

V. Ueber elektrische Gleitfunken von ausserordentlicher Länge.

Von Dr. Max Toepler.

Es ist schon lange bekannt, dass man unter sonst gleichen Umständen längs Glasoberflächen wesentlich längere Funkenentladungen erhalten kann als in freier Luft, wenn man die Glasrückseite leitend macht, sie z. B. mit Stanniol belegt. Man bezeichnet derartige Funken bekanntlich (ebenso wie die besonders von Antolik beobachteten Entladungserscheinungen längs berusster Flächen) als „gleitende Funken“. Die erste eingehendere Untersuchung der Gleitfunken an rückwärts belegten Glasflächen dürfte von A. v. Obermayer*) herrühren. Neuerdings ist eben der Umstand, dass man bei relativ kleinen Potentialdifferenzen doch ansehnliche Schlagweiten durch Gleitfunken überbrücken kann, von den Herren Skinner und Wurts**) zur Construction von Blitzschutzvorrichtungen benutzt worden. Noch nicht bemerkt ist aber meines Wissens, wieweit man mit den in grösseren physikalischen Instituten gebräuchlichen Hilfsmitteln gelangen kann. Nach meinen Beobachtungen ist es leicht, durch zweckmässige Versuchsanordnung und geeignete Abmessung aller die Funkenlänge wesentlich mitbestimmenden Grössenverhältnisse Entladungen von 1 bis 1,5 m Länge herzustellen; der längste von mir erzielte gleitende Funken besass sogar die bei künstlichen Funkenentladungen wohl noch nie beobachtete Länge von 187 cm. Dabei sei gleich hier bemerkt, dass sich alle im Folgenden mitgetheilten Angaben auf die Ausbildung von Gleitfunken längs blanker, unberusster Glasoberflächen beziehen.

Zur Erzielung möglichst langer Entladungen erwies sich die Anwendung sehr grosser Batterien als dringend nöthig. Es standen mir zur Verfügung 5 Schachtelbatterien***) von je ca. 40 000 cm Capacität, jede zusammengesetzt aus 8 grossen Leydnerflaschen von 20 bis 10 cm Durchmesser und 41 cm Beleghöhe. Die im Späteren erwähnten einzelnen Flaschen hatten 15 cm Durchmesser und 40 cm Beleghöhe; ihre Capacität dürfte demnach

*) A. v. Obermayer: Ueber gleitende Funken. Wiener Acad. Ber. 101, 1892, S. 327. — Die von Herrn v. Obermayer beobachteten Funken waren, soweit die cit. Abh. ersehen lässt, bis zu 50 cm lang.

**) C. E. Skinner u. A. J. Wurts: Eine Methode zur Vergrösserung der Funkenlänge einer gegebenen EMK. Elektrotechn. Zeitschr. 1896, S. 525. — Der längste gleitende Funken, welchen diese Beobachter längs einer unberussten Glasoberfläche erhielten, betrug bis zu 25 cm.

***) Eine eingehende Beschreibung derartiger Schachtelbatterien findet sich im Lehrbuch von Pouillet-Pfaundler, Bd. III, S. 230.

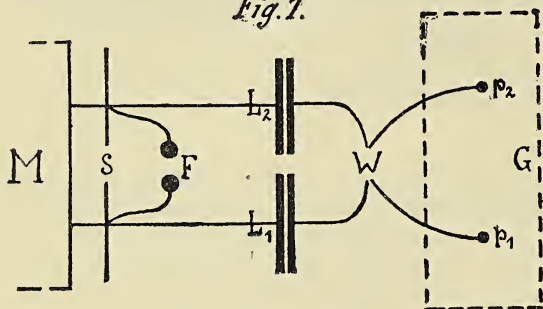
auf je $\frac{1}{8}$ einer Schachtelbatterie zu veranschlagen sein. Alle diese Leydner Flaschen liessen sich bis auf eine Potentialdifferenz von 40 000 Volt laden.

