### 2.3.2. Äquivalenz von Masse und Energie

Albert Einstein stellte 1905 in einem seiner Werke fest:

***„Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energiegehalt.“.***

Er traf dort die fundamentale Feststellung:

Die Gesamtenergie eines Körpers und seine dynamische Masse sind zueinander proportional. Masse und Energie sind äquivalent. Es gilt:   


* In jedem abgeschlossenen System ist die Erhaltung der Energie gleichbedeutend mit der Erhaltung der Masse. In relativistischer Betrachtungsweise umfasst somit der allgemeine Energieerhaltungssatz den Satz von der Erhaltung der Masse.
* Der Zusammenhang zwischen Energie und Masse ist nicht auf mechanische Vorgänge beschränkt, sondern gilt für beliebige Vorgänge in der Makrophysik und in der Mikrophysik.



Wird z. B. 1 Liter Wasser von 20 °C auf 100 °C erhitzt, so muss ihm eine Energie von 335 kJ zugeführt werden. Das entspricht einer Masse von .

Im Alltag spielen solche Betrachtungen keine Rolle.

Auf der Sonne verschmelzen Wasserstoffkerne zu Heliumkernen. Der Massendefekt beträgt hierbei 4,3 Millionen Tonnen pro Sekunde. Das entspricht einer Energie von 3,85 ·1026 J.

Ein ruhender Körper mit bestimmter Masse besitzt aufgrund der Beziehung *E = m · c*2 eine bestimmte Energie. Analog zur Ruhemasse *m*0 wird diese Energie als Ruheenergie bezeichnet. Es gilt:   
*E*0 = *m*0 · *c*2

Ein bewegter Körper verändert mit der Geschwindigkeit seine Masse und damit seine Energie. Der Energiezuwachs beträgt *ΔE = Δm · c*2. Die relativistische kinetische Energie ergibt sich dann als:   


In der speziellen Relativitätstheorie ist zu unterscheiden zwischen der Ruheenergie , der relativistischen kinetischen Energie  und der Gesamtenergie .

Wie groß ist die Gesamtenergie eines Elektrons, das sich mit 90 % der Lichtgeschwindigkeit bewegt? Wie groß ist der Anteil der kinetischen Energie?

*Analyse:*

Bei der angegebenen Geschwindigkeit muss eine relativistische Betrachtungsweise erfolgen. Es müssen Ruheenergie und relativistische kinetische Energie einbezogen werden.

gesucht: E

gegeben: m0 = 9,109 · 10–31 kg

c = 3 · 108 m · s–1

v = 2,7 250 108 m · s–1

Lösung:



Der Anteil der kinetischen Energie ergibt sich als Differenz von Gesamtenergie und Ruheenergie.



Damit hat die kinetische Energie einen Wert von .