

**5. Ueber den axialen Charakter
der Magnetkraftlinien, ein Schluss aus der
Existenz des Hall'schen Phänomens;
von Franz Koláček.**

(Aus den Sitzungsber. der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften.
Math.-naturw. Klasse. 1894; vorgelegt vom Hrn. Verf.)

Bekanntermaassen hat Maxwell zwischen den zeitlichen Aenderungen der electricischen und magnetischen Kräfte und den Kräften selbst gewisse Beziehungen festgestellt, welche zum Schlusse führen, dass sich die genannten Energien mit endlicher Geschwindigkeit im Raume fortpflanzen. Für isolirende Stoffe (Dielectrica) sind diese theoretischen Schlussfolgerungen durch Hertz und andere Forscher in ausreichender Weise bestätigt worden. Die erwähnten Beziehungen haben folgenden Charakter:

Aendern sich die Kräfte einer Art (etwa die dielectricischen), so werden in der Aequatorialebene der Krafftrichtung Kräfte der anderen Art geweckt (in diesem Falle magnetische), welche sich der ersten Krafftrichtung so zuordnen, wie eine Wirbelbewegung zu ihrer Axe. Dabei ist der Arbeitswerth der geweckten Kräfte längs einer (kleinen) geschlossenen Linie bis auf einen vom Stoffe abhängigen Factor identisch mit dem Producte aus der umschriebenen Fläche und der Aenderungsgeschwindigkeit der primären Kraft.

Diese Beziehungen sind in vollkommen isolirenden isotropen Substanzen vollkommen reciprok. Die Parität oder Gleichwerthigkeit der Kräfte magnetischer und electricischer Art besteht jedoch nicht mehr in leitenden Stoffen und auch nicht in dem Falle, wo die Stärke der Kräfte in isolirenden Stoffen ein gewisses Maass überschreitet. Ist das electrostatische Feld hinlänglich stark, so findet ein Ausgleich in einem electricischen Funken statt; für die Existenz eines *magnetischen* Funkens ist jedoch trotz der grossen schon errichteten Feldstärken durchaus kein Anzeichen vorhanden. Zwischen den Kräften beiderlei Art bestehen demnach trotz der Maxwell-Hertz'schen Gleichungen wesentliche Unterschiede, mit denen

jede künftige Theorie rechnen muss, welche den tieferliegenden ursächlichen Zusammenhang beider Energiearten aufklären wollte. Neue Theorien¹⁾ gehen dabei von der Vorstellung aus, dass den magnetischen Erscheinungen in sich zurücklaufende Bewegungen um die sogenannte Magnetkraftlinie als Axe zu Grunde liegen. Man hat hierfür einige Anhaltspunkte. Bekanntermaassen hat schon Ampère den polaren Ursprung der magnetischen Kräfte gelehrt, und an die Stelle der magnetischen Massen Molecularströme gesetzt.

Zu einer ähnlichen Anschauung drängt ein Schluss, den Sir William Thomson aus der Thatsache der magnetischen

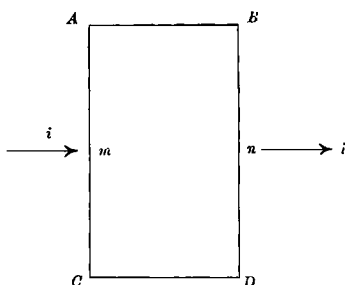


Fig. 1.

Drehung der Polarisationssebene²⁾ gezogen hat. Fasst man mit Fresnel den sich hier abspielenden Lichtvorgang als kinematisches Ergebniss der verschiedenen Geschwindigkeiten der links und rechts circularen Wellen auf, so ist es sehr wahrscheinlich, dass sich die nächstliegende Ursache dieser Verschiedenheit, die magnetische Kraft, an diesem Vorgange nur mittels einer Eigenschaft betheiligen kann, die mit den Umlaufrichtungen der Aethermoleculé gleiche oder entgegengesetzte Richtung besitzt. Die Beweiskräftigkeit des Thomson'schen Schlusses ist offenbar an gewisse optische Vorstellungen gebunden. Gelegentlich einer vor einigen Jahren angestellten Wiederholung des Hall'schen Versuches drängte sich mir eine Schlussfolgerung auf, die es zur Gewissheit macht, dass eine Magnetkraftlinie keine Richtung, sondern eine Axe ist. Mit Bezug auf das Interesse, welches diese Frage gegenwärtig in Anspruch nimmt, sei mir an dieser Stelle die Mittheilung derselben gestattet.