Um so grosse Batterien rasch zu laden, ist dann natürlich auch die Anwendung einer entsprechenden Stromquelle nöthig; ich benutzte bei allen meinen Versuchen eine grosse 60plattige Toepler'sche Influenzmaschine, welche einen Strom von $\frac{1}{700}$ Amp. bei Potentialdifferenzen bis zu 100 000 Volt lieferte.*)

Als besonders zweckmässig erwies sich die aus der schematischen Fig. 1 ersichtliche Versuchsanordnung.

Hierin bedeutet:

Fig. 1.



M. die Influenzmaschine;

S. eine Sicherheitsfunkenstrecke;

F. die primäre Funkenstrecke an einem Funkenmikrometer, meist mit grossen Polkugeln von 6 cm Durchmesser gemessen;

L₁ L₂. zwei Batterien, deren Innenbelege mit *M* in Verbindung standen, während die Aussenbelege durch *W* hindurch leitend mit einander verbunden waren;

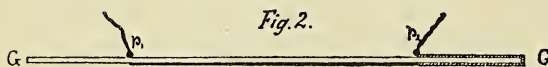
W. je nach Bedarf eine Drahtrolle; Hochspannungstransformator;

rolle, einen grossen Wasserwiderstand oder einen Hochspannungstransformator; *p₁ p₂.* Polkugeln von 1 cm Durchmesser, liegend auf *G*;

G. eine Fensterglasplatte von 0,2 bis 0,3 cm Dicke, 60 cm Breite und 160 cm Länge.

Die beiden Polkugeln *p₁* und *p₂* lagen unmittelbar auf der blanken Glasplattenoberfläche, deren Rückseite mit einem Stanniolstreifen beklebt war. Dieser reichte, wie Fig. 2

(im Durchschnitt) zeigt, von *p₁* bis *p₂*, seine Breite betrug in der Regel 1 cm. Ausser bei Benutzung eines Transformators stand er durch ein (in Fig. 2 schraffirtes) um den Glasrand gehendes Stanniolstreifenstück mit *p₂* in leitender Verbindung.



Es sei zunächst an der Stelle *W* in Fig. 1 eine Drahtrolle mit kleinem Widerstande eingeschaltet. Diese war folgendermassen hergestellt: 3 mit Guttapercha umgebene, je 0,2 cm starke Kupferdrähte waren (parallel geschaltet) in je 28 Windungen um einen grossen Glaszylinder von 26 cm Durchmesser gewickelt; alle Zwischenräume waren mit Paraffin durch Aufstreichen in flüssigem Zustande isolirend ausgefüllt.

Beobachtungen.

Bei jeder Primärentladung *F* wird nun, veranlasst durch die Selbstinduction der Drahtrolle, vorübergehend eine Potentialdifferenz zwischen *p₁* und *p₂* (resp. dem Stanniolstreifen) auftreten. Genügt diese noch nicht, um einen den Abstand *p₁ p₂* voll überbrückenden Gleitfunken auszubilden, so veranlasst sie wenigstens die Ladung eines Stückes Glasoberfläche in der Umgebung von *p₁*. Die Begrenzung dieser Fläche

*) Funkeninductorien sind aus bekannten Gründen für das Experimentiren mit hochgespannten Batterie-Entladungen nicht brauchbar.

besitzt, hervorgerufen durch den Stanniolstreifen auf der Glasrückseite, eine scharfe Spitze von p_1 nach p_2 zu; die Flächenladung geschieht durch zahlreiche, von p_1 ausgehende, stark verästelte lichtschwache röthliche Funken, deren Gesammtheit einen tannenbaumartigen Anblick gewährt mit scharf ausgeprägtem Hauptstamme in der Richtung $p_1 p_2$. Diese Ladungserscheinung ist als eine besonders vollkommene Ausbildung der bekannten elektrischen Rose*) aufzufassen.

Für den speciellen Fall, dass der Abstand $f = p_1 p_2 = 70$ cm fest eingestellt bleibt, zeigt die nachstehende Tabelle und Fig. 3b die allmähliche Vergrößerung der geladenen Fläche bei wachsendem F . Als Capacitäten L_1 und L_2 der Fig. 1 wurden hierbei je zwei Schachtelbatterien benutzt; der Stanniolstreifen war 1 cm breit.

