

Inconstanz des Funkenpotentials

G. Jaumann.

Aus dem physikalischen Institute der k. k. deutschen Universität Prag.

(Mit 7 Textfiguren.)

1. Einfluss der Kraftschwankungen. In einer früheren Arbeit¹ habe ich nachgewiesen, dass die rasche zeitliche Änderung der elektrischen Kraft des Entladungsfeldes eine wesentliche Entladungsbedingung ist. Hiedurch wurde die ältere Ansicht widerlegt, dass der Eintritt der Entladung durch die statischen Eigenschaften des Feldes bestimmt sei, dass also Form, Distanz und Material der Elektroden und die Natur des Dielectricums eine zur Entladung nöthige Potentialdifferenz bestimmen sollen.

Zu Beginn der Entladung hat nicht die elektrische Kraft E im Entladungsfelde einen bestimmten Werth, sondern ungefähr das Product $E \frac{\partial E}{\partial t}$ derselben in ihre zeitliche Änderung (l. c. S. 793). E ist dabei zu messen an der Oberfläche jener Elektrode, welche von den excitirenden elektrischen Wellen getroffen wird.

2. Polemisches. Von einer zustimmenden Bemerkung bei H. Hertz² abgesehen hat diese Arbeit in der Zwischenzeit nur Widerspruch gefunden. Die Constanz des Entladungspotentials wurde aufrecht erhalten durch die Herren Heydweiller,³

¹ Einfluss rascher Potentialänderungen auf den Entladungsvorgang. Diese Sitzungsber., Bd. 97, S. 765 (1888).

² Hertz, Untersuchungen, Anhang, S. 288.

³ Wied. Ann. 38 und 43.

Borgesius,¹ Wesendonck,² Freyberg,³ Precht⁴ und Andere, und zwar auf Grund unzulänglicher negativer Messungen. Meine positiven Versuche, auch jene, welche ich ausdrücklich als von entscheidender Beweiskraft bezeichnet habe, wurden dabei niemals nur erwähnt, geschweige denn widerlegt.

Herr O. Lehmann,⁵ welcher allerdings über den Inhalt meiner Arbeit nicht im Klaren ist (vergl. was er l. c. S. 430 als meine Meinung anführt), hat sich bei Gelegenheit der Naturforscherversammlung 1894 noch sehr energisch für die Constanz des Entladungspotentials erklärt.

3. Theoretische Bedeutung des Einflusses der Kraftschwankungen. Das neue Entladungsgesetz sollte gerade seiner Fremdartigkeit wegen das Vertrauen erwecken, dass es nicht leicht ist, eine andere Auffassung für die ihm zu Grunde liegenden Experimente zu finden. Übrigens widerspricht dasselbe keiner Theorie, denn es gibt keine nennenswerthe Theorie der Entladung. Es widerspricht nur dem Satz von der Constanz des Entladungspotentials, welcher sich längst als theoretisch unfruchtbar erwiesen hat.

Im Gegensatze hiezu kann man sich wohl denken, wie das neue Entladungsgesetz theoretisch verwerthet werden könnte. Die Entladung an sich ist eine der vielen Erscheinungen, welche über die Maxwell'sche Theorie hinausgehen. Der Entladungsstrom ist offenbar nicht wie der Ohm'sche Strom durch die elektrische Kraft E , noch wie der Maxwell'sche Verschiebungsstrom durch deren zeitliche Änderung $\frac{\partial E}{\partial t}$ bestimmt. Die Angabe, dass das Product beider $E \frac{\partial E}{\partial t}$ den

Eintritt der Entladung bestimmt, erscheint also ganz wohl assimilirbar. Zu berücksichtigen ist dabei der Umstand, dass die elektromagnetischen Vorgänge sich genau genommen nicht einfach superponiren (elektrische Doppelbrechung, magnetische Drehung der Polarisationssebene, Entladung durch Licht

Borgesius, Dubbelbiflaire Elektrometer, Groningen, 1892.

² ³ ⁴ Wied. Ann., 38, 40, 47, 49.

O. Lehmann, Wied. Ann., 47, 426.

etc.), was darauf hinweist, dass die elektromagnetischen Grundgleichungen nur mit Annäherung linear sind.

4. Erklärung der Hertz'schen Lichtwirkung. Das neue Entladungsgesetz hat auch in der Zwischenzeit einen ganz bemerkenswerthen Erfolg aufzuweisen. Es erklärt vollkommen die Hertz'sche Wirkung des Lichtes auf die Entladung. Beweis dessen ist, dass ich den Ausfall des Experimentes der Herren Elster und Geitel (Wied. Ann., 1894, 52, S. 440) über die Wirkung polarisirten Lichtes schon 1892 voraussagte.¹ Die Herren Elster und Geitel haben diesen ihnen allerdings wohlbekannten Umstand nicht mitgetheilt.

Herr J. Wanka (l. c. S. 58) hat es ferner am hiesigen Institute im Jahre 1891 auf meine Anregung unternommen, die Identität der Hertz'schen Lichtwirkung mit der von mir nachgewiesenen entladenden Wirkung der Kraftschwankungen festzustellen. Es ist ihm auch gelungen, den vorauszusehenden Einfluss der Polarisationsrichtung der einen Funken excitirenden elektrischen Strahlen nachzuweisen.

Bezüglich des Einflusses polarisirten Lichtes auf die Entladung finden sich dort folgende Stellen:

S. 57 »Herr G. Jaumann hielt deswegen auch dafür, dass die Hertz'sche Lichtwirkung auf dem von ihm aufgefundenen Einflusse der Potentialschwankungen auf den Entladungsvorgang beruhe und hiedurch erklärt sei«.

S. 63. »Da die Wirkung bei einer gewissen Stellung des activen Funkens gänzlich erlosch, weil die elektrischen Kräfte desselben polarisirt sind, so ist es auch sehr wahrscheinlich, dass das Hertz'sche Lichtexperiment, mit polarisirtem Licht ausgeführt, zu einem ähnlichen Resultat führen müsse«.

Die Excitation durch polarisirtes Licht muss erfolgen, wenn die elektrischen Schwingungen desselben in der Elektrodennormalen eine Componente haben, wie dies Elster und Geitel thatsächlich nachgewiesen haben.

5. Quantitative Übereinstimmung der Kraftschwankungswirkung mit der Hertz'schen Licht-

¹ Vergl. Wanka, Ein neues Entladungsexperiment. Mitth. der deutschen mathem. Gesellsch. in Prag, 1892. — Wied. Beibl., 17, S. 1103.

wirkung. Die Entladung kann excitirt werden: 1. durch Licht, 2. durch einen elektromagnetischen Strahl, 3. durch eine elektrische Drahtwelle. In der folgenden Tabelle sind für diese drei Fälle die Schätzungen für die maximale Änderungsgeschwindigkeit der elektrischen Kraft $\left(\frac{\partial E}{\partial t}\right)_{\max}$ zusammengestellt. Man erkennt, dass gerade diese, welche die Wirkung der Strahlen und Wellen auf den Funken bestimmt, in allen drei Fällen von gleicher Grössenordnung ist, während die Amplitude $(E)_{\max}$ und Periode N der Kraftänderung ganz verschiedene Grössenordnung haben.

Experiment von	Excitation durch	Amplitude der Kraft $(E)_{\max}$	Schwingungszahl N	Amplitude der Kraftschwankung $\left(\frac{\partial E}{\partial t}\right)_{\max} = N \cdot (E)_{\max}$	Maximale Beschleunigung der Kraftänderung $\left(\frac{\partial^2 E}{\partial t^2}\right)_{\max} = N^2 \cdot (E)_{\max}$
1. Hertz	Licht	10^{-5} C. G. S. ¹	10^{15} sec ⁻¹	10^{10} C. G. S.	10^{25} C. G. S.
2. Wanka	Hertz'schen Strahl	1	10^{10}	10^{10}	10^{20}
3. Jaumann	Drahtwelle	10	10^9	10^{10}	10^{19}

I. Die Aufstellung.

6. Princip der folgenden Messungen. Es handelte sich mir darum, durch möglichst grosse Differenzen die Inconstanz des Entladungspotentials deutlich zu machen.

