II. *Ueber das Gleiten electrischer Funken und
über die Ausgleichungsstelle in der Schlagweite;
von Karl Antolik.*

Seit meiner letzten Mittheilung über das Gleiten electrischer Funken¹⁾ sind von den Herren Mach und Wosyka²⁾, Peters³⁾, Schneebeil⁴⁾ und Kont Versuche in ähnlicher Richtung angestellt worden. Da dieselben indess noch nicht alle Zweifel zu heben schienen, setzte ich meine Versuche weiter fort, und zwar, um womöglich die Nebenerscheinungen, die hier so störend wirken, zu beseitigen, namentlich im luftverdünnten Raume, wo sie sich, wie ich schon früher erwähnte, anders gestalten, als die beim gewöhnlichen Luftdrucke, und besonders die Ausgleichungsstelle der beiden entgegengesetzten Electricitäten in dem Funken sich gut erkennen lässt. Zu nachstehenden Versuchen gebrauchte ich sorgfältig gereinigte, gewöhnliche Fensterglasplatten von 9 cm Länge und 7 cm Breite, welche mit zwei zugespitzten, etwa 1 cm breiten Stanniolstreifen als Electroden versehen wurden, so dass die Schlagweite dazwischen 46 mm betrug. Ferner wurden die Glasplatten mit glattem Visitenkartenpapier mittelst Gummi-Arabicum ganz überklebt, das Papier an den Stanniolspitzen mit einer Nadel durchstoichen und berusst (am besten so, dass das Papier noch hindurchscheint). Eine solche Glasplatte wird auf einem mit Stanniol überzogenen Korkstück in verticaler Lage befestigt und dieses auf den Teller der Luftpumpe so gelegt, dass das Stanniol den Ring des messingenen Pumpenkanals, der unten in einen Messingknopf endende Stab der Stopfbüchse der darüber gestülpten Glasglocke die obere Electrode berührte. Der Pumpenkanal wird mit der

1) Pogg. Ann. CLIV. p. 14.

2) Pogg. Ann. CLVI. p. 407.

3) Pogg. Ann. CLVI. p. 397.

4) Carl Repert. XI. H. 6.

äusseren Belegung, die Stopfbüchse ebenso mittelst einer Messingkette und eines isolirten Handentladers nach Evacuiren der Luft auf 10 mm Druck mit der inneren Belegung der Batterie etwa von 1821 qcm Oberfläche verbunden. Bei der Entladung entsteht ein meistens sehr regelmässiges, von der Schnelligkeit der Annäherung des Entladers an die Batterie nicht wesentlich abhängiges Funkenbild auf der berussten Platte.

Taf. III Fig. 6 zeigt das gewöhnliche Funkenbild, wenn die Batterie mit positiver Electricität geladen war. Dasselbe kann in drei Theile zerlegt werden, wie auch Hr. Peters in Betreff des Blitzes angibt.

Im positiven Drittel sehen wir einen geraden inneren Streifen, der von der positiven Electrode ausgehend, in der Ausgleichungsstelle verstärkt und scharf abgeschnitten erscheint. Zu beiden Seiten dieses Streifens sind schwache Spuren von Nebestreifen bemerkbar, die in der „Ausgleichungsstelle“ in der Mitte zu lichten Flecken anschwellen und immer die hellsten Bestandtheile des Funkenbildes sind. Diese zwei Nebenflecke haben in vielen Fällen eine hyperbolische Form, liegen in kleiner Entfernung von dem inneren Streifen und fehlen nur selten. Manchmal jedoch fliessen sie mit dem inneren Streifen zusammen und bilden dann ein gezacktes längliches Rechteck; ein anderes mal wieder treten sie in einer recht unregelmässigen Form zu beiden Seiten des inneren Streifens in der Verlängerung des Funkenbildes auf. Mit der Lupe kann man sich überzeugen, dass der innere Streifen des positiven Drittels seiner Länge nach aus zarten, parallelen, aber hier und da zerrissenen Fasern zusammengesetzt ist und gegen die Ausgleichungsstelle zu immer breiter wird. An der verstärkten Stelle verwaschen sich die Fasern vollständig. In den Nebestreifen und Nebenflecken sind keine faserigen Spuren zu finden.

In dem kleineren oder negativen Drittel sehen wir nur sehr schwache Spuren von einem inneren, aber nicht faserigen und zwei äusseren Streifen.

Schon dieses Bild zeigt uns sehr deutlich, dass in der Ausgleichungsstelle zwei entgegengesetzte Strömungen zusammentreffen, und dass an dieser Stelle die Ausgleichung der zwei entgegengesetzten Electricitäten stattfindet.

Nur höchst selten ist in einem Funkenbild die Ausgleichungsstelle undeutlich (Taf. III Fig. 7).

Im luftverdünnten Raume von 2–3 mm sind oft nur die drei Flecke in der Ausgleichungsstelle wahrnehmbar und die Streifen sind nur spurenweise und schwer zu sehen, die Nebestreifen verschwinden. Indess selbst in sehr verdünnter Luft kann man noch Spuren des Funkenbildes entdecken. Mit wachsender Verdünnung wächst die Regelmässigkeit der Funkenbilder.

