

# Über das magnetische Kraftfeld einer von elektrischen Schwingungen durchflossenen Spirale

Prof. Dr. **Ernst Lecher**.

Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Innsbruck.

(Mit 4 Textfiguren.)

In bekannten Versuchen von Elihu Thomson<sup>1</sup> und V. v. Lang<sup>2</sup> wird ein Drahring durch eine vom Wechselstrom durchflossene Spirale abgestossen. v. Lang citirt da eine calorimetrische Messung von mir, welche die inducirte Stromstärke im Drahringe zu schätzen gestattet. Diese Stromstärke bestimmte ich in folgender Notiz experimentell noch auf eine andere Weise, wobei aber die Bedingungen so vereinfacht wurden, dass auch gleichzeitig eine theoretische Berechnung des Verhältnisses der Stromstärken in beiden Kreisen möglich war. Zu dem Zwecke wurde die Frequenz der Wechselströme möglichst gesteigert und die Verwendung von Eisen ganz vermieden.

Zuerst bestimmte ich experimentell das magnetische Kraftfeld des Wechselstromes; hierauf wurden im Solenoide und im Drahringe zwei entgegengesetzte Gleichströme in ihrem Verhältnisse so lange geändert, bis dasselbe Feld wie früher entstand. Eine Berechnung dieses Verhältnisses ergab dann unter so vereinfachten Bedingungen eine überraschend genaue Übereinstimmung mit den beobachteten Thatsachen.

---

<sup>1</sup> E. Thomson, »Was ist Elektrizität?« Übersetzt von H. Discher. Leipzig und Wien, 1890.

<sup>2</sup> Diese Sitzungsber., 102, S. 523, 1893.

$F$  ist ein zwischen Magneten überspringender Funke von 10000 Volt Potentialdifferenz, erzeugt durch Transformation des 100 Volt-Wechselstromes der Innsbrucker Centrale mit circa 43·5 Schwingungen per Secunde.  $A$  und  $A$  sind zwei Leydnerflaschen mit  $5000\text{ cm}^2$  Fläche und einer (nur sehr) ungefähren<sup>1</sup> Glasstärke von  $0\cdot2\text{ cm}$ .  $SS'$  ist die aus 38 Windungen bestehende Primärspule; äusserer Durchmesser der Spule  $22\cdot8$ , Länge derselben  $29\cdot5$ , Durchmesser des blanken Drahtes  $0\cdot3$  und Durchmesser des umspinnenen  $0\cdot69\text{ cm}$ . Der secundäre Inductionsring  $ss$  ist in  $5\cdot6$  Entfernung von  $S'$  (Rand der Spule bis zum Rand des Ringes) so angeordnet, dass seine Enden  $mn$

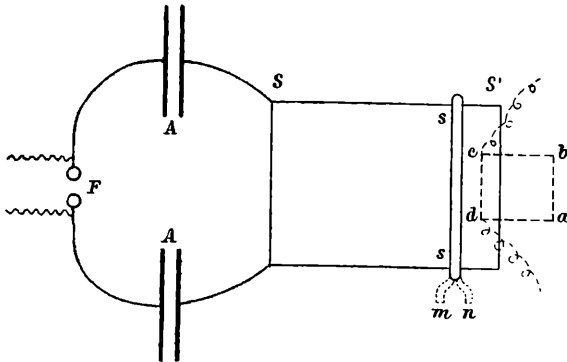


Fig. 1.  $\frac{1}{10}$  natürl. Grösse. (Von oben gesehen).

durch Heben eines mit Hg gefüllten Troges rasch mit einander elektrisch verbunden werden können. Der mittlere Durchmesser dieses Secundärkreises ist  $24\cdot5$ , der Durchmesser des blanken Drahtes  $0\cdot85$ , des umspinnenen  $1\cdot0\text{ cm}$ . Die Frequenz der elektrischen Schwingungen braucht nicht genau bestimmt zu werden, es genügt zu wissen, dass  $n$  über 10000 liegt.

Die Richtung der Kraftlinien wurde experimentell in folgender Weise bestimmt.