Nun habe ich (l. c. S. 793, dann S. 803 und a. O.² S. 1625) nachgewiesen, dass der Eintritt der Entladung bestimmt wird ungefähr durch das Product

$$E \frac{\partial E}{\partial t}.$$

¹ Nach Maxwell, Treatise, II, p. 391.

² Jaumann, Die Glimmentladungen in Luft von normalem Druck. Diese Sitzungsber., Bd. 97 (1888).

Fig. 1 stellt als Abscisse die Grösse der vorhandenen Kraftschwankungen $\frac{\partial E}{\partial t}$, als Ordinate die zugehörige, für die Entladung nöthige elektrische Kraft E , gemessen an der Oberfläche jener Elektrode, welche von den excitirenden Kraftschwankungen getroffen wird. Die Ordinate gibt also auch ein Mass für das Entladungspotential. Diese Curve ist nach Obigem ungefähr eine gleichseitige Hyperbel, deren Asymptoten den Axen parallel sind.

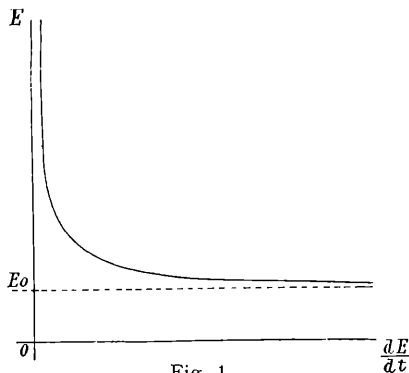


Fig. 1.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch durch ∞ grosse Kraftschwankungen das Entladungspotential nicht unter eine gewisse (vom Entladungsfelde abhängige) Grösse gedrückt werden kann. Falls man nun einen solchen Ladungsmodus wählt, dass die hiebei unvermeidlichen Kraftschwankungen sehr gross oder sehr rasch sind, so wird man keine grossen Abweichungen von diesem kleinsten Entladungspotential finden. Es trifft dies ein, wenn man, wie dies bei Funkenpotentialmessungen üblich ist, zur Ladung eine Influenzmaschine verwendet oder irgendwo nachlässige Contacte belässt, so dass in den Zuleitungen kleine Fünkchen auftreten. Hieraus mag es sich erklären, dass die Funkenpotentiale bei verschiedenen Beobachtern nicht sehr verschiedene Werthe aufweisen und dass man dieselben für constant halten konnte.

Will man grosse Abweichungen von diesem Grenzwert erzielen, so muss man zu möglichst kleinen Kraftschwankungen zurückgehen. Erst bei den kleinsten Werthen derselben ist ein rasches Ansteigen des Funkenpotentials zu hoffen.

Ich habe nun den Ladungsmodus dementsprechend eingerichtet und thatsächlich Entladungspotentiale erhalten, welche bis 400% grösser sind als die gewöhnlichen.

Es bestätigt dieser Erfolg, dass der Zusammenhang zwischen Entladungspotential und Kraftschwankungen thatsächlich der Fig. 1 entspricht.

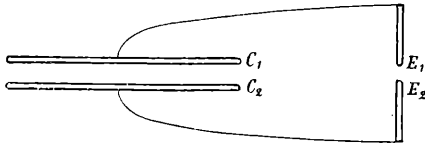


Fig.

7 Der Ladungsmodus. Eine Entladung untermöglichstem Ausschluss excitirender Kraftschwankungen kann man in folgenden zwei Weisen bewirken.

Ein Condensatorplattenpaar C_1C_2 (Fig. 2 und 3) ist unter Vermeidung aller Contactfehler mit der Funkenstrecke E_1E_2 verbunden. Man ladet den Condensator durch Auflegen von Zuleitungsdrähten (A_1A_2 Fig. 3) auf ein niedrigeres Potential als zur Entladung bei E hinreicht und entfernt dann die Zuleitungsdrähte völlig. Man erzeugt nun den Funken:

1. durch Näherung der Elektroden E . Hiebei zeigt sich, dass der erzielte Funke auffallend klein ist für die Potentialdifferenz, welche die Platten haben;
2. durch Entfernung der Platten C_1C_2 von einander. Hiebei zeigt sich, dass die erreichte Potentialdifferenz auffallend hoch ist für die Distanz, welche die Elektroden haben.

Diese einfache Aufstellung ist deshalb bisher nicht zu Messungen herangezogen worden, weil sie thatsächlich im Gebrauch viel umständlicher ist als das übliche Laden mit Hilfe einer Influenzmaschine unter Zuschaltung des Elektrometers und einer grösseren Leydnerbatterie.

8. Beschreibung der Aufstellung. Die beiden Condensatorplatten C_1C_2 (Fig. 3), die beiden Funkenelektroden E_1E_2 und die beiden Elektroden D_1D_2 eines Elektroskops sind unter einander ohne Contactfehler verbunden, so dass $C_1D_1E_1$ einen Körper bilden und $C_2D_2E_2$ durch Drähte verbunden sind, von welchen der strichlirte Draht D_2C_2 weit ausserhalb der Zeichnungsebene zu denken ist. Die isolirenden Stützen i und J bestehen aus sorgfältig schellackirtem böhmischem Glas.¹

¹ Die Condensatorplatten C_1C_2 haben 18 *cm* Radius, ihre Entfernung kann von 0 auf 15 *cm* geändert werden. Es geschieht dies mittelst des Hebelparallelogramms HH von 2 *m* horizontaler Länge, welches jenseits seiner

Das Ganze steht in einem kubischen Holzkasten G , welcher die nöthigen Spiegelglasfenster und Öffnungen hat und in welchen die beweglichen Theile J und A_1A_2 mittelst Trichtern aus Kautschukmembran eintreten. Die Luft im Innern des Kastens wird staubfrei und mit Schwefelsäure trocken gehalten.

Die Entfernung der Elektroden von einander kann mittelst der Schraube S von 0 bis 15 mm geändert und gemessen werden.

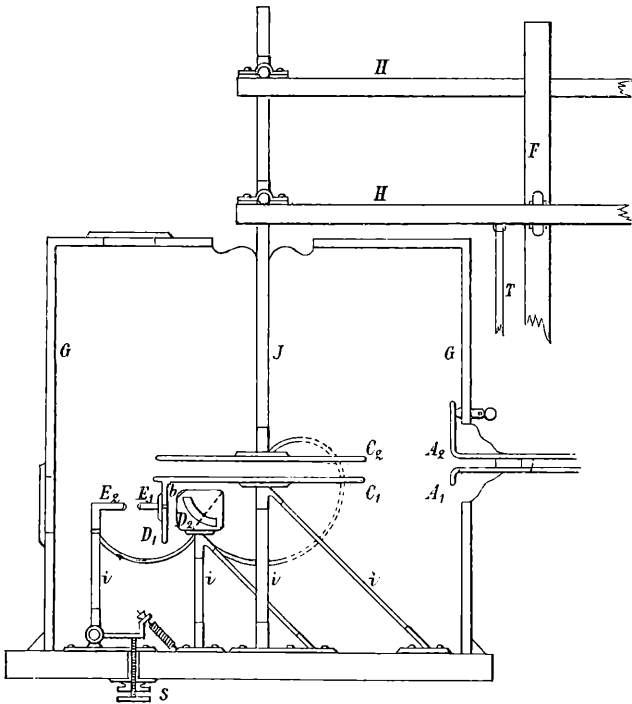


Fig. 3.

Die Elektroden endigen in feingearbeiteten Kugelflächen aus Platin von 0·5, 2·5 oder 20 mm Radius.

