Gleitende Funken. Funken, deren Bahn sich der Oberfläche von Isolatoren oder Halbleitern anschmiegt, nennt man gleitende Funken. Die Länge derselben übersteigt in vielen Fällen die Schlagweite in Luft beträchtlich.

Ein Funke, der aus einer Spitze auf eine Wasseroberfläche schlägt, gleitet auf der Wasseroberfläche strahlenförmig auseinander. Selbst die Funken kleinerer Leydenerflaschen zeigen die strahlenförmige Ausbreitung. Es ist diese Erscheinung auch schon lange Zeit bekannt. Die Strahlen auf der Wasseroberfläche zeigen eine röthliche Farbe, sowie die Funken, die im Wasser selbst oder zwischen Wasserelektroden schlagen. Eine Abbildung mit der photographischen Linse kann man nicht gut zustande bringen. Righi in Bologna<sup>1)</sup> hat sich mit der Untersuchung solcher Funken beschäftigt und davon farbige Zeichnungen angefertigt.

Es ist indessen doch möglich, Aufzeichnungen der Bahnen des auf der Wasseroberfläche gleitenden Funkens zu erhalten.

---

<sup>1)</sup> A. Righi, Sulla fotografia dell' scintille elettriche ed in particolare di quelle prodotto in acque. Il nuovo Cimento XVIII, September 1885, p. 49. Atti del Academia pontificale dei nuovi Lincei, XXIX, Rom 1876.

Ein photographisches Bild ergibt sich, wenn — selbstverständlich im verdunkelten Zimmer — ein Blatt Bromsilbergelatinepapier <sup>1)</sup> auf der Wasseroberfläche schwimmen und der Funke dagegen schlagen gelassen wird. Die Entwicklung des Bildes gibt die Strahlen, die auch dem Auge sichtbar waren, und überdies eigenthümliche blattartige Formen, in denen die Strahlen gleichsam die Rippen bilden.

Auf einem mäßig großen Stück Packpapier, welches auf der Wasseroberfläche schwimmt, zeichnet der Entladungsschlag eine ganz ähnliche, wenn auch kleinere Figur.

Wird die Oberfläche des Wassers mit Lycopodium bestreut, <sup>2)</sup> so zeichnen sich die Funkenbahnen gleichfalls auf der Wasseroberfläche auf, indem die Lycopodiumschichte den Strahlen entsprechend zerreißt.

Eine ähnliche strahlenförmige Zertheilung des Funkens, wie auf der Wasseroberfläche findet auch statt, wenn ein Funke aus einer Spitze gegen eine, auf einer Metallplatte aufliegende oder an der Rückseite mit Stanniol überzogene Glasplatte schlägt. Diese Figuren sind zuerst von Rosetti <sup>3)</sup> beschrieben worden. Solche Figuren zeichnen sich auf, wenn die Platte beruht wird. Es ist dann ein charakteristischer Unterschied zwischen den Bildern, welche von negativer

---

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, XCVIII, Hübl-Obermayer, S. 419.

<sup>2)</sup> Spieß, Wiedemann, Ann., Bd. 31, S. 975.

<sup>3)</sup> Carl, Repertorium der Physik, Bd. 9, S. 1, 1873.

und positiver Elektrizität hervorgebracht werden. Man kann dieselben durch die Ausdrücke „schwach gekrümmt und längsgestreift“ für die negative und

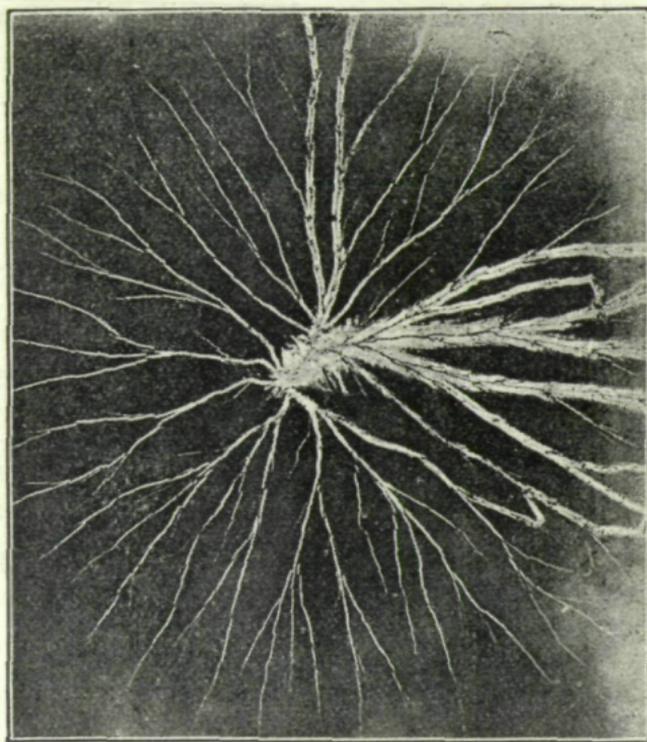


Fig. 16. Rußbild eines auf einer rückwärts metallisch belegten Glasplatte gleitenden Funkens, der aus positiver Spitze niederschlägt.

„vielfach geknickt und quergestreift“ für die positive Elektrizität charakterisieren.

Die Ausbreitung des Funkens findet nach allen Seiten hin statt, über die nächsten Theile des Randes

geht die Entladung zur metallischen Rückseite. Einzelne Zweige der Figuren nähern sich gegenseitig, der eine Zweig bricht ab und ist durch einen, unter einem rechten Winkel gelegenen Querstrich mit dem anderen Zweige verbunden, so dass die Funken Spuren geschlossene Curven auf der Platte bilden (Fig. 16).

Es gelingt auch sehr leicht, einen Funken zwischen zwei Spitzen auf einer beruhten Glasplatte gleiten zu lassen. Eine Belegung der Rückseite ist gerade nicht erforderlich, aber eine größere Strecke durchläuft der gleitende Funke, wenn eine solche Belegung vorhanden ist oder die Platte auf einer Metallscheibe aufliegt. Auch sind die Rußbilder etwas in den Details verschieden.

Versuche über gleitende Funken sind von Antolik<sup>1)</sup> angestellt und beschrieben worden. Ein solcher gleitender Funke zeigt unter den beiden Polen eine strahlenförmige Ausbreitung und in der Funkenbahn eine verschiedene Structur, die wie früher angegeben charakterisiert werden kann. Er ist oft mehrfach verzweigt. Das positive Entladungsgebiet erscheint vom negativen ziemlich scharf getrennt. Es wird diese Stelle im Rußbild des gleitenden Funkens die Ausgleichsstelle genannt; dieselbe ist die Abgrenzung der

---

<sup>1)</sup> Poggendorfs Ann., Bd. 151, 1874; Bd. 144, S. 14; Wiedemann, Bd. 3, S. 483; Wiedemanns Ann., Bd. 15, S. 475.