$abcd$  (Fig. 1 und 2) ist ein rechteckiger Drahtrahmen, bestehend aus circa 300 Windungen eines  $0\cdot04\text{ cm}$  dicken Drahtes;  $ab$  steht horizontal und senkrecht auf der Axe  $SS'$  und ist als

Es wurden zur Herstellung dieser Flaschen sogenannte Christusstürze verwendet, deren Glas sehr unrein war.

Rotationsaxe fixirt, indess die Lage von  $cd$  und somit die Neigung des Rahmens leicht geändert werden kann. Die Drahtenden führen über  $c$  und  $d$  zu einem dreizelligen Quadranten-elektrometer mit drei Lemniscaten; letztere und die eine Quadrantenserie sind mit  $c$ , die andere Quadrantenserie ist mit  $d$  und der Erde verbunden. Liegen nun  $ab$  und  $cd$  in derselben Kraftlinie, so heben sich die in  $ab$  und  $cd$  inducirten elektromotorischen Kräfte auf und das Elektrometer bleibt ruhig.<sup>1</sup> Ich verwendete drei verschiedene Spulen  $abcd$ ; bei allen war  $ab = cd = 6.6\text{ cm}$ , hingegen hatte  $ad = bc$  die Längen 5, respective 8 oder  $12.5\text{ cm}$ .

Da aber der Ausschlag des Elektrometers stets nach derselben Seite geht, ob nun  $cd$  über oder unter der Kraftlinie von  $ab$  ist, so wurde zuerst  $c$  und  $d$  mit einem vierspulgigen Galvanometer (von H. du Bois und H. Rubens) verbunden, dessen vier  $10000\ \Omega$  Rollen parallel geschaltet waren und die Spule  $SS'$  mit Gleichstrom von etwa  $50\text{ Ampère}$  beschickt. Jetzt ist der Inductionstoss in  $abcd$  bei Stromschluss je nach der Lage von  $cd$  positiv oder negativ, die Einstellung auf Null geht daher ziemlich rasch. Wir erhalten so eine Sehne einer Kraftlinie des Gleichstromes.

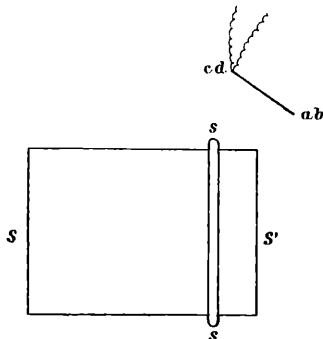


Fig. 2.  $\frac{1}{10}$  nat. Grösse.  
(Von der Seite gesehen.)

Um diese Lage zu fixiren, wird durch eine  $8\text{ m}$  vor  $SS'$  brennende Bogenlampe der Schatten der ganzen Einstellung scharf auf ein hinter  $SS'$  gespanntes Papier geworfen. Passende Merkzeichen gestatten genau, die Mitte der Drahtmasse  $ab$  und  $cd$  zu finden, die dann auf dem Papier mittelst des Schattens durch Punkte bezeichnet wurden.

Nachdem dies geschehen, wird die in den meisten Fällen benachbarte Einstellung mit den elektrischen Schwingungen durch das Elektrometer gesucht und diese wieder nach dem

<sup>1</sup> Die grosse Empfindlichkeit des Elektrometers hat leider den Nachtheil einer sehr langsamen Schwingungsdauer (fast  $\frac{3}{4}$  Minuten).

Schattenbilde aufgezeichnet. Durch Bestimmung möglichst vieler Punkte, wobei alle drei verschieden grossen Rahmen *abcd* verwendet werden, gelingt es, die Curven sehr genau zu ziehen.

Als erstes wohl zu erwartendes Resultat ergab sich, dass die Gleichstrom-Kraftlinien und die Kraftlinien der hier angewendeten elektrischen Schwingungen identisch sind, so lange *ss* nicht geschlossen oder nicht über den Ring geschoben ist.<sup>1</sup>

War so die Richtung der Wechselstrom-Kraftlinien und ihre Anzahl<sup>2</sup> bei ungeschlossenem Inductionsringe bestimmt, so geschah dann dasselbe mit geschlossenem Ringe *ss*. Das