9. Das Elektroskop besteht aus einem kubischen Schutzkasten D_2 aus Messing, welcher links und oben offen ist und

Stützpunkte rechts ausäquilibrirt ist, durch zwei Kautschukrollen bei F geführt wird und vom Beobachter mit Hilfe des Stabes T entweder aus freier Hand oder mittelst eines Triebes gehoben und gesenkt werden kann. Es ermöglicht dies eine sehr leichte und feine Parallelverschiebung der Platte C_2 .

der quadratischen Platte D_1 gegenübersteht. An Stelle der fortfallenden Würfelkante bleibt jedoch eine Brücke b von circa 1 cm Breite stehen.

Die vordere und hintere Fläche des Schutzkastens trägt kreisförmige Einschnitte, zwischen welchen man die Nadel des Elektroskops spielen sieht. Diese besteht aus einem harten Messingband von 1 mm Breite, 0.04 mm Dicke und 60 mm Länge, welches in die Mitte der rechten oberen Kante des Schutzkastens so gelöthet ist, dass es in der Ruhelage einem Winkel von 25° mit der Verticalen einschliesst.

Die Nadel spielt unmittelbar auf einer Kreisscala, welche das reelle Bild einer in 3 m Entfernung hinter dem Elektroskop aufgestellten, auf Papier gezeichneten Kreisscala ist. Dieses Bild wird mittelst einer guten Linse, welche 1 m hinter dem Elektroskop aufgestellt ist, in den Schutzkasten desselben geworfen. Die Ablesung erfolgt mittelst eines 1 m vor dem Elektroskop aufgestellten Fernrohres.

Dieses Elektroskop erfüllte die Anforderungen, welche die Messungen stellten. Es ist verlässlicher als Elektroskope mit isolirter Nadel, hat keine Contact- und Isolationsfehler, wie sie bei vollkommeneren Elektrometern unvermeidlich sind, ist von günstiger Gleichung und im Gebrauch sehr bequem. Es hat sehr raschen Ausschlag und kommt fast momentan zur Ruhe.

Seine Genauigkeit ist nicht gross, aber für den angestrebten Zweck weitaus ausreichend.

10. Die Graduirung des Elektroskops erfolgte öfters mit Hilfe meines absoluten Elektrometers mit Kuppel-suspension.¹ Folgende Tabelle und Fig. 4 stellen die Gleichung des Elektroskops dar. Die meisten Elektroskope werden bei grossen Ausschlägen labil. Zufolge der Brücke b , in deren elektrostatischen Schutz die Nadel bei grösseren Ausschlägen kommt, tritt an Stelle des Labilitätsmaximums ein Wendepunkt, in welchem man eine Stelle sehr grosser Empfindlichkeit zur Verfügung hat, während der Ausschlag darüber hinaus stabil und von geringer Empfindlichkeit ist, so dass der Umfang der Messungen ein grosser ist.

¹ Diese Sitzungsber., Bd. 101 (1892).

Das Instrument gestattet Potentialmessungen zwischen 5 und 60 C. G. S. Die Empfindlichkeit beträgt im Mittel ungefähr 1° Ausschlag für 1 C. G. S., an der empfindlichen Stelle (zwischen 28·6 und 30·0 C. G. S.) aber 10° Ausschlag für 1 C. G. S.

Ausschlag in Kreis- theilstrichen	Potential- differenz in C. G. S.
1	1·8
5	13·4
10	22·3
20	28·6
30	30·0
40	32·8
50	38·1
60	47·4
65	52·3

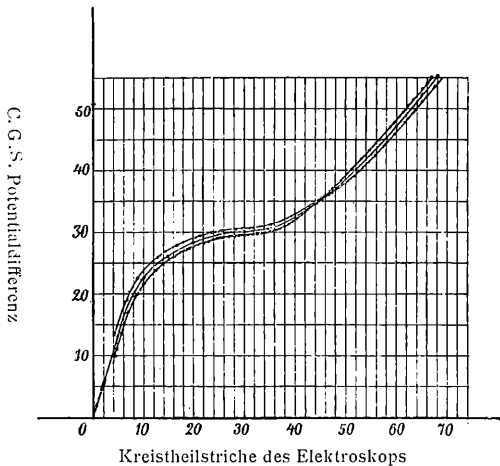


Fig. 4.

Die Genauigkeit des Elektroskops beträgt für gewöhnlich 1% , jedoch kommen ausnahmsweise Fehler bis zu 4% vor.

Grössere Fehler habe ich niemals beobachtet. Fehler von dieser Grössenordnung sind für das Folgende gleichgiltig.

11. Potentialerhöhung durch Hebung der Condensatorplatte C_2 . Die in Fig. 5 dargestellten Messungen, welche ganz flüchtig und an verschiedenen Tagen gemacht worden sind, geben ein gutes Bild von der Wirksamkeit der Aufstellung

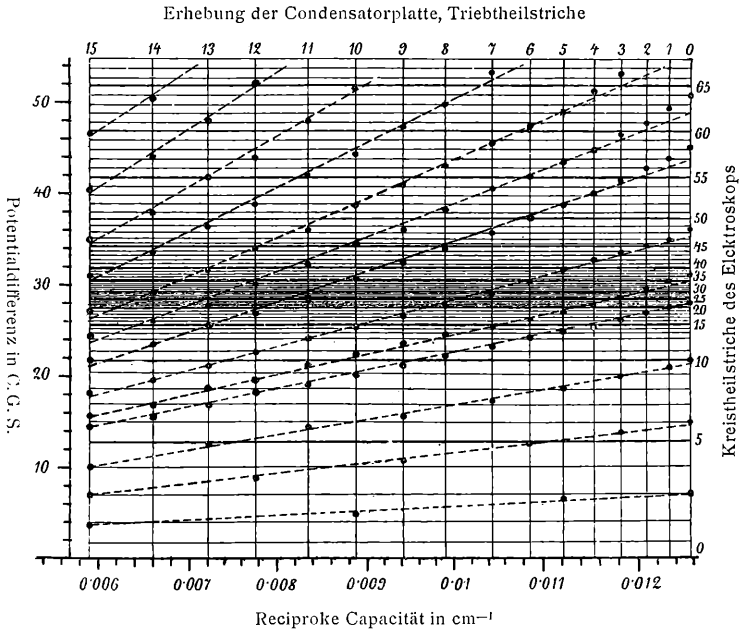


Fig. 5.

und zeigen, dass ich mich über alle Nebeneigenschaften derselben wohl unterrichtet habe.

Die Isolation ist eine so vortreffliche, dass ein Ladungsverlust auch bei den höchsten Potentialen erst nach Stunden bemerkbar wird. Zufolge dessen ordnen sich die Elektroskopablesungen bei gegebener Ladung ganz eindeutig den Stellungen der Platte C_2 (an der Theilung des Triebes abzulesen, welcher die Stange T bewegt) zu.

II. Nachwirkung des Funkens. Erholung der Funkenstrecke.

12. Veränderung der Funkenstrecke durch den Funken. Es wäre leicht für alles Folgende glatte Gesetzmässigkeiten zu erhalten, wenn die Funken nicht die Funkenstrecke verändern würden. Die Nachwirkungen aller vorangegangenen Funken überdecken und verlöschen sich, so dass der Ausfall der Messungen desto unregelmässiger wird, je länger man eine Messungsreihe fortsetzt.

Man schreibt die Veränderung der Funkenstrecke durch den Funken der Corrosion der Elektroden zu, jedoch nicht mit Recht.

Die Nachwirkung der Funken besteht kurz gesagt darin, dass sich die Hyperbel Fig. 1 mehr oder weniger an ihre Asymptoten anschmiegt.

