© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Induktionswirkung im Dielektrikum und Bewegung des Aethers.

Von

J. Koenigsberger.

I.

Wird ein Dielektrikum in einem magnetischen Felde bewegt, so muss in ihm eine elektromotorische Kraft induciert werden, falls die Faraday-Maxwellsche Hypothese der Gleichwertigkeit von Verschiebungsstrom und Leitungsstrom durchweg richtig ist. Aus den Gleichungen, die Hertz (Ges. Werke II S. 261) und früher, noch teilweise vom Standpunkt der älteren Theorie aus, Helmholtz[1] für die elektromagnetischen Erscheinungen in bewegten Körpern aufgestellt haben, folgt (Hertz a. a. O. S. 264 ob.):

$$\begin{aligned} X_1 &= A\,(\gamma M' - \beta N') \quad \text{(a} \\ Y_1 &= A\,(\alpha N' - \gamma L') \quad \text{(b} \\ Z_1 &= A\,(\beta L' - \alpha M') \quad \text{(c} \end{aligned} \tag{1}$$

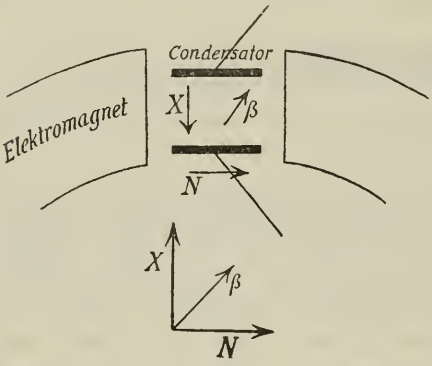
$$\text{für } \gamma = 0 \text{ ist } X_1 = -A \cdot \beta \cdot N'$$

Hierin sind L' M' N' die Komponenten der magnetischen Polarisation $= \mu \cdot L$, $\mu \cdot M$, $\mu \cdot N$; X; Y, Z, die inducierten elektrischen Kräfte, α β γ die Komponenten der Geschwindigkeit des Körpers im magnetischen Felde; $A = \frac{1}{3 \cdot 10^{10}}$. Die elektrischen und

[1] Später hat Helmholtz dann die Hertzschen Gleichungen, die etwas einfacher sind als seine früheren, unter das Prinzip der kleinsten Wirkung gebracht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

magnetischen Kräfte sind in GAUSSschem Masse gemessen (vgl. a. a. O. S. 213), also von der Dimension $M^{1}/_{2} \cdot L - {}^{1}/_{2} T - {}^{1}$. HERTZ hebt hervor, dass diese obigen aus seinen Gleichungen abgeleiteten Formeln den älteren Anschauungen entsprechen und leitet ab, wie man bei der Annahme von Gleitflächen auf die gleichen Formeln kommt (S. 294), vgl. Fig. Es ist $X_1 = - A \cdot N' \cdot \beta_2$, falls ein Körper sich in einem ruhenden Medium bewegt. Ein solcher Fall wäre gegeben, wenn zwischen den Platten eines Kondensators, parallel diesen und normal zur Richtung eines starken magnetischen Feldes, sich ein Dielektrikum z. B. Glas bewegt. Die Kondensatorplatten mit der anliegenden Luft, oder falls sie lackiert sind, Schellack, bleiben ruhig, das Glas bewegt sich. Es lässt sich leicht aus der obigen Gleichung berechnen, wie gross bei einem Felde von 4000 Einheiten die Geschwindigkeit sein muss, um in einem Kondensator von 1 cm Plattenabstand eine Potentialdifferenz von $^{1}/_{100}$ Volt zu erzeugen; es müsste dann $\beta = 300 \frac{\text{cm}}{\text{sec.}}$ sein. Diese würde einer Rotation eines Glascylinders vom Radius 5 cm bei einer Tourenzahl von 10 entsprechen. Versuche mit einer entsprechenden Anordnung werden vom Verfasser unternommen.



Die magnetische Wirkung eines bewegten Dielektrikums lässt sich aber auch aus den bereits durch die Erfahrung bestätigten MAXWELLschen Gleichungen, die ja nur für ruhende Körper gelten, beweisen. Falls nämlich der Kondensator, in dem sich das Dielektrikum befindet, geladen oder entladen wird, so ändert sich natürlich in ihm das elektrische Feld und daher X'. Es ist aber nach den MAXWELLschen Gleichungen $\frac{d X'}{d t}$ gleichwertig mit einem elektrischen Strom m in der Richtung der x-Axe, magnetische Kräfte werden durch beide in gleicher Weise hervorgerufen, und die Annahme ist kaum abzuweisen, dass diese Kräfte ebenso wie den stromdurchflossenen Draht auch das Dielektrikum in Bewegung versetzen

[1] Der mathematische Beweis ist ganz analog wie der vom Verf. Annalen 6. S. 508, 1901 gegebene.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

können, wenn ein Magnetpol oder -feld Anziehung oder Abstossung hervorruft.