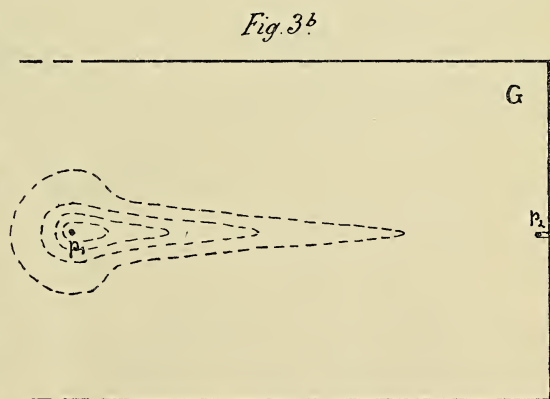
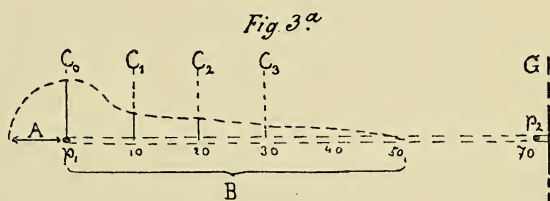
Tabelle I.

F	A	B	C_0	C_1	C_2	C_3	R
0,50	0,7	1,8	0,7	—	—	—	0,7
0,75	1,5	6,5	1,5	—	—	—	1,3
1,00	2,7	15,0	2,5	0,5	—	—	2,6
1,25	4,5	29,5	4,0	2,5	1,5	—	4,8
1,50	9,0	51,0	9,0	4,5	3,5	2	8,6

Aus Fig. 3a ist die Bedeutung der (in cm ausgedrückten) Längenangaben A, B, C_0 , C_1 , C_2 und C_3 der Tabelle ohne Weiteres ersichtlich.

In der letzten Columne ist zum Vergleiche der Radius R derjenigen Kreisfläche angegeben, welche jedesmal geladen wird, wenn man den Stanniolstreifen entfernt und p_2 an die Glasplattenrückseite p_1 unmittelbar gegenüber, anlegt; man sieht aus den B-Werthen, wie bedeutend der Stanniolstreifen die jedesmal geladene Glasfläche einseitig vergrößert.

Verlängert man allmählich die Primärschlagweite F soweit, dass die Spitze des von p_1 ausgehenden Hauptladungsfunkens gerade p_2 erreicht, so erfolgt zum ersten Male eine laut krachende, blendend helle Gleitentladung zwischen p_1 und p_2 . Diese wird um so heller und lauter, je weiter man nun noch den Funken F vergrößert; immer aber erkennt man noch (sobald man nur den hellen Gleitfunken $p_1 p_2$ abblendet) die verästelten röth-



*) Vergl. Wiedemann: Elektrizität, Bd. IV, § 1054, S. 765.

lichen Ladungsfünken, deren Hauptast dem hellen Endfunken jedesmal erst die Bahn öffnete.

Die kleinste Primärfunkenlänge F , bei der gerade noch der Abstand $p_1 p_2 = f$ durch einen hellen Gleitfunken voll überbrückt wird, will ich im Folgenden stets als die zur Funkenlänge f zugehörige Länge F bezeichnen.

Es seien nun zunächst einige Messungen zusammengehöriger Werthe f und F mitgetheilt. Wurde f nacheinander 10, 20, 90 cm lang gewählt, wobei der 1 cm breite Stanniolstreifen stets unterhalb p_1 endigte, und benutzte ich (bei L_1 und L_2 in Fig. 1) je zwei Schachtelbatterien, so erhielt ich die zugehörigen Primärfunkenlängen F der zweiten Zeile in nachstehender Tabelle, wenn F zwischen Polkugeln von 1 cm Durchmesser übergang, die Werthe der dritten Zeile, wenn der Durchmesser letzterer 6 cm betrug.