Taf. III Fig. 8 zeigt ein regelmässiges Funkenbild, bei welchem die Batterie mit negativer Electricität geladen war. In diesem Falle ist das positive Drittel kürzer als das negative; die Vereinigungsstelle ist etwas modificirt. Die zwei Nebestreifen treten auch hier im positiven Drittel deutlich auf, wogegen im negativen Drittel kaum einige Spuren derselben wahrnehmbar sind. Die zwei Nebenflecke sind an ihrem Orte in der Ausgleichungsstelle stärker markirt, aber auch etwas modificirt. Der innere Streifen ist auch im negativen Drittel entwickelt, aber in der Ausgleichungsstelle nicht vollständig unterbrochen, sondern blos verengt.

Bei der Erzeugung der mit positiver und negativer Ladung der Batterie gewonnenen Funkenbilder Taf. III Fig. 9 und Fig. 10 blieben alle Bedingungen dieselben, nur wurde die präparirte Glasplatte noch unter Einschieben kleiner, mit Siegelack befestigter Glasstückchen mit einer zweiten, reinen Glasplatte bedeckt, so dass zwischen beiden Platten ein Zwischenraum von 1.25 mm Dicke sich befand.

Der innere Streifen erleidet hierbei in keiner Hinsicht eine Veränderung, aber um so mehr die Nebestreifen.

In der Regel liegt also bei positiver Ladung der Batterie die Ausgleichungsstelle näher der negativen, bei negativer Ladung näher der positiven Electrode. Indess zeigen sich hiervon häufig Ausnahmen, trotzdem die Leitungen nach beiden Belegungen, der Luftdruck, die Berussung u. s. f. möglichst gleich erhalten wurden. Während bei positiven Ladungen der Batterie das positive Drittel immer länger ist, als das negative, ist häufig bei negativen Ladungen das positive Drittel länger, als das negative; auch sind dann die Funkenbilder sehr regelmässig, die Ausgleichungsstelle nimmt gewöhnlich einen grösseren Raum ein, als sonst, und ändert zugleich ihren Charakter, wie das Taf. III Fig. 11 zeigt. Zuweilen erstreckt sich sogar die Ausgleichungsstelle bei negativen Ladungen bis sehr nahe an die negative Electrode (Taf. III Fig. 12).

Auch die zwei letzteren Bilder wurden unter denselben Bedingungen hervorgerufen, wie die Bilder der Taf. III Fig. 8, so dass der Grund dieser Ausnahmen schwer einzusehen ist.

In normalen Fällen dürfte indess wohl im allgemeinen stets das positive Drittel länger sein, als das negative, sowohl bei positiven, als auch bei negativen Ladungen. Wurde die äussere Leitung so unterbrochen, dass der Funke in freier Luft 1—50 mm durchspringen musste, so nahm (namentlich bei negativen Ladungen), die Ausgleichungsstelle einen um so grösseren Raum ein und kam um so näher der negativen Electrode zu liegen, je grösser die Unterbrechung der äusseren Leitung war. Bestreut man die frischen Russfiguren mit der Mischung von Schwefel und Mennige, so kann man damit keine Spuren von freier Electricität darauf nachweisen, da beim Gleiten der Funken auf hinlänglich dicken berussten Glasplatten eine vollständige Vereinigung der beiden entgegengesetzten Electricitäten vor sich geht. Auf sehr dünnen, auf der anderen Seite mit einem guten Leiter bedeckten Glasplatten entstehen

indess, wie ich schon früher erwähnt habe, derartige Vertheilungsfiguren¹⁾. Sehr schön lassen sich dieselben auf Glaskolben darstellen. Man füllt einen sorgfältig gereinigten Glaskolben von 2–3 l Inhalt mit Wasser von etwa 25–30° C., um den Niederschlag von Feuchtigkeit zu verhindern, ganz voll, oder überzieht ihn innen mit einer anderen leitenden Schicht, stellt ihn zwischen die Electroden eines Henley'schen Entladers, indem man dem letzteren eine Schlagweite von 8–10 cm gibt, und entladet hierauf eine grössere Leydener Flasche oder noch besser eine Batterie so, dass der Funke auf dem Glaskolben gleiten muss; bestreut man endlich die Funkenbahn mit dem Schwefel-Mennige-Pulver, so entsteht eine Figur, die oft die halbe Fläche des Kolbens einnimmt (Taf. III Fig. 13). Ist das Innere des Kolbens trocken, so erhält man keine Figur. Während die abgerundeten zickzackförmigen Ränder der positiven Figur von aussen strahlig und von innen glatt sind, ist das bei der negativen Figur umgekehrt. Die Ränder der positiven Figur sind mit Schwefelpulver, die der negativen mit Mennige behaftet. Vom positiven Ausgangspunkte des Funkens verlaufen bis nahe an die Ränder nach allen Richtungen hier und da, namentlich in der Mitte, von staubleeren, astartigen Zweigen durchbrochene Mennigeflächen, die gegen aussen hin ebenso gezackt sind, wie die Ränder der Figur selbst, aber die letzteren nicht berühren. Von den äusseren Schwefelrändern greifen zwischen die Mennigeflächen verengte Schwefelfransen ein, die fast bis an den Mittelpunkt der positiven Figur reichen.

