

Einsteins berühmte Gleichung $E = m c^2$ / Massendefekt und Bindungsenergie

Wir betrachten den einfachsten Fall – den Wasserstoffkern (H-2 / das Deuteron).

(1) Masse des Protons: $m_p = 1,6726310 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

(2) Masse des Neutrons $m_n = 1,6749286 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Summe der beiden Teilchen $m_p + m_n = 3,3475517 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Bestimmt man die Masse des Wasserstoffkerns H-2 (Deuteron) experimentell, so stellt man fest, dass die Masse

$$m_{(H-2)} = 3,3435860 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \text{ beträgt.}$$

Dies ist eine um $\Delta m = 0,0039657 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ geringere Masse.

Dieses Phänomen ist allen Kernen gemeinsam.

Der Wert Δm wird **Massendefekt** genannt. Jeder Kern besitzt einen für ihn charakteristischen Wert des Massendefekts.

Einsteins Gleichung $E = m c^2$ beschreibt die Äquivalenz von Masse und Energie.

Wendet man diese Gleichung auf den Massendefekt an ($E = \Delta m c^2$), so ergibt sich eine Energie von $E = 3,56 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

Diese Energie entspricht aber exakt der Energie, die aufgebracht werden muss, um die beiden Bestandteile des Deuteron (Proton und Neutron) wieder voneinander zu trennen.

In der Masse steckt also die Energie.

- (a) Spaltet man 1kg Uran-235 im Reaktor, so beträgt der Massendefekt $\Delta m = 0,001 \text{ kg}$ (1 Gramm). Die Spaltprodukte haben zusammen noch eine Masse von 999 Gramm.
- (b) Verbrennt man 1kg Steinkohle, so wird bei dieser Oxidation (exothermen Reaktion) ebenfalls Energie frei gesetzt. Die Verbrennungsprodukte haben ebenfalls eine Masse, die kleiner als 1kg ist. Die Energiefreisetzung bei dieser Verbrennung ist jedoch viel geringer als bei der Spaltung von Uran-235. Der Massendefekt ist hier minimal.
- (c) Bei endothermen Reaktionen muss Energie zugeführt werden, um den Ablauf der Reaktion zu gewährleisten. Bei endothermen Reaktionen kann der Massendefekt ebenfalls beobachtet werden, nur haben die Reaktionsprodukte hierbei eine geringfügig größere Masse als die Ausgangsprodukte.

Für all diese Vorgänge lässt sich die Masse-Energie-Äquivalenz anwenden.