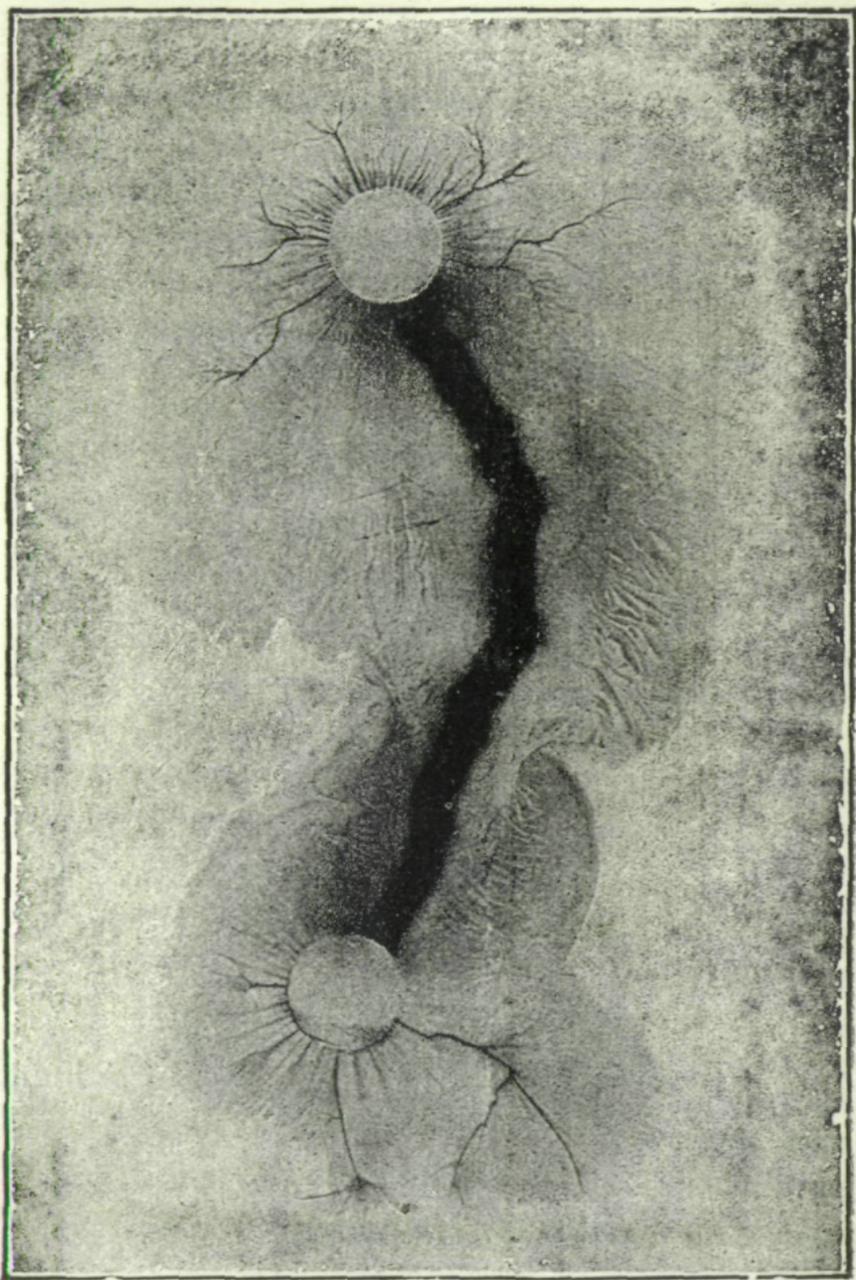


Fig. 17. Funke, auf einer rückwärts metallisch belegten Bromsilbergelatineplatte gleitend.

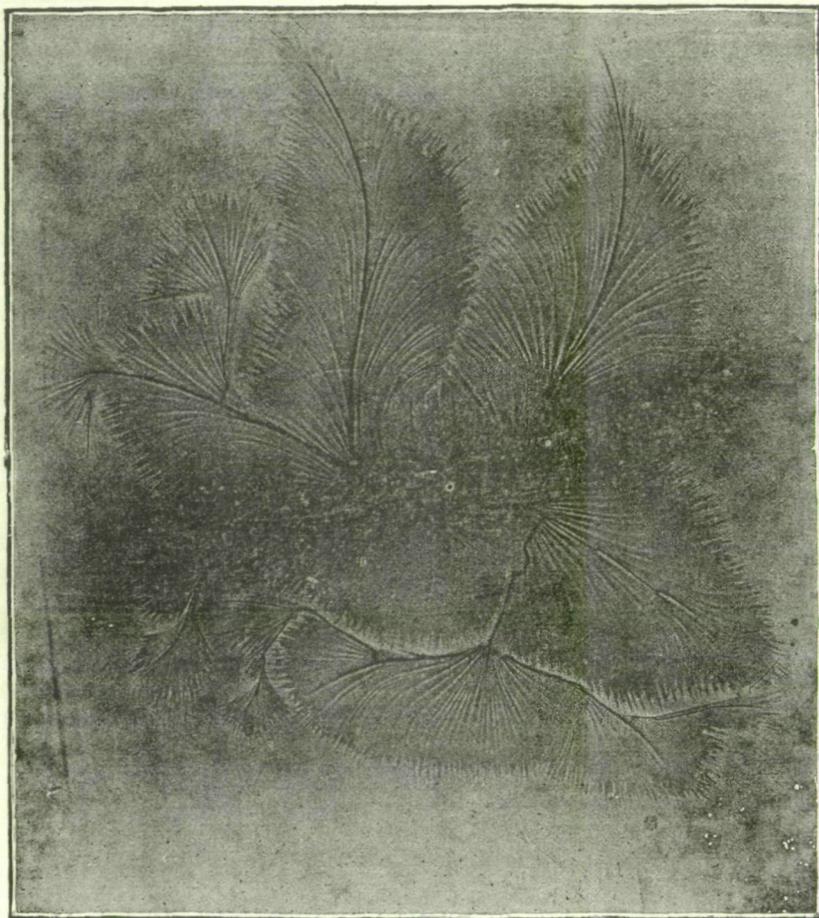


Fig. 18. Negative Entladung aus einer Spitze gegen eine rückwärts metallisch belegte Bromsilbergelatineplatte.



