

IV. *Bemerkungen zu dem Aufsatz
des Hrn. Foepppl über die Lettungsfähigkeit des
Vacuums¹⁾; von E. Edlund.*

In der citirten Abhandlung sucht Hr. Foepppl experimentell zu beweisen, dass der electriche Widerstand der Luft in sehr verdünntem Zustande ausserordentlich gross sei. Seine Versuche waren in folgender Weise angeordnet. Zwei aus Glasröhren gefertigte Spiralen waren miteinander durch zwei gerade Glasröhren luftdicht verbunden, und die in diesem Röhrensystem eingeschlossene Luft konnte mit einer Quecksilberpumpe verdünnt werden. Ueber die eine Spirale *A* wurde eine andere Spirale aus Kupferdraht in vielen Windungen geschoben, und die andere Spirale *B* war mit ihrer horizontal gerichteten Axe so aufgestellt, dass die Windungsebenen in den magnetischen Meridian fielen. Von einem Stativ hing senkrecht über die Mitte der Spirale *B* ein Coconfaden herab, der einen in dem cylindrischen Hohlraum der Spirale schwingenden Magnetspiegel trug. Zum Schutz gegen Luftströmungen diente ein über die Spirale gestelltes Gehäuse aus Papier und Glas. Die Schwingungen des Spiegels konnten mit Hülfe von Fernrohr und Scala in der gewöhnlichen Weise beobachtet werden.

Wenn nun ein durch die Kupferspirale gehender galvanischer Strom geöffnet oder geschlossen würde, könnte man, falls die Luft ein ziemlich guter Leiter wäre, nach Foepppl's Ansicht, erwarten, dass dadurch eine so starke Inductionselectromotorische Kraft in der Spirale *A* entstände, dass der dadurch verursachte Strom auf den Magnetspiegel einwirken würde. Foepppl fand aber, dass der Spiegel keinen Ausschlag zeigte, man mochte den inducirenden Strom so stark nehmen, wie man wollte. Wenn man dagegen statt der Glasspiralen zwei ihnen ähnlichen Spiralen aus Kupferdraht, welche miteinander durch Kupferdrähte verbunden waren, benutzte, so wurde der Inductionsstrom so stark, dass der Magnetspiegel herumgeworfen wurde. Hieraus schliesst Foepppl, dass der

1) Foepppl, Wied. Ann. 33. p. 492. 1888.

Widerstand der verdünnten Luft oder des Vacuums im Vergleiche mit dem der Metalle ausserordentlich gross sein muss.

Dieser Schlussfolgerung kann ich meinestheils nicht beistimmen. Durch experimentelle Untersuchungen ist bewiesen, dass die durch Volta- oder Magnetinduction in den Metallen erregte electromotorische Kraft von der Natur der Metalle unabhängig ist, sie ist z. B. für Kupfer gleich gross wie für Platin u. s. w. Dieses Gesetz gilt wohl auch für Leiter zweiter Ordnung, wenigstens ist es für Zinkvitriollösung durch Versuche festgestellt. Es entsteht nun die Frage, ob dasselbe Gesetz auch für gasartige Körper gültig sei, d. h. ob die durch Volta- oder Magnetinduction in den Gasen erregte electromotorische Kraft ebenso gross, wie in den Metallen sei. So viel ich weiss, hat man nicht einmal versucht, diese Frage auf theoretischem oder experimentellem Wege zu beantworten. Die Gase verhalten sich in electrischer Hinsicht auf ganz andere Weise als die Leiter erster und zweiter Ordnung. Der Potentialunterschied zwischen zwei Punkten auf einem metallischen oder flüssigen Leiter ist dem Widerstand zwischen denselben Punkten, multiplicirt mit der Stromstärke, proportional; bei den Gasen dagegen ist dieser Unterschied unabhängig von der Stromstärke. Bei den metallischen und flüssigen Leitern ist der Widerstand dem Querschnitte umgekehrt proportional, bei den Gasen ist derselbe gleich gross, der Querschnitt mag grösser oder kleiner sein. Die Wärmeentwicklung des Stromes ist bei den Leitern erster und zweiter Ordnung dem Quadrate der Stromstärke, bei den Gasen dagegen vielmehr der ersten Potenz derselben proportional. Es scheint mir deswegen sehr gewagt zu sein, ohne alle theoretische und experimentelle Beweise, der Inductionsconstante für die Gase denselben Werth wie für die festen Körper beizulegen. Die Schlussfolgerung, die Foepppl aus seinen Versuchen gezogen, basirt aber auf dieser Annahme.

