

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Gesammelte Werke

Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft

Hertz, Heinrich

Vaduz/Liechtenstein, 1984

4. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung

[urn:nbn:de:bsz:31-269600](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-269600)

4. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung.

(Sitzungsberichte d. Berl. Akad. d. Wiss. vom 9. Juni 1887.
Wiedemanns Ann. **31**. p. 983.)

In einer Reihe von Versuchen, welche ich über die Resonanzerscheinungen zwischen sehr schnellen elektrischen Schwingungen angestellt und kürzlich veröffentlicht habe,¹⁾ wurden durch dieselbe Entladung eines Inductoriums, also genau gleichzeitig, zwei elektrische Funken erregt. Der eine derselben, der Funke *A*, war der Entladungsfunke des Inductoriums und diente zur Erregung einer primären Schwingung. Der zweite, der Funke *B*, gehörte der inducirten, secundären Schwingung an. Der letztere war ziemlich lichtschwach, seine maximale Länge war in den Versuchen genau zu messen. Als ich nun gelegentlich zur Erleichterung der Beobachtung ein verdunkelndes Gehäuse um den Funken *B* anbrachte, bemerkte ich, dass innerhalb des Gehäuses die maximale Funkenlänge sehr merklich kleiner war, als sie vorher gewesen. Bei successiver Entfernung der einzelnen Theile des Gehäuses fand sich, dass nur derjenige Theil desselben die benachtheiligende Wirkung ausübte, welcher die dem Funken *A* zugekehrte Seite des Funkens *B* deckte. Die dort befindliche Wand aber zeigte die Wirkung nicht allein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe des Funkens *B* befand, sondern ebenso, wenn sie in grösserer Entfernung von *B* zwischen die Funken *A* und *B* eingeschoben wurde. Die Erscheinung war bemerkenswerth genug, um ein näheres Eingehen auf dieselbe herauszu-

¹⁾ Siehe No. 2. p. 32.

fordern. Ich theile im Folgenden die Thatsachen mit, welche ich im Verlaufe der Untersuchung festzustellen vermochte.

1. Auf eine elektrostatische oder elektrodynamische Schutzwirkung lässt sich die Erscheinung nicht zurückführen. Denn nicht allein gute Leiter zeigten, zwischen *A* und *B* eingeschoben, die Wirkung, sondern auch vollkommene Nichtleiter, insbesondere Glas, Paraffin, Hartgummi, welche doch eine Schutzwirkung nicht auszuüben vermögen. Wiederum Metallgitter von grobem Gewebe zeigten einen Einfluss nicht, während sie doch zur Schutzwirkung hinreichen.

2. Der Umstand, dass die beiden Funken *A* und *B* synchronen sehr schnellen Schwingungen entsprachen, war unwesentlich. Denn wenn auf irgend eine andere Weise gleichzeitig zwei Funken erregt wurden, liess sich die Erscheinung ebenfalls hervorrufen. Sie zeigte sich, auch wenn ich statt des inducirten Funkens einen Nebenfunkens (nach der Bezeichnungsweise meiner vorigen Arbeit) verwandte. Sie zeigte sich auch dann, wenn ich als den Funken *B* eine Seitenentladung nach der Bezeichnung von Riess benutzte, wie sie erhalten wird, wenn man den einen Pol des Inductoriums mit einem isolirten Conductor verbindet und eine Funkenstrecke einschaltet. Sie lässt sich aber auch in bequemster und deutlichster Weise hervorrufen, wenn man in denselben Stromkreis zwei Inductorien mit gemeinsamem Interruptor einschaltet, deren eines den Funken *A*, deren anderes den Funken *B* ergiebt. Diese Versuchsanordnung wurde für die ferneren Versuche fast allein benutzt. Da mir die Versuche mit einer Reihe verschiedener Inductorien gelangen, so dürften sich dieselben mit jedem beliebigen Paar von Apparaten ausführen lassen. Indessen scheint es doch zweckmässig, diejenige Versuchsanordnung, welche die besten Resultate gab und zumeist benutzt wurde, genau zu beschreiben. Den Funken *A* gab ein grosses Inductorium (*a*, Fig. 18) von Ruhmkorff von 52 cm Länge und 20 cm Durchmesser, getrieben durch 6 grosse Bunsen'sche Elemente (*b*) und versehen mit einem besonderen Quecksilberinterruptor (*c*). Es vermochte bei dem vorhandenen Strom zwischen Spitze und Platte Funken bis zu 10 cm, zwischen 2 Kugeln Funken bis zu etwa 3 cm Länge zu geben. Benutzt wurde meist ein Funke von 1 cm Länge

zwischen den Spitzen eines allgemeinen Ausladers (*d*). Den Funken *B* gab ein kleineres, ursprünglich wohl für medicinische Zwecke bestimmtes Inductorium (*e*) von relativ grosser Stromstärke, aber nur $\frac{1}{2}$ –1 cm maximaler Schlagweite. Da es hier in den Kreis des grossen Inductoriums eingeschaltet war, so kam sein Condensator nicht in Wirksamkeit, und es gab daher nur Funken von 1–2 mm Länge. Benutzt wurden Funken von etwa 1 mm Länge zwischen den vernickelten Kugeln eines Riessschen Funkenmikrometers (*f*) oder zwischen Messingkugeln von

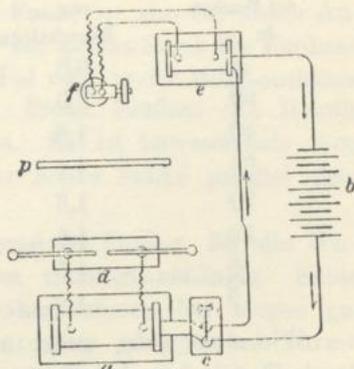


Fig. 18.