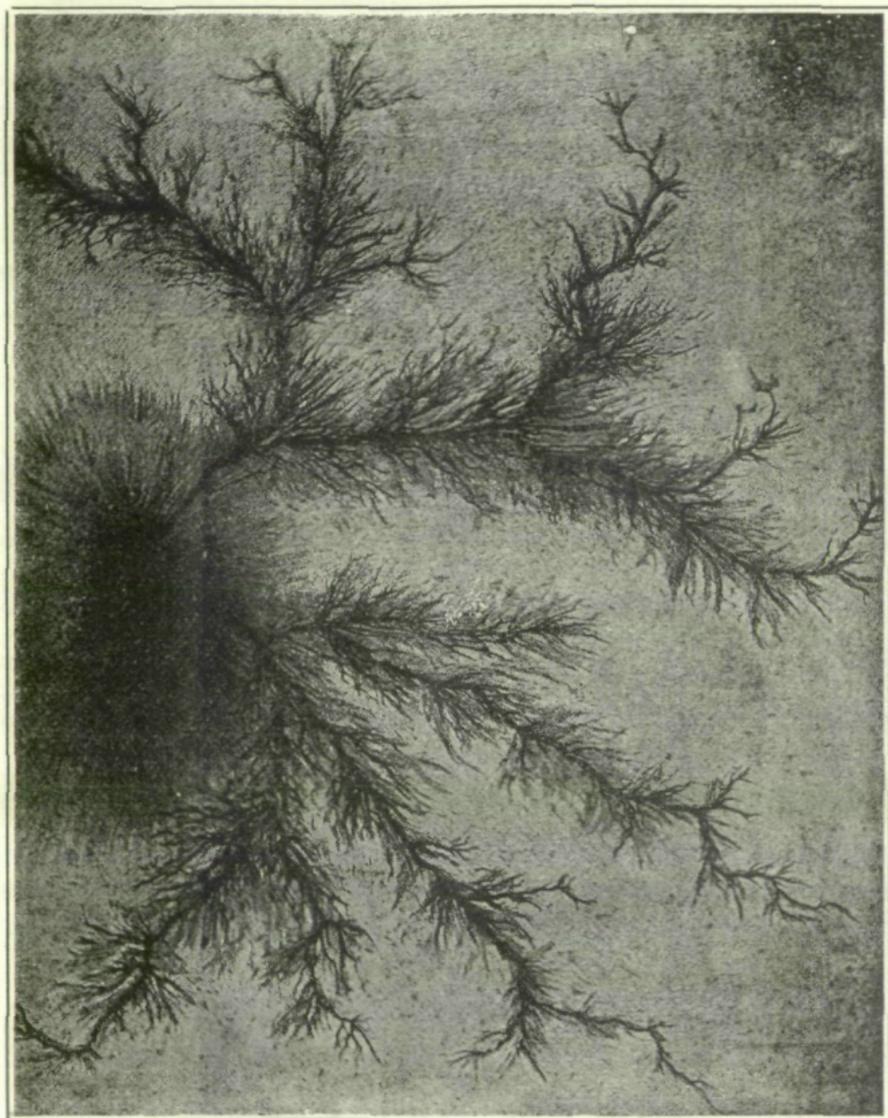


Fig. 19. Positive Entladung aus einer Spitze auf eine rückwärts metallisch belegte Bromsilbergelatineplatte.

Gebiete, auf welche sich die Wirkung der, vor dem Entladungsschlage aus den Spitzen austretenden Elektrizität erstreckt.

Von den Knickungsstellen des gleitenden Funkens sieht man eigenthümliche V-förmige Streifen ausgehen, die an jene Lichtbüschel erinnern, welche auch in den Photographien der elektrischen Funken beobachtet werden.

Gleitet ein Funke auf vertical gestellter berufter Platte, so zeichnet er sein Bild auf und kann gleichzeitig photographiert werden. Aus solchen Bildern ist zu ersehen, welche Theile des Rußbildes von leuchtender Entladung herrühren. Man erkennt aus solchen zusammengehörigen Bildern, dass die Mittellinien der Verzweigungen, leuchtenden Entladungen entsprechen. Die nahe der Ausgleichsstelle im positiven Gebiete liegende eigenthümliche Verschiebung und Verdopplung der Funkenbahn entspricht auch einer Theilung des Funkens selbst.

Es ist auch versucht worden, die Entladung der Leydenerflasche auf Bromsilbergelatineplatten gleiten zu lassen, welche rückwärts mit Stanniol belegt sind. H. E. v. Gothard in Herenyi hat auf diese Weise sehr beachtenswerte Bilder erhalten. In der Fig. 17 ist ein längs der Platte gleitender Funke dargestellt, in den Fig. 18 und 19 Funken, welche den Rosetti'schen Figuren entsprechen. Merkwürdigerweise sind die Zeichnungen auf der Gelatineplatte jenen ganz ähnlich, welche auf den beruften Platten zustande kommen. Insbesondere die negative Entladung zeigt genau dieselbe Structur. Die Fig. 20 stellt einen auf berufter Glasplatte gleitenden Funken dar. Die Rückseite der Platte war

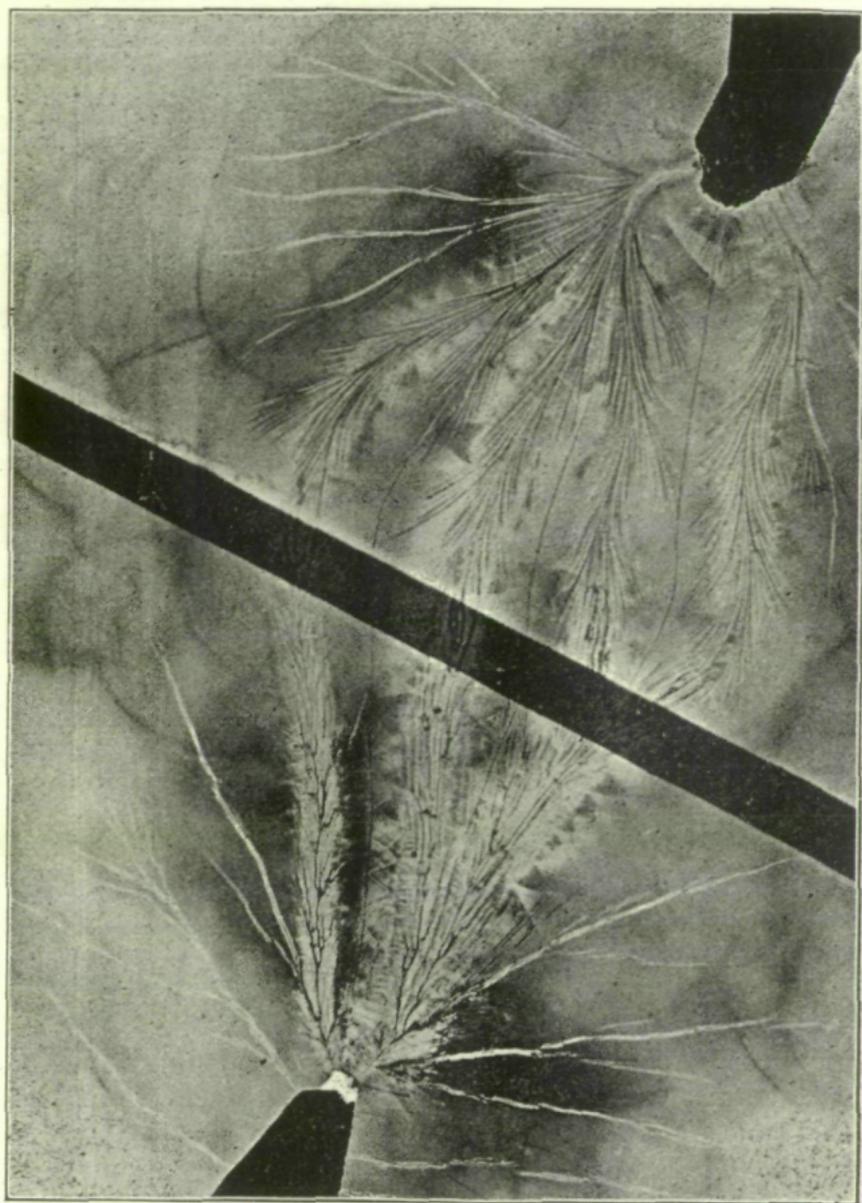


Fig. 20. Das Bild eines auf berußter, rückwärts mit getrennten Stanniolbelegungen versehener Glasplatte.  
Der negative Pol befindet sich im oberen Theile der Figur.