Im $\left\{ \begin{array}{l} \text{ersten} \\ \text{zweiten} \end{array} \right.$ Falle werden die Funkenpotentiale *cet. par.* $\left\{ \begin{array}{l} \text{kleiner} \\ \text{grösser} \end{array} \right.$ und auch die Empfindlichkeit für Unterschiede der Kraftschwankungen wird $\left\{ \begin{array}{l} \text{kleiner} \\ \text{grösser} \end{array} \right.$ Das ist, was im Folgenden eine $\left\{ \begin{array}{l} \text{verdorbene} \\ \text{gute} \end{array} \right.$ Funkenstrecke genannt werden soll.

13. Ungünstige Nachwirkung der Funken. Mehrere kräftige oder unter starker Kraftschwankung erfolgende Funken verderben die Funkenstrecke umso rascher, je kleiner sie ist. Als auffallendes Beispiel folgende Messungsreihe.

Beob. Nr.	Funkenpotential (starke Kraftschwankungen)	
65	28·3 C. G. S.	Funkenlänge 0·8 <i>mm</i>
66	25·6	E_1+ , Radius 0·5 <i>mm</i>
67	29·0	E_2- , Radius 2·5 <i>mm</i>
68	7·4	
69	13·4	
73	7·4	
76	6·5	

14. Günstige Nachwirkung der Funken. Weniger deutlich, aber doch oft merkbar ist eine günstige Nachwirkung der Funken. Schwache, bei kleinen Kraftschwankungen erfolgende Funken verbessern manchmal die Funkenstrecke. Diese Verbesserung ist besonders deutlich bei frisch polirten Elektroden. Diese sind schlechter als solche, mit welchen bereits eine Zeit lang vorsichtig gearbeitet wurde.

Beob. Nr.	Funkenpotential C. G. S. (ruhige Ladung)		
41	26·75	Funkenlänge 0·8 <i>mm</i>	
42	26·95		
43	27·3		E_1+ , $r_1 = 0\ 5$
44	27·85		E_2- , $r_2 = 2\ 5$
45	28·1		
46	28·3		
Ein Funke bei unvorsichtiger Ladung			
47	26·8		
48	26·85		

Beob. Nr.	Funkenpotential C. G. S. (ruhige Ladung)		
420	21·9	Frisch polirte Elektroden	
421	24·5	Funkenlänge 1·8 <i>mm</i>	
425	26·6		
427	26·2		E_1+ , $r_1 = 20$
428	46·4		E_2- , $r_2 = 20$
429	53·0		
432	36·8		
434	35·6		

Man merkt die günstige Nachwirkung der Funken zu Anfang der meisten Messungsreihen.

15. Erholung der Funkenstrecke. Eine verdorbene Funkenstrecke erholt sich von selbst im Laufe einiger Stunden, oft schon einer halben Stunde von der Nachwirkung der Funken.

Die Nachwirkung rührt also nicht von der Corrosion her. Um auch zu zeigen, dass die Nachwirkung nicht von in der Luft schwebendem Metallstaub herrührt, habe ich einen starken Strom staubfreier trockener Luft zwischen den Elektroden durchgeleitet. Dies beschleunigt die Erholung nicht merklich.

Beob. Nr.	Funkentpotential C. G. S. (starke Kraft- schwankungen)		Beob. Nr.	Funkentpotential C. G. S. (starke Kraft- schwankungen)	
132	13·4	Funkenlänge 0·8 <i>mm</i> E_1+ , 0·5 E_2- , 2·5	147	13·4	Funkenlänge 0·8 <i>mm</i> E_1+ , 0·5 E_2- , 2·5
Erholung über Nacht			149	15·5	
133	29·9		30 Minuten Erholung		
134	30·0		152	37·5	
135	17·6		154	25·6	
136	13·4		155	19·2	
137	13·4		156	13·4	
			157	13·4	

16. Vergleich mit der Hertz'schen Lichtwirkung. Wenn eine solche Vorstellung befriedigt, so mag man an eine Oberflächenveränderung denken, welche sowohl bei ganz frisch polirten, als bei stark gebrauchten Elektroden vorhanden ist, welche sich bei der Erholung von selbst ausgleicht und die Nachwirkung der Funken bedingt. Ich stimme einer solchen Erklärung nicht zu.

Keinesfalls aber darf man deshalb, weil die Empfindlichkeit gegen Kraftschwankungen von der Nachwirkung der Funken abhängt, die Kraftschwankungswirkung selbst trivial erklären. Schon der in Abschnitt 4 erwähnte Zusammenhang der Kraftschwankungswirkung mit der Hertz'schen Lichtwirkung muss beide vor einer Trivialerklärung schützen.¹

Die Lichtwirkung hängt in ungefähr derselben Weise von der Nachwirkung des Funkens ab wie die Kraftschwankungswirkung. Verdorbene Funkenstrecken zeigen eine kleinere Empfindlichkeit für das Licht.

¹ Trivialerklärungen bilden meiner Meinung nach, Risiko und Gewinn verglichen, immer einen methodischen Fehler. Man hat vielfach die Hertz'sche Lichtwirkung durch ein Zerstäuben der Elektroden durch das Licht »erklärt«.

III. Hohe Funkenpotentiale bei ruhiger Ladung.

17. Verschiedene Ladungsarten unter starken Kraftschwankungen. Es war anfänglich meine Absicht, das Entladungsgesetz

$$E \cdot \frac{\partial E}{\partial t} = \text{Const.}$$

durch absolute Messungen sicherzustellen. Man ladet das System CDE (Abschnitt 8) nicht direct mit der Influenzmaschine, sondern durch Ausladen einer kleinen gemessenen Capacität in den Condensator $C_1 C_2$. Dies gibt eine Kraftschwankung von angebbarer Grösse in der Funkenstrecke.

Man kann in dieser Weise die Ladung bis eben über das Funkenpotential auf einmal oder in mehreren Absätzen herstellen. In je kleineren Sprüngen man die Ladung besorgt, desto grösser soll *cet. par.* das Funkenpotential sein.

Diese Messungen gaben jedoch der Nachwirkung und der im folgenden Capitel zu beschreibenden Verspätung der Funken wegen kein regelmässiges Resultat. Nur ausnahmsweise ergaben sich bei besonders gutem Zustand der Funkenstrecke bei Abwechslung der Ladungsart entsprechende Änderungen des Funkenpotentials, welche der Änderung der Kraftschwankungen zuzuschreiben sind, wie in folgender Reihe:

Beob. Nr.	Funkenpotential in C. G. S. bei Ladung			
	in einem Absatz	in mehreren Absätzen	mit Influenz- maschine	
256		29·0		Funkenlänge 2·0 <i>mm</i> E_1+ , $r_1 = 0\cdot5$ E_2- , $r_2 = 2\cdot5$
257	28·3			
258			25·2	
259		29·8		
260	20·9			
261			18·5	
262		30·2		
263	25·6			
264			24·8	

18. Entladung durch Näherung der Elektroden. Im Gegensatz zu der Unregelmässigkeit der Funkenpotentiale bei Ladung unter verschiedenen, aber immer starken Kraftschwankungen ist der Unterschied der Funkenpotentiale bei starken Kraftschwankungen und bei völliger Vermeidung derselben unter allen Umständen unverkennbar.

Das System CDE (Abschnitt 8) wurde auf $37\cdot2$ C. G. S. geladen und dann die Zuleitungen A_1A_2 entfernt. Nun wurden mittelst der Schraube S die Elektroden E_1E_2 einander genähert, und es wurde constatirt, dass bei $1\cdot2$ mm Funkendistanz eben noch kein Funke zu Stande kam.

Diese Funkendistanz wurde beibehalten, das System aufgeladen und nun mittelst der Influenzmaschine¹ geladen. So wurde der starken und zahlreichen Kraftschwankungen wegen der Funke schon bei viel niedrigeren Potentialdifferenzen erhalten.