Bei der Bewegung können aber die ponderomotorischen Kräfte Arbeit leisten und daher ist nach dem Prinzip von der Erhaltung der Energie auch notwendig, dass die Bewegung entgegengesetzte elektrische Kräfte induciert, damit die bei der Entladung des Kondensators schliesslich übrigbleibende Wärme um den Betrag der ponderomotorischen Arbeit geringer ist[1]. Es muss nach dem ersten Hauptsatz $dA = -dE$. Die elektrische Energie des Kondensators ist für die Volumeinheit $= \frac{1}{8\pi} \varepsilon \cdot X^2$. Hierbei ist der Einfachheit halber der Abstand der Kondensatorplatten $= 1$ cm und dessen Oberfläche $= 1$ qcm gesetzt und das Feld ist homogen gedacht. Demnach ist $dE = \frac{1}{4\pi} X \cdot \frac{\partial (\varepsilon X)}{\partial t} dt$. Die ponderomotorische Arbeit ist, falls zunächst Gleichwertigkeit des Verschiebungsstromes von der Grösse $\frac{1}{4\pi} A \frac{\partial (\varepsilon X)}{\partial t} = \frac{1}{4\pi} A \cdot \varepsilon \cdot \frac{\partial X}{\partial t}$ mit einem Leitungsstrom angenommen wird, gleich der Anzahl der vom Strom bei der Bewegung geschnittenen magnetischen Kraftlinien. Es sei die magnetische Feldstärke M, dann werden von dem Würfel des Dielektrikums von 1 cbcm Inhalt $M \cdot \frac{dz}{dt} dt$ Kraftlinien bei der Bewegung in der Richtung von z geschnitten und die Arbeit dA ist also $\frac{1}{4\pi} A \varepsilon \frac{(\partial X)}{\partial t} \mu M \cdot \frac{\partial z}{\partial t} \cdot dt$. Da $dA = -dE$, so ist

$$\mu \cdot A \cdot M \cdot \frac{\partial z}{\partial t} = X. \qquad (1)$$

Also die von Hertz gegebene Gleichung. Wie man sieht, ist Voraussetzung, dass für die Grösse der am Verschiebungsstrom wirkenden ponderomotorischen Kraft das gleiche Gesetz gilt, wie für den Leitungsstrom. Ist die ponderomotorische Kraft nur der Grösse eines Stromes $(\varepsilon - 1) \frac{\partial X}{\partial t}$ proportional, so lautet Gleichung (1)

$$\mu \cdot A \cdot M \cdot \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} X.$$

Dies sind strenge Folgerungen aus den durch Hertz bewiesenen Gleichungen Maxwells. Hierbei ist aber ein Punkt durch

[1] Diese Annahme steht in Uebereinstimmung mit dem Fresnelschen Fortführungscoëfficienten: $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) v = o \left(\frac{n^2 - 1}{n^2}\right) = \left(\frac{o - 1}{2}\right) v.$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Erfahrung noch nicht genügend kontrolliert, ob nämlich die bei der Aenderung der elektrischen Polarisation im Dielektrikum auftretenden magnetischen Kräfte bei der ponderomotorischen Bewegung voll in Rechnung zu setzen sind, wie z. B. bei einem stromdurchflossenen Draht oder ob nur ein Teil derselben, nämlich der von der Aenderung des $(\varepsilon - 1)\ X'$ herrührende in Betracht kommt. Letzteres ist das wahrscheinliche und das negative Ergebnis des von BLONDLOT angestellten Versuches über die inducierte elektrische Kraft beim Durchblasen von Luft durch ein magnetisches Feld wäre dadurch erklärt.

Bei dem oben berechneten Beispiel müsste sich im Flintglas die inducierte elektrische Kraft auf $\frac{3-1}{3} = {}^2/_3$ ihres berechneten Wertes erniedrigen, ein Wert, der noch gut messbar wäre.

Nach dieser Annahme für die ponderomotorische Wirkung gehen die Gleichungen für die inducierten elektrischen Kräfte, wie oben gezeigt, in folgende über: $\left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right) X = A\ (\gamma \cdot M' - \beta \cdot N')$ u. s. w. Für Leiter, für welche ε sehr gross, ergibt sich dann $\left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)_{\varepsilon = \infty} = 1$; in Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die Theorie von LORENTZ muss auf den gleichen Ausdruck führen, da sie ja annimmt, dass auch bei der Bewegung des Dielektrikums der Aether in ihm ruht und dessen Wirkung also in Abzug gebracht werden muss.

II.