durch eine unterbrochene Stanniolbelegung bedeckt. Der dunkle Streifen in der Figur entspricht dieser Unterbrechung. Der mannigfach verzweigte Funke zeigt insbesondere am negativen Pole sehr ausgesprochen die charakteristische Structur. Zwischen den beiden Stanniolstreifen der Rückseite sprang abseits vom Funkenbilde ein inducierter Funke über, welcher sich in der Rußschichte der Rückseite aufzeichnete.

Außer den Funken der Influenzmaschine hat man auch den Funken des Ruhmkorff'schen Inductors zum Gleiten auf Bromsilbergelatineplatten verwendet und es hat der Pariser Mechaniker Ducretet einen eigenen Apparat (Fig. 21) construiert, welcher nicht nur diesem Zwecke entspricht, sondern auch Versuche mit den Entladungsschlägen der Influenzmaschine anzustellen gestattet. Die photographische Platte wird auf den Tisch des Apparates gelegt, und es kann der Inductionsstrom mit der herabgeschobenen oberen, mit einer Kugel versehenen Electrode auf die Glasplatte übertreten gelassen werden.

Die in den Fig. 22 und 23 dargestellten Erscheinungen wurden gleichzeitig auf zwei photographischen Platten erhalten. Die eine lag, mit der empfindlichen Schichte nach unten, auf dem mit dem negativen Pole des Ruhmkorff'schen Apparates verbundenen Metallische *P* und war durch zwei Hartgummischeiben bedeckt, zwischen denen durch kleine Späne ein Zwischenraum hergestellt wurde. Die andere lag mit der empfindlichen Schichte nach oben auf den Hartgummi-

platten und war durch eine Metallscheibe von der Größe der Scheibe *P* bedeckt, die mittels des Stabes *L* mit dem positiven Pole des Ruhmkorff'schen Apparates verbunden wurde.

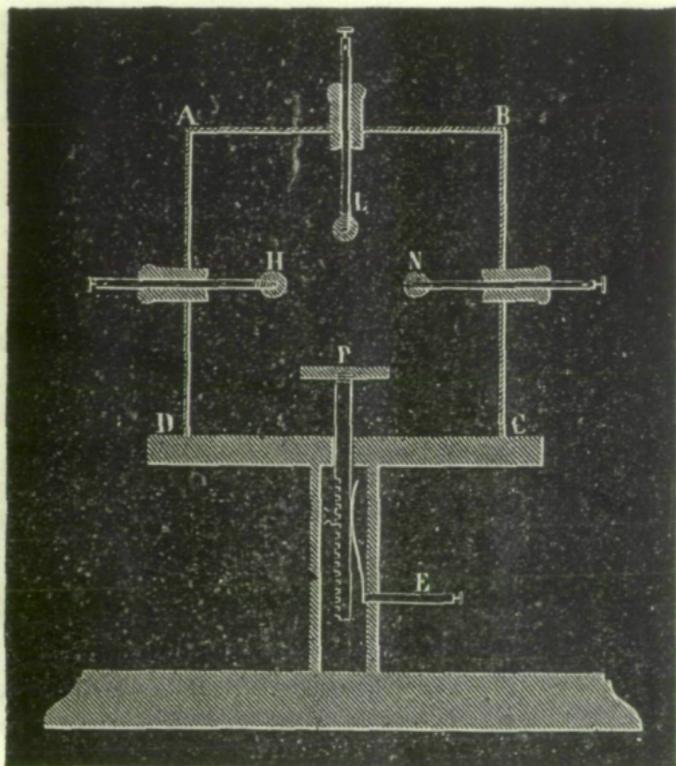


Fig. 21. Der Apparat von Ducretet zur Abbildung elektrischer Entladungen auf Bromsilbergelatineplatten.

Die Fig. 24 und 25 sind die Bilder gleitender Funken. Die empfindliche Glasplatte lag dabei auf einer statt *P* eingesetzten Hartgummischeibe auf.

Die Fig. 26 entsteht beim Niederschlagen der Ent-  
Verein nat. Kenntn. XXXII. Bd. 32

ladung des Ruhmkorff'schen Apparates auf eine lichtempfindliche Platte, die durch eine Hartgummischeibe von dem metallischen Tische *P* getrennt ist, welche die zweite Elektrode des Ruhmkorff'schen Apparates bildet.

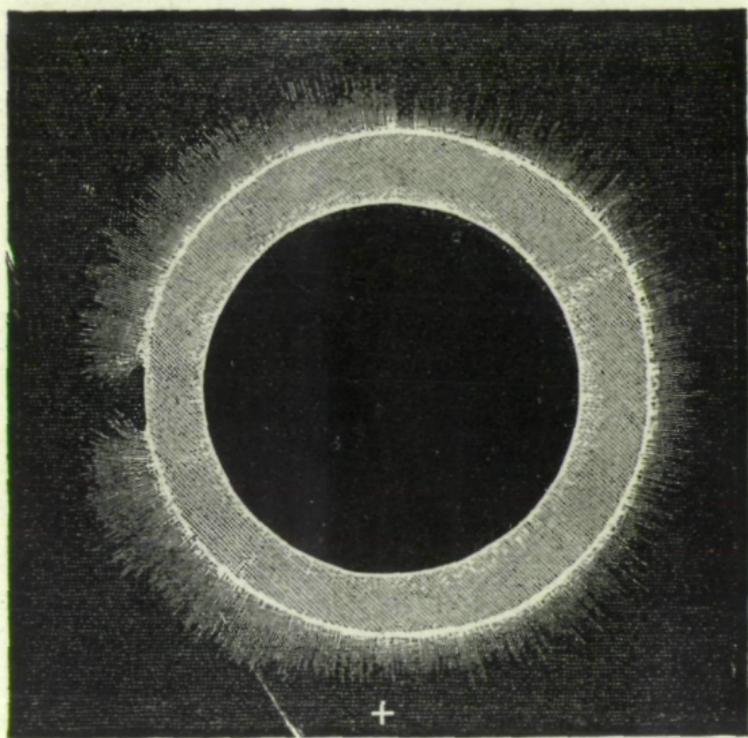


Fig. 22. Die Entladungserscheinung des positiven Poles eines Ruhmkorff'schen Apparates, aus einer Metallscheibe auf eine lichtempfindliche Platte.