Beob. Nr.	Funkenpotential		Funkenlänge	
	Näherung der Elektroden	Influenzmaschine		
107	37·2		1·2 mm	E_1+ , $r_1 = 0\cdot5$ E_2- , $r_2 = 2\cdot5$
108		20·4		
109		18·6		
126	36·8		0·8 mm	
127		22·3		
128		13·4		
129		11·0		
130				
131	38·1	15·5	0·8 mm	
132		13·4		

¹ Es ist unvortheilhaft, die Ladung direct durch die Influenzmaschine zu besorgen. Sie erfolgt dann zu rasch, als dass man das Elektroskop ablesen könnte, während bei Nebenschaltung einer Batterie der Funke die Elektroden ruiniert. Man verfährt folgendermassen: Der Hauptstrom der Influenzmaschine fliesst durch eine nebengeschaltete Büschelentladungsstrecke (+ Spitze und — Platte), die Maschine wird gleichmässig gedreht, der Potentialanstieg, also die Ladung von C_1C_2 wird durch langsames Entfernen der Spitze von der Platte bewirkt. In die Zuleitungen A_1A_2 ist ein kleines Fünkchen eingeschaltet.

19. Entladung durch Hebung der Condensatorplatte C_2 . Es wurde verglichen das Funkenpotential, welches durch Ladung mittelst Influenzmaschine zu erhalten war, und jenes, welches sich bei Potentialerhöhung durch Hebung von C_2 ergibt.

Man macht die Capacität $C_1 C_2$ möglichst gross, ladet niedrig, entfernt die Zuleitungen $A_1 A_2$ und wartet 10 Secunden, bevor man die Platte hebt. Das Heben erfolgt in ungefähr 5 Secunden, in derselben Zeit, in welcher man die Ladung mit der Influenzmaschine bewirkt.

Beob. Nr.	Funkenpotential C. G. S. bei Ladung mittelst		
	Hebung von C_2	Influenz- maschine	
Zwei Stunden Erholung			Funkenlänge 0·8 mm E_1+ , $r_1 = 0\cdot5$ E_2- , $r_2 = 2\cdot5$ } Funkenstrecke schon ver- dorben
138		17·6	
139	39·9		
140	51·4		
141		22·3	
142		20·9	
143	34·1		
144		17·6	
145		15·5	
146	24·8		
147		13·4	
148	20·9		
149		15·5	
150		13·4	
30 Minuten Erholung			Erholt, aber sogleich wieder verdorben
152		37·5	
153	32·5		
154		25·6	
155		19·2	
156		13·4	
157		13·4	

Bei längeren Funkenstrecken ist die Empfindlichkeit für Kraftschwankungen nicht so gross, aber die Funkenstrecke verdirbt auch nicht so leicht, wie folgende Reihe zeigt:

Beob. Nr.	Funkenpotential in C. G. S.		
	Hebung	Influenzmaschine	
118		38·1	Funkenlänge 3 <i>mm</i> E_1+ , $r_1 = 0\cdot5$ E_2- , $r_2 = 2\cdot5$
119		38·1	
120	43·3		
121		38·1	
122	52·3		
123		38·4	
124	40·5		
125		38·1	

20. Vergleich mit dem Siede- und Gefrierverzug. Es ist (von praktischen Gesichtspunkten abgesehen) noch unrichtiger, einer gegebenen Funkenstrecke ein bestimmtes Funkenpotential zuzuschreiben, als reinem Wasser bei normalem Barometerstand eine bestimmte Siede- und Gefriertemperatur zuzuschreiben.

Je reiner man die Aufstellung macht, um $\left\{ \begin{array}{l} \text{die Siede-} \\ \text{und Gefriertemperatur} \end{array} \right\}$ zu bestimmen, umso weniger erhält man constante Werthe. Um grosse Abweichungen von den gewöhnlichen Werthen zu erhalten, muss man die kleinsten $\left\{ \begin{array}{l} \text{Eiskristalle oder Dampfblasen} \\ \text{Kraftschwankungen} \end{array} \right\}$ vermeiden. Nur wenn diese in sehr grosser Menge vorhanden sind, erhält man jene Grenzwerte, welche man gewöhnliche $\left\{ \begin{array}{l} \text{Siede- und Gefriertem-} \\ \text{peratur} \end{array} \right\}$ nennt. Es ist deshalb eine unzulässige Abstraction, sich vorzustellen, dass der Eintritt solcher katastrophischer Vorgänge stattfindet, weil eine bestimmte Temperatur, Potentialdifferenz etc. vorhanden ist.

Die Untersuchung der wahren Bedingungen der elektrischen Entladung ist durch die Kenntniss der bestimmt zu

fassenden Kraftschwankungswirkung und die sogleich zu beschreibende Verspätung jener über die Bedingungen der Aggregationsänderung, Krystallisation, des Zerreißens etc. voraus.

IV. Verspätung der Entladung.

21. Abwarten des Funkens. Wenn etwas an den Entladungsbedingungen fehlt, so hindert dies nur die sofortige Entladung; nach einigem Abwarten ohne Verbesserung der Entladungsbedingungen kann die Entladung noch erfolgen.

Eine Wartezeit von einigen Minuten kann einen Mangel an Potentialdifferenz von 20 C. G. S. ersetzen. Eine Entladung, welche bei ruhiger Ladung bei 50 C. G. S. sogleich stattfindet, geht bei gleicher ruhiger Ladung auch bei 30 C. G. S. vor sich, aber erst nach mehreren Minuten ruhigen Wartens. Es gibt aber eine untere Grenze der Potentialdifferenz für den gegebenen Zustand der Funkenstrecke, unterhalb welcher die Entladung auch nach stundenlangem Warten nicht mehr eintritt (bei dem gewählten Beispiel wäre ungefähr $29 \cdot 8$ C. G. S. diese Grenze).

Der Condensator $C_1 C_2$ wurde niedrig geladen, dann isolirt ($A_1 A_2$ entfernt), 10 Secunden gewartet und dann die Potentialdifferenz durch Hebung der Platte C_2 bis auf die in folgender Tabelle angegebenen Werthe vergrößert und dann das System solange ruhig stehen gelassen, bis der Funke eintrat.

Die Angabe 0 Secunden für die Verspätung bedeutet, dass die Hebung der Condensatorplatte solange fortgesetzt wurde, bis der Funke eintrat. Das zugehörige Funkenpotential entspricht also nicht der Verspätung 0 Secunden, sondern einer Verspätung von einigen Secunden, weil das Heben der Platte C_2 selbst 5 Secunden in Anspruch nimmt.

Die sämtlichen angegebenen Verspätungen müssten etwa um $2 \cdot 5$ Secunden vergrößert werden.

Beob. Nr.	Funkenpotential in C. G. S.	Verspätung	
239	47·4	0 Sec.	Funkenlänge 3 mm
240	28·2	140	E_1+ , $r_1 = 0 \cdot 5$
241	47·4	0	E_2- , $r_2 = 2 \cdot 5$

Beob. Nr.	Funkenpoten- tial in C. G. S.	Verspätung	
242	33·4	55 Sec.	
243	45·6	0	
244	28·7	115	
245	40·7	0	
246	29·5	78	
247	38·1	0	
248	32·1		} Funkenstrecke ver- dorben
249	29·8		
250	41·7	0	
251	33·9	17	

Die Verschlechterung der Funkenstrecke nach heftigeren Funken und ihre Erholung nach längerem Nichtgebrauch ist bei diesen Experimenten ebenfalls sehr deutlich. Eine verdorbene Funkenstrecke gibt unregelmässige und zu kleine Verspätungen. Eine völlig verdorbene Funkenstrecke gibt überhaupt keine deutliche Verspätung.

22. Abwesenheit von vorhergehenden Entladungen während der Verspätung. Man erhält diese Verspätung ganz ohne besondere Aufstellung nicht selten, wenn man eine Leydnerflasche durch einen Auslader nicht völlig schliesst und so einige Secunden wartet.¹ Es ist dies bis jetzt nicht so sehr aufgefallen weil dabei immer knisternde Büschelentladungen in der Funkenstrecke voraus gehen, so dass man annehmen konnte, dass diese Büschelentladungen durch Erhitzung der Luft erst dem Funken den Weg bereiten, womit für die Trivialerklärung gesorgt war.