5 bis 10 mm Durchmesser. Werden nun bei so beschaffenen Apparaten die beiden Funkenstrecken parallel in nicht zu grossem Abstand aufgestellt, der Interruptor in Thätigkeit gesetzt und das Funkenmikrometer so weit auseinander gezogen, dass die Funken in ihm eben noch regelmässig übergehen, so erlöschen diese Funken sofort und vollständig, wenn man eine Platte (*p*) von Metall, Glas etc. zwischen die beiden Funkenstrecken in *d* und *f* einsenkt; sie treten sofort wieder auf, wenn die Platte entfernt wird.

3. Die Deutlichkeit der Erscheinung nimmt zu, je mehr der Funke *B* dem Funken *A* genähert wird. Die Entfernung der beiden Funken, an welchen ich die Erscheinung zuerst bemerkte, betrug $1\frac{1}{2}$ m, und es kann also in dieser Entfernung die Wirkung noch recht merklich sein. Andeutungsweise habe ich sie bis zu einer Entfernung von 3 m zwischen den Funken wahrnehmen können. Indessen äussert sich die Erscheinung in solchen Entfernungen nur noch eben durch eine grössere und geringere Regelmässigkeit des Funkenstromes *B*; in Entfernungen unterhalb eines Meters kann ihre Stärke gemessen werden durch den Unterschied der maximalen Funkenlänge vor und nach Einschaltung der Platte. Um eine Vorstellung von der Grösse der Wirkung zu geben, theile ich die folgenden, naturgemäss

rohen Beobachtungen mit, welche sich bei der durch Fig. 8. dargestellten Versuchsanordnung ergeben:

Entfernung der Funken in cm	Länge des Funkens B in mm		Unterschied
	vor Einschaltung der	nach Platte	
∞	0,8	0,8	0
50	0,9	0,8	0,1
40	1,0	0,8	0,2
30	1,1	0,8	0,3
20	1,3	0,8	0,5
10	1,5	0,8	0,7
5	1,6	0,8	0,8
2	1,8	0,8	1,0

Wie man sieht, steigt unter Umständen die Schlagweite durch Entfernung der Platte auf ihren doppelten Werth.

4. Die in der Tabelle mitgetheilten Beobachtungen können auch angezogen werden zum Beweise der folgenden Aussage, welche man freilich von vornherein gemuthmasst haben wird: Die Erscheinung beruht nicht darauf, dass die Platte ihrerseits den Funken *B* beeinträchtigt, sondern darauf, dass die Platte eine die Schlagweite befördernde Wirkung des Funkens *A* wieder aufhebt. Stellen wir das Funkenmikrometer bei grosser Entfernung der Funken *A* und *B* so ein, dass der Funke *B* eben nicht mehr übergeht, und nähern nun das Funkenmikrometer dem Funken *A*, so tritt der Funkenstrom *B* wieder auf — dies ist die Wirkung; schieben wir nun die Platte ein, so erlischt der Funkenstrom wieder — dies ist die Aufhebung der Wirkung. Die Platte bildet demnach nur das Mittel, die Wirkung des Funkens *A* bequem und deutlich sichtbar zu machen. Ich nenne fortan den Funken *A* den activen, den Funken *B* den passiven Funken.

5. Die Wirksamkeit des activen Funkens ist nicht an eine besondere Form desselben gebunden. Sowohl Funken zwischen Kugeln, als solche zwischen Spitzen zeigten sich wirksam. Kurze gerade Funken äusserten ihren Einfluss, ebenso auch lange gezackte. Zwischen lichtschwachen bläulichen und hellleuchtenden weissglänzenden Funken war kein wesentlicher Unterschied. Schon Funken von 2 mm Länge machten ihren Einfluss auf grössere Entfernung geltend. Es geht ferner die Wirkung nicht von einem

bestimmten Theile des Funkens aus, sondern jeder Theil ist wirksam. Man kann diese Behauptung beweisen, indem man eine Glasröhre über die Funkenstrecke zieht. Das Glas lässt die Wirkung nicht hindurch, und der Funke ist also bei dieser Anordnung unwirksam. Sobald aber ein kurzes Stück des Funkens an dem einen oder dem anderen Pol oder in der Mitte entblösst wird, tritt die Wirksamkeit ein. Einen Einfluss des Metalls der Pole habe ich nicht bemerkt. Es ist unwesentlich, dass in unserer Versuchsanordnung der active Funke parallel dem passiven ist.

6. Die Empfänglichkeit der passiven Funken für die Wirkung ist dagegen von ihrer Form ziemlich abhängig. Keine Empfänglichkeit vormochte ich wahrzunehmen bei langen gezackten Funken zwischen Spitzen; eine geringe bei kurzen Funken zwischen Spitzen. Am besten zeigte sich die Wirkung bei Funken zwischen Kugeln, und hier wiederum ist sie am auffälligsten bei kurzen Funken. Man benutzt für die Versuche mit Vortheil Funken von 1 mm Länge zwischen Kugeln von 5—10 mm Durchmesser. Doch habe ich auch noch auf Funken von 2 cm Länge eine Einwirkung deutlich wahrgenommen. Vielleicht ist sogar die absolute Verlängerung, welche solche Funken erfahren, ebenso gross wie diejenige kurzer Funken, aber ihre relative Verlängerung ist jedenfalls viel kleiner, und die Wirkung verschwindet daher in den Unterschieden, welche sich zwischen den einzelnen Entladungen des Inductoriums finden. Einen merklichen Einfluss des Stoffes der Pole habe ich nicht gefunden. Ich untersuchte die Funken zwischen Polen von Kupfer, Messing, Eisen, Aluminium, Zinn, Zink, Blei. Am ehesten schien dem Eisen ein geringer Vorzug vor den übrigen Metallen in Bezug auf die Empfindlichkeit des Funkens zuzukommen. Die Pole müssen rein und glatt sein, sind sie verunreinigt oder durch langen Gebrauch stark corrodirt, so versagt wohl die Wirkung.

