

14. *Die Translation*
deformierbarer Elektronen und der Flächensatz;
von Paul Ehrenfest.

Hr. Abraham hat darauf hingewiesen, daß für ein (starres) *nicht*-kugelförmiges Elektron gleichförmige Translationen nicht nach jeder Richtung hin *kräftefrei* stattfinden können. Soll zum Beispiel ein starres homogen geladenes Elektron von der Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoides eine gleichförmige Translation schief zu seinen Hauptachsen ausführen, so muß ein von äußeren Kräften herrührendes Drehmoment dasjenige Drehmoment kompensieren, welches das Feld des bewegten Elektrons auf das Elektron ausübt.¹⁾

Gewisse Bedenken gegen die übliche Definition und Berechnung der scheinbaren Masse deformierbarer Elektronen veranlassen mich, die nachfolgende Bemerkung vorzubringen, von deren Erledigung die genauere Formulierung jener Bedenken abhängig ist.

Die Lorentzsche Relativitäts-Elektrodynamik wird in der Formulierung, in der sie Hr. Einstein²⁾ publiziert hat, ziemlich allgemein als abgeschlossenes System angesehen.³⁾ Dementsprechend muß sich aus ihr rein deduktiv eine Antwort auf die Frage ergeben, die man durch Übertragung des Abraham'schen Problems vom starren auf das *deformierbare* Elektron erhält: Angenommen, es existiere ein deformierbares Elektron, das in der Ruhe irgend eine *nicht*-kugelförmige und *nicht*-

1) M. Abraham, Ann. d. Phys. 10. p. 174. 1903; vgl. auch Theorie der Elektrizität 2. p. 170—173. Die Kräfte, die zwei Volumenelemente des Elektrons aufeinander ausüben, fallen bei der Bewegung nicht mehr in Richtung der Verbindungslinie. So liefert jedes Elementenpaar ein Drehmoment. Nur bei Translation parallel den Hauptachsen ist das summative Drehmoment wegen Symmetrie gleich Null.

2) A. Einstein, Ann. d. Phys. 18. p. 639. 1905.

3) Vgl. besonders W. Kaufmann, Ann. d. Phys. 19. p. 487 und 20. p. 639. 1906.

ellipsoidische Gestalt besitzt.¹⁾ Bei gleichförmiger Translation erfährt dieses Elektron nach Hrn. Einstein die bekannte Lorentz-Kontraktion. *Ist nun für dieses Elektron gleichförmige Translation nach jeder Richtung hin kräftefrei möglich oder nicht?*

Wenn sie *nicht möglich* ist, so muß man dem Relativitätsprinzip zuliebe durch eine *neue* Hypothese die Existenz solcher Elektronen ausschließen; andernfalls besäße man ja in ihnen ein Instrument, um absolute Ruhe zu konstatieren.

Wenn sie *möglich* sein soll, so wäre zu zeigen, wie dies aus dem Einsteinschen System gefolgert werden kann, ohne Heranziehung ganz neuer Axiome.²⁾

1) Vgl. z. B. M. Planck, Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. Berlin 1906. p. 137: „dafür erwächst andererseits der Vorteil, daß man dem (deformierbaren) Elektron weder Kugelgestalt noch überhaupt eine bestimmte Form zuzuschreiben braucht, um zu einer bestimmten Abhängigkeit der Trägheit von der Geschwindigkeit zu gelangen.“

2) Soll (entsprechend dem Relativitätsprinzip) ein geladener Kondensator schief zur Erdbewegung gestellt kein Drehmoment aufweisen und soll ein sich entladender, mit der Erde bewegter Kondensator keinen Rückstoß aufweisen, so muß man die Hypothese heranziehen: die Molekularkräfte, die durch die Ladung des Kondensators in jenen Bestandteilen hervorgerufen werden, welche die Kondensatorplatten auseinanderhalten, diese Molekularkräfte sorgen in beiden Fällen für entsprechende Gegenreaktionen. — Nun hat andererseits Hr. Abraham gezeigt (Physik. Zeitschr. 5. p. 576. 1904; Theorie der Elektrizität 2. p. 205): Wenn man die longitudinale Masse des deformierbaren Elektrons in der üblichen Weise berechnet, so muß man dem Elektron eine außer-elektromagnetische Energie innerer Deformationskräfte zuschreiben, um den Energiesatz aufrecht zu erhalten. Man könnte also diese außer-elektromagnetischen Kräfte (analog jenen Molekularkräften) das elektromagnetische Drehmoment kompensieren lassen. So hätte man den (rein elektromagnetischen) Energie- und Flächensatz aufgegeben und behielte nur noch den Schwerpunktsatz bei. Und doch braucht man nur gerade ihn noch ebenso preiszugeben, wie man den Energiesatz schon preisgegeben hat — *dann kann man für das Lorentz-Elektron jede beliebige scheinbare Masse besorgen, also jedes Messungsergebnis mit dem Relativitätsprinzip in Einklang bringen.* (Am einfachsten bietet sich freilich für die scheinbare Masse der Wert Null; so wie nach der Relativitätstheorie auch ein makroskopischer Kondensator durch Ladung keinen Massenzuwachs erhalten darf.)

(Eingegangen 19. März 1907.)