Es sei (Fig. 1) $ABCD$ ein dünnes Goldblatt, welches in der Richtung AC von einem constanten Strom J gleichmässig

1) Man vgl. beispielsweise Ebert, Wied. Ann. 51, 1894; Richarz, Münch. Sitzungsber. 1894.

2) Sir W. Thomson, Proc. Roy. Soc. 1856. Man vgl. auch Maxwell, Treatise (1) 2. p. 415.

durchsetzt wird. Zwei Punkte $m n$ seien mit einem sehr empfindlichen Galvanometer verbunden und so gewählt, dass keine Ablenkung stattfindet. Erzeugt man nun in der nächsten Nähe des Goldblattes ein starkes, etwa homogenes magnetisches Feld, dessen Richtung zur Goldblattebene normal ist, so entsteht im Galvanometer ein dauernder Ausschlag, der sich dem Sinne nach umkehrt, wenn entweder der primäre Strom J oder die Richtung des Magnetfeldes umgekehrt wird. Diesen „Hall“-strom nennen wir i .

Wir werden zeigen, dass seine Existenz bloß mit einem axialen Charakter der Magnetkraftlinien verträglich ist.

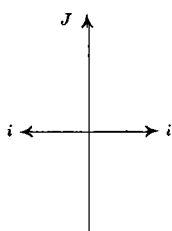


Fig. 2.

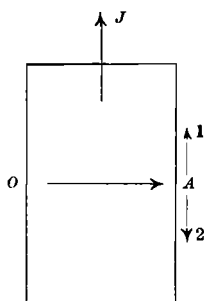


Fig. 3.

Der Kürze wegen nennen wir einen Vector Richtung, wenn sich längs desselben etwas vollzieht; geschieht etwas um seine Richtung herum, so nennen wir ihn Axe. Ein galvanischer Strom ist eine Axe, wenn wir den Fall des electrostatischen Potentials längs des Drahtes in Betracht ziehen, jedoch eine Axe mit Bezug auf das ihn begleitende Magnetfeld. Mit Bezug auf das Hall'sche Phänomen gibt es nun folgende Möglichkeiten.

A) Beide Ströme, d. h. der primäre Strom J und der „Hallstrom“ i , sind „Richtungen“. Errichte ich nun senkrecht zur Goldblattebene eine magnetische Kraftlinie und ist diese gleichfalls eine „Richtung“, so ist ein Halleffect unmöglich. Denn aus Symmetriegründen sind die beiden einander entgegengesetzten Richtungen (i) des Halleffectes (Fig. 2) gleichberechtigt.

B) Sind beide Ströme Axen, so ist der Primärstrom J durch etwas charakterisirt, was auf der Vorderfläche des Blattes etwa in der Richtung OA vor sich geht (Fig. 3). Ist die

magnetische Kraftlinie wieder nur eine Richtung, so sind die Richtungen 1 und 2, welche diesmal den Secundärstrom, der ja auch eine Axe sein soll, bestimmen, gleichwerthig; der Halleffect ist also wieder unmöglich. Man kann auch folgendermaassen schliessen.

C) Besitzt der Strom in Bezug auf seine verschiedenen Qualitäten die Eigenschaften einer Richtung und Axe zugleich, so findet für den Fall, dass ich die magnetische Kraftlinie, die eine Richtung sein soll, umkehre, aus Symmetriegründen keine Umkehrung des Hallstromes statt, was der Erfahrung widerspricht.

Diese Widersprüche verschwinden, falls die Magnetkraftlinie eine Axe ist. Dasjenige, was im Goldblatte infolge dieser Annahme als Merkmal des magnetischen Zustandes etwa an der Verbindungslinie mn vor sich geht, kann der Richtung nach mit dem Hallstrom übereinstimmen, oder ihm entgegengesetzt sein. Jedenfalls ist hierdurch die Richtung des Hallstromes festgestellt, wenn die Richtung des obigen Merkmals gegeben ist. Daruus folgt, dass sich bei Umkehrung der Magnetfeldrichtung auch der Hallstrom umkehren muss, da ja der supponirten axialen Beschaffenheit der Kraftlinie zufolge auch die Richtung des Merkmals sich umkehrt.

Ob die magnetische Kraftlinie die Axe einer statischen in sich zurücklaufenden Polarisation oder einer gleichbeschaffenen zeitlichen Aenderung ist, lässt der Hall'sche Versuch allerdings unbeantwortet. Die Erscheinungen der Induction sprechen für das letztere, schwierig bleibt dann das Verständniss des permanenten Magnetismus, so gewiss es auch ist, dass sein Ursprung kein polarer sein kann.