7. Die Beziehung zwischen den beiden Funken ist eine reciproke. Es soll damit gesagt sein, dass nicht nur der grössere und kräftigere Funke die Schlagweite des kleineren vergrössert, sondern dass auch umgekehrt der kleinere Funke begünstigend auf die Schlagweite des grossen einwirkt. Stellt man nämlich in unserer bisherigen Versuchsanordnung das Funkenmikrometer so ein, dass die Entladung in ihm mit Sicherheit übergeht, den

Auslader aber auf solche Entfernung, dass die Entladungen des grossen Inductoriums eben versagen, so findet man, dass diese Entladungen nun durch Annäherung des Funkenmikrometers wieder hervorgerufen werden, dass aber Einschoben einer Platte diese Wirkung wieder aufhebt. Selbstverständlich muss dabei der Funke des grossen Inductoriums ein empfänglicher sein, und die Einwirkung ist dabei nicht so auffällig wie vorher, nach Maassgabe der geringeren Empfindlichkeit langer Funken. Sind beide Inductorien an der Grenze ihrer Schlagweite, so treten Complicationen ein, welche mit dem vorliegenden Gegenstand wahrscheinlich nichts zu thun haben.¹⁾ Eine Auslösung langer Funken durch andere sehr viel kürzere hat man häufig Gelegenheit zu beobachten, und ein Theil dieser Erscheinungen dürfte sich gewiss auf die hier untersuchte Wirkung zurückführen lassen. Stellt man die Entladungen eines Inductoriums zwischen Kugeln her und zieht die Kugeln bis zum Versagen des Funkens auseinander, so tritt der Funkenstrom wieder auf, wenn man einer der Polkugeln einen isolirten Leiter nähert und mittelst desselben kleine Seitenfunken zieht. Ich habe mich auf das bestimmteste überzeugt, dass hierbei die Seitenentladung die Rolle eines activen Funkens im Sinne der gegenwärtigen Untersuchung übernimmt. Es genügt auch die Berührung einer der Polkugeln mit einem Nichtleiter oder die Annäherung einer Spitze bis auf einige Entfernung, um die gleiche Wirkung hervorzurufen. Es erscheint wenigstens möglich, dass die kaum sichtbare Seitenentladung über die Oberfläche des Nichtleiters und von der Spitze aus die Rolle eines activen Funkens spielt.

8. Die Wirkung des activen Funkens breitet sich nach allen Seiten geradlinig und unter Strahlenbildung aus, genau nach den Gesetzen der Lichtbewegung. Man mache die Längsaxe der beiden in Betracht kommenden Funken senkrecht gegen die Horizontale und schiebe nun eine Platte mit senkrechter Begrenzung langsam von der Seite her zwischen die Funken ein. Man findet, dass die Wirkung des activen Funkens nicht allmählich, sondern plötzlich bei einer bestimmten Stellung der Platte aufgehoben wird. Visirt man nun vom Orte des passiven Funkens an der Kante der Platte entlang, so findet man, dass

¹⁾ [Siehe Anmerkung 8 am Schluss des Buches.]

der active Funke eben von der Platte bedeckt ist. Stellt man die Platte mit senkrechter Kante zwischen die beiden Funken und zieht sie langsam seitwärts heraus, so tritt bei einer ganz bestimmten Stellung die Wirkung ein, und man findet alsdann, dass nun der active Funke vom Ort des passiven Funkens aus eben neben der senkrechten Kante sichtbar geworden ist. Stellt man zwischen die Funken eine Platte mit schmalen senkrechten Spalten und bewegt sie hin und her, so findet man, dass nur bei einer ganz bestimmten Stellung die Wirkung hindurchgeht, nämlich dann, wenn der active Funke durch den Spalt hindurch vom Ort des passiven Funkens aus sichtbar ist. Schiebt man mehrere Platten mit derartigen Spalten hintereinander ein, so findet man, dass bei bestimmter Stellung die Wirkung durch alle hinter einander hindurchgeht. Sucht man durch Probiren diese Stellungen auf, so findet man schliesslich, am einfachsten natürlich durch Visiren, dass alle Spalten in der durch die beiden Funken gelegten Verticalebene liegen. Stellt man in einiger Entfernung vom activen Funken eine Platte auf mit beliebig gestalteter Oeffnung, und bestimmt hinter der Platte durch Hin- und Herbewegen des passiven Funkens die Grenze des Raumes, in welchem sich die Wirkung geltend macht, so erhält man als Grenze eine Kegelfläche, welche durch den Ort des activen Funkens als Spitze und die Grenze der Oeffnung gegeben ist. Stellt man vor den activen Funken in einiger Entfernung eine kleinere Platte auf, so findet man durch Hin- und Herbewegen des passiven Funkens, dass die Platte die Wirkung des activen Funkens genau in demjenigen Raume aufhebt, welchen sie vor dem Lichte des Funkens schützt. Es erscheint fast selbstverständlich, dass die Wirkung nicht allein im Schlagschatten fremder Körper aufgehoben ist, sondern auch im Eigenschatten der Polkugeln des passiven Funkens. In der That, drehen wir den letzteren so, dass seine Längsrichtung mit derjenigen des activen Funkens zwar in der gleichen Ebene bleibt, aber aus der parallelen Stellung in die senkrechte übergeht, so fällt die Wirkung fort.

