

$$E = mc^2$$

In seinem Artikel *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?* (Annalen der Physik, Band 18, 1905, Seite 639) beginnt A. Einstein mit den Worten

„Die Resultate einer jüngst in diesen Annalen von mir publizierten elektrodynamischen Untersuchung führen zu einer sehr interessanten Folgerung ...

Gibt ein Körper die Energie L in Form von Strahlung ab, so verkleinert sich die Masse um L/V² ...

Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ...“.

Erläuterungen. Mit den von ihm erwähnten Analen, bezieht sich Einstein auf den Artikel *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Analen der Physik, Band 17, 1905, Seite 891). Seine darin gemachten Untersuchungen sind später als (Spezielle) Relativitätstheorie in die Physik eingegangen. (Das Maß für die Trägheit eines Körpers ist seine Masse.)

Einsteins berühmte Formel ist somit nicht die Relativitätstheorie, wie sooft wahrgenommen wird, sondern eine Folgerung aus dieser. Sie besagt, dass Masse und Energie zwei unterschiedliche Formen ein und derselben Sache sind

$$L = mV^2 \Rightarrow E = mc^2$$

E, L – Energie; Einheit: J (Joule);

m – Masse; Einheit: kg (Kilogramm);

c, V – Lichtgeschwindigkeit; Einheit: $\frac{m}{s}$ (Meter pro Sekunde).

Der Zusammenhang mit der Relativitätstheorie wird offensichtlicher, wenn wir die Formel so, wie sie in Einsteins Aufzeichnungen zu finden ist, etwas näher betrachten

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(Der Faktor 1/v beschreibt die Zeitdilatation, die Wurzel v selbst die Längenkontraktion.)

Geschwindigkeitsangaben stehen immer in Bezug zu einem anderen Körper. Sie sind somit relativ und hängen von der Wahl des Bezugssystems ab. D. h., die Energie ist von der Wahl des Bezugssystems abhängig. Ist die Geschwindigkeit v eines Körpers der Masse m gleich null (v = 0), so ist E = mc² die Ruheenergie des Körpers.

Bemerkung. Mit einer Lichtgeschwindigkeit von $\sim 300.000.000 \frac{m}{s}$ steckt selbst in kleinen Massen ganz schön viel Energie. Im Alltag macht sich wegen des sehr großen Umrechnungsfaktors c² die Änderung der Masse praktisch nicht bemerkbar. So richtig kommt die Relativitätstheorie erst ab Geschwindigkeiten von mehr als $30.000 \frac{km}{s}$ zum Tragen. Mit einer Geschwindigkeit von v = c, wäre die Energie eines massebehafteten Körpers unendlich groß. Die Energie ist eine Erhaltungsgröße. Wollte man ein Objekt auf Lichtgeschwindigkeit bringen, wäre demnach die Energie des gesamten Universums erforderlich. (Das Photon ist masselos.)