Bei meiner feineren Aufstellung erkennt man jedoch sofort die Unhaltbarkeit einer solchen Erklärung.

Während der Verspätung findet niemals irgendwelche Entladung statt, so dass der Funke nach Ablauf der Verspätungszeit ganz unvermittelt erscheint.

Die Isolation ist eine vortreffliche, so dass vor dem Funken das Elektroskop ganz ruhig einsteht. Es ist auch nicht das

¹ Prof. Mach beobachtete vor Jahren die gleiche Erscheinung bei einem Funken in Terpentinöl.

geringste Zucken der Elektroskopnadel bis zum Eintritt des Funkens, welcher ganz auslädt, bemerkbar. Man kann gewiss sein, dass während der Verspätung nicht 0·2 C. G. S. an Elektrizitätsmenge sich ausgleichen. Diese Entladung würde man schon an einer Bewegung der Elektroskopnadel um $\frac{1}{10}^\circ$ bemerken, und sie wäre übrigens auch gar nicht im Stande, die Funkenstrecke nennenswerth zu erhitzen.

23. Stabilität während der Verspätung. Man muss zunächst vermuthen, dass die Verspätung dadurch ein Ende findet, dass der Funke durch eine zufällige minimale äussere Veranlassung eintritt, denn eine ausgiebige äussere Veranlassung ist doch nicht erfindlich, und so sollte man den Zustand der Funkenstrecke für einen völlig labilen halten und vermuthen, dass der geringste absichtlich eingeführte Reiz den Funken auslösen müsste.

Ich hatte die Hoffnung so eine Aufstellung gewonnen zu haben, welche äusserst empfindlich auf Kraftschwankungen und auf Licht reagirt, sah mich aber hierin völlig enttäuscht. Die Aufstellung ist sehr geeignet, die Kraftschwankungs- und Lichtwirkung einwurfsfrei zu zeigen, aber sie ist auch sehr wenig empfindlich hiefür. Es gehören sehr starke Kraftschwankungen oder Beleuchtungen dazu, um den Funken auszulösen.

Eine schwächere Kraftschwankung oder Beleuchtung veranlasst nicht selten eine theilweise Entladung, wobei die Nadel um 2—3° zurückzuckt, wonach die Verspätung weiter stattfindet und ihrerzeit ohne weiteren Anreiz in dem Funken endigt. Auch diese theilweise Entladung wird von der Funkenstrecke vertragen, ohne dass die Verspätung aufgehoben wird. Es ergänzt dies den Gegenbeweis des Abschnittes 22.

Der Zustand der Funkenstrecke während der ganzen Verspätungszeit mit Ausnahme der letzten Secunden ist also ein sehr stabiler, was auch nicht wundern kann, wenn man bedenkt, dass die Potentialdifferenz dabei um 20 C. G. S. niedriger sein kann als jene, welche *et. par.* den Funken sofort bewirkt.

24. Vorprocess der Funkenentladung. Die Verspätung wird nicht durch eine äussere zufällige Veranlassung auf-

gehoben, es lässt sich keine solche denken, welche stark genug wäre, um die nachgewiesene Stabilität aufzuheben.

Der Widerspruch dieser Stabilität und des freiwilligen Eintrittes des Funkens nach Ablauf der Verspätung führt zu einem fremdartigen, aber sicheren Schluss: Die Funkenstrecke muss von selbst gegen Ende der Verspätungszeit aus dem stabilen Zustand heraustreten und in einen labilen übergehen.

Dies besagt Folgendes: Während der Verspätungszeit findet ein spezifischer Vorprocess in der Funkenstrecke statt, welcher nach Abschnitt 22 selbst keine Entladung ist, jedoch die Funkenstrecke in einer angebbaren, vergleichsweise grossen Zeit zur Entladung geeignet macht.

Dieser Vorprocess darf nicht trivial erklärt werden, denn er hängt in besonderer Weise mit der Kraftschwankungswirkung und mit der Nachwirkung der Funken zusammen.

25. Unterschied zwischen Verzug und Verspätung. Die Verspätung der Entladung, weil sie von selbst ein Ende findet, macht auf den ersten Blick den Eindruck einer Erscheinung, welche dem Siedeverzug analog ist. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern die dem Siedeverzug analoge Erscheinung ist eher die in Abschnitt 19 beschriebene Überhöhung des Funkenpotentials bei ruhiger Ladung.

Bei dieser Überhöhung fehlt als Entladungsbedingung nur eine kleine Kraftschwankung, der Zustand ist daher labil. Die Verspätung hingegen findet bei weitaus niedrigerer Potentialdifferenz und gleicher Ruhe der Ladung statt, der Zustand ist dabei stabil. Das Analogon hiezu wäre es, wenn das Sieden um einige Grade unter der normalen Temperatur mit einer Verspätung eintreten würde.

26. Einflusslosigkeit einiger Umstände. Die Verspätung ist bei der Entladung in Öl, Terpentin, Schwefelkohlenstoff ebenso zu erhalten wie in Luft.

Man machte mir den Einwurf, dass die Verspätung aufgehoben werden könnte durch leitende Staubkörnchen, welche zufällig in die Funkenstrecke kommen. Das Experiment gelingt jedoch in staubfreier Luft eher besser als in staubhaltiger. Ich habe noch eigens bei einigen Versuchen die Elektroden mit

einem Mantel umgeben, durch welchen mit Baumwolle und Glycerin staubfrei gemachte Luft geblasen wurde und die Verspätung völlig in gleicher Weise erhalten. Man kann auch während der Verspätung sehr staubhaltige Luft in diesen Mantel blasen, ohne hiedurch die Verspätung vorzeitig aufzuheben.

Wie unempfindlich die Funkenstrecke während der Verspätung für kleine Veränderungen der Luft oder der Elektrodenflächen ist, erkennt man auch daran, dass man mittelst eines Glasrohres aus dem Mund feuchte Luft zwischen die Elektroden blasen kann, so dass sie sich mit Thau beschlagen, ohne die Verspätung aufzuheben.

Beob. Nr.	Funkenpotential in C. G. S.	Verspätung	
319	21·5	120 Sec.	Funkenlänge 2 mm E_1+ , 20 mm E_2- , 20 mm
326	25·8	20	
Erholung über Nacht			
329	45·4	1 Sec.	} feuchte Luft und Thau
330	54·0	0	
333	35·6	20	
335	38·9	15	

Beob. Nr. 333 und 335 wurden so angestellt, dass während der ersten 10 Verspätungssecunden feuchte Luft eingeblasen wurde. Nach der zehnten Secunde wurde damit eingehalten, der Thau verschwand sogleich, und einige Secunden später kam der Funke.

Dass die Verspätung der Entladung nicht das Abwarten zufällig eintretender günstigerer Umstände ist, sondern der Ablauf eines Vorprocesses, erkennt man sehr schön auch daran, dass nach beendigtem Vorprocess eine Senkung des Potentials die Entladung nicht hindert, wie folgende zwei gelegentlichen Beobachtungen zeigen.

Beob. Nr. 295 (Funkenlänge 2 mm, $E_1+0·5$; $E_2-2·5$). Das Potential wurde bis 48·5 C. G. S. gehoben und 15 Secunden

gewartet, ohne dass ein Funke kam, dann wurde es rasch bis 28·3 C. G. S. gesenkt und nach 5 Secunden kam der Funke.

Beob. Nr. 430. (Funkenlänge 1·8, $E_1 + 20$, $E_2 - 20$). Das Potential wurde bis 53·0 gehoben, 15 Secunden gewartet, ohne dass ein Funke kam, dann rasch bis 45·4 gesenkt, und nach 1 Secunde kam der Funke.

