**6. *Der negative Büschel
mit Stiel und Zweigen in freier Luft;
von W. Holtz.***

Nennt man eine kleine lautlose elektrische Lichterscheinung an Spitzen Glimmlicht, so tritt das negative Glimmlicht viel seltener als das positive und immer nur bei geringer Spannung auf. Meistens erscheint statt seiner eine kleine kegelförmige Erscheinung von rötlicher Farbe mit zirpendem Geräusch, aus unzähligen feinen, dicht aneinander gedrängten Linien gebildet, die bei Kugeln unruhig von einer Stelle zur anderen hüpfen. Der negative Büschel ist also für gewöhnlich stiel- und zweiglos, da man die kleinen geraden, divergierenden Fäden keine Zweige zu nennen pflegt.

Daß ein negativer Büschel auch Stiel und Zweige haben könne, sah ich erst 1875, als ich ihn bei hoher Spannung aus einer größeren Kugel treten ließ.¹⁾ Dann fand ich, daß man ihn auch durch seidene Umhüllungen, durch dicke Belege von Seidenpapier und durch Ausfluß von Leuchtgas erzeugen könne.²⁾

Später wurden bei der Entladung von Induktorien und Leydener Flaschen an unterseitig belegten Glasplatten ähnliche negative Büschelformen entdeckt, von Antolik³⁾ und Villari⁴⁾ an Lichtenbergschen Figuren, von Brown⁵⁾, Trouvelot⁶⁾ und Blümel⁷⁾ an Photographien. Dies gehört eigentlich nicht

1) W. Holtz, Pogg. Ann. 156. p. 493. 1875.

2) W. Holtz, Wied. Ann. 11. p. 513. 1880; Carls Rep. 1881. p. 487; ebenda p. 343; Mitt. d. naturw. Ver. f. Neuorp. u. Rügen 1881. p. 83.

3) K. Antolik, Wied. Ann. 15. p. 475. 1882.

4) E. Villari, Mem. di Bologna (4) 3. Mai u. Nov. 1882.

5) J. Brown, Phil. Mag. (5) 26. p. 502. 1888.

6) E. Trouvelot, Lum. électr. 30. p. 269. 1888.

7) A. Blümel, Programmarb. der 7. städt. Realschule zu Berlin. Ostern 1898.

hierher, da ich hier nur die konstante Büschelerscheinung in freier Luft behandeln will. Aber es waren doch die genannten Arbeiten, welche mein Interesse an ihr wieder wach riefen und mich veranlaßten, darüber weitere Versuche anzustellen.

Bei diesen Versuchen fand ich, daß es noch andere als die früher von mir benutzten Darstellungsmethoden gäbe und fand auch in den Erscheinungen bisher noch unbeachtete Einzelheiten heraus, und dies bewog mich, gedachtem Büschel, den ich bisher immer nur gelegentlich beschrieben, eine besondere und umfassendere Mitteilung zu widmen. Ich schicke

voraus, daß ich eine Influenzmaschine mittlerer Größe benutzte, welche im Maximum Funken von 20 cm gab, und daß ich zur positiven Elektrode immer eine größere Hohlzscheibe hatte, wobei es wenig Unterschied machte, ob sie isoliert oder abgeleitet war. Auch bemerke ich noch, daß ich zwar drei Grundtypen unterscheide, wie sie in vorstehender Figur in natürlicher Größe gezeichnet sind, daß diese jedoch selbst bei derselben Darstellungsmethode mit Änderung der Spannung teilweise ineinander übergehen.

1. *Der schlanke, langgestielte Büschel.* Nimmt man nach und nach größere Kugeln, so wächst der kleine negative Büschel

mit abnehmender Tonhöhe allmählich zu der in der Figur unten gezeichneten Erscheinung heraus. Das Maximum der Länge erreicht man mit einer Kugel von 7—9 cm Durchmesser, wenn man sie der Hohlzscheibe so weit annähert, daß eben noch kein Funke entsteht. Es ist ein nach vorne dicker werdender Stiel mit einer rötlichen Mittellinie, seiner ganzen Länge nach mit feinen leuchtenden Linien besetzt, welche sich dem Stiele anschmiegen und am vordersten Ende ein Bild formieren, das einem Haarpinsel gleicht. Eine ähnliche Erscheinung, aber mit grüner Mittellinie, erhält man, wenn man aus einer kleinen durchbohrten Kugelelektrode Leuchtgas fließen läßt. Das sehr einfache Verfahren hierbei habe ich früher angegeben, muß aber hinzufügen, daß die meisten Kautschukröhren heute leiten, so daß noch eine Ebonitröhre einzuschalten ist.