9. Die meisten festen Körper halten die Wirkung des activen Funkens auf, jedoch nicht alle; einzelne feste Körper sind durchlässig für dieselbe. Als undurchlässig erwiesen sich alle Metalle, welche ich prüfte, auch in dünnen Blechen; ferner Paraffin, Siegelack, Harze, Hartgummi, Kautschuk; alle Arten gefärbten

und ungefärbten, geschliffenen und ungeschliffenen, dicken und dünnen Glases, Porzellan, Steingut; Holz, Pappe, Papier; Elfenbein, Horn, thierische Haut, Federn; endlich Achat und in bemerkenswerther Weise Glimmer, sogar in äussert dünnen Blättchen. Eine Abweichung von diesem Verhalten aber fand sich bei weiterer Untersuchung der Krystalle. Einzelne derselben zeigten sich zwar ebenfalls undurchlässig, wie Kupfervitriol, Topas, Amethyst; andere aber liessen die Wirkung, wenn auch abgeschwächt, hindurch, wie krystallisirter Zucker, Alaun, Doppelspath, Steinsalz; einzelne endlich zeigten sich fast völlig durchlässig, so Gyps (Marienglas) und vor allen der Bergkrystall, welcher noch in Schichten von mehreren Centimetern Dicke die Wirkung kaum schädigte. Die Versuche werden zweckmässig in folgender Weise angeordnet. Man stellt den passiven Funken in wenigen Centimetern Entfernung vom activen Funken auf und bringt den ersteren auf seine maximale Länge. Man schiebt nun den zu untersuchenden Körper ein. Wird dadurch der Funkenstrom nicht unterbrochen, so ist der Körper sehr durchlässig. Wird der Funkenstrom aber unterbrochen, so verringert man seine Schlagweite, bis er eben wieder zu Stande kommt. Man schaltet nun noch ausser dem zu untersuchenden Körper eine undurchlässige Platte ein. Unterbricht oder schwächt dieselbe den Funkenstrom nochmals, so war der Körper wenigstens theilweise durchlässig; hat die Platte keinen Einfluss mehr, so war er vollkommen undurchlässig. Mit der Dicke der eingeschalteten Körper nimmt ihre Einwirkung zu, und kann dieselbe füglich als eine Absorption der Wirkung des activen Funkens bezeichnet werden; doch zeigten auch die theilweise absorbirenden Körper ihren Einfluss meist schon in sehr dünnen Schichten.

10. Auch die Flüssigkeiten erweisen sich zum Theil durchlässig, zum Theil undurchlässig für die Wirkung. Für die Versuche wurde der active Funke etwa 10 cm senkrecht oberhalb des passiven angebracht und zwischen beiden ein flaches Gefäss aufgestellt, dessen ebener Boden aus einer kreisrunden, 4 mm dicken Platte von Bergkrystall bestand. In dies Gefäss wurde eine mehr oder weniger tiefe Schicht der Flüssigkeit eingegossen und ihr Einfluss alsdann beurtheilt, wie oben derjenige der festen Körper. Als auffällig durchlässig erwies sich das Wasser, welches selbst bei einer Tiefe von 5 cm die Wirkung kaum beein-

trächtigte. Durchlässig in dünneren Schichten waren auch concentrirte reine Schwefelsäure, Alkohol, Aether. Theilweise durchlässig zeigten sich reine Salzsäure, reine Salpetersäure, Salmiakgeist. Fast völlig oder völlig undurchlässig waren geschmolzenes Paraffin, Benzol, Petroleum, Schwefelkohlenstoff, Lösung von Schwefelammonium, ferner stark gefärbte Flüssigkeiten, wie Fuchsinlösung, Lösung von übermangansaurem Kali etc. Ein Interesse gewährten auch die Versuche mit Salzlösungen. In das Gefäss von Bergkrystall wurde eine Wasserschicht von 1 cm Tiefe gebracht, dieser tropfenweise die concentrirte Salzlösung zugesetzt, umgerührt und die Wirkung beobachtet. Von manchen Salzen genügte der Zusatz weniger, ja eines Tropfens, um den passiven Funken zum Verlöschen zu bringen. So beim Quecksilbernitrat, dem unterschwefligsauren Natron, dem Bromkalium, dem Jodkalium. Bei Zusatz von Kupfer- und Eisensalzen trat die Auslöschung des passiven Funkens ein, ehe noch die Färbung des Wassers deutlich wahrnehmbar wurde. In etwas grösserer Menge zugefügt, übten eine Wirkung aus die Lösungen von Salmiak, Zinkvitriol, Kochsalz.¹⁾ Dagegen waren selbst in concentrirter Lösung noch gut durchlässig schwefelsaures Kali, schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia.

11. Dass einzelne Gase für die Wirkung selbst auf grössere Strecken hin durchgängig sind, ist schon aus den in Luft ausgeführten Versuchen ersichtlich. Einzelne Gase sind nun aber auch für die Wirkung in hohem Grade undurchlässig. Für die Versuche wurde zwischen den activen und den passiven Funken ein 20 cm langes Glasrohr von $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser eingeschaltet, welches beiderseitig durch dünne Quarzplatten verschlossen war, und durch welches mit Hilfe zweier seitlicher Zuleitungen beliebige Gase durchgeleitet werden konnten. Ein Diaphragma liess der Wirkung nur den Weg durch das Glasrohr offen. Wasserstoff ergab keinen merklichen Unterschied gegen Luft. Auch die Füllung des Rohres mit Kohlensäure hielt den Durchgang der Wirkung kaum nachweisbar auf. Wurde aber Leuchtgas eingeleitet, so setzte der Funkenstrom des passiven

¹⁾ Nach meinen Versuchen absorbirt eine concentrirte Kochsalzlösung stärker als krystallisirtes Steinsalz. Dies Resultat erscheint zu auffällig, um nicht einer Bestätigung zu bedürfen.