Wenn die Stromleitung ausschliesslich aus Leitern erster und zweiter Ordnung besteht, so wird die Stromstärke i nach der Ohm'schen Formel $e/(m + n)$ berechnet, wo e die electromotorische Kraft und $m + n$ den gesammten Widerstand be-

deutet. Wenn aber der Widerstand n von einer Luftsäule herrührt, so wird die Formel $i = (e - n)/m$. Nach der ersten Formel entsteht ein Strom, wie schwach auch die electromotorische Kraft sei; nach der letzten muss $e > n$ sein, wenn ein Strom entstehen soll. Dass diese letzte von mir¹⁾ aus theoretischen Gründen deducirte Formel richtig sein muss, ist schon experimentell bewiesen. Durch die Versuche von Warren de la Rue und Müller²⁾ und andere ist festgestellt, dass die Stromstärke im fraglichen Falle durch die Formel $i = e/(m + n/i)$ berechnet werden kann; welche Formel mit der meinigen identisch ist. Wenn dann, wie Foepppl es gethan, die Stromstärke mit der unveränderten Ohm'schen Formel berechnet wird, kann wohl nicht ein zuverlässiges Resultat erreicht werden.

Frühere Versuche über den Durchgang des Stromes durch eine Gassäule haben gezeigt, dass, sobald die Luft unter einer gewissen Grenze verdünnt wird, die Stromstärke unverändert bleibt, wenn der Abstand der Electroden z. B. von 1 bis 30 cm vergrössert wird. Diese Thatsache scheint wohl zu beweisen, dass der Widerstand der verdünnten Luft sehr klein sein muss. Uebrigens ist bekannt, dass man durch Influenz (nicht Volta- oder Magnetinduction) in sehr verdünnter Luft Lichterscheinungen hervorbringen kann, welche Thatsache nicht wohl möglich wäre, wenn die Bewegung des electrischen Fluidums durch den Widerstand verhindert würde. Ferner ist durch Versuche bewiesen, dass der Widerstand bis zu der äussersten Verdünnung, die mit der Pumpe hervorgebracht werden kann, unaufhörlich abnimmt. Das Foepppl bei seinem Versuche, Inductionsströme in verdünnter Luft durch Voltainduction hervorzubringen, ein negatives Resultat erzielt, kann deswegen meiner Ansicht nach nicht darauf beruhen, dass der Widerstand zu gross sei, sondern hat wahrscheinlich seine Ursache darin, dass die Inductionsconstante der Gase zu unbedeutend ist.

Für eine solche Erklärung des von Foepppl erhaltenen

1) E. Edlund, Wied. Ann. 15, p. 165. 1882.

2) W. de la Rue u. Müller, Compt. rend. 86, p. 1072. 1878.

Resultates spricht folgender Umstand: Hittorf¹⁾ hat gefunden, dass 180 Bunsen'sche, aus Zink, Kohle und Chromsäurelösung bestehende Elemente im Stande waren, durch die verdünnte Luft zwischen Electroden sich unter Lichterscheinung zu entladen. Wird die electromotorische Kraft eines Elementes gleich 1,9 Volt gesetzt, so wird die ganze electromotorische Kraft = 348 Volt. Unter Voraussetzung, dass die Inductionsconstante für die Gase ebenso gross sei, wie für die Leiter erster Ordnung, berechnet Foeppl, dass die in der Spirale *A* inducirte electromotorische Kraft mehr als 5000 Volt betrug. Um den Widerstand zu verringern, wurde die Spirale *B* weggenommen, die Spirale *A* durch ein ganz kurzes Verbindungsrohr geschlossen und darauf die Spannkraft der eingeschlossenen Luft auf 1,5 mm Quecksilberdruck gebracht. Bei dem Oeffnen und Schliessen des inducirenden Stromes wurde aber keine Lichterscheinung in der Spirale beobachtet. Nun ist die Frage, warum konnte Foeppl mit seiner starken electromotorischen Kraft keine Lichterscheinung hervorbringen, da dies mit einer mehr als 14 mal geringeren Kraft bei den Hittorf'schen Versuchen gelungen war, obwohl der Strom bei diesen Versuchen auch den bedeutenden Widerstand zwischen den Electroden und dem Gase zu überwinden hatte? Nach meiner Ueberzeugung erreichte die electromotorische Kraft bei Foeppl's Versuchen nicht im entferntesten 5000 Volt, sondern war in der That viel kleiner, eine Folge davon, dass die Inductionsconstante für die Gase geringer als für die übrigen Leiter ist.

1) Hittorf, Wied. Ann. 7. p. 612. 1879.