2. *Der kurzgestielte Büschel mit Seitenzweigen.* Dieser Büschel (siehe die Mitte der Figur) entsteht, wenn man größere Kugeln mit 6—10 facher Seide oder mehrfacher Watte umwickelt, am schönsten aber durch einen Haufen Seidenpapier, den man vor die Spitze oder besser noch vor die kleinste Kugelelektrode bringt. Schon ein einziges Blättchen an die Spitze gelegt, an der vorher Glimmlicht war, ändert dieses in einen kleinen Büschel um, da man sofort ein leises Zirpen hört. Weitere hinzugefügte Blätter vergrößern ihn, den Ton vertiefend, und bei 100—150 Blatt tritt mit fast brummendem Geräusche die in der Figur dargestellte Erscheinung auf. Am einfachsten ist es, wenn man 1—2 Buch Seidenpapier einmal zusammenlegt und, es in der Hand haltend, vor der Spitze herabhängen läßt, aber es ist unbequem, insofern man für die Annäherung der Elektroden diese Hand dann nicht zur Verfügung hat. Ich benutzte deshalb einen 17 cm großen Ebonitring mit Stiel und Fuß und brachte an diesem mittels kleiner Schraubchen oder zu Klammern gebogener Ebonitstreifen die vorher rund geschnittene Papiermasse an. Ich glaube aber, daß ein Holz- oder Pappring, isoliert unterstützt, sich ebenso gut gebrauchen läßt. An der Erscheinung ist charakteristisch, daß die Zweige, welche übrigens dem Hauptstamm und mit diesem dem erstgenannten Büschel gleichen und ihrerseits nur wenig wieder verzweigt sind, in auffallend gerader Richtung

gehen. Ich bemerke dies, weil die negativen Büschel der anfangs gedachten Entladungsfiguren gewöhnlich sehr krumme Zweige haben. Übrigens sieht der wirkliche Büschel wegen der beständigen Änderung seiner Teile nicht so steif aus, als das ihn darstellende Bild. Betrachtet man ihn genauer, so sieht man kleinere oder größere dunkle Stellen in den Zweigen, namentlich in denen, welche bis an die Hohlzscheibe gehen. Zuweilen schlägt aus dieser eine merkwürdig gekrümmte Lichterscheinung, halb Funke, halb Büschel, nach den Zweigen des negativen hin, ohne in letztere überzugehen. Es gibt noch ein anderes Mittel zur Gewinnung gedachten Büschels, wozu es einer über die Entladungsstange gesteckten Ebonitröhre bedarf, welche vor der Spitze eine 0,7 mm weite und 2—3 cm lange Öffnung hat. Ein solches Loch läßt sich mit einem Bohrer nicht gut bohren, aber man kann dickwandige Röhren mit so engen Löchern aus der Fabrik beziehen und dann mit einem größeren Bohrer soweit aufbohren, als sie die Stange umfassen sollen. Leider läßt der Effekt solcher Röhren nach, wahrscheinlich, weil sich durch Zersetzung des Kautschuks in ihnen Kohlenstoff ablagert und sie so leitend macht. Ich versuchte sie durch entsprechend weite in feine Spitzen ausgezogene Glasröhren zu ersetzen, aber stets mit negativem Erfolg.

