

Joachim Stiller

Relativistische Massenzunahme

Alle Rechte vorbehalten

Relativistische Massenzunahme

Die **relativistische Massenzunahme** ist ein Phänomen der [speziellen Relativitätstheorie](#). Sie besagt, dass eine bewegte [Masse](#) größer ist, als eine ruhende. Einstein selbst lehnte die relativistische Massenzunahme ab. Sehr zu Unrecht, wie ich finde. In einem Brief an Lincoln Barnett schreibt er:

„Es ist nicht gut, von der Masse $M = m / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ eines bewegten Körpers zu sprechen, da für M keine klare Definition gegeben werden kann. Man beschränkt sich besser auf die „Ruhemasse“ m . Daneben kann man ja den Ausdruck für momentum und Energie geben, wenn man das Trägheitsverhalten rasch bewegter Körper angeben will.“

Wie gesagt, ich halte Einsteins Skepsis für unbegründet und würde gerne wieder zur Anerkennung der relativistischen Massenzunahme zurückkehren. Die Ruhemasse wird dann einfach mit m_0 zu benennen, wie es ja schon hatten und wie es an sich auch richtig ist. Die Relativitätstheorie verliert dadurch nichts an ihrer Kohärenz und Stimmigkeit

Die Formel in der allgemeinen Form

Die Masse eines Körpers ändert sich mit der Geschwindigkeit und wird umso größer, je schneller sich der Körper bewegt. Dabei kann der Körper niemals auf [Lichtgeschwindigkeit](#) beschleunigt werden, weil der Impuls dann unendlich würde. Man müsste praktisch unendlich viel Energie aufwenden, um den Körper so weit zu beschleunigen. Die relativistische Massenzunahme ist zusammen mit der [Zeitdilatation](#) und der [Längenkontraktion](#) eines der grundlegenden Phänomene der speziellen Relativitätstheorie und spielt bei der Durchführung von Experimenten in [Teilchenbeschleunigern](#) eine wichtige Rolle.

Die Größe des Effekts errechnet sich mit der relativistischen Massenformel:

$$m = m_0 \cdot \gamma.$$

Dabei ist:

- * m die relativistische Masse,
- * m_0 die Ruhemasse, und
- * $\gamma = \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ der [Lorentzfaktor](#) mit der Lichtgeschwindigkeit c .

Die Formel für die relativistische Massenzunahme lässt sich also schreiben als:

$$m = m_0 \cdot \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

Und:

$$m_0 = m / \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

Erläuterung

Die bei bewegten Körpern auftretende relativistische Massenzunahme wird durch folgende Beziehung dargestellt (wobei v die Relativgeschwindigkeit, und c die Lichtgeschwindigkeit ist):

$$m = m_0 \cdot \gamma.$$

Man betrachte zum Beispiel eine Kugel, die sich mit einer konstanten Geschwindigkeit $v = 0,8 \cdot c$ von der Erde wegbewegt. Die Erde ruht im [Inertialsystem](#) S , die Kugel ruht in S' . Wir nehmen an,

dass die Kugel in S' eine Ruhemasse von $m_0' = 18 \text{ kg}$ hat. Aus Sicht der Erde (S) hingegen ist die Kugel bewegt, und es wird gemäß folgender Formel die größer gewordene relativistische Masse m bestimmt:

$$m = m_0' \cdot \gamma = 30 \text{ kg}.$$

Die bewegte Masse ist also vergrößert bezüglich der Ruhemasse um:

$$(1) m = m_0' \cdot \gamma .$$

Die Ruhemasse in S' ist also kleiner als die bewegte Masse in S. Wir erhalten:

$$(2) m_0' = m / \gamma .$$

Gemäß dem [Relativitätsprinzip](#) müssen umgekehrt auch in einem bewegten Inertialsystem S ruhende Objekte aus Sicht eines als ruhend gedachten Inertialsystems S' einer Massenzunahme unterworfen sein. Werden in den beiden obigen Formeln (1) und (2) die Vorzeichen und Striche symmetrisch ersetzt, ergibt sich folgendes:

$$(3) m' = m_0 \cdot \gamma$$

Also:

$$(4) m_0 = m' / \gamma .$$

Aus den Formeln (1) und (3) ergibt sich wiederum die allgemeine Form:

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

Aus den Formeln (2) und (4) ergibt sich wiederum die allgemeine Form:

$$m_0 = m \cdot \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

Relativistische Massenzunahme und Energieerhaltung

Ein Körper der Masse m_0 , der sich mit der Geschwindigkeit v bewegt, hat in der [speziellen Relativitätstheorie](#) die Energie

$$E(v) = m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die relativistische Massenzunahme ist nun ganz genau so gebildet, was auch gut und richtig ist, denn andernfalls wäre ja der Energieerhaltungssatz der RT verletzt:

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

In Ruhe hat Körper die [Ruheenergie](#):

$$E(\text{Ruhe}) = m c^2 \quad \text{oder} \quad E(0) = m_0 c^2 \quad \text{für } v = 0.$$