27 Gesetzmässigkeit der Verspätung. Die Verspätung hat keine zufällige, sondern eine gesetzmässige Dauer, welche von der Höhe der Potentialdifferenz und dem Zustande der Funkenstrecke abhängt.

Letztere Bedingung erschwert allerdings diesbezügliche Messungen. Zu Anfang derselben, bei erholter Funkenstrecke, ist der Ausfall gewöhnlich regelmässig, später aber werden die Verspätungen unregelmässig und zu klein.

Immerhin ist bei einiger Kenntniss des Zustandes der Funkenstrecke eine Voraussage der Verspätung bis auf 50% ihres Betrages unter allen Umständen möglich.

Die folgende Reihe gibt ein typisches Beispiel für derartige Messungen, von welchen ich viele angestellt habe. Sie beginnt mit einer Verspätung von $4\frac{1}{2}$ Min. Dass ich die Geduld hatte so lange zu warten kam daher, dass ich sicher voraussagen konnte, der Funke müsse eintreten, und zwar nach sehr langer Verspätung. Ich hatte tagszuvor bei erholtem Zustande derselben Funkenstrecke den Funken bei 32·5 C. G. S. nach 150 Secunden Verspätung erhalten.

Beob. Nr.	Potentialdifferenz C. G. S.	Verspätung	
Über Nacht erholt			Funkenlänge 3 mm $E_1 +, r_1 = 0\cdot5$ $E_2 -, r_2 = 2\cdot5$ Funkenstrecke verdorben 30 Minuten Erholung } verdorben.
365	33·4	260 Sec.	
366	36·5	25	
367	34·1	100	
368	42·0	3	
369	34·6	80	
370	33·2	10	
371	37·5	20	
372	34·4	8	
373	34·1		

Beob. Nr.	Potentialdifferenz C. G. S.	Verspätung		
374	35·0	45 Sec.	30 Minuten Erholung	
375	34·4	50		
376	33·0	70		
377	37·6	20		
378	40·4	12		
379	46·4	1		
380	36·8	22		
381	35·1	0·1		excitirt
382	37·2	15		
383	40·4	20		} verdorben
384	34·8	35		
385	35·1	35		
386	34·1	25		
387	34·1	30		
388	33·6	1	excitirt	
389	36·8	40	30 Minuten Erholung	
390	35·7	30		
391	36·2	40	excitirt	
392	34·6	0·1		
393	33·1	110	} verdorben	
394	39·9	5		
395	43·3	10		
396	34·9	2		
397	34·6	2		
398	34·1	38		
399	34·4	15		
400	35·6	10		
401	35·1	30		30 Minuten Erholung
402	35·6	65		
403	38·4	25		
404	37·1	10		
405	36·8	25		
406	37·0	35		
407	38·8	8		

Fig. 6 stellt diese Beobachtungen dar. Die Verspätungen Beob. Nr. 370, 372, 373, 386—88, 396—400 wurden nicht eingetragen. Es war bereits während der Beobachtungen klar, dass dabei die Funkenstrecke verdorben war, und es wurde ihr

auch immer darauf Zeit zur Erholung gelassen. Ferner wurden auch die Beob. Nr. 381, 388 und 392 nicht eingetragen, weil sie durch zufällige starke Kraftschwankungen excitirt wurden.

Die Beobachtungen 382—407 wurden nur durch schwache Punkte markirt.

Die ersten Beobachtungen Nr. 365—369 und 371—380 fügen sich jedoch in zwei glatte Curven.

Es ist nicht zu verkennen, dass die Verspätung vollkommen gesetzmässig verläuft, also nicht durch Zufällig-

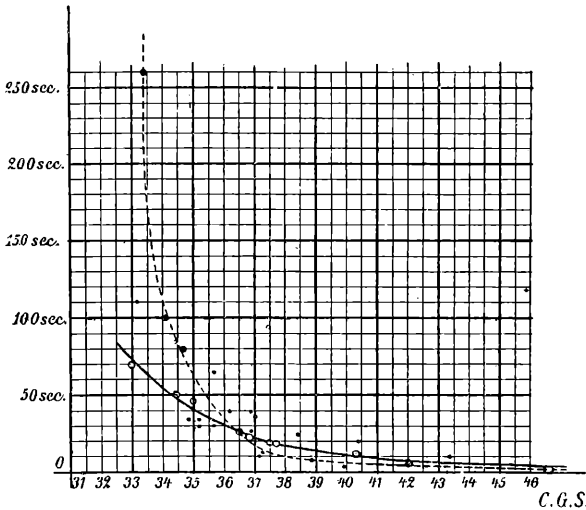


Fig. 6.

keiten beendigt wird. Gleichzeitig erkennt man aber auch den starken Zusammenhang mit der Nachwirkung der Funken.

Bei weiteren Untersuchungen über diese Erscheinung müssen zunächst die Bedingungen ausfindig gemacht werden, unter welchen die Funkenstrecke eine möglichst kleine Nachwirkung der Funken zeigt. Diese Funkenstrecken werden vielleicht auch grössere Verspätungen zeigen. Die kleinen Funkenstrecken, welche starke Nachwirkung zeigen, weisen nämlich kleine Verspätungen auf.

V. Verspätung der Excitation.

28. Excitation durch Kraftschwankungen und Licht. Während der Verspätung ist, wie schon Abschnitt 23

hervorgehoben wurde, die Funkenstrecke sehr wenig empfindlich für Kraftschwankungen und Licht, doch kann man diese Wirkungen immerhin deutlich machen. Die Excitation hat bei dieser Aufstellung ein besonderes Interesse der Einwurfsfreiheit des Experimentes wegen und weil sie eine Eigenschaft erkennen lässt, die sonst nicht zu beobachten ist: die Verspätung der Excitation.

Wenn man die Ladung der Funkenstrecke durch einen Ruhmkorff besorgt, wie dies Hertz und Wanka gethan haben, so hätte ich a priori erwartet, dass keine grosse Empfindlichkeit für Licht und Kraftschwankungen sich zeigen kann, denn der Ruhmkorff ladet ja selbst unter einer unvergleichlich höheren Kraftschwankung. Hingegen hätte ich während der Verspätung der Entladung, wo gar keine Kraftschwankungen gegeben sind, eine grosse Empfindlichkeit erwartet.

Es verhält sich jedoch umgekehrt. Ruhmkorfffunken reagiren noch auf das Licht eines schwachen Funkens in einigen Metern Entfernung, sie reagiren im Wanka'schen Experiment auf Hertz'sche Strahlen, welche von einem in 1 *m* Entfernung aufgestellten Excitator ausgehen und lassen dabei noch die Polarisationsrichtung der excitirenden Hertz'schen Strahlen erkennen.

Die Funken während der Verspätung reagiren hingegen erst auf das Licht eines kräftigen Batteriefunkens in 20 *cm* Entfernung und auf einen Hertz'schen Strahl, welcher von einem in 5 *cm* Entfernung aufgestellten kleinen Excitator ausgeht. Dieser kleinen Distanz wegen konnte der Einfluss der Polarisationsrichtung des Hertz'schen Strahls nicht aufgezeigt werden.

Es ist jedoch zu bemerken, dass die Excitation bei Ruhmkorfffunken genau rechtzeitig eintreffen muss.

Die im Folgenden zu beschreibende Verspätung der Excitation lässt die starke Wirkung der Kraftschwankungen auf einen Ruhmkorfffunken begreiflicher erscheinen.

Es soll hier auch hervorgehoben werden, dass die Excitation im Wanka'schen Experiment nicht von einer in den Metallbestandtheilen des Excitators verlaufenden Schwingung

ausgeht, denn die Stellung derselben ist gleichgiltig, sondern nur von einer zwischen den Elektroden des Excitators verlaufenden Schwingung. Ferner müssen die excitirende und die excitirte Funkenstrecke präcis gleich sein. Ich habe versucht den Einfluss einer Abstimmung des Excitators auf die zu excitirende Funkenstrecke nachzuweisen, jedoch vorläufig ohne deutlichen Erfolg.

