universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Geitler, Josef von

Braunschweig, 1905

Erstes Kapitel. Theorie der Fernwirkungen. Isaac Newton (1643 bis 1727)

urn:nbn:at:at-ubi:2-6080

Erstes Kapitel.

Theorie der Fernwirkungen.

Isaac Newton (1643 bis 1727).

„Daß die Gravitation der Materie wesentlich, inhärent und anerschaffen sein sollte, so daß ein Körper auf einen anderen in jeder Entfernung durch den leeren Raum ohne Vermittelung von Etwas wirken könnte, wodurch die Aktion und Kraft von dem einen zum andern geleitet wird, das ist nach meinem Dafürhalten eine so große Absurdität, daß kein Mensch, der in philosophischen Dingen eine genügende Denkfähigkeit hat, darauf verfallen kann."

Newton, Brief an Bentley[1]).

Galileo Galilei verdanken wir die Kenntnis des Gesetzes, nach dem die Körper fallen. Newtons unsterbliche Leistung ist es, dieses Fallgesetz auf kosmische Verhältnisse ausgedehnt zu haben. Sein Geist erblickte dieselbe Ursache in der Rückkehr des geschleuderten Steines zur Erde, wie in der Bewegung des Mondes um die Erde und der Planeten um die Sonne. Die Natur dieser Ursache hat keines Menschen Geist bisher erraten. Die Tatsachen aber, um die es sich handelt, kann man in folgender Weise zusammenfassen: Alles verhält sich so, als ob die Körper einander anzuziehen strebten, und als ob die Stärke dieser scheinbaren Anziehung dem Produkte ihrer Massen direkt, dem Quadrate ihrer Entfernung verkehrt proportional wäre. Um dies darzustellen, führt Newton einen Hilfsbegriff — eine Hypothese — ein und sagt: Zwischen je zwei Massen $\mathfrak{m}_1$ und $\mathfrak{m}_2$ in der Entfernung r wirkt in der Richtung ihrer Verbindungslinie eine Kraft von der Größe

$$R = \varkappa \cdot \frac{\mathfrak{m}_1 \cdot \mathfrak{m}_2}{r^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

[1]) Siehe z. B. Rosenberger, Isaac Newton und seine physikal. Prinzipien, S. 412 (1895).

wenn $\varkappa$ einen konstanten, nur vom Maßsystem (d. h. hier von der Wahl der Massen- und Längeneinheit) abhängigen Faktor bedeutet.

So fruchtbar nun in formeller Beziehung die Einführung des vor Newton in diesem Sinne nicht gekannten Kraftbegriffes gewesen ist, so verwirrend hat sie gewirkt, als Newtons Schüler vergaßen, daß Kraft nichts anderes ist als eine Abstraktion, ein Wort, eine Hypothese, um gewisse Erscheinungen bequemer darzustellen. Man gewöhnte sich sogar, darin den Namen für ein wirkliches rätselhaftes Etwas zu erblicken, das die Ursache der Erscheinungen bilden sollte. Und nachdem sich die Klarheit des Begriffes nur erst verwischt hatte, suchte man auch die Erscheinungen anderer Gebiete aus der Wirkung von Fernkräften zu erklären. So wimmelte denn bald die Physik von Kräften der verschiedensten Art: von Gravitations-, elektrischen, magnetischen, Kohäsions-, Adhäsions-, Stoß- und chemischen Kräften. Und noch die Physik unserer Tage ist nicht frei von der unheilvollen Wirkung jenes Irrtums, durch den die Hypothese zur vermeintlichen Wahrheit gestempelt wurde, die nun ihrerseits durch ihre Unbegreiflichkeit den Geist in Verwirrung brachte. Nur so ist es verständlich, daß der Kraft — und zwar zunächst der Kraft der Gravitation — die Fähigkeit zugesprochen wurde, zeitlos den Raum zu überspringen, so daß ein Körper auf einen anderen wirken sollte, ohne Vermittelung des zwischenliegenden Mediums.