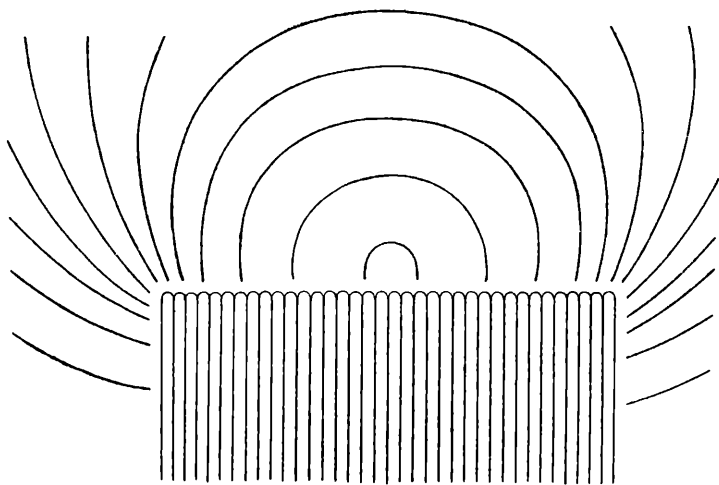


Fig. 3.  $\frac{1}{5}$  natürl. Grösse.

Resultat gibt Fig. 3 für den ersten und Fig. 4 für den zweiten Fall, wobei immer nur die obere Hälfte der Spule gezeichnet ist.

Besondere Schwierigkeiten machte in Fig. 4 der Raum über *s*. Hier wurden natürlich viel mehr Linien bestimmt, als

Gleichzeitig auftretende elektrostatische Spannungen gaben keinen merklichen Einfluss auf den Verlauf der Linien. Um dies zu sehen, wurden zwei kleine Condensatorplatten von 30 *cm* Durchmesser zu beiden Seiten von *abcd* mittelst eines Tesla'schen Öltransformators auf mindestens 100.000 V. Potentialdifferenz geladen. Die Einstellungen der Spulen blieben so ziemlich die gleichen, die hohen Spannungen machten zwar die Ablesungen unsicher, ein eventueller Einfluss ist aber minimal. Es war die Aufsuchung dieser Thatsache der eigentliche Ausgangspunkt der Arbeit.

<sup>2</sup> Wie bei Zuchristian, diese Sitzungsber., 103, S. 943, 1894.

in der Figur gegeben sind. Interessant ist, dass man oft vier verschiedene Null-Lagen des Rahmens *abcd* hat, z. B. von 1 nach 2, oder nach 3, 4 oder 5.

Ein einfacher Blick auf Fig. 4 zeigt den Thomson—Lang'schen Abstossungseffect. Der Ring *s* erhält hier in seinem oberen Theile einen Impuls, der circa unter 45° nach rechts aufwärts gerichtet ist. Dieser Winkel wird umso kleiner, je mehr *s* an den Rand rückt.

Interessant ist auch, dass die Anzahl<sup>1</sup> der Kraftlinien durch Schliessen des secundären Kreises nicht geändert wird; bei

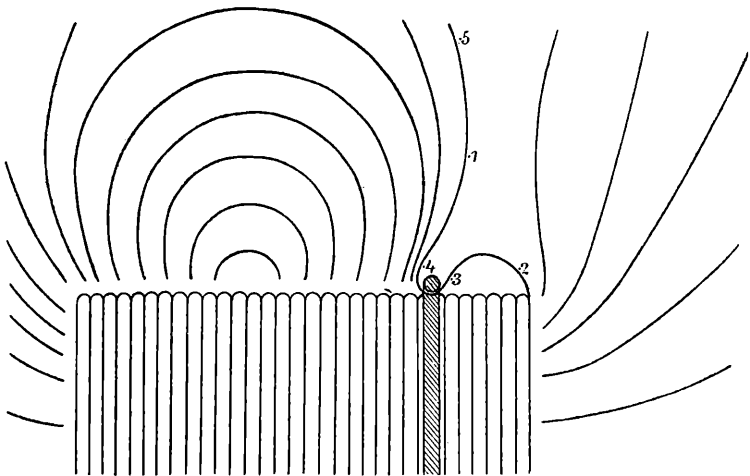


Fig. 4.  $\frac{1}{5}$  natürl. Grösse.

elektrischen Schwingungen muss die ganze Energie abwechselnd elektrostatische oder magnetische Energie sein.