Antolik hat in seinen Untersuchungen zwei Methoden angegeben, welche für die Erklärung einiger Erscheinungen an den Rußbildern von Bedeutung geworden sind.

Nach der einen Methode wird die Glasplatte, auf welcher der Funke gleitet, durch eine zweite Glasplatte bedeckt, welche auch berußt ist und durch kleine aufgeklebte Korkstücke in bestimmter Entfernung von

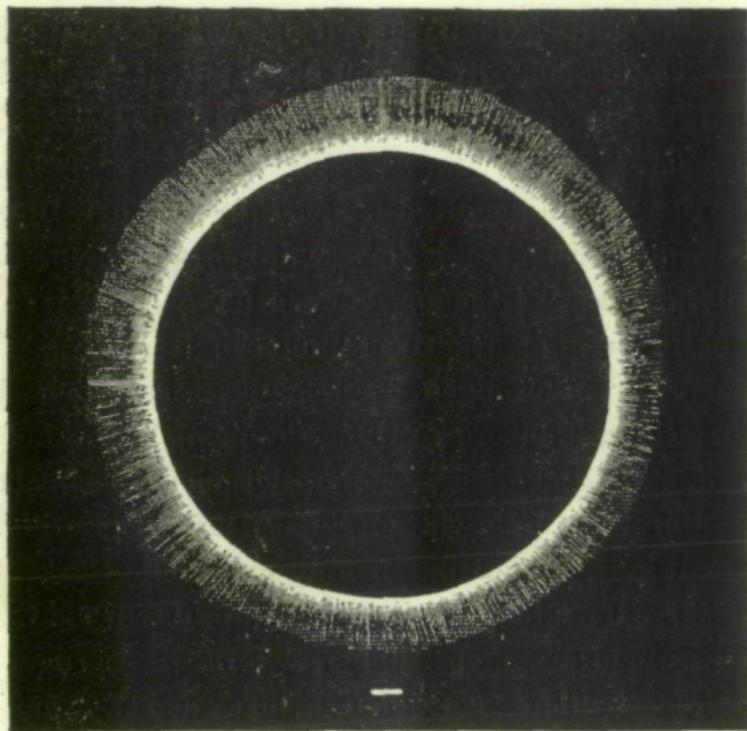


Fig. 23. Die Entladungserscheinung des negativen Poles eines Ruhmkorff'schen Apparates, aus einer Metallscheibe auf eine lichtempfindliche Platte.

der unteren Platte gehalten wird. Die Funkenbilder der unteren Platte, die positiven Bilder, zeigen sich dann von eigenthümlichen, dunklen und lichten Rußstreifen umgeben. Auf der oberen Platte zeigt das

negative Bild gerade über der Funkenbahn einen schwarzen Rußstreifen, den feine Ränder begleiten.

Besonders merkwürdige Bilder werden erhalten, wenn diese Methode der Bedeckung mit der zweiten Methode, die in dem Vorzeichnen einer zickzackförmigen Bahn mittels Goldfarbe auf der unteren Platte besteht, verbunden wird, wobei diese letztere nicht auf Metall aufliegen darf, damit der Funke der Zickzacklinie folge.

Die V-förmigen Rußstreifen, die von den Innenseiten der Winkel der Zickzacklinien ausgehen, sind beidergleichen Versuchen sehr deutlich ausgebildet und im positiven und negativen Bilde zu bemerken. Die Ränder der V-förmigen Streifen durchschneiden sich mehrfach, und außerdem ist das Funkenbild von hellen und dunklen, scharf begrenzten Rußgebieten umgeben.

Unter anderem wurde eine solche berußte Platte vertical gestellt und durch eine unberußte Glasplatte bedeckt. Der gleitende Funke konnte durch die Glasplatte hindurch photographiert werden. In dem so erhaltenen Bilde zeigt sich nichts, den V-förmigen Streifen im Ruße Entsprechendes, dagegen gehen von der Außenseite der Winkel Lichtbündel aus. Es ist hieraus schon zu erkennen, das die V-förmigen Streifen mit der Lichterscheinung des Funkens nichts zu thun haben. Thatsächlich ist von Mach und Wosyka<sup>1)</sup> der

---

<sup>1)</sup> Poggendorfs Ann., Bd. 156, S. 407; Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. 72.

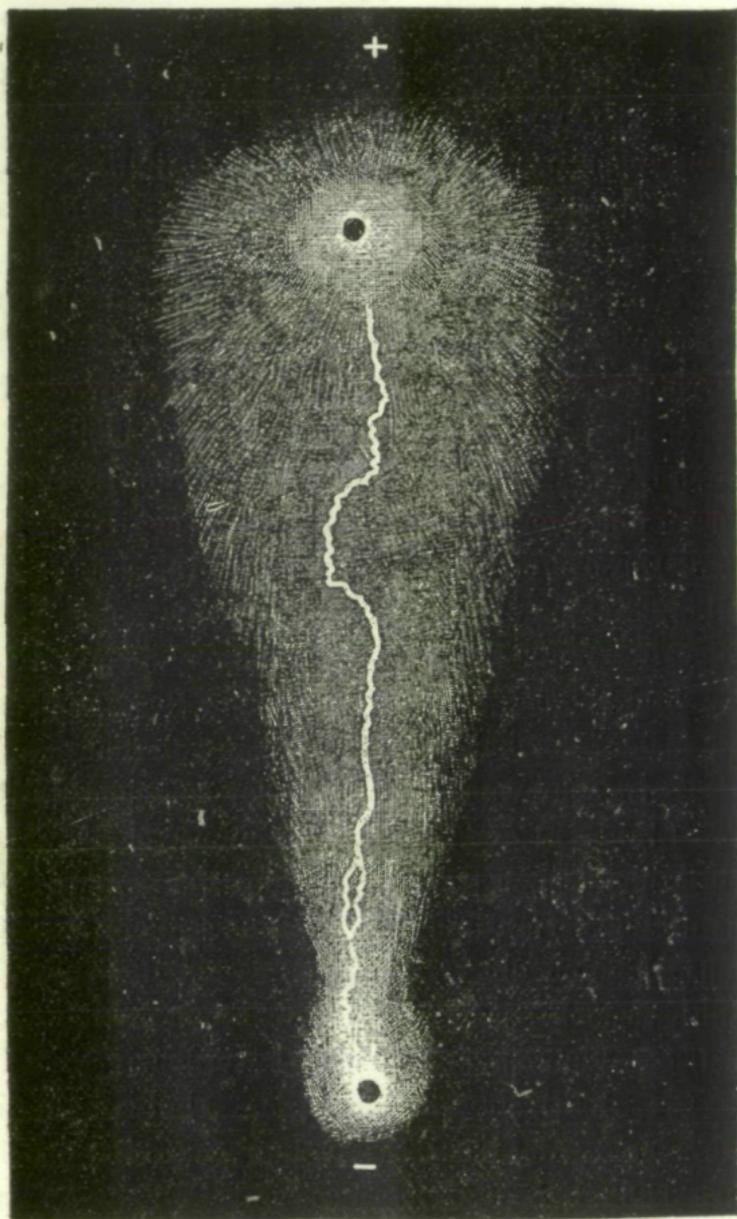


Fig. 24. Das Bild eines auf einer empfindlichen, auf Hartgummi aufliegenden Platte gleitenden Funkens der Influenzmaschine.

experimentelle Beweis erbracht worden, dass die V-förmigen Streifen eine Folge der Interferenz der Schallwellen seien, welche die Entladung begleiten. Diese beiden Physiker haben gezeigt, dass der Knall des Kapsels einer Pistole, bei geeigneter Versuchsanordnung, auch einen solchen V-förmigen Streifen auf einer beruhten Platte erzeugen könne.