Im Banne der Fernwirkungstheorie trat man also an das Studium der elektrischen und magnetischen Erscheinungen heran. Der Analogie folgend, glaubte man nicht nur die Tatsachen durch elektrische und magnetische Fernkräfte erklären zu können, sondern man war auch gezwungen, besondere elektrische und magnetische Massen oder Fluida als Träger der Kräfte anzunehmen, die ihnen in ähnlicher Weise als Sitz und Angriffspunkt dienen sollten, wie die materiellen Massen der Gravitationskraft. Diese Fluida entziehen sich nun jedem Versuche, der darauf abzielt, ihre Existenz z. B. mit Hilfe der Wage direkt nachzuweisen. Man nannte die Fluida daher unwägbar oder imponderabel. Die Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen aber, zu deren Erklärung man sie samt den ihnen zugeschriebenen Fernkräften erfunden hatte, sind messenden Versuchen leicht zugänglich. Aus diesen kann man die in Wirksamkeit tretenden Elektrizitäts- und Magnetismus-

mengen und die Größe ihrer Fernkräfte auf indirektem Wege ermitteln und damit scheinbar deren Existenz erweisen. Aber auch nur scheinbar: denn eben diese Existenz war ja der Deutung der Versuche selbst als bewiesen gedachte Voraussetzung zugrunde gelegt worden.

Setzt man sich über die logischen Härten hinweg, die schon in den Grundlagen der Fernwirkungstheorie wurzeln, so muß man gestehen, daß die Gesamtheit der zu Beginn des 19. Jahrhunderts bekannten elektrostatischen, magnetischen und elektrodynamischen Kraftwirkungen durch die Fernwirkungstheorie ohne inneren Widerspruch gedeutet werden konnten.

Coulomb (1785 bis 1789) war es geglückt, die elektrostatischen und magnetischen Anziehungen und Abstoßungen auf Kräfte zwischen den einzelnen Teilchen (Elementen) der wirkenden Fluida zurückzuführen. Für die von Oersted (1820) entdeckte Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom hatte Laplace[1]) aus den Versuchen von Biot und Savart (1820) ein Elementargesetz der Fernwirkung zwischen Stromelementen und Magnetpolen aufzustellen vermocht. Und Ampère konnte (1823) die von ihm ergründeten Anziehungen und Abstoßungen zwischen stromdurchflossenen Leitern in einer Formel für die Fernkraft zwischen Stromelementen aussprechen, die von Maxwell selbst[2]) als Kardinalformel der Elektrodynamik für alle Zeiten bezeichnet wurde.

Alle diese Gesetze lassen die betreffenden Fernkräfte (R) dem Produkte der wirkenden Agentien [elektrische Mengen (e), magnetische Mengen (m), Stromelemente] direkt, dem Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernung (r) verkehrt proportional erscheinen, abgesehen von Faktoren ($\varkappa$), die teils durch das gewählte Maßsystem, teils auch durch die gegenseitige räumliche Lage der Elemente bestimmt sind. Die Richtung der Elementarkräfte in Coulombs und Ampères Gesetzen fällt außerdem in die Verbindungslinie der wirkenden Elemente, so daß die formale Ähnlichkeit mit Newtons Gesetz nicht zu verkennen ist. In Coulombs Gesetzen tritt diese Analogie am deutlichsten hervor;

[1]) Biot, Lehrb. d. Exper. Phys. Deutsch von Fechner **4**, 189 (1829). 2. Aufl.