29. Der Excitator. Als geeignete Form des Excitators ergab sich folgende. Vier Kugeln e von 9 mm Durchmesser und je 1 mm Funkendistanz werden in eine der Funkenstrecke E_1E_2 parallele Reihe in 5 cm Entfernung aufgestellt und von derselben durch einen schwarzen Glasbecher getrennt. Die Zuleitungen zu den äusseren Kugeln durchbrechen die Wand des Schutzkastens G (Fig. 3) und führen zu einem kleinen Plattencondensator. Dieser wird erst niedrig geladen, dann werden seine Platten von einander entfernt, wobei er sich durch den Excitator auslädt.

Das Vorzeichen der Ladung dieses kleinen Condensators wurde, um einem Einwurf zu begegnen, so gewählt, dass beim Entfernen der Platten desselben durch elektrostatische Induction ein kleines Sinken der Potentialdifferenz der Funkenstrecke E_1E_2 (um ungefähr 0.1 C. G. S.) eintrat.

30. Excitation durch Kraftschwankungen. Die Excitation nach der im vorigen Abschnitt beschriebenen Methode löst bei richtiger Aufstellung mit Sicherheit in Verspätung befindliche Funken aus. Ich zähle dieses Experiment mit zu den einwurfsfreien Beweisen des Vorhandenseins der Kraftschwankungswirkung.

Auch zugeleitete und elektrostatisch inducirte Kraftschwankungen lösen den in Verspätung befindlichen Funken E_1E_2 aus. Solche Kraftschwankungen treten auf, wenn man eine der Condensatorplatten C_1C_2 mit einem vorher abgeleiteten

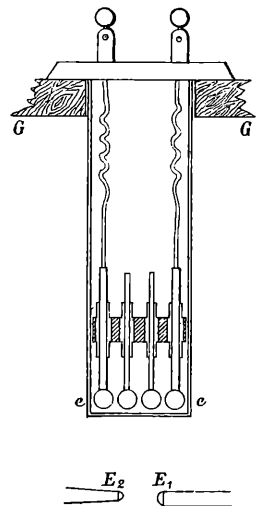


Fig. 7.

Metallstück berührt, oder in der Nähe der Condensatorplatte die Entladung eines geladenen Metallstückes vornimmt.

Derartige Excitationen sind mir oft lästig geworden. Sie kommen natürlich nur bei Unvorsichtigkeiten unbeabsichtigt zu Stande und sind zu vermeiden, weil ein Funke, welcher bei sehr niedrigem Funkenpotential durch eine starke Kraftschwankung erzwungen wird, die Funkenstrecke auffallend stark verdirbt.

31. Verspätung der Excitation. Ich habe oftmals beobachtet, dass der verspätete Funke einige Secunden später zu Stande kam, nachdem ich scheinbar vergeblich die Excitation desselben nach einer der im vorigen Abschnitt erwähnten Methoden versucht hatte und hielt dies anfänglich für den Beweis besonderer Unempfindlichkeit.

Als aber einmal bei einem mittleren Werth der Potentialdifferenz und sehr gutem Zustande der Funkenstrecke in allen unmittelbar hintereinander vorgenommenen Experimenten der excitirte Funke eben hörbar (etwa 0·1 Secunden) später als der excitirende erfolgte, gleichgiltig in welcher Phase der Verspätung die Excitation vorgenommen wurde, konnte ich mich der Überzeugung nicht länger verschliessen: dass die Excitation durch eine Kraftschwankung nicht unmittelbar den Funken, sondern einen Vorprocess desselben auslöst, welcher in 0·1 bis mehreren Secunden abläuft.

Es ist wahrscheinlich, dass es sich dabei um denselben Vorprocess handelt, welcher überhaupt während der Verspätung des Funkens abläuft, so dass man erkennt: Eine Kraftschwankung hebt den Vorprocess nicht auf, sondern beschleunigt nur seinen Abschluss.

Bei einer anderen Gelegenheit, als wieder die Aufstellung gut getroffen war, und ziemlich regelmässig 30 Secunden Verspätung erhalten wurden, liess ich mir durch einen Gehilfen den Augenblick vorschreiben, in welchem die Excitation vorgenommen werden sollte. Es geschah dies willkürlich zu Anfang, in der Mitte oder gegen Ende der Verspätung. Die Excitation löste stets nach 0·1 bis 3 Secunden den Funken aus.

Die Aufstellung muss sehr genau so abgeglichen sein, dass die Excitation an der Grenze ist, wo sie überhaupt noch

wirkt. Bei Vorhandensein eines halbwegs constanten Zustandes der Funkenstrecke geschieht dieser Abgleich hauptsächlich durch Wahl der Potentialdifferenz. Es gelingt dieses Experiment aber selbstverständlich oft nicht. Die Verspätung der Excitation durch Licht habe ich trotz vielfacher Versuche überhaupt nicht erzielen können, die Excitation war immer entweder momentan oder gar nicht vorhanden.

Die Verspätung der Excitation durch zugeleitete und elektrostatisch inducirte Kraftschwankungen ist hingegen sehr leicht zu erhalten. Schon unter den mitgetheilten Beobachtungen, z. B. Beob. Nr. 381, 388 und 392 in Abschn. 27 und überhaupt bei der Ladung mit Hilfe der Zuleitungen A_1A_2 kam diese Excitation (als Folge der verschiedenen Umladungen, welche A_1A_2 bei ihrem Hin- und Hergang erfahren) sehr oft vor, und zwar gewöhnlich mit Verspätung. Aus diesem Grunde ist auch die im Abschnitt 19 vorgeschriebene Wartezeit von 10 Secunden vor der Hebung nothwendig.

32. Addition der Excitationswirkungen. Aus der Verspätung der Excitation folgt, dass mehrere unmittelbar auf einander folgende Excitationen sich verstärken können. Thatsächlich lässt sich dies beobachten. Mehrere auf einander folgende Excitatorfunken, welche einzeln zu schwach sind, lösen oft zusammen den Funken aus.

Dieses Experiment ist mir auch mit Licht gelungen. Das Licht mehrerer Funken eines Funkenstromes löst die Entladung aus, während einzelne dieser Funken (bei entsprechender Abblendung des Lichtes der übrigen) *cet. par.* keine Wirkung haben.

Hieraus erklärt sich auch die starke Wirkung der Kraftschwankungen, welche eine Influenzmaschine oder ein in ihren Stromkreis geschaltetes Fünkchen bewirkt. Es handelt sich nicht allein um die Grösse der Kraftschwankungen, sondern auch um ihre Zahl.

VI. Zusammenfassung.

1. Funken verändern die Funkenstrecke, und zwar kräftige Funken deutlich in ungünstigem, schwache manchmal in

günstigem Sinne. Die Funkenstrecke erholt sich von dieser Nachwirkung der Funken von selbst im Laufe einiger Stunden.

2. Bei Vermeidung der kleinsten Kraftschwankungen sind ungewöhnlich hohe Funkenpotentiale zu erhalten.

3. Bei nicht ganz erfüllten Entladungsbedingungen tritt die Entladung nach einer Verspätung von einigen Secunden bis mehreren Minuten ein. Während dieser Verspätung verläuft ein Vorprocess der Entladung, welcher selbst keine Entladung ist.

4. Während dieser Verspätung kann man einwurfsfrei die excitirende Wirkung der Kraftschwankungen nachweisen.

5. Eine mässige Kraftschwankung löst den Funken nicht momentan aus, sondern erst nach 0·1—5 Secunden. Sie beschleunigt nur den Vorprocess desselben, kürzt also seine Verspätung ab.

Die Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen hat das Zustandekommen dieser Arbeit unterstützt, wofür ich hiemit meinen ergebensten Dank sage.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [104_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Jaumann Gustav

Artikel/Article: [Inconstanz des Funkenpotentials. 7-36](#)