Funkens sofort aus. Wurde das Leuchtgas durch Luft vertrieben, so setzte der Funke wieder ein, und dieser Versuch liess sich mit vollkommener Regelmässigkeit wiederholen. Schon die Einleitung von Luft, welche mit etwas Leuchtgas vermischte war, erwies sich als schädigend für die Wirkung. Es genügt daher auch ein viel kürzerer Weg durch das Leuchtgas, um die Wirkung aufzuheben. Lässt man zwischen den beiden Funken einen Strahl von Leuchtgas von 1 cm Durchmesser frei in die Luft austreten, so ist auf der dem activen Funken abgekehrten Seite des Strahles sehr deutlich sein Schatten, d. h. eine mehr oder weniger vollständige Aufhebung der Wirkung des activen Funkens wahrzunehmen. Die braunen Dämpfe der Untersalpetersäure zeigen eine ähnlich kräftige Absorption wie das Leuchtgas. Auch bei ihnen bedarf es nicht des Rohres mit den Quarzplatten zum Nachweis derselben. Hingegen absorbiren Chlor, Bromdampf und Joddampf zwar auch, aber durchaus nicht im Verhältniss ihrer Undurchsichtigkeit. Wurde so viel Bromdampf in das Rohr geleitet, dass dasselbe schon merklich gefärbt erschien, so war noch keine absorbirende Thätigkeit erkennbar, wurde der Bromdampf so dicht, dass der active Funke nur noch eben mit dunkelrother Farbe durch das Rohr sichtbar war, so ging immer noch ein Rest der Wirkung hindurch.

12. Bei Verdünnung der Luft um den passiven Funken wächst, wenigstens bis zu einem gewissen Grade der Verdünnung, die Stärke der Wirkung. Letztere ist dabei gemessen gedacht durch den Unterschied der Länge des geschützten und des ungeschützten Funkens. In den Versuchen wurde der passive Funke erzeugt unter einer Luftpumpenglocke zwischen zwei Polen, welche verstellbar die Wandung der Glocke durchsetzen. Der active Funke wirkte von aussen durch ein in die Glocke eingesetztes Fenster aus Bergkrystall. Es wurde nun bei derselben Stromstärke, aber verschiedenem Luftdruck die maximale Funkenlänge beobachtet, einmal, wenn das Fenster offen, das andere mal, wenn es bedeckt war. Die folgende Tabelle darf als Typus des Verlaufs angesehen werden.

Luftdruck in mm Hg	Länge des passiven Funkens bei		Unterschied
	verschlossenem Fenster in mm	offenem	
760	0,8	1,5	0,7
500	0,9	2,3	1,4

4. Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung. 79

Luftdruck in mm Hg	Länge des passiven verschlossenem Fenster in mm	Funken bei offenem	Unterschied
300	1,0	3,7	2,7
100	2,0	6,2	4,2
80	sehr gross	sehr gross	unbestimmt

Wie man sieht, wuchs bei abnehmendem Druck die Länge des unbeeinflussten Funkens nur sehr langsam, die des beeinflussten schneller, der Unterschied beider nahm zu. Bei einem gewissen Druck aber breitete sich das blaue Glimmlicht über eine grössere Fläche der Kathode aus, die Schlagweite wurde sehr gross, die Entladung nahm einen anderen Charakter an, und eine Beeinflussung durch den activen Funken war nicht mehr wahrzunehmen.

13. Die Erscheinung zeigt sich auch dann, wenn die Funken anstatt in Luft in einem anderen Gase entstehen; auch dann, wenn die beiden Funken in zwei verschiedenen Gasen sich bilden. In den Versuchen wurden die beiden Funken in zwei getrennten kleinen tubulirten Glasgefässen erzeugt, welche durch Bergkrystallplatten verschlossen waren und mit verschiedenen Gasen gefüllt werden konnten. Die Versuche wurden hauptsächlich angestellt, weil gewisse Beobachtungen die Vermuthung nahe legten, dass der Funke in einem bestimmten Gase wesentlich nur auf einen anderen Funken in dem gleichen Gase wirke, und es wurden deshalb die vier Gase Wasserstoff, Luft, Kohlensäure, Leuchtgas in den sechzehn möglichen Combinationen geprüft. Das Hauptresultat war, dass jene Vermuthung als eine irrthümliche erkannt wurde. Es darf vielmehr behauptet werden: Als active Funken benutzt, zeigen die Funken in verschiedenen Gasen keinen grossen Unterschied in ihrer Wirksamkeit, als passive Funken benutzt, zeigen sie hingegen einen beträchtlichen Unterschied in der Empfänglichkeit. Die Funken in Wasserstoff erfuhren unter übrigens gleichen Umständen eine merklich grössere Verlängerung als die in der Luft, diese wieder eine etwa doppelt so grosse als die in Kohlensäure und Leuchtgas. Der Wirkung der Absorption wurde allerdings in diesen Versuchen keine Rechnung getragen, da sie bei Anstellung der Versuche noch unbekannt war; nur beim Leuchtgas dürfte dieselbe merklichen Einfluss gehabt haben.