[2]) Maxwell, Lehrb. d. El. u. d. Magn. Deutsch von B. Weinstein **2**, § 528 (1883).

hiernach herrscht — unter Benutzung der eben angegebenen Symbole — zwischen je zwei (punktförmigen) elektrischen Mengen e_1 und e_2 in der Richtung ihrer Verbindungslinie die Fernkraft

$$R_1' = \varkappa_1 \cdot \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2} \quad \cdots \quad (2a)$$

und zwischen je zwei magnetischen Mengen m_1 und m_2 die Kraft

$$R_2' = \varkappa_2 \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \cdots \quad (3a)$$

Trifft man bezüglich des Maßsystems insbesondere die Bestimmung, daß als Einheit der elektrischen (magnetischen) Menge jene zu gelten habe, die auf eine ihr gleiche in der Einheit der Entfernung (1 cm) die Krafteinheit (1 Dyne[1]) ausübt, so erhalten die Konstanten $\varkappa_1$ und $\varkappa_2$ beide den Wert Eins und es wird

im elektrostatischen Maßsystem: $R_1 = \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2} \quad \cdots \quad (2b)$

im magnetischen Maßsystem: $R_2 = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \cdots \quad (3b)$

Wie immer man den theoretischen Grundlagen gegenüber stehen mag, von denen aus diese Gleichungen gewonnen wurden, die Kräfte R_1 und R_2 sind wirklich meßbar (z. B. mit Hilfe der Coulombschen Drehwage), wenn sich auch im weiteren Verlaufe der Betrachtung herausstellen sollte, daß nicht Fernwirkungen ihre Ursache bilden; die Begriffe der Elektrizitätsmengen (e) und der Magnetismusmengen (Polstärken, m) sind ungemein wertvolle Abstraktionen, deren wir uns mit Vorteil bedienen können, selbst wenn wir zur Erkenntnis gelangen, daß sie ebensowenig Mengen eines wirklichen elektrischen oder magnetischen Fluidums sind, als die Wärmemenge uns heute die Quantität eines besonderen Wärmestoffs bedeutet.

Im Bisherigen wurde in großen Zügen skizziert, wie die Fernwirkungstheorie die elektrischen und magnetischen Erscheinungen zu deuten sucht. Trotz größter Vorsicht, ja Voreingenommenheit gegen ihre Grundlagen, ergab sich das Resultat, daß sie ohne Widerspruch in sich selbst den Tatsachen, zu deren Erklärung sie

---

[1]) 1 Dyne ist gleich der Kraft, mit der die Erde die Masse von 1,02 mg unter 45° geogr. Br. anzieht.

ersonnen war, in sehr vollkommener Weise angepaßt erscheint; und es muß hinzugefügt werden, daß sie sich auch später noch neuen Tatsachen, wie z. B. der elektrodynamischen Induktion gegenüber, in hohem Grade anpassungs- und leistungsfähig erwiesen hat.

„War der eingeschlagene Weg gleichwohl eine falsche Fährte, so konnte Warnung nur kommen von einem Geiste von großer Frische, der wie von neuem unbefangen den Erscheinungen entgegentrat, der wieder ausging von dem, was er sah, nicht von dem, was er gehört, gelernt, gelesen hatte. Ein solcher Geist war Faraday[1])."

Zweites Kapitel.

Theorie der vermittelten Fernwirkung.

I. Abschnitt.

Michael Faraday (1791 bis 1867).

„Die wahren Weisen fragen, wie sich die Sache verhalte in sich selbst und zu anderen Dingen, unbekümmert um den Nutzen, d. h. um die Anwendung auf das Bekannte und zum Leben Notwendige, welche ganz andere Geister, scharfsinnige, lebenslustige, technisch geübte und gewandte, schon finden werden."

Goethe, Aphorismen.

Es ist eine schon fast zum Gemeinplatz gewordene Wahrheit, daß alle Naturerkenntnis nur auf dem Wege der sinnlichen Erfahrung gewonnen werden kann. Was man dann Erklärung der Erscheinungen zu nennen pflegt, ist im Grunde nichts anderes, als deren möglichst vollständige und einfache Beschreibung[2]). Um diese richtig liefern zu können, muß ein Prozeß vorhergehen, den Mach so treffend Anpassung der Gedanken an die Tatsachen

[1]) Hertz, Ges. Werke **1**, 342.
[2]) G. Kirchhoff, Mechanik, 1. Vorl.