Theoretisch ist die Phasenverschiebung  $\varphi$  des secundären Stromes gegeben durch

$$\operatorname{tg} \varphi = - \frac{W_2}{2\pi n L_2}$$

Hier bedeutet  $n$  die Frequenz der Schwingungen,  $W_2$  den Widerstand des secundären Kreises, nämlich 330000 *c.g.s* Einheiten und  $L_2$  dessen Selbstinductionscoëfficienten, der 596 *c.g.s* Einheiten ist, berechnet nach Blathy's Formel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Diese Anzahl ist in willkürlichem Maassystem gezeichnet.  
Elektr. techn. Z. Berlin, 11, S. 346, 1891.

$$4\pi r \left\{ 0.5794 + \log n \frac{2r}{d} - \frac{d}{r} - \right\}$$

wo  $r = 12.25$  und  $d = 0.85$  sind.

Das gibt für  $\operatorname{tg} \varphi$  ungefähr  $-\frac{100}{n}$ . Da nun  $n$  gewiss über 10000 liegt, ist  $\varphi$  fast  $180^\circ$ , d. h. inducirender und inducirter Strom laufen bei dieser Frequenz schon fast entgegengesetzt.

Man muss daher genau das gleiche Feld wie in Fig. 4 auch dadurch erhalten können, dass man zwei Gleichströme in entgegengesetzter Richtung durch  $SS'$  und  $ss$  sendet. Es wurde zuerst der Rahmen  $abcd$  in die Lage 12 gebracht und dann das Verhältniss zweier solcher Gleichströme so lange geändert, bis beim Stromschluss durch  $abcd$  kein Inductionsstoss ging. Das wurde erreicht, wenn durch  $SS'$   $0.764$  und durch  $ss$   $5.21$  Amperè gingen. Dann trat aber beim Stromschlusse auch keine Induction auf, wenn  $abcd$  die Lagen 13, 14 oder 15 hatte. Ebenso wurden andere Stellen des Kraftfeldes geprüft und immer, wenn das Verhältniss des Stromes in  $SS'$  zu dem in  $ss$   $\frac{0.764}{5.21} = 0.147$  war, ergab sich derselbe Verlauf der Kraftlinien.

Es stehen somit auch bei den elektrischen Schwingungen die primäre Stromstärke  $J_1$  in  $SS_1$  und die Intensität  $J_2$  des entgegengesetzt fliessenden secundären Stromes in  $ss$  im Verhältnisse  $0.147$

In unserem Falle lässt sich dieses Verhältniss aber auch theoretisch leicht berechnen. Da keinerlei Capacitäten eingeschaltet sind, hat man, wenn  $M$  der gegenseitige Inductionscoëfficient von  $SS'$  auf  $ss$  ist

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\sqrt{W_2^2 + (2\pi n)^2 L_2^2}}{2\pi n M}.$$

Es war  $W_2 = 330000$  und  $L_2 = 596$ ,  $n$  mindestens 10000, somit verschwindet  $W_2^2$  gegen den zweiten Ausdruck und es bleibt

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{L_2}{M}.$$

Zur Bestimmung schliesslich dieses  $M$  wendete ich die bekannte Vergleichungsmethode Maxwell's mit einem Normalsystem an, dessen  $M_1$  sich nach der Formel von Himstedt<sup>1</sup> mit beliebiger Genauigkeit rechnen liess; so fand ich für  $M$  3923 *c.g.s* Einheiten.

$\frac{J}{J_1}$  soll somit theoretisch 0·152 sein, indess obige experimentelle Methode dafür 0·147 lieferte. Die Übereinstimmung ist bei der grossen Anzahl der gemessenen Grössen und der Thatsache, dass die an die Oberfläche drängenden Schwingungen andere Inductionsverhältnisse finden, als die gerechneten, eine genauere, als man von vorneherein erwarten durfte.

---

Wied. Ann. 23, S. 547, 1885.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [104\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Lecher Ernst

Artikel/Article: [Über das magnetische Kraftfeld einer von elektrischen Schwingungen durchflossenen Spirale. 807-813](#)