Tabelle II.

f in cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90
F in cm	0,92	1,37	1,65	1,95	2,28	2,66	3,12	3,99	4,82
	0,83	0,91	1,19	1,28	1,39	1,47	1,62	1,73	1,80

Die den Funkenlängen F entsprechenden Potentialdifferenzen sind speciell für die hier benutzten Kugeln früher von Herrn J. Freyberg*) bestimmt worden; aus seinen Angaben ersieht man, dass den gefundenen beiden Werthefolgen der Funkenlängen F sehr nahe ein und dieselbe algebraische Reihe der zugehörigen Potentialdifferenzen entspricht. Es gilt also angenähert der Satz: Gleichen Zuwüchsen der Potentialdifferenzen bei F entsprechen gleiche Zuwüchse der Funkenlänge f , und zwar wächst für 3500 Volt Potentialsteigerung bei F der Gleitfunken f um 10 cm.

Bemerkenswerth ist auch die relativ grosse Länge, welche F erreichen muss, damit sich die ersten 10 cm des Gleitfunken ausbilden; dies gilt auch dann, wenn man bei p_1 und p_2 statt der Polkugeln von 1 cm Durchmesser feine Metallspitzen anbringt.

Inwieweit bei gegebenem fest eingestelltem f die zugehörige Funkenlänge F (zw. Polkugeln von 6 cm Durchmesser) von der Breite des verwendeten Stanniolstreifens einerseits, von der Grösse der Batterien andererseits abhängt, zeigt folgende Tabelle.

Tabelle III.

Breite des Streifens in cm	1	2	4	8	12	32
$f = 35$ cm						
F in cm bei einer Leydnerflasche .	1,57	1,51	1,53	1,70	1,96	—
F in cm bei einer Schachtelbatterie .	1,19	1,17	1,14	1,19	1,19	—
F in cm bei zwei Schachtelbatterien	1,28	1,25	1,21	1,16	1,16	1,22
$f = 70$ cm						
F in cm bei einer Schachtelbatterie .	1,64	1,57	1,51	1,49	1,55	—
F in cm bei zwei Schachtelbatterien	1,58	1,53	1,49	1,46	1,50	1,75

*) J. Freyberg in Wied. Ann., 38, 1889, S. 231.

Man sieht, dass bei der benutzten Extrastromrolle möglichst grosse Batterien und Streifen von 4 bis 8 cm Breite besonders günstig sind.

Da die Toeplermaschine zwischen Polkugeln von 6 cm Durchmesser leicht Funken bis zu 3,2 cm Länge lieferte, und die Batterien bei der benutzten Schaltweise ohne Gefährdung bis zu 2,5 cm lange Funken F anwenden liessen, so hätte von dieser Seite einer weiteren wesentlichen Verlängerung der gleitenden Funken über 90 cm hinaus nichts im Wege gestanden. Jedoch wurden mir hierbei mehrmals Glasplatten zerschlagen, zum Theil wohl nur durch die, die Funkenbildung f begleitende heftige mechanische Erschütterung.

Der längste mit der bisher behandelten Versuchsanordnung erhaltene Funken betrug

$$f = 102 \text{ cm.}$$

Nicht ganz so lange, aber besonders laute und lichtstarke gleitende Funken erhielt ich auch, wenn an Stelle der Drahtrolle (bei W in Fig. 1) ein grosser Widerstand eingeschaltet wurde. So ergab ein Wasserwiderstand von etwa 4500 000 Ohm die Werthe der nachstehenden Tabelle, bei der die Versuchsanordnung im Uebrigen dieselbe war wie bei der dritten Tabelle.

Tabelle IV.

Breite des Streifens in cm	1	2	4	8	12
$f = 35 \text{ cm}$					
F in cm bei einer Schachtelbatterie . . .	1,44	1,37	1,40	1,40	1,47
F in cm bei zwei Schachtelbatterien . . .	1,42	1,39	1,43	1,45	1,50
$f = 70 \text{ cm}$					
F in cm bei zwei Schachtelbatterien . . .	—	—	2,05	1,85	>2