Noch einen Versuch haben Mach und Wosyka angegeben, welcher die Natur dieses Rußbildes erkennen lässt. Ein zickzackförmig gebogener Eisendraht wird auf der Oberfläche von Quecksilber schwimmen gelassen. Durch eine Erschütterung des Drahtes entstehen Wellen, welche sich durchschneiden wie die Wellen zweier ins Wasser geworfener Steine und ein Interferenzbild geben, welches dem, des in Rede stehenden Funkens auf der beruhten Platte ganz ähnlich ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass manche der anderen Linien in der Rußbahn des gleitenden Funkens auch mechanischen Ursprunges sind. Der genaue Nachweis dieser Vermuthung ist aber noch nicht geliefert. Ebenso können die V-förmigen Büschel in den Photographien mächtiger Funken, wie schon erwähnt, als akustische Phänomene bezeichnet werden.

Die wichtigste Anwendung der Photographie zur Untersuchung des elektrischen Funkens rührt aus dem Jahre 1862 her, und ist noch mit Collodiumplatten ausgeführt worden.

Theoretische Untersuchungen über die Entladung der Leydenerflasche ließen vermuthen, dass dieser

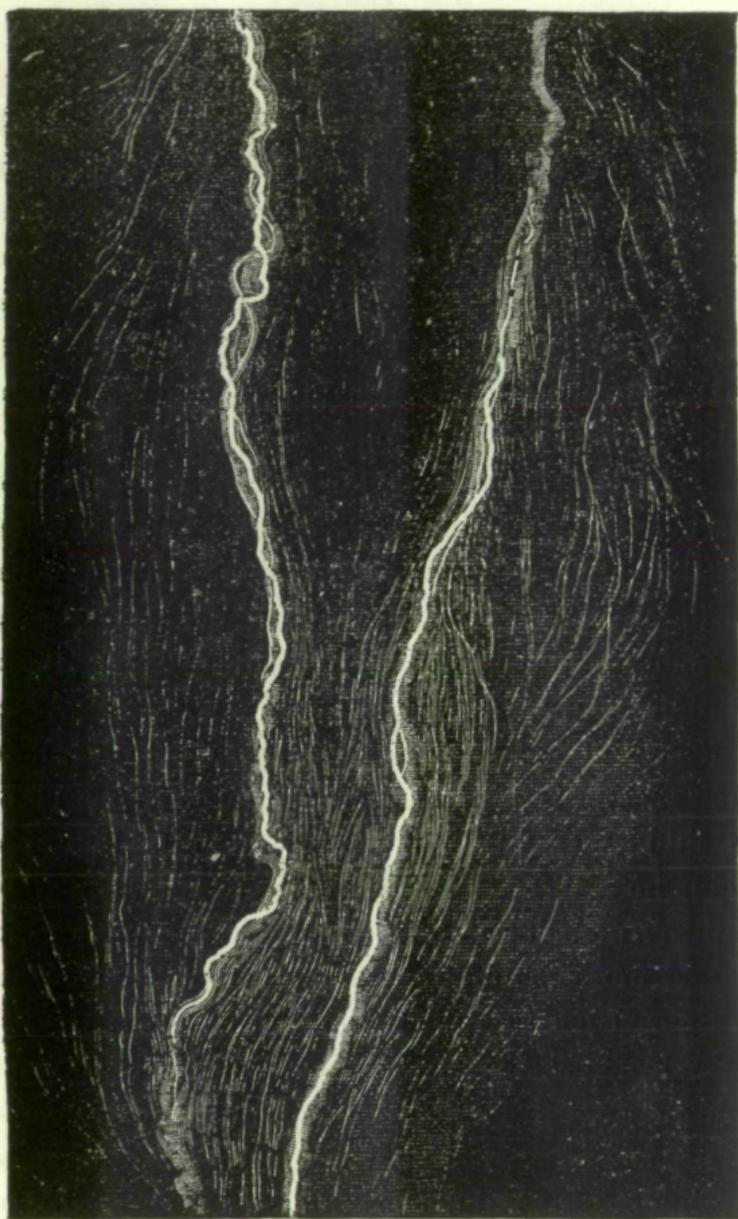


Fig. 25. Bilder der auf einer empfindlichen, auf Hartgummi aufliegenden Glasplatte gleitenden Funken eines Ruhmkorffschen Apparates.

Vorgang nicht einfach in einem Überströmen der Elektrizität von einer Belegung zur anderen bestehe, sondern dass ein Hin- und Herströmen der Elektrizität stattfindet. Das heißt, die positive innere Belegung wird nicht gleich entladen, sondern zuerst negativ, dann wieder positiv und sofort in abnehmender Stärke bis zum Erlöschen der Ladung. Es findet also im Funken ein mehrfacher Hin- und Hergang der Elektrizität, eine Art Schwingung statt.

Manche Versuche schienen diese aus den theoretischen Untersuchungen gezogenen Folgerungen zu bestätigen. Wenn wirklich ein solches Hin- und Herschwingen der Elektrizität eintritt, dann müsste auch das Licht der Entladung periodisch an Intensität zu- und abnehmen.

Zur Untersuchung solchen periodisch veränderlichen Lichtes ist ein rotierender Spiegel sehr geeignet. Das Bild einer Kerzenflamme, eines Glühlichtes erscheint im rotierenden Spiegel als ein Band von gleichförmiger Intensität. Das, was in der Flamme an Licht entsteht und sich überlagert, wird durch den rotierenden Spiegel im Raume ausgebreitet gezeigt.

