

X. *Bemerkungen zu dem Aufsätze des Hrn. Dr. Paalzow »Ueber die Wärme des elektrischen Funkens«*¹⁾; von W. Feddersen.

Für die Beobachtung des Hrn. Paalzow, daß der Entladungsfunken einer Leydener Batterie bei verschiedenen Widerständen des Schließungsbogens zweimal ein Maximum der Erwärmung beobachten läßt, einmal nämlich bei dem kleinstmöglichen Widerstande und zum zweiten Male bei einem bestimmten aber sehr bedeutenden Widerstande, möchte ich mir erlauben, eine, wie mir scheint, einfachere und natürlichere Erklärungsweise zu geben. Ich brauche nur an die Vorgänge zu erinnern, welche bei der elektrischen Flaschenentladung im Schließungsbogen Platz greifen²⁾, und man wird, wie ich glaube, die von Hrn. Paalzow in der Erwärmung des Funkenraumes beobachtete Anomalie nicht auffallend finden.

Bei einem Schließungsbogen von möglichst geringem Widerstande *oscillirt* die Ladung der Flasche zwischen den beiden Belegungen im Schließungsbogen, abwechselnd (und zwar in aequidistanten Zeitabschnitten) entgegengesetzte Ströme hervorbringend. Die während einer Oscillation in Bewegung begriffenen Elektrizität nimmt dabei von Oscillation zu Oscillation an Quantität ab, bis sie unter die Gränze der Wahrnehmbarkeit gesunken ist und damit die Entladung ihr Ende erreicht hat. Läßt man den Widerstand des Schließungsbogens unter sonst gleichen Umständen wachsen, so beschleunigt sich die Abnahme der bewegten Elektrizitätsmenge, d. h. die Zahl der wahrnehmbaren Oscillationen wird geringer, bis endlich bei dem (von mir so genannten) Gränzwiderstande mit dem Verschwinden auch der

1) Siehe S. 126 dieses Bandes.

2) Vergleiche besonders Thomson, *Phil. mag.* (4) T. V, p. 393, Feddersen, *Pogg. Ann.* Bd. 103, S. 69; Bd. 113, S. 437; Bd. 116, S. 132; Kirchhoff, *Pogg. Ann.* Bd. 121, S. 551.

zweiten Oscillation die *oscillatorische* Entladung einem *continuirlichen* Abfließen der Ladung Platz gemacht hat. Bei weiterer Zunahme des Widerstandes dehnt sich das Abfließen der Ladung über einen stets gröfser werdenden Zeitraum aus, bis endlich die Stromintensität in dem Funkenkanal so gering wird, dafs sie nach dem ersten die Entladung einleitenden Partialfunken ¹⁾ die Leitungsfähigkeit in der modificirten Luft nicht mehr dauernd zu unterhalten vermag. Um eine Fortsetzung der Entladung zu ermöglichen, ist dann ein neuer Durchbruch in einem zweiten Partialfunken ²⁾ erforderlich u. s. f. Hiermit ist die *intermittirende* Entladung in Erscheinung getreten, wie ich sie diese Annalen Bd. 103, S. 72 u. f. näher beschrieben und auf Taf. I abgebildet habe.

Für die allmählich an Oscillationen ärmer werdende und nach ihrem Uebergang in ein *continuirliches* Abfließen an Dauer zunehmende Entladung findet nun Hr. Paalzow, wie zu erwarten war, dafs die Wärmeentwicklung in der Funkenstrecke mit wachsendem Widerstande abnimmt; sobald aber die *intermittirende* Entladung sich auszubilden anfängt, beginnt die Wärmeentwicklung wieder zu *steigen*. So wenigstens möchte ich die Versuche des Hrn. Paalzow ansehen.

Dafs in der That bei der ausgebildeten *intermittirenden* Entladung eine gröfsere Wärmeentwicklung im Funken stattfinden mufs, dürfte aus folgender Betrachtung hervorgehen. Man bedenke, dafs eine gröfsere mechanische Arbeit im Luftraume geleistet werden mufs, wenn dieselbe Elektrizitätsmenge in wiederholten Durchbrüchen die Luft immer von Neuem spaltet und in auf einander folgenden

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 103, Taf. I, Fig. 15 bis 21, sowie Bd. 116, Taf. I, Fig. 14, 17, 19, 24 und 28.