Sehr viel schwieriger stellt sich die Frage über die Bewegung des Aethers und die Induktion in demselben. Die Gleichungen von HERTZ und HELMHOLTZ ergeben ponderomotorische Wirkung auf den Aether und Strömung desselben, und andererseits daher auch inducierte elektrische Kräfte bei Bewegung des Aethers in seinem Magnetfelde. Durch mechanische Mittel ist aber eine Bewegung des Aethers, wie alle bisherigen Versuche gezeigt haben, nicht möglich, daher war eine Prüfung jener Folgerungen so nicht realisierbar. Dagegen lässt sich gewissermassen durch Umkehrung der oben beschriebenen Versuchsanordnung eine Prüfung ermöglichen. Statt nämlich den Aether im ruhenden Kondensator und ruhenden Magnetfeld zu bewegen, könnten wir das Magnetfeld und den Kondensator bewegen und den Aether ruhen lassen. Dieser Versuch wird durch die Erdbewegung von selbst ausgeführt, das Dielektrikum, der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Aether, ruht hierbei, wenigstens nach der Theorie von Lorentz. Alsdann muss aber, wie aus den Gleichungen von Hertz und Helmholtz folgt, eine inducierte elektrische Kraft auftreten [1]. Ihre Grösse ist sehr beträchtlich. Wenn die Erde bei der Translation in ihrer Bahn den Aether nicht mitnimmt, so ist seine relative Geschwindigkeit = *29,5* km, was bei den oben angegebenen Bedingungen 300 Volt entspräche. Aber W. Wien hält es auf Grund der Michelson-Morleyschen Versuche für denkbar, dass infolge der Gravitation bei der Bewegung in der Bahn die Erde den Aether mitzieht [2]. Bei der Rotation ist dies wohl ausgeschlossen, sonst würde sich ein Verlust an kinetischer Energie oder eine Diskontinuitätsfläche ergeben. Die Rotationsgeschwindigkeit in Freiburg ist etwa = *342* m und dies müsste cet. par. 3 Volt ergeben [3]. Auch diesen Effekt konnte ich vorläufig nicht wahrnehmen, doch beabsichtige ich, mit einem wesentlich verbesserten Elektrometer von geringer Kapazität und Rückstand dies noch einmal zu prüfen.

Die Theorie von Lorentz [4] erlaubt eine direkte Berechnung der Erscheinung nicht, da sie für bewegte magnetische Ladungen nicht explicite entwickelt ist. Es wäre möglich, dass der bewegte Aether Kompensationsladungen auf den stromführenden Drähten hervorruft; aber selbst bei dieser Annahme müssten die Glieder zweiter Ordnung bei der vom Verfasser benutzten Anordnung noch wahrnehmbar sein.

Anmerkung bei der Korrektur.

Herr H. A. Lorentz hatte die grosse Liebenswürdigkeit, mir brieflich einen sehr eleganten strengen Beweis für die Unmöglichkeit eines Effekts zweiter Ordnung mitzuteilen. Ein Effekt erster Ordnung ist, wie Herr Lorentz für höchst wahrscheinlich hält, durch

[1] W. Wien hat in dem Referat zur Nat.-Vers. in Aachen, Beilage zu Wied. Ann. Bd. **65**, 1898, S. XVII darauf ganz kurz aufmerksam gemacht.

[2] Lorentz erklärt das negative Ergebnis des Michelson-Morley-Versuches bekanntlich anders.

[3] $X = \gamma \cdot M^1 \cdot A \qquad M^1 = 10^4$ (rund) $\qquad A = \frac{1}{3 \cdot 10^{10}}$

$$\frac{X \text{ Volt}}{3 \cdot 10^2} = \frac{10^4 \, 3 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{10}} = 300 \text{ V.}$$

$$\frac{X \text{ Volt}}{3 \cdot 10^2} = \frac{10^4 \, 3 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^{10}} = 3 \text{ V.}$$

[4] H. A. Lorentz, Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Leiden 1895, S. 41 u. 47.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Kompensationsladungen in und um den stromführenden Drähten des Elektromagneten aufgehoben; doch scheint mir diese Annahme aus folgendem Grund nicht ganz zwingend. Wenn man nämlich den Kondensator, zwischen dem sich der Aether hindurchbewegt, mit einer zur Erde abgeleiteten Schutzhülle aus Messing umgiebt, so können die Kompensationsladungen an den Drähten des Elektromagneten keinen Einfluss mehr haben, die magnetischen Kräfte und die Bewegung des Aethers dagegen würden die Schutzhülle ungehindert durchdringen; der Effekt müsste dann also vorhanden sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Koenigsberger Johann G.

Artikel/Article: Induktionswirkung im Dielektrikum und Bewegung des Aethers. 95-100