Vom Mittelpunkte der negativen Figur verbreiten sich nach allen Richtungen, ziemlich radial, ausgezeichnet entwickelte Schwefelverästungen, die wieder bis nahe an die Ränder der negativen Figur sich erstrecken. Ausserdem greifen zwischen die einzelnen Schwefelverzweigungen von dem äusseren Mennigerande ausgehende Mennigefransen fast bis in die Nähe des Mittelpunktes ein. Die einzelnen

1) Vgl. Pogg. Ann. CLIV. p. 36.

Schwefeläste sind von den Mennigefransen durch grössere, staubleere Flächentheile ausserordentlich deutlich getrennt.

Die Funkenbahn selbst ist durch einen scharf begrenzten breiten Streifen bezeichnet; derselbe besteht aus zwei ungleichen Hälften, die den zwei Dritteln der Russfiguren entsprechen. Während die in der positiven Figur liegende, längere Hälfte des Funkenweges durchgehend mit Mennigestaub behaftet ist und ein runzeliges Aussehen hat, ist die in der negativen Figur mehr glatt und mit einem Gemisch von Schwefel und Mennige behaftet oder staubarm, zugleich aber mit zwei breiten Schwefelnebstreifen umgeben. In der Vereinigungsstelle selbst sind die durchbrochenen äussersten Ränder der beiden Figuren deutlich abgeschnitten, wogegen die inneren Bestandtheile schnell in einander fliessen, und nur der innerste Streifen des Funkens ununterbrochen ist.

Ist die Funkenbahn nicht deutlich genug entwickelt, so stimmt sie in der positiven Figur mit den entsprechenden Mennigeflächen, in der negativen aber mit den entsprechenden Schwefelverzweigungen ziemlich überein, doch ist auch dann die Vereinigungsstelle deutlich zu sehen.

Sehr oft theilt sich die innere Funkenbahn in zwei oder auch in mehrere Streifen, wodurch natürlich die Vereinigungsstelle stark modificirt wird, allein sie behält ihren Hauptcharakter auch dann bei. Auch um die äussersten Ränder beider Figuren zeigen sich staubleere Umzäunungen, in den Biegungen der Mennigeränder liegen nach aussen hin kegelartige Ausläufer. Der dunkle elliptisch gestaltete Mennigefleck im Mittelpunkte der positiven Figur ist eine seltenere Erscheinung; gewöhnlich wird an dieser Stelle das Funkenbild nur stärker markirt. In der Figur sind die staubleeren Stellen hell gezeichnet.

Hält man den Kolben nur zwischen die Entladungskugeln der Holtz'schen Maschine ohne Verstärkungsflaschen, so springt kein eigentlicher Funke über, sondern es gleichen sich die an den Kugeln angesammelten Electricitäten mit den auf dem Kolben inducirten aus, und

man bekommt eine Art sehr schön und rein ausgebildeter Lichtenberg'scher Figuren. Die Figuren lassen sich auch einzeln hervorrufen und entwickeln sich ausserordentlich gut, wenn man die äussere Belegung der Batterie mit dem Wasser im Glaskolben leitend verbindet und nur den einen Knopf des Entladers an die Oberfläche des Kolbens bringt und so die Batterie durch den Kolben hindurch entladet, welcher hierbei zersprengt wird.

Die vorliegenden Versuche dürften einen neuen Beweis für die durch die Entladungen in gasverdünnten Räumen festgestellte Thatsache liefern, dass zur Entladung der positiven Electricität caet. par. eine grössere Spannung erforderlich ist, dieselbe sich also auch mit grösserer Geschwindigkeit und weiter verbreitet als die negative, so dass sich beide Entladungen etwa auf ein Drittel des Abstandes der Electroden näher an der negativen Electrode treffen.

Bei anderer Gelegenheit hoffe ich die eben erwähnte Verhältnisszahl mit grösserer Genauigkeit angeben zu können.

Arad, den 12. Januar 1878.

III. *Bemerkungen über die beim Ausströmen der Flüssigkeiten durch Röhren entstehende electromotorische Kraft; von E. Edlund.*

Meine frühere Untersuchung über die electromotorische Kraft beim Strömen von Flüssigkeiten in Röhren¹⁾ führte unter anderem zu den Ergebnissen, dass diese Kraft der Entfernung zwischen den Electroden direct und dem Querschnitte der Röhre umgekehrt proportional ist; sie wächst mit der Geschwindigkeit der Flüssigkeit und ist bei grös-

1) Wied. Ann. I. p. 161.