

Die Energie von Teilchen

Jeder Alltagsgegenstand enthält eine enorme Energiemenge. Diese äußert sich in seiner Masse, die nichts anderes als **Energie** ist. Dass wir diese Energie nicht nutzen können, liegt daran, dass es im Alltag keine Reaktion gibt, die diese Energie freisetzt. Wenn wir einen Körper beschleunigen, erhöht sich seine Energie und damit seine Masse. Die Masse, die ein Körper hat, wenn er ruht, nennt man seine Ruhemasse. Die Energiezunahme durch Beschleunigung ist bei Geschwindigkeiten des Alltages so verschwindend gering im Vergleich zu seiner Ruhemasse, dass eine Massenzunahme nicht zu bemerken ist.

Nehmen wir an, von zwei baugleichen Autos ist eines mit 50 km/h unterwegs und eines mit 100 km/h. In dem Auto, das mit 100 km/h unterwegs ist, ist mehr Energie enthalten. Das merkt man zum Beispiel daran, dass es bei einer Kollision einen größeren Schaden anrichtet. Aber verglichen mit der Energie, die die Autos aufgrund ihrer Masse haben, ist ihre Energiedifferenz verschwindend klein. Vom Standpunkt der Masse aus gesehen, haben beide Autos praktisch dieselbe Energie. Dies gilt allgemein: Die Energie von Körpern bzw. Teilchen, die sich langsam im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit bewegen, ist im Wesentlichen von ihrer Ruhemasse bestimmt und nahezu unabhängig von ihrem Impuls.

Für Teilchen mit Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit dreht sich diese Aussage um: Die Energie von Teilchen, die sich mit Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit bewegen, ist im Wesentlichen von ihrem Impuls bestimmt und nahezu unabhängig von ihrer Ruhemasse. Die Energie, die man den Teilchen geben musste, um sie auf so hohe Geschwindigkeit zu bringen, ist so enorm, dass ihre Ruhemasse im Vergleich dazu keine Rolle spielt.

Photonen haben in allen Systemen Lichtgeschwindigkeit. Sie ruhen in keinem System. Daher haben sie auch keine Ruhemasse. Aus formalen Gründen schreibt man ihnen die Ruhemasse Null zu. Das macht sich gut in den Gleichungen. Ihre Energie beziehen sie nur aus ihrem Impuls.

Sind viele Photonen mit demselben Impuls p im Spiel, so verhalten sie sich nicht wie ein Schwarm Schrotkugeln, die geradeaus fliegen, sondern sie verhalten sich in

ihrer Gesamtheit als eine elektromagnetische Welle. Ihre Wellenlänge λ hängt mit dem Impuls p zusammen nach $\lambda = \frac{h}{p}$, wobei $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js die plancksche Konstante ist. Ihre Energie ist nur eine Funktion des Impulses: $E = p \cdot c$.

Ist $f = \frac{c}{\lambda}$ die Frequenz der Welle, so ergibt sich für die Energie des Photons: $E = h \cdot f$.