3. *Der stiellose Büschel mit reicher Verzweigung.* Man erhält ihn am schönsten mit einem elektrisch durchbohrten Glasstück von 1 cm Dicke, aus dem man den Büschel treten läßt. Für die Durchbohrung nimmt man eine 12 cm lange Ebonitröhre mit feiner Öffnung, die man 10 cm lang erweitert, so daß sie über die Entladungsstange paßt und schiebt in den engen 2 cm langen Teil eine Nadel. Die Röhre mag im Durchmesser 3 cm dick sein. Die senkrecht gedrehte Endfläche und die eine Seite des etwas größeren Glasstückes werden dann abwechselnd über einer kleinen Spiritusflamme vorsichtig so lange erwärmt, bis leichtflüssiger Wachskitt auf ihnen schmilzt, worauf man sie fest zusammenpreßt. Für die Durchbohrung wendet man zunächst eine größere das Glas berührende Kugelelektrode an, die man für die Darstellung des Büschels wieder mit der Hohlzscheibe vertauscht. Der so erzeugte Büschel (vgl. die Figur oben) hat mehr Zweige als

der letztgenannte, die aber dünner sind und fast alle an der Glasfläche beginnen. Man könnte sagen, daß der Stiel in diesem Falle im Glase stecke, aber dies ändert nichts an der Sache, daß die meisten Zweige denselben Fußpunkt haben. Der Effekt bleibt hier konstant, so daß man dasselbe Stück wiederholt benutzen, auch von der Ebonitröhre abschlagen und für den Gebrauch wieder ankitten kann. Eine ähnliche Erscheinung, die aber nicht so schön ist, erhält man, wenn man eine weite Ebonitröhre über die Stange bringt und rings um letztere und vor die Spitze Watte preßt.

Nach Nahrwoldts¹⁾ Versuchen ließ sich erwarten, daß Staub ein wichtiger Faktor bei der Erzeugung und Gestaltung elektrischer Lichterscheinungen sei. Mehr Staub in der Luft mußte sie begünstigen und also auch den negativen Büschel länger und umfangreicher machen. Ich ließ deshalb, während die Maschine tätig war, Lykopodium und anderen Staub zwischen die Elektroden fallen. Aber ich sah nicht die mindeste Veränderung und lege seitdem der Mitwirkung des Staubes überhaupt keine Bedeutung mehr bei. Gegen die Staubtheorie spricht auch die Ozonisierung der Luft, weil sie zeigt, daß die Luftmoleküle selbst von der Elektrizität ergriffen werden. Übrigens fand ich selbige besonders stark bei den großen negativen Büscheln, was wohl damit zusammenhängt, daß diese nur bei hoher Spannung entstehen.

Aber was mag der Grund sein, daß diese Büschel so schwer erzeugt werden, während die positiven von gleicher Größe viel leichter entstehen, und daß bei beiden Sorten auch die Struktur eine so ganz andere ist? Es wäre möglich, daß der Sauerstoff der Luft von der positiven Elektrode angezogen und an ihr verdichtet hier eine Art isolierender Hülle schafft, welche das Glimmlicht hemmt und so hier eher eine höhere Spannung erzeugt, während man an der negativen eine solche Hülle erst künstlich anbringen muß, um ein Gleiches zu bewirken. Hierfür spricht, daß auch an dieser ohne künstliche Hülle ein großer Büschel kommt, wenn man Leuchtgas ausfließen läßt. Aber vielleicht ist es richtiger, alle Unterschiede der heterogenen Lichterscheinungen als Bewegungsunterschiede

1) R. Nahrwoldt, Wied. Ann. 5. p. 460. 1878 u. 31. p. 448. 1887.
Annalen der Physik. IV. Folge. 17.

aufzufassen, sei es der kleinsten Elektrizitätsteilchen selbst, sei es der mit ihnen behafteten Massenteilchen. Hierfür spricht, daß die fraglichen Unterschiede um so auffälliger sind, je beweglicher das betreffende Medium ist, da sie in der Luft größer als in isolierenden Flüssigkeiten und in diesen wieder größer als in festen Isolatoren sind. Gewiß ist, daß wir die Unterschiede der beiden Elektrizitäten dort am ehesten erkennen werden, wo sie sich am deutlichsten zeigen; und das sind die Lichterscheinungen und namentlich die Büschel. Ein weiteres Studium dieser kann der Aufgabe, deren Lösung wir erstreben, also nur förderlich sein.

(Eingegangen 3. Mai 1905.)