



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung

Das Potential und seine Anwendung auf die Theorien der Gravitation, des Magnetismus, der Elektrizität, der Wärme und der Hydrodynamik

Holzmüller, Gustav

Leipzig, 1898

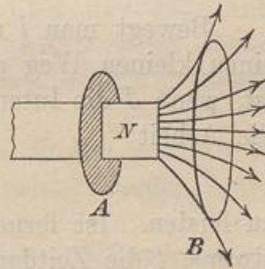
271) Berechnung der elektromotorischen Kraft des Induktionsstroms aus der Änderung der Kraftlinienzahl

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77934](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77934)

den Vorstellungen über den Energieaustausch zwischen dem Strome und dem magnet-elektrischen Felde schwinden. Durch Bifilar-wicklung kann die Selbstinduktion fast vernichtet werden, so daß sie unter keiner Bedingung auf einer Trägheit der Elektrizität beruht.

270) Erklärung der Induktionswirkungen nach Faraday. Nach Faraday erklärt man sich das Entstehen der Induktionsströme durch das Zunehmen oder Abnehmen der Kraftlinien bei der Bewegung des Drahtkreises durch deren System oder bei Intensitätsänderungen. Nähert man den Stromkreis *B* dem Nordpole *N* oder dem ihn vertretenden Stromkreise *A*, so wird er durch mehr Kraftlinien durchsetzt als vorher. Entfernt man ihn, so wird er von weniger Kraftlinien durchsetzt. Jeder Vermehrung oder Verminderung der Kraftlinien während der Bewegung entspricht das Entstehen eines Induktionsstroms in dem einen, wie im andern Sinne. Die Bewegung im homogenen Felde bringt demnach keinen Induktionsstrom hervor. Über den Sinn des Stroms ist dasselbe zu sagen, wie vorher.

Fig. 205.



Die neueren Lehrbücher bringen wohl ausnahmslos die Zeichnung des Kraftliniensystems eines Magnetstabes und des Kreisstroms in den verschiedensten Lagen und veranschaulichen so die Entstehung der Induktionsströme unter den verschiedensten Verhältnissen. Auf diese Figuren und die dortigen Erläuterungen sei verwiesen.

Diese Betrachtungen geben nicht das Maß der Änderungen an, welches man mit Hilfe der früheren Betrachtungen bestimmen kann. Dies soll jetzt durchgeführt werden.

271) Berechnung der elektromotorischen Kraft des in einem Leiterelemente bei Bewegung im magnetischen Felde erzeugten Stroms aus der Änderung der Kraftlinienzahl.

Der Induktionsstrom habe die unbekannte Intensität *J*. Das untersuchte Leiterelement habe die Länge *l*, der Magnetpol von Stärke *m* habe von *l* die Entfernung *s*, die Verbindungslinie *s* bilde mit *l* einen Winkel α , dann ist nach Nr. 259 die gegenseitige Einwirkung von der Stärke

$$P = m \frac{\alpha_1 J l \sin \alpha}{s^2},$$

oder im elektromagnetischen Maße, wo $\alpha_1 = 1$ angenommen ist

$$P = \frac{m}{s^2} \cdot J l \sin \alpha.$$

Man vergleiche Fig. 198 für festgehaltenen Pol C , wobei sich l mit der Kraft P senkrecht gegen die Kraftlinie CA_1 nach hinten bewegen würde. Setzt man für $\frac{m}{s^2}$ die Feldstärke F des Poles, so handelt es sich um

$$P = FJl \sin \alpha.$$

Ist l senkrecht gegen die Kraftlinie CA_1 gerichtet, so ist $\sin \alpha = 1$, also

$$P = FJl.$$

Bewegt man l seinem Bewegungsantriebe P entgegengesetzt um einen kleinen Weg w (senkrecht gegen die Ebene der Zeichnung), so ist, wenn J die Intensität des entstehenden Induktionsstroms bedeutet, die Arbeit

$$A = FJlw$$

zu leisten. Ist ferner E die elektromotorische Kraft des Induktionsstroms, t die Zeitdauer, J die Intensität, so ist zugleich die Leistung in der Zeit t

$$A = EJt.$$

Aus beiden Gleichungen folgt

$$E = Fl \frac{w}{t} = Flv,$$

wo $\frac{w}{t} = v$ die Geschwindigkeit der kleinen Bewegung bedeutet. Folglich:

Wird ein Leiterelement l im magnetischen Felde senkrecht gegen die Kraftlinien bewegt, so ist die Kraft des induzierten Stromes gleich dem Produkte aus Feldstärke, Länge l und Geschwindigkeit der Bewegung.

Dabei ist aber wl das vom Elemente durchschnittene Rechteck, durch welches $lwF = n$ Kraftlinien gehen. Demnach ist

$$E = \frac{n}{t}.$$

Folglich:

Die elektromotorische Kraft des bei jener Bewegung induzierten Stromes ist gleich der auf die Sekunde reduzierten Anzahl der durchschnittenen Kraftlinien.

Jede kleine Parallelverschiebung von l läßt sich aber zerlegen in eine Verschiebung in der Richtung der Kraftlinien und eine senkrecht gegen diese gerichtete. Da nur bei der letzteren Bewegung Arbeit geleistet wird und zugleich nur dabei Kraftlinien durchschnittene werden, und zwar ebenso viel, wie bei der eigentlichen Bewegung, so hat der Satz allgemeine Geltung. Ist l schräg gegen die Kraftlinien gerichtet, so ist die Verminderung der genannten Anzahl für die wirkliche Be-

wegungsfläche ebenso groß, wie bei der senkrecht zu den Kraftlinien gehenden Teilbewegung. Also auch dies ändert den Satz nicht. Er gilt für jede beliebige kleine Verschiebung des beliebig liegenden Elementes l gegen die Kraftlinien. Die Richtung des Stromes in l ergibt sich daraus, daß er so gerichtet sein muß, daß Arbeit zu überwinden ist. Das Feld bewegt den Strom nach der Linkhandregel, die Arbeitsrichtung ist entgegengesetzt. Daraus ergibt sich folgende Rechthandregel:

Legt man die rechte Hand so an den Leiter, daß die Kraftlinien in die Handfläche eintreten und der Daumen nach der Richtung der beabsichtigten Bewegung zeigt, dann zeigen die Finger nach der Richtung des im Leiter induzierten Stromes.

In den neueren physikalischen Lehrbüchern findet man Abbildungen, an denen die Probe auf die Regel gemacht werden kann. (Vgl. Börner.)

Diese Faradayschen Regeln sind aber lediglich eine Beschreibung des Vorgangs, sie erklären die Induktionsströme nicht, sie veranschaulichen den Vorgang nicht in hinreichender Weise. Wie in so vielen Fällen, läßt sich auch hier eine Veranschaulichung durch mechanische Bewegungsprozesse durchführen, die zugleich den durch die Hertz'schen Versuche gewonnenen Resultaten Rechnung trägt. Eine solche soll im Anschluß an Maxwell'sche und Ampère'sche Vorstellungen im folgenden versucht werden. Damit wird nicht etwa behauptet, daß solche Molekularbewegungen des Äthers in Wirklichkeit stattfinden, sondern nur, daß man sich den Vorgang mit ihrer Hilfe verständlich machen kann. Dadurch gewinnen wir einen ersten Einblick in die Maxwell'schen Wirbelfelder und lernen den wechselnden Austausch der Energie zwischen Strom und Feld in überzeugenderer Weise verstehen.

272) Neuere Vorstellungen über das elektromagnetische Feld. Nach Ampère kann man sich jeden Elementarmagnet durch Strömungen ersetzt denken, die ihn nach Art der Solenoide umkreisen. Da nun um den geradlinigen Stromleiter die elektromagnetische Polarisation so geschieht, daß die Elementarmagnete sich in konzentrischen Kreisen lagern, so wird jeder dieser Kreise, wenn man jeden kleinen Magnet durch sein Solenoid ersetzt, in einen Wirbelring verwandelt, jede Normalebene in ein Feld konzentrischer Wirbelringe, wie es in Fig. 206 dargestellt ist, nur sind dort die Moleküle im Verhältnis zum Draht viel zu groß gezeichnet. Gleichartig polarisierten Kraftlinien entsprechen also Wirbelringe mit in gleichem Sinne erfolgender Drehung. Entgegengesetzt polarisierten Kraftlinien entsprechen entgegengesetzt drehende Wirbelringe.