Ein noch wesentlich günstigeres Verhältniss der Funkenlängen f und F als mittels Extrastromes erzielt man natürlich mit Hilfe geeigneter Paraffin-Transformatoren. Als Transformator wurde folgende Drahtrollencombination benutzt*): primär die Rolle mit 28 Windungen 3fach gewickelt, welche oben den Extrastrom zu liefern hatte, secundär 64 gut isolirte Windungen 1 mm starken Kupferdrahtes, gewickelt auf einen Glascylinder von 30 cm Durchmesser. Diese Spulencombination gab, bei W in Fig. 1 eingeschaltet, bei Anwendung der Schwingungen von beiderseits je 2 Schachtelbatterien, in freier Luft zwischen Polkugeln von 6 cm Durchmesser sehr intensive Funken von mehr als 8 cm Länge. Bei diesen hohen Spannungen ist es aus verschiedenen, ohne Weiteres ersichtlichen Gründen vortheilhaft, nicht wie bisher p_2 mit dem Stanniolstreifen zu verbinden, sondern beide Pole p_1 und p_2 frei auf die blanke Vorderseite der Platte zu legen und von den Polen isolirt auf der Rückseite einen von p_1 bis p_2 reichenden Stanniolstreifen aufzukleben.

*) Es sind die von meinem Vater construirten und schon früher von demselben bei Ausführung der sog. Teslaversuche mittels Condensatorschwingungen mit Erfolg benutzten Spulen, welche in der Beschreibung jener Versuche in der Wiener Zeitschr. für Elektrotechn. XXIII u. XXIV, 1894, mit III und IV bezeichnet sind. Vergl. auch: Abhandl. Isis Dresden 1894, S. 22.

Bei Anwendung von Glasplatten von 0,2 bis 0,3 cm Dicke war hier eine Vergrößerung der Funken auf 120 cm und mehr ohne Weiteres zu erreichen. Freilich waren diese mittels des Transformators erhaltenen Gleitfunken nicht so lichtstark und laut krachend wie die bisher behandelten. Schliesslich schien, selbst bei Anwendung von beiderseits je zwei Schachtelbatterien, die von dem benutzten Transformator gelieferte Elektrizitätsmenge zur Ladung der immer grösser werdenden Flächenstücke bei p_1 und p_2 nicht mehr auszureichen. Funken bis zu 150 cm Länge erhielt ich aber in der That leicht, als ich die zu ladende Fläche möglichst verkleinerte. Dies geschieht am einfachsten, indem man die Gleitfunken an der Aussenfläche einer innen mit Stanniol belegten Glas-Röhre entlang schlagen lässt. Die Anwendung von Glasrohren empfiehlt sich auch wegen ihrer geringen Kostspieligkeit; ein weitaus prächtigeres Demonstrationsobject als die Gleitfunken längs Rohren bilden freilich solche längs grossen Platten. Bei sehr engen Rohren (z. B. von 5 mm äusserem Durchmesser) kann man zweckmässig die Innenbelegung durch einen von p_1 bis p_2 reichenden Quecksilberfaden ersetzen.

Der längste lückenlose gleitende Funken, den ich so mittels des oben beschriebenen Paraffin-Transformators herstellen konnte, hatte, wie schon erwähnt, die sehr bedeutende Länge von

$$f = 187 \text{ cm.}$$

Es sei noch bemerkt, dass ja hierbei auch bis auf etwa 30 cm diesseits p_1 und jenseits p_2 ein Stück Glasrohrwand geladen und entladen wurde; die fernstgelegenen Glaswandtheilchen, welche durch eine nur bei p_1 und p_2 punktförmig unterbrochene Funkenbahn ihre Elektrizität ausglich, hatten also bei diesem längsten Funken einen Abstand von etwa 2,5 m.

Man sieht aus dem Gesagten, dass sich ziemlich leicht gleitende Funken erstaunlicher Länge erzielen lassen. Weitere interessante Versuche, sowie eine Erklärung der Erscheinung werde ich nächstens an anderer Stelle mittheilen.

Juli 1897.

Physikalisches Institut
d. K. Technischen Hochschule zu Dresden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [1897](#)

Autor(en)/Author(s): Toepler Max

Artikel/Article: [V. Ueber elektrische Gleitfunken von ausserordentlicher Länge 1041-1046](#)