Würde das Licht Schwankungen seiner Intensität erfahren, so würde der Streifen nicht kontinuierlich erhellt, sondern von dunkleren Stellen unterbrochen erscheinen. Eine singende Flamme z. B. wird durch den rotierenden Spiegel in eine Reihe von Einzelbildern aufgelöst, die den verschiedenen Deformationen der Flamme entsprechen. Die leuchtende Entladung einer

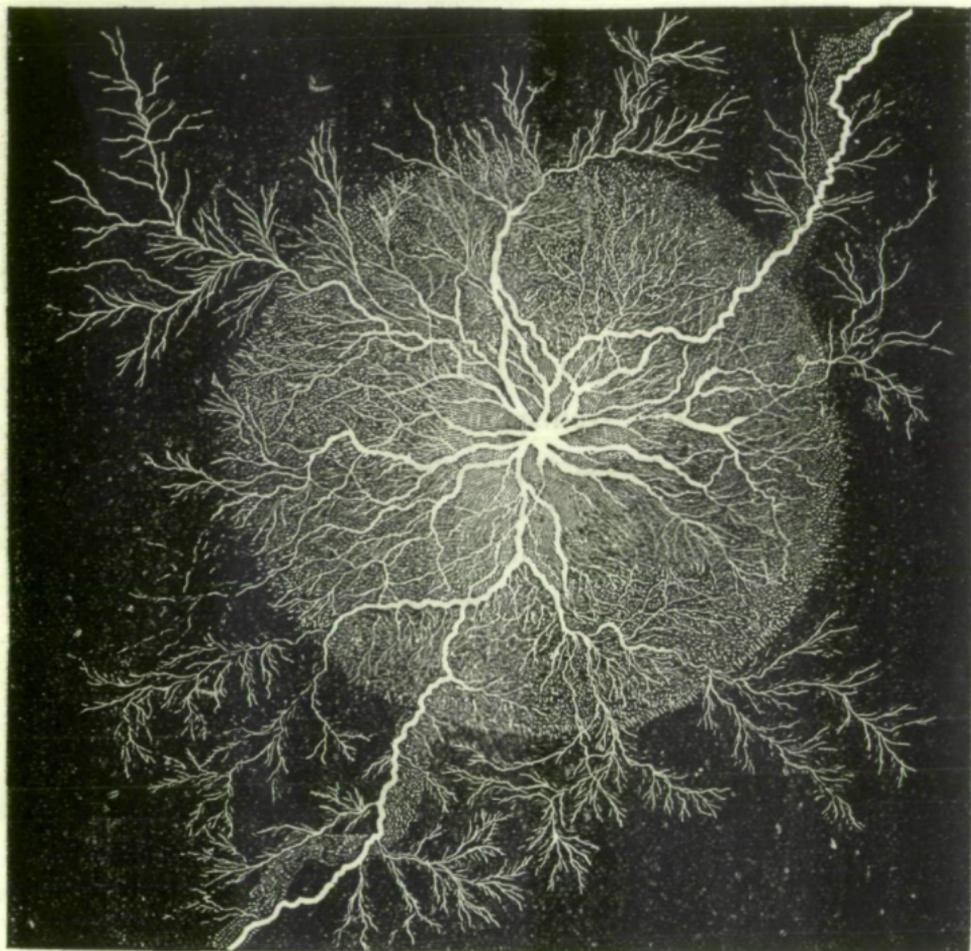


Fig. 26. Entladung eines Ruhmkorff's auf eine lichtempfindliche Glasplatte, die auf einer Hartgummischeibe liegt, die sich auf dem Metalltische des Ducretet'schen Apparates befindet.

Geißler'schen Röhre löst sich im rotierenden Spiegel in einzelne Lichtstreifen auf.

Die Dauer des elektrischen Funkens ist jederzeit

eine sehr geringe; sie beträgt wenige Bruchtheile einer Secunde. Nur ein sehr rasch rotierender Spiegel wird das Funkenbild bis zu einem Bande ausbreiten. Thatsächlich sind hiezu 50 bis 100 Umdrehungen des Spiegels in der Secunde erforderlich.

Ein so rasch rotierender, ebener Spiegel wird dem Auge zwar das aufgelöste Funkenband zeigen, aber eine photographische Fixierung des Bildes wird damit nicht verbunden werden können. Dies kann durch einen rotierenden Hohlspiegel erreicht werden. Der Funke entsteht in der doppelten Brennweite desselben und wird in natürlicher Größe, in der Entfernung der doppelten Brennweite auf eine matte Glastafel geworfen, an deren Stelle die photographische Platte gebracht werden kann.

Solche Versuche sind von Feddersen<sup>1)</sup> in Leipzig angestellt worden.

Die Bilder der Funkenbänder, wie sie unter verschiedenen Verhältnissen gewonnen werden, sind von Feddersen auf einer Tabelle zusammengestellt worden.

Charakteristisch ist das Funkenband, welches zu beiden Seiten Säume von abwechselnd gelegenen lichten Punkten zeigt, die dem abwechselnden Aufleuchten der einzelnen Pole entsprechen.

Viele Bilder sind mittelst Eisenkugeln oder zwischen Eisendrahtstücken erhalten. Außerdem wur-

---

<sup>1)</sup> Poggendorfs Ann., Bd. 193, S. 441; Bd. 116, S. 132.

den Kupfer-, Silber-, Magnesium- und Zinnkugeln benützt.

Die Funkenbider zeigen ein sehr charakteristisch gebändertes Ansehen.

Aus der bekannten Tourenzahl  $n$  des Spiegels, aus dem Abstand  $a$  der matten, das Bild auffangenden Glastafel von der Achse des Spiegels und aus der Länge  $x$  der einzelnen Abschnitte im Funkenbilde lässt sich die Zeit einer Oscillation berechnen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Drehung des Spiegels um  $1^\circ$ , einer Drehung des Bildes um  $2^\circ$  entspricht.

Ein gegen die Größe  $a$  kleiner Abstand  $x$  zweier Abschnitte im Funkenbilde entspricht einer Drehung des Spiegels um  $\frac{x}{2a}$  Grad. Die Zeit zur Drehung um  $1^\circ$  ist  $\frac{1}{2\pi n}$ , somit  $t = \frac{x}{4\pi an}$  die Zeit einer Oscillation.

Feddersen hat nicht nur die oscillierende Entladung mit dem rotierenden Spiegel nachgewiesen, er hat auch bestimmt, welche Elemente auf die Oscillationsdauer Einfluss nehmen. Er hat zunächst das wichtige Resultat gefunden, dass die Schlagweite die Dauer der Oscillationen nicht beeinflusst, wohl aber die Capacität der angewendeten Batterie und die sogenannte Selbstinduction des Drahtes.

Die Oscillationszeiten, um die es sich hier handelt, sind zwischen 1 Millionstel und 50 Millionstel einer Secunde gelegen.

Die Kugeln, aus denen die Funken schlagen, zeigen

sich mehr oder minder angegriffen; die Funken reißen Metalltheilchen von denselben ab und schleudern dieselben in die Funkenbahn.

In den Funkenbildern, welche Herr Hauptmann Baron Hübl im physikalischen Cabinet der technischen Militär-Akademie bei einer Wiederholung der Versuche von Feddersen vor einigen Jahren erhalten hat, sind diese, den in die Funkenbahn geschleuderten, glühenden Metalltheilen entsprechenden Wolken sehr deutlich ausgebildet. Auf der matten Glastafel erscheinen dieselben, indem sie während der Entladung erkalten, als ein verschwimmendes röthliches Band. Diese Funkenbilder (Fig. 27) zeigen übrigens nahe dasselbe Aussehen wie die durch die Versuche von Feddersen erhaltenen, nur entsprechen dieselben längeren Funken und sind die Bilder weniger scharf. Die Oscillationszeit der von uns erzielten Schwingungen betrug 32 Millionstel einer Secunde, wobei ein intensiveres und ein schwächeres Maximum zu einer vollständigen Schwingung zählte. Die Oscillationen der Entladung wurden durch Einschalten einer Spirale von Guttaperchadraht von beträchtlicher Selbstinduction in die Batterie  $24 \times 1$  von 400 m Capacität erzielt.

