

Sonne

Über viele Jahrhunderte hinweg hat man geglaubt, dass die Sonne ein großer brennender Feuerball. Erst später hat man ausgerechnet, wie lang die Sonne brennen könnte, wenn sie ein ganz normales Feuer wäre, bei dem Holz oder Kohle verbrennt. Mit chemischen Reaktionen wäre die Lebensdauer der Sonne sogar kleiner als die 6000 Jahre, das „biblische“ Alter der Welt.

Sonne

Die klassische Energiequelle, die mit Abstand die längste Zeit Energie liefern kann, ist die Gravitation. Auf den ersten Blick erscheint es unglaublich, dass die Sonne allein dadurch strahlen könnte, dass sie sich zusammenzieht, also ihr Radius schrumpft. Tatsächlich ist die Gravitationsenergie eine riesige Energiequelle. Könnte die Sonne bis auf einen Punkt zusammenschrumpfen, würde die gravitative Energie für etwa 19 Millionen Jahre reichen.

Sonne

Grundlage der Energieerzeugung in Sternen ist die Einsteinsche Äquivalenz von Masse und Energie:

$$E = mc^2.$$

Auf atomarer Ebene sind uns vor allen Dingen zwei Methoden bekannt, Massen (teilweise) in Energie zu verwandeln: Kernfusion und Kernspaltung.

Bei der Kernspaltung werden schwere instabile Atomkerne durch Beschuss mit Neutronen in zwei kleinere Kerne gespalten; dadurch wird Energie frei, mit der im Kernkraftwerk Wasser aufgeheizt und damit Strom produziert wird.

Sonne

Bei der Kernfusion werden Atomkerne niedriger Masse verschmolzen. Im einfachsten Fall werden vier Protonen zu einem Heliumkern verschmolzen; weil ein solcher Kern weniger Masse hat als die vier Protonen, wird die Massendifferenz in Energie umgewandelt.

Die Fusion findet im Kern der Sonne statt. Dort ist das Wasserstoffplasma auf die 10fache Dichte von Blei zusammengedrückt, und es herrscht eine Temperatur von 15 Millionen Grad.

Sonne

Zwei Protonen