14. Nicht alle Theile des passiven Funkens sind gleichmässig an der Wirkung theilhaft; die Wirkung betrifft die Nähe

der Pole, hauptsächlich die Nähe des negativen Pols.¹⁾ Man zeigt dies, indem man dem passiven Funken eine Länge von 1—2 cm giebt, sodass man die verschiedenen Theile getrennt beschatten kann. Eine Beschattung der Anode hat einen geringeren Einfluss, eine Beschattung der Kathode hebt den grössten Theil der Wirkung auf. Durch die Undeutlichkeit der Erscheinung an langen Funken ist die Constatirung der Thatsache etwas erschwert. Bei kurzen Funken, bei welchen eine gesonderte Beschattung der einzelnen Theile nicht möglich ist, lässt sich die Behauptung in folgender Weise illustriren. Man stellt den passiven Funken parallel dem activen auf und dreht ihn nun nach rechts und nach links aus der parallelen in die senkrechte Lage, bis die Wirkung erlischt. Man findet, dass man in dem einen Sinne einen grösseren Spielraum hat, als in dem anderen, und zwar ist diejenige Drehung im Vortheil, bei welcher dem activen Funken die Kathode zugewandt, diejenige im Nachtheil, bei welcher die Kathode abgewandt wird. Ob die Einwirkung ausschliesslich oder nur zum grössten Theil an der Kathode stattfindet, habe ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermocht.

15. Die Wirkung des activen Funkens wird von den meisten Oberflächen reflectirt. Von polirten Oberflächen erfolgt die Reflexion nach den Gesetzen der regelmässigen Lichtreflexion. Für die grösseren Versuche wurde der active Funke vor der einen Oeffnung eines 50 cm langen, 1 cm weiten, beiderseits offenen Glasrohres angebracht, welches eine grössere Pappscheibe durchsetzte, sodass nur durch das Rohr hindurch die Wirkung die Scheibe passiren konnte. Wurde nun hinter der zweiten Oeffnung des Rohres der passive Funke hin und her bewegt, so zeigte sich ein Einfluss auf ihn lediglich in der Verlängerung des Hohlraumes des Rohres; hier aber zeigte sich ein weit kräftigerer Einfluss, als wenn das Rohr entfernt und nur das Diaphragma beibehalten wurde. Die letztere Erscheinung war der Anlass zur Benutzung des Rohres, sie deutet selbst bereits auf eine Reflexion an den Wänden desselben. Das Funkenmikrometer wurde nun seitlich von dem aus dem Rohre austretenden Strahle so aufgestellt, dass die Längsrichtung des Funkens parallel mit der

¹⁾ [Siehe Anmerkung 9 am Schluss des Buches.]

Richtung des Strahles war. Brachte man nun den Funkenstrom im Mikrometer eben zum Versagen, so trat er wieder auf, wenn eine ebene Oberfläche unter 45° gegen den Strahl geneigt, so in denselben hineingehalten wurde, dass sie nach dem gewöhnlichen Reflexionsgesetz den Strahl auf den passiven Funken werfen musste. Die Reflexion zeigte sich mehr oder weniger an Glas, Krystallen, den Metallen, auch wenn diese Körper nicht besonders blank waren, ebenso auch an Körpern wie Porzellan, polirtes Holz, weisses Papier. Von einer stark berussten Glasplatte erhielt ich keine Reflexion.

Bei den feineren Versuchen wurde der active Funke so eingerichtet, dass er eine senkrechte gerade Linie bildete, in geringer Entfernung von ihm wurde eine grössere Platte mit senkrechtem Spalt aufgestellt, hinter welcher polirte ebene Spiegel von verschiedenen Metallen, von Glas und Bergkrystall angebracht wurden. Durch Bewegen des passiven Funkens wurden alsdann die Grenzen desjenigen Raumes ermittelt, in welchem sich hinter dem Spalt die Wirkung geltend machte. Diese Grenzen waren völlig scharfe, sie fielen stets zusammen mit den Grenzen desjenigen Raumes, in welchem das Spiegelbild des Funkens sichtbar war. Bei nicht polirten Körpern liessen sich diese Versuche wegen der Schwäche der Wirkung nicht ausführen, es ist zu vermuthen, dass bei solchen Körpern die Reflexion eine diffuse ist.

16. Beim Uebergang aus Luft in ein festes durchlässiges Medium zeigt die Wirkung des activen Funkens eine der Brechung des Lichtes analoge Erscheinung, doch wird die Wirkung stärker gebrochen, als das sichtbare Licht. Für die gröberen Versuche diente wieder das bei den Reflexionsversuchen benutzte Glasrohr. Wurde der passive Funke in etwa 30 cm Entfernung von der dem activen Funken abgewandten Oeffnung des Rohres in dem austretenden Strahle aufgestellt und nun unmittelbar an der Oeffnung von der Seite her ein Quarzprisma mit der brechenden Kante voran in den Strahl eingeschoben, so erlosch, trotz der Durchlässigkeit des Quarzes, der Einfluss auf den passiven Funken, sobald das Prisma die Oeffnung des Rohres bedeckte. Bewegte man alsdann aber den Funken im Kreise um das Prisma herum nach der Seite hin, nach welcher das Prisma den Lichtstrahl ablenkte, so kam man bald zu Orten, an welchen sich der Ein-

fluss wieder zeigte. Stellte man den passiven Funken nun dort auf, wo der Einfluss am kräftigsten sich zeigte, und visirte von dort aus durch das Prisma nach dem Rohr, so vermochte man nicht das Innere des Rohres und den aktiven Funken am Ende desselben zu erblicken; um durch das Rohr hindurch den activen Funken zu sehen, musste man das Auge um eine ganz merkliche Strecke gegen die ursprüngliche Lage der Funken zurückbewegen. Ebenso zeigte sich die Erscheinung bei Verwendung eines Steinsalzprismas. In den feineren Versuchen wurde wiederum der active Funke senkrecht gestellt und in einiger Entfernung von ihm ein senkrechter Spalt angebracht, hinter welchem das Prisma sich befand. Wurde der active Funke durch Einschalten einer Leydener Flasche leuchtend gemacht, so liess sich leicht der vom Lichte erfüllte Raum hinter dem Prisma bestimmen. Mit Hilfe des passiven Funkens konnte der von der hier besprochenen Wirkung erfüllte Raum begrenzt werden. Fig. 19 giebt das so unmittelbar durch die Versuche erhaltene Resultat im Grundriss in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse. Der Raum $abcd$