2) Der Zeitabstand der Partialentladungen ist, wie ich a. a. O. nachgewiesen habe, ein auferordentlich geringer, man wird daher begreifen, dafs der zuvor gebildete Kanal seine Wärme noch nicht vollständig verloren hat, so dafs ein zweiter Durchbruch in der vorigen Base auch bei geringerem Spannungsunterschied der beiden Pole zu Stande kommen kann.

kurz dauernden Strömen von großer Intensität sich ausgleicht, als wenn sie den seit Anfang der Entladung gleichmäßig leitenden Luftkanal ruhig und langsam durchströmt. Abgesehen von den geringen chemischen Actionen kann diese Arbeit schliesslich nur als Licht und Wärme zum Vorschein kommen. Die Partialentladungen lassen sich indefs mit um so größerer Annäherung als blos örtliche Ausgleichungen zwischen der geladenen Seite und den schlecht abgeleiteten Metallmassen der anderen Seite betrachten, je größer der Widerstand der Ableitung ist. Wir dürfen daher mit Zunahme des Widerstandes auch eine Zunahme der Erwärmung erwarten, ganz wie es Hr. Paalzow gefunden hat. Wir können aber noch weitere Consequenzen ziehen. Weil die aufeinander folgenden Partialentladungen eine um so größere Intensität besitzen, je größer der Spannungsunterschied zwischen den beiden Polen werden muß, um einen neuen Durchbruch zu gestatten, so steht zu erwarten, daß, je größer sich der Rückstand zeigt (bei übrigens gleich bleibender Batterie und Ladung), desto größer die Erwärmung im Funkenstrom der intermittirenden Entladung nach Verhältniß der wirklich ausgeglichenen Elektricitätsmenge ausfällt. Ferner wird es denkbar seyn, daß Veränderungen im Schließungsbogen auch dann einigen Einfluß auf die Größe der Erwärmung zeigen, wenn dieselben, ohne den Gesamtwiderstand zu alteriren, die Art der Partialentladungen wesentlich ändern.

Die Gesamtarbeit, welche in dem Schließungsbogen der elektrischen Batterie zum Vorschein kommt, kann man bei vollständiger Entladung bekanntlich durch

$$A \frac{Q^2}{C}$$

ausdrücken, wo A eine nur von den Maafseinheiten abhängige Constante, Q die Elektricitätsmenge und C die Capacität der Batterie bedeutet. Diefes ist der Gränzwert, welchem bei dem kleinstmöglichen Widerstande die in dem Funken erzeugte Wärmearbeit sich nähern würde, vorausgesetzt, daß der Strom keine wesentliche Inductionswir-

kungen oder Magnetisirungen zu verrichten hat und daß die von W. Siemens entdeckte Erwärmung des condensirenden Isolators ihrer Kleinheit wegen vernachlässigt werden könne. Dagegen bei bedeutendem und zunehmendem Widerstande nach Eintritt der *intermittirenden* Entladung wird sich (von dem Auftreten eines Rückstandes natürlich abgesehen) die in dem Funken erzeugte Wärmearbeit, wie eine einfache Rechnung ergibt, dem Gränzwerthe

$$\frac{1}{2} A \frac{Q^2}{C}$$

nähern, wobei nur vorausgesetzt werden muß, daß die Capacität der Metallmassen am abgeleiteten Pole sehr klein sey gegen die Capacität der Batterie, was bei Versuchen durchaus der Fall zu seyn pflegt.

Daß die mit wachsendem Widerstande zunehmende Erwärmung nach obiger Erklärung in strenger Bedeutung des Wortes ebenso wenig ein eigentliches Maximum zeigen kann, als die Erwärmung bei dem kleinstmöglichen Widerstande, sondern sich asymptotisch einem Gränzwerthe nähern muß, dürfte wohl kaum mit den Beobachtungen des Hrn. Paalzow in Widerspruch stehen, da er selbst am Schlusse seiner Abhandlung angiebt, daß die zweite Abnahme der Erwärmung nach einigen vorläufigen Versuchen in dem vermehrten Rückstande der Batterie ihren alleinigen Grund zu haben scheine. Die Annahme dagegen, daß die Leitungsfähigkeit der Luft auf beliebig kleine Werthe herabsinken könne, ohne daß letztere überhaupt in dem gebräuchlichen Sinne des Wortes ein Leiter zu seyn aufhöre, dürfte weder mit den Beobachtungen am Davy'schen Bogen, wo bei abnehmender Stromstärke der Funkenstrom *plötzlich* abreißt, noch auch mit dem bekannten Auftreten eines großen Rückstandes nach einer Batterieentladung durch einen bedeutenden Flüssigkeitswiderstand, im Einklange stehen.