

11. Relativität und Gravitation.
Erwiderung
auf eine Bemerkung des Hrn. A. Einstein;
von Max Abraham.

Die Einsteinsche Relativtheorie hat, besonders auf die jüngsten mathematischen Physiker, eine faszinierende Wirkung ausgeübt, welche die gesunde Fortentwicklung der theoretischen Physik zu hemmen drohte. War es doch dem nüchternen Beurteiler klar, daß diese Theorie niemals zu einem vollständigen Weltbilde führen konnte, wenn es ihr nicht gelang, die wichtigste, weil allgegenwärtige Naturkraft, die Schwere, in ihr System einzuordnen. Das Scheitern der hierauf zielenden Bemühungen hat denn auch zur Krisis der Relativtheorie geführt.

Bereits vor Jahresfrist hat A. Einstein, indem er einen Einfluß des Gravitationspotentials auf die Lichtgeschwindigkeit annahm, das für seine frühere Theorie wesentliche Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit aufgegeben¹⁾; in einer vor kurzem erschienenen Arbeit²⁾ läßt er nun auch die Forderung der Invarianz der Bewegungsgleichungen bei Lorentztransformationen fallen, und versetzt damit der Relativtheorie den Gnadenstoß. Wer, wie der Verfasser, wiederholt vor den Sirenenklängen dieser Theorie hat warnen müssen, der darf es mit Genugtuung begrüßen, daß ihr Urheber selbst sich nunmehr von ihrer Unhaltbarkeit überzeugt hat.

Wenn ich mir gestatte, gegen eine so verdienstliche Arbeit, wie die letzte Arbeit Einsteins, zu polemisieren, so sehe ich mich dazu durch die Kritik veranlaßt, welche Hr. Einstein daselbst meiner Theorie der Gravitation³⁾ angedeihen läßt; die betreffenden Bemerkungen sind geeignet, über die

1) A. Einstein, *Ann. d. Phys.* **35.** p. 898. 1911.

2) A. Einstein, *Ann. d. Phys.* **38.** p. 355 u. 443. 1912.

3) M. Abraham, *Physik. Zeitschr.* **13.** Nr. 1. 1912.

jener Theorie zugrunde liegende „Raum-Zeit-Vorstellung“ irrige Ansichten hervorzurufen.

Ich hatte den Ausdrücken des Gravitationstensors, sowie den Bewegungsgleichungen des materiellen Punktes im Schwerfeld eine Form gegeben, die im unendlich kleinen gegenüber Lorentztransformationen invariant ist. In der Beschränkung auf das unendlich kleine liegt schon implicite enthalten, daß im endlichen diese Invarianz nicht bestehen soll. In der Tat, wenn das Gravitationsfeld die Lichtgeschwindigkeit beeinflußt, so ist es von vornherein klar, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen einem Bezugssystem $\Sigma(xyzt)$ besteht, in welchem das Schwerfeld ein statisches ist, und einem gegen dieses gleichförmig bewegten Bezugssystem $\Sigma'(x'y'z't')$, in welchem das Schwerfeld, und mithin auch die Lichtgeschwindigkeit, sich zeitlich verändert. Es kann von irgend einer Art von Relativität, d. h. von einer Korrespondenz der beiden Systeme, die sich in Gleichungen zwischen ihren Raum-Zeit-Parametern $xyzt$ und $x'y'z't'$ ausdrücken würde, keine Rede sein. In der Tat sind, wie Hr. Einstein bemerkt, die Differentialgleichungen zwischen dx', dt' und dx, dt , welche die Lorentztransformation im unendlich kleinen enthalten, nicht integrierbar.

In dieser an sich zutreffenden Bemerkung kann ich freilich keine Rechtfertigung für die Behauptung finden, daß „meine Auffassung von Zeit und Raum sich schon vom rein mathematisch formalen Standpunkt aus nicht aufrecht erhalten läßt“. Unhaltbar wird allerdings jede relativistische Raum-Zeit-Auffassung, die in Beziehungen zwischen den Raum-Zeit-Parametern von Σ und Σ' ihren Ausdruck finden würde. Eine solche relativistische Raum-Zeit-Auffassung liegt mir indessen ganz fern. Mir scheint vielmehr, wie ich bereits an anderem Orte erwähnt habe¹⁾, die Deutung im Sinne einer Absoluttheorie die passende zu sein. Wenn unter allen Bezugssystemen dasjenige ausgezeichnet ist, in welchem das Schwerfeld statisch, oder quasi-statisch ist, so ist es erlaubt, eine auf dieses System bezogene Bewegung „absolut“ zu nennen. In der alten Fernwirkungsmechanik durfte man annehmen, daß die in weiter Ferne befindlichen Massen der Fixsterne

1) M. Abraham, Nuovo Cimento (6) 3. Marzo 1912.

oder daß ein fingierter Neumannscher „Körper α “ das Bezugssystem festlege. Der neuen, auf der Idee der Nahewirkung aufgebauten Mechanik ist eine solche Vorstellung fremd; es hat aber für sie nichts befremdliches, wenn das allgegenwärtige Schwerefeld selbst das „absolute“ Bezugssystem für die Bewegungen der Körper liefert. (Wer will, mag diese Vorstellung als Argument für die „Existenz des Äthers“ deuten.)

A. Einstein geht bei seinen neuen Untersuchungen von einer heuristischen Hypothese aus, die er „Äquivalenzhypothese“ nennt, und die eine raumzeitliche Korrespondenz zweier gegen einander beschleunigter Bezugssysteme fordert. Auch in dieser neuen Form jedoch scheint sich eine relativistische Auffassung von Zeit und Raum nicht durchführen zu lassen.¹⁾ Es beruht also auch diese neueste Theorie von Einstein auf schwankendem Grunde.

Doch wäre es leichtfertig, ihre Ergebnisse darum schlechtweg verwerfen zu wollen. Diese sind eben zum Teil — ebenso wie diejenigen meiner Theorie — von der benutzten Arbeitshypothese unabhängig. Insbesondere gilt dies von Einsteins Bewegungsgleichungen des materiellen Punktes im Schwerefelde; dieselben haben merkwürdigerweise mit den meinigen des Energieintegral gemeinsam, so daß die aus diesem Integral abgeleiteten Folgerungen ohne weiteres in Einsteins Theorie Platz finden konnten. Aus Gründen, die nicht mit Zeit und Raum, sondern mit den Prinzipien der Mechanik²⁾ zusammenhängen, bin ich geneigt, die Einsteinschen Bewegungsgleichungen anzunehmen, und damit die Invarianz der Bewegungsgleichungen bei Lorentztransformationen auch im infinitesimalen fallen zu lassen.

Andererseits dürften meine Ausdrücke für die Energiedichte und für die Spannungen im Schwerefelde, die auch Hr. Einstein benutzt, eine Bedeutung besitzen, die von dem Wege, auf welchem sie erhalten wurden, unabhängig ist.

Mailand, Juni 1912.

1) A. Einstein, l. c. p. 456.

2) Ich gedenke hierauf in der Lagrange-Centenarschrift genauer einzugehen.

(Eingegangen 5. Juni 1912.)