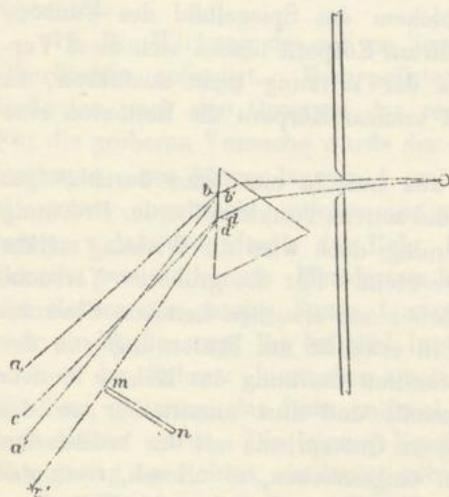


Fig. 19.

ist der vom Lichte, der Raum $a'b'c'd'$ der von unserer Wirkung erfüllte. Da die Grenzen des letzteren Raumes hier keine scharfen waren, so sind die Strahlen $a'b'$ und $c'd'$ in folgender Weise ermittelt. Der passive Funke wurde an einem entfernteren Punkte, etwa c' , an der Grenze des beeinflussten Gebietes aufgestellt. Es wurde alsdann von der Seite her ein Schirm mn (Fig. 19) mit senkrechter Kante so weit vorgeschoben, bis er den Einfluss eben aufhob. Der Ort m seiner Kante gab alsdann einen Punkt des Strahles $c'd'$. Bei anderen Versuchen wurde unter Benutzung

ist der vom Lichte, der Raum $a'b'c'd'$ der von unserer Wirkung erfüllte. Da die Grenzen des letzteren Raumes hier keine scharfen waren, so sind die Strahlen $a'b'$ und $c'd'$ in folgender Weise ermittelt. Der passive Funke wurde an einem entfernteren Punkte, etwa c' , an der Grenze des beeinflussten Gebietes aufgestellt. Es wurde alsdann von der Seite her ein Schirm mn (Fig. 19) mit senkrechter Kante so weit vorgeschoben, bis er den Einfluss eben aufhob. Der Ort m seiner Kante gab alsdann einen Punkt des Strahles $c'd'$. Bei anderen Versuchen wurde unter Benutzung

eines Prismas von kleinem brechenden Winkel die Entfernung des Funkens vom Spalt so gross und die Breite des Spaltes so klein genommen, als es die Wahrnehmbarkeit der Wirkung irgend gestattete. Das sichtbare Licht war alsdann in ein schmales Spectrum ausgebreitet, und die Wirkung des activen Funkens zeigte sich in einem nicht sehr ausgedehnten Raume, welcher merklich stärker als das sichtbare Violett abgelenkt war. Fig. 20 zeigt die Verhältnisse, wie sie unmittelbar auf der Grundlage

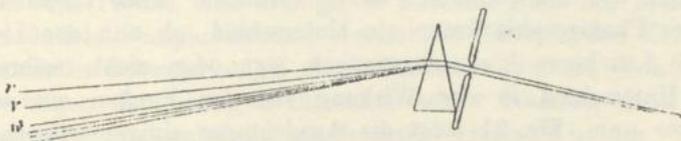


Fig. 20.

des Prismas aufgezeichnet wurden, r ist die Richtung der rothen, v die Richtung der violetten Strahlen, w ist diejenige Richtung, in welcher sich der Einfluss der Wirkung des activen Funkens am stärksten geltend machte.

Ob eine Doppelbrechung der Wirkung stattfindet, habe ich nicht constatiren können. Meine Quarzprismen gestatteten keine hinreichende Trennung der Strahlen, meine Kalkspathstücke erwiesen sich als zu undurchlässig.¹⁾

17. Nach Kenntniss des bisher Mitgetheilten wird man darin einig sein, dass bis zum Beweise des Gegentheils das Licht des activen Funkens als die nächste Ursache der von ihm ausgehenden Wirkung betrachtet werden müsse. Jeder anderen Muthmassung, welche auf Bekanntes zurückgeht, wird durch den einen oder den anderen Versuch widersprochen. Ist aber die beobachtete Erscheinung überhaupt eine Wirkung des Lichtes, so ist sie doch nach Ergebniss der Brechungserscheinungen lediglich eine solche des ultravioletten Lichtes. Dass sie nicht eine solche der sichtbaren Lichtarten ist, wird schon durch den Umstand bewiesen, dass Glas und Glimmer für jene undurchlässig, für diese durchlässig sind. Dass hingegen die Wirkung eine solche des ultravioletten Lichtes sei, wird durch die Absorptionserschei-

¹⁾ [Siehe Anmerkung 10 am Schluss des Buches].

nungen an sich wahrscheinlich gemacht. Wasser, Bergkrystall, die Sulfate der Leichtmetalle sind hervorragend durchlässig für ultraviolettes Licht und für die hier untersuchte Wirkung; Benzol und verwandte Körper sind in auffälliger Weise undurchlässig für beide. Uebrigens scheinen die in unseren Versuchen wirksamen Strahlen an der äussersten Greuze des bisher untersuchten Spectrums zu liegen. Wenigstens ging das auf empfindlichen, käuflichen Trockenplatten aufgenommene Spectrum des Funkens kaum bis zu der Stelle, an welcher die stärkste Einwirkung auf den passiven Funken stattfand. Auch zeigte sich in der Photographie kaum ein Unterschied, ob nun das Licht durch Leuchtgas hindurchgegangen war oder nicht, während der Unterschied in der Wirkung auf den Funken ein sehr grosser war. Fig. 21 zeigt die Ausdehnung einiger aufgenommenen Spectren. Unter *a* ist in *r* der Ort des sichtbaren Roth, unter *v* derjenige des sichtbaren Violett, unter *w* derjenige der stärksten Wirkung auf den passiven Funken angegeben. Die übrigen Reihen geben die Breite und Lage der photographischen Eindrücke, *b* nach dem Durchgang lediglich durch Luft und Quarz, *c* nach dem Durchgang durch Leuchtgas, *d* nach dem Durchgang durch eine dünne Glimmerplatte, *e* nach dem Durchgang durch Glas.



Fig. 21.

18. Unsere Annahme, dass die vorliegende Wirkung dem Lichte zuzuschreiben sei, erhält eine Bestätigung durch die Erfahrung, dass die gleiche Wirkung auch durch eine Reihe der gewöhnlichen Lichtquellen hervorgerufen werden kann. Freilich giebt die Lichtstärke im gewöhnlichen Sinne des Wortes durchaus keinen Maassstab für die Wirksamkeit, und es bleibt für unsere Versuche der schwach sichtbare Funke des Inductoriums eine der wirksamsten Lichtquellen. Lässt man den Funkenstrom eines beliebigen Inductoriums zwischen Kugeln übergehen, zieht die Kugeln so weit auseinander, dass der Funke eben versagt, und nähert nun die Flamme einer Kerze bis auf etwa 8 cm, so setzt der Funkenstrom wieder ein. Man wird zunächst der heissen Luft der Flamme die Wirkung zuschreiben; bemerkt man aber, dass ein kleines und dünnes eingeschobenes Glimmerblättchen die Wirkung aufhebt, eine viel grössere Quarzplatte aber dieselbe

nicht aufhebt, so wird man die hier untersuchte Wirkung wiedererkennen. Wie die Kerze wirken alle verwandten Flammen von Gas, Holz, Benzin u. s. w. Auch die nichtleuchtende Flamme des Alkohols und des Bunsen'schen Brenners erweisen sich wirksam, und bei der Kerzenflamme scheint die Wirkung mehr von dem unteren, nichtleuchtenden Theil, als von dem oberen, leuchtenden auszugehen. Von einer kleinen Wasserstofflampe war kaum eine Wirkung zu erhalten. Ferner erwiesen sich unwirksam das Licht des in der Flamme oder galvanisch weissglühenden Platins, eine kräftige, in nächster Nähe des Funkens angezündete Phosphorflamme, brennendes Natrium und Kalium. Brennender Schwefel zeigte ebenfalls keinen Einfluss, doch wohl nur wegen der geringen Intensität seiner Flamme, denn die Flamme des Schwefelkohlenstoffs zeigte einige Wirkung. Eine weit kräftigere Wirkung als alle bisher genannten Lichtquellen zeigte das Magnesiumlicht, sein Einfluss machte sich in dem Abstand eines Meters geltend. Etwas schwächer und bis auf eine Entfernung eines halben Meters wirkend war das Drummond'sche Kalklicht, erzeugt mit Hülfe eines Leuchtgas-Sauerstoff-Gebläses, doch dürfte die Wirkung wesentlich der Gebläseflamme zukommen; ob nämlich der Kalkeylinder in die Flamme gebracht wurde oder nicht, machte keinen grossen Unterschied. Vom Sonnenlicht erhielt ich niemals eine unzweideutige Wirkung, zu welcher Zeit des Tages und des Jahres ich bisher auch zu prüfen Gelegenheit hatte. Concentrirte ich das Sonnenlicht mit Hülfe einer Quarzlinse auf den Funken, so war eine geringe Wirkung vorhanden, doch war eine solche auch mit Hülfe einer Glaslinse zu erhalten und dürfte deshalb der Erwärmung zugeschrieben werden. Von allen Lichtquellen aber ist weitaus die wirksamste der elektrische Lichtbogen, er ist zugleich die einzige, welche mit dem Funken wetteifern kann. Zieht man die mit Kugeln versehenen Pole eines Inductoriums so weit auseinander, dass der Funke eben nicht mehr übergeht, und entzündet in 1, 2, 3, ja 4 m Abstand den Lichtbogen, so entsteht gleichzeitig mit ihm wieder der Funkenstrom und versagt auch wieder, wenn der Lichtbogen erlischt. Durch eine enge, vor dem Lichtbogen aufgestellte Oeffnung kann man das violette Licht des schwachleuchtenden eigentlichen Bogens von dem der weissglühenden Kohlen trennen; man findet, dass der Einfluss im wesentlichen

schon von dem ersteren ausgeht. Mit dem Lichte des elektrischen Bogens habe ich einen grossen Theil der früher beschriebenen Versuche wiederholt, so die Versuche über die geradlinige Ausbreitung, die Reflexion, die Brechung der Wirkung, sowie die Absorption derselben durch Glas, Glimmer, Leuchtgas und andere Körper.

Nach den Resultaten unserer Versuche hat das ultraviolette Licht die Fähigkeit, die Schlagweite der Entladungen eines Inductoriums und verwandter Entladungen zu vergrössern. Die Verhältnisse, unter welchen es bei derartigen Entladungen seine Wirkung äussert, sind freilich recht complicirte, und es ist also wünschenswerth, die Wirkung auch unter einfacheren Bedingungen, insbesondere unter Vermeidung des Inductoriums zu studiren. Bei dem Versuche, nach dieser Hinsicht Vortheile zu erlangen, bin ich auf Schwierigkeiten gestossen.¹⁾ Ich beschränke mich deshalb gegenwärtig darauf, die festgestellten Thatsachen mitzuthellen, ohne eine Theorie über die Art, wie die beobachteten Erscheinungen zu Stande kommen, zu versuchen.

¹⁾ [Siehe Anmerkung 11 am Schluss des Buches].