Diese Funkenbilder sind aus mehrfachen Ursachen von denen Feddersens unterschieden. Einmal wurden empfindlichere Platten angewendet, wodurch manches Detail entschwinden sein mag, dann war der rotierende Spiegel jedenfalls weniger gut und wurde möglicherweise durch die Fliehkraft deformiert, und endlich

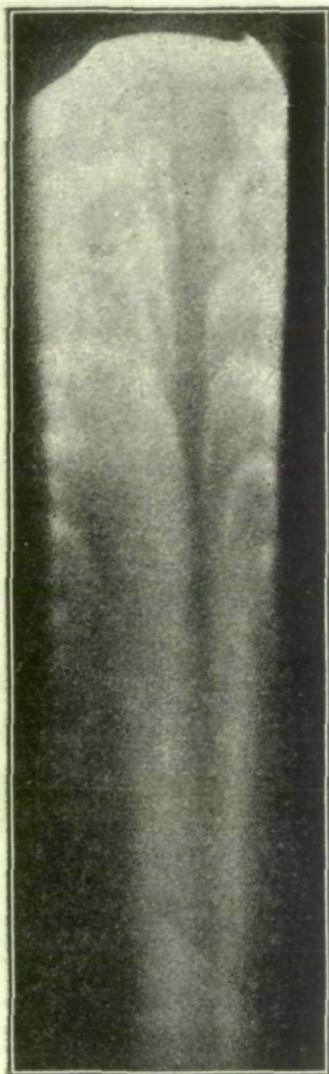


Fig. 27. Die Photographie eines durch einen rotierenden Spiegel aufgelösten Funkenbildes einer oscillierenden Entladung.

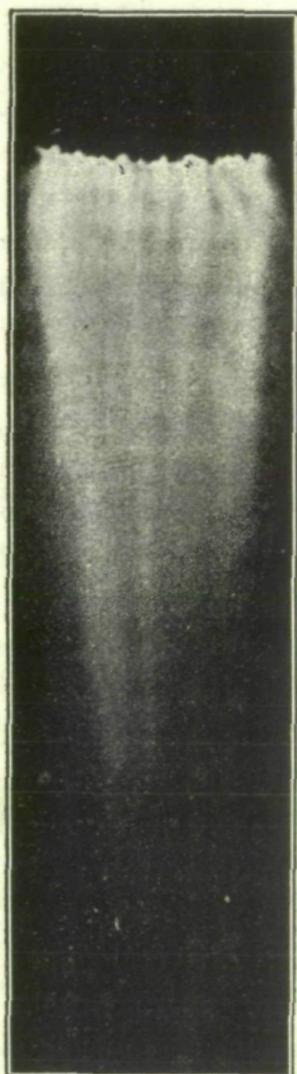


Fig. 28. Die Photographie eines durch eine oscillierende Entladung zerstäubten Metalldrahtes durch den rotierenden Spiegel aufgelöst.

scheint ein sehr wesentlicher Umstand mitgewirkt zu haben, der in den Büchern, welche die Versuche von Feddersen beschreiben, übergangen wird, nämlich, dass bei Feddersen die Kugeln bis auf eine kleine Stelle, aus welcher der Funke austrat, lackiert waren.

Wir haben den oscillierenden Entladungsschlag, auch unter Einschaltung einer Luftstrecke, zur Zerstäubung von Metalldrähten verwendet und die so erhaltenen Bilder mit dem rotierenden Spiegel aufgelöst. Dieselben zeigen ein gebändertes Aussehen (Fig. 28). Es ist hier der glühende Metaldampf bereits in der Bahn der Entladung vorhanden, derselbe leuchtet durch die Oscillationen periodisch mit abnehmender Intensität auf.

Die Auflösung des Funkenbildes mit dem rotierenden Spiegel und der Nachweis der Oscillation der Entladung vor 30 Jahren, war der erste bedeutungsvolle Schritt zur experimentellen Bestätigung der Identität zwischen Licht und Elektrizität. Diese von Faraday geahnte, von Maxwell in seiner elektromagnetischen Theorie des Lichtes in mathematische Formeln gekleidete Anschauung hat durch diese Versuche eine erste experimentelle Grundlage erhalten, ohne dass dieselben, so wie andere inzwischen gefundene experimentelle Thatsachen zur vollständigen Aufhellung jener Beziehungen ausgereicht hätten.

Unzweifelhaft festzustellen, dass die Schwingungen der Elektrizität denselben Gesetzen der Reflexion, Brechung, Interferenz und Polarisation folgen, das ist

erst in den letzten Jahren dem deutschen Physiker Hertz in Bonn gelungen.

Das Licht mit seinen 763 Billionen Schwingungen und der Wellenlänge von 39 Millionstel Centimeter an der Grenze des sichtbaren Violett, bis zu den 395 Billionen Schwingungen und der Wellenlänge von 76 Millionstel Centimeter, an der Grenze des sichtbaren Roth ist nur die untere Grenze der Schwingungen, deren der Äther fähig ist. Dann kommen die Wärmestrahlen des Ultraroth, deren äußerste Grenze nach Langley eine Wellenlänge von 5 Tausendstel Centimeter und eine Schwingungszahl von 6 Billionen haben dürfte.

Die elektrischen Schwingungen, mit denen Hertz experimentiert hat, von Tausendmillionen und Hundertmillionen Schwingungen mit Wellenlängen von 30—400 *cm*, liegen zwischen den dunklen Wärmeschwingungen und den von Feddersen gefundenen elektrischen Schwingungen. Von diesen entfallen 1 Million bis 30 Tausend auf die Secunde bei einer Wellenlänge von 3—10 *km*. Als die längsten Schwingungen sind jene der geöffneten Inductionsapparate bekannt, von denen 10.000 in der Secunde verlaufen und denen Wellenlängen, bis zu 30 *km* entsprechen.

Die Lichteindrücke vermögen wir mit dem Auge wahrzunehmen und auf der photographischen Platte festzuhalten. Zum Nachweise der elektrischen Schwingungen bedarf es eigener Hilfsmittel. Immer sind es aber die raschen Schwingungen des Lichtes, welche

durch die langsamen Schwingungen ausgelöst werden, die uns die Existenz der letzteren verrathen.

Wenn nun auch die Rußbilder gleitender Funken manchen Aufschluss ertheilen und vielleicht auch zur Untersuchung von Eigenschaften der Entladung sich brauchbar erweisen werden, so ist doch die photographische Methode die weitaus fruchtbarere gewesen und hat über das Wesen der elektrischen Entladung die bedeutungsvollsten Aufschlüsse angebahnt.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Obermayer Albert von

Artikel/Article: [Die Methoden der Fixierung der elektrischen Entladungserscheinungen. 451-498](#)