

KRITISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR ALLGEMEINEN ELEKTRODYNAMIK

EINLEITUNG

Die elektrischen und elektrodynamischen Erscheinungen haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Sie umfassen jetzt die Optik, die Strahlungsgesetze und sonstige unzählige molekulare Vorgänge, die an das Vorhandensein elektrischer Ladungsträger (Ionen, Elektronen) gebunden sind. Ferner scheint mit dem Begriff der elektromagnetischen Masse die Mechanik als solche ein Teil der allgemeinen Elektrodynamik zu werden. So würde die Maxwell'sche Theorie in der ihr durch Lorentz gegebenen Form der Angelpunkt einer neuen Naturauffassung, in der die als grundlegend betrachteten Gesetze der Elektrodynamik die Bewegungsgesetze als besonders Fall umschließen und die gleiche überragende Rolle in der Physik spielten wie bisher die Mechanik.

Unter solchen Umständen ist es sicher zu wünschen, dass diese Theorie durch eine strenge Kritik ihrer Grundlagen einen Grad von Klarheit und Strenge erlangt, den die Mechanik selber, nach vielem Hin und Her, erst vor ganz kurzer Zeit erreicht hat. Die Frage muss gestellt werden, welche Annahmen notwendig und aus der Erfahrung ableitbar sind, welche anderen logisch überflüssig sind oder zusammengestrichen werden können ohne Widerspruch zur Erfahrung, und welche anderen verworfen werden müssen, namentlich etwa die einer absoluten Bewegung.

Der 1. Teil der *Leçons sur l'Electricité et l'Optique* von H. Poincaré enthält eine klassische Kritik der nicht völlig übereinstimmenden Theorien von Lorentz und Hertz. Ich brauche mich daher nur noch mit der Lorentz'schen Form dieser Theorie zu befassen, welche die bekannten Vorteile aufweist. Einige Ergebnisse

können ohne weiteres auf die übrigen Theorien übertragen werden. Dabei brauchte ich öfters nur die Gedankengänge von Poincaré und natürlich von Lorentz, dem die verschiedenen Aspekte, unter denen seine Theorie dargestellt werden kann, nicht entgangen sind, in Erinnerung zu rufen.

Im allgemeinen habe ich die von der Korpuskulartheorie der Elektrizität abhängenden Erscheinungen im **Molekularbereich** vernachlässigt, da diese Theorie weitgehend unabhängig von den Vorstellungen ist, die man sich von der Wirkungsweise elektrischer Ladungen vermittelt des Aethers machen kann, welche den eigentlichen Gegenstand der elektrodynamischen Grundgleichungen ausmacht.

Das Ergebnis meiner Betrachtungen ist den herrschenden Theorien nicht günstig. Die Erörterung von deren Schwierigkeiten führt auf eine gemeinsame Ursache, den allen Theorien gemeinsamen Aetherbegriff. Namentlich ergibt sich:

1. Vom streng logischen Standpunkt aus können die elektrische und die magnetische Kraft, die auf den ersten Blick theoretisch grundlegend sind, völlig ausgemerzt werden, so dass die Theorie nur Raum- und Zeitbeziehungen enthält. Man gelangt so zu den alten Elementarwirkungen, bloss dass diese nicht mehr sofortig sind.
2. Die Theorie lässt unendlich viele Lösungen zu, die alle den gesetzten Bedingungen entsprechen, aber der Erfahrung widersprechen und z.B. zu einem perpetuum mobile führen. Um solche Lösungen auszuschliessen, muss man im Sinn einer Hypothese die Formeln der retardierten Potentiale einführen. Diese bringen die **Ummkehrbarkeit** der Erscheinungen in die Elektrodynamik, während die allgemeinen Gleichungen mit der Ummkehrbarkeit verknüpft sind. Ich werde zeigen, dass sie, im Gegensatz zur überkommenen Meinung, nicht aus einer passenden Spezialisierung des Anfangszustandes ableitbar sind. Sie bedeuten eine neue Hypothese, und diese macht die partiellen Differentialgleichungen ü-

- berflüssig. Um diese Hypothese deutlich auszusprechen, ist es nötig, von Elementarwirkungen zu sprechen, dh. auf die Grundidee von Maxwell, der diese verwarf, zu verzichten.
3. Der Begriff des örtlichen Vorhandenseins von Energie im Aether ist unbestimmt und schliesst mehrere einfache Lösungen in sich.
 4. Die von Maxwell erkannte Unmöglichkeit, die Schwerkraft, die einer negativen Energie eines unstabilen Mediums entspräche, auf die gleiche Begriffswelt aufzubauen, zeigt, dass diese nicht allgemeingültig sein kann.
 5. Actio und reactio sind nicht gleich, und diese Ungleichheit widerspricht der Erfahrung.
 6. Die Versuche von Kaufmann über die elektrische und magnetische Ablenkbarkeit der Betastrahlen des Radium beweisen nicht, dass die Masse des Elektrons vollständig elektromagnetischen Ursprungs ist und von dessen absoluter Geschwindigkeit abhängt, denn einerseits zwingt uns nichts, mit Lorentz eine lineare Abhängigkeit der Kräfte von der Geschwindigkeit anzunehmen - was nur für kleine Geschwindigkeiten zutreffen könnte -, und andererseits beweist ein Versuch von Trouton & Noble, dass der Ausdruck für die elektromagnetische Bewegungsgrösse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, aus welcher Abraham die elektromagnetische Masse abgeleitet hat, sicherlich falsch ist.
 7. Die Theorie von Maxwell und Lorentz geht von einem System absoluter Koordinaten aus, dh. solcher, die von der Bewegung der Materie unabhängig sind. Um in Uebereinstimmung mit der Erfahrung zu bleiben, die sowohl in der Optik und Elektrodynamik wie in der Mechanik stets die Relativität aller Bewegung bestätigt hat, muss man hinterher dieses absolute System durch eine Reihe wenig wahrscheinlicher Annahmen wiederausscheiden. Man muss den Begriff des starren Körpers und die Unveränderlichkeit der wägbaren Masse aufgeben, ausserdem die Regeln der Kinematik ändern, insb. das Parallelogramm der Geschwindigkeit nur als eine erste Annäherung ansehen, die bei niedern Geschwindigkeiten zulässig ist. Endlich müssen Zeit und Gleichzeitigkeit zu ganz relativen Begriffen gemacht werden.

Es wäre für die Oekonomie des Denkens zu bedauern, wenn solche Begriffe eingeführt werden müssten. Ich glaube, statt die Kinematik anzugreifen, muss man die Aetherhypothese und mit ihr die Darstellungsweise in partiellen Differentialgleichungen verlassen. Um zu erklären, warum der Aether den Körpern keinen Widerstand bietet und durch sie in seinem Zustand nicht geändert wird, und aus manch andern Gründen hat man bereits aus dem Fresnel'schen Aether einen blossen PHYSIKALISCHEN RAUM gemacht, der durch Körper vollständig durchdringbar ist, ein absolutes Koordinatensystem. Er ist nur noch eine mathematische Abstraktion, und seine Ausmerzung wäre nur der letzte Schritt in einer langen Entwicklung.

Diese Folgerung bedeutet keineswegs eine Rückkehr zur Fernwirkung. Sie widerstreitet aber manchen Liebgewordenen Vorstellungen, und ich gebe gern zu, dass eine Hypothese, die der Wissenschaft grosse Dienste geleistet hat, nicht aus dem einzigen Grund aufgegeben werden darf, dass sie im Augenblick Schwierigkeiten begegnet, die unentwirrbar scheinen. Denn man wird entweder von der Zukunft eine Lösung dieser Schwierigkeiten erhoffen oder annehmen können, dass sie in der Natur der Sache liegen und von dem Bild, das wir uns vom Sachverhalt machen, nicht abhängen. Glücklicherweise ist dem nicht so, wie ich im 2. Teil meiner Arbeit zu zeigen versuche; immerhin erhebt die dort gebotene Theorie nicht den Anspruch einer ausreichenden und endgültigen Lösung der schwierigen Frage. Sie bezweckt in erster Linie, zu zeigen, wie gross noch, trotz der neuesten Fortschritte, das Reich des Unbekannten ist, und wie unerwartet wenig die Erfahrung als Bestätigung der Maxwell-Lorentz'schen Theorie gelten kann, selbst wenn man, wie ich es tun werde, die Gedanken von Lorentz über eine atomistische Verfassung der Elektrizität und die Natur des Leitungs- und Verschiebungsstromes, kurz, die ELEKTRONENTHEORIE, einbezieht. Meine Untersuchungen werden ausserdem zeigen, dass die Einführung absoluter Bewegung, die Umstürzung von Kinematik und Zeitbegriff unnötig sind: nur Relativgeschwindigkeiten treten auf. Der Kritik ausgesetzte Begriffe wie Polarisation, elektrischer Vektor, magnetische Kraft u.dgl. treten nicht auf, wir arbeiten nur mit den Begriffen der Zeit, des Raums und der elektrischen Ladungen, und die letztern entsprechen wie in der Mecha-