



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

269) Selbstinduktion und Extraströme

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

wo $t_1 - t$ der kleine Zeitunterschied ist. Dieser sekundlichen Leistung muß die des Induktionsstroms sehr genau äquivalent sein, d. h. es muß sein

$$Ei = i \frac{J_1 q_1 - Jq}{t_1 - t},$$

und daraus folgt als elektromotorische Kraft (Leistungsfähigkeit für die Stromeinheit) des Induktionsstroms

$$1) \quad E = \frac{J_1 q_1 - Jq}{t_1 - t}.$$

Wird nur die Lage (oder die Größe, oder die Gestalt) geändert, so wird

$$2) \quad E = J \frac{q_1 - q}{t_1 - t}.$$

Wird nur die Intensität (nicht die Lage, Größe und Gestalt) geändert, so wird

$$3) \quad E = q \frac{J_1 - J}{t_1 - t}.$$

Man kann $\frac{J_1 - J}{t_1 - t}$ als die Geschwindigkeit der Intensitätsänderung bezeichnen. Da $J = \text{Kapazität} \cdot \frac{\text{Potentialänderung}}{\text{Zeitänderung}}$, gleich $C \frac{V_1 - V}{t_1 - t}$ ist, was als Cv bezeichnet werden möge, so ist $\frac{J_1 - J}{t_1 - t} = E \frac{v_1 - v}{t_1 - t}$ als Beschleunigung der Potentialänderung zu betrachten. [Man vergleiche $v = \frac{s_1 - s}{t_1 - t}$, d. h. Geschwindigkeit gleich $\frac{\text{Lagenänderung}}{\text{Zeitänderung}}$, ferner $g = \frac{v_1 - v}{t_1 - t}$, d. h. Beschleunigung gleich $\frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{Zeitänderung}}$, darin liegt die Reduktion der veränderlichen Geschwindigkeit und Beschleunigung auf die Sekunde unter Festhaltung des augenblicklichen Wertes.]

269) Selbstinduktion und Extrastrome. Beginnt der elektrische Strom zu fließen, so hat er in später zu besprechender Weise das ihn umgebende Feld elektromagnetisch zu polarisieren. Damit ist ein gewisser Aufwand an Energie verbunden. Die den Strom eröffnenden Teilchen verlieren also an Geschwindigkeit und Energie. Es entsteht also eine Art von Rückstau, der als Gegenstrom gedeutet und durch einen solchen ersetzt werden könnte. Erst wenn die Polarisation der Umgebung vollendet ist, tritt ein stationärer Zustand ein. Die Einwirkung dieses Gegenstroms läßt den Hauptstrom nur langsam zur vollen Intensität gelangen. Da jener Strom, der sogenannte Extrastrom, beim Schließen des Stromkreises entsteht (Beginn des Hauptstroms), so heißt er Schließungsstrom,

Unterbricht man den Hauptstrom, d. h. öffnet man seinen Stromkreis, so werden keine elektrischen Teilchen mehr durch die galvanische Einwirkung vorwärts getrieben. Wie aber der Strom vorher die elektromagnetische Polarisierung des Feldes induzierte, so induziert dieses jetzt umgekehrt einen gleichgerichteten Strom. Das elektromagnetische Feld giebt also einen Teil der vorher an dieses abgegebenen Energie zurück. Dieser zweite gleichgerichtete Strom heißt der Öffnungstrom. Auch für seine Entstehungsweise sollen unten Erklärungsversuche gemacht werden.

Er unterscheidet sich vom Schließungsstrom dadurch, daß dieser einen allmählich anwachsenden Rückstau bedeutete, während der Öffnungsstrom nach plötzlichem Abschluß plötzlich entsteht.

Beide haben keine elektromagnetische Polarisierung auszuüben, so daß sie fast ungeschwächt vorwärts eilen. [Dieses Nichtnützlichhaben einer elektromagnetischen Polarisierung teilen beide mit den Induktionsströmen des vorigen Abschnitts, deren Wirkung aus denselben Gründen eine plötzliche ist. Dem Schließen des Hauptstroms entspricht ein entgegengesetzter Schließungsinduktionsstrom in dem Nebenschleife, dem Öffnen ein gleichgerichteter. Auch hier ist der letztere der plötzlicher wirkende. So kommt es, daß bei dem Ruhmkorffschen Funkeninduktor in der Regel nur Öffnungsströme die Funkenstrecke durchbrechen.]

Für die durch Selbstinduktion infolge von Intensitätsänderungen entstehenden Ströme gilt die Formel 3) des vorigen Abschnitts. Für q setzt man, da die Lage nicht geändert wird, eine Konstante L ein, den Koeffizient der Selbstinduktion des Leiters, so daß

$$4) \quad E = L \frac{J_1 - J}{t_1 - t}$$

die elektromotorische Kraft des Selbstinduktionsstroms wird. War die Anfangsenergie Null, so handelt es sich um den Schließungsstrom mit

$$5) \quad E_s = L \frac{J_1}{t_1 - t}.$$

Ist die Schlufsenergie gleich Null, so handelt es sich um den Öffnungsstrom

$$6) \quad E_o = -L \frac{J_1}{t_1 - t}.$$

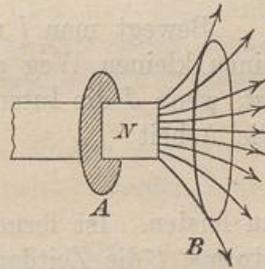
Da für den letzteren $t_1 - t$ kleiner ist, so ist $E_o > E_s$, was mit den obigen Bemerkungen übereinstimmt. Die Formel 4) ist von Bedeutung für die Dauer der elektrischen Schwingung.

Maxwellsche Anschauungen über die Induktionsströme werden später auseinandergesetzt. Dabei wird jeder Rest von Unklarheit aus

den Vorstellungen über den Energieaustausch zwischen dem Strome und dem magnet-elektrischen Felde schwinden. Durch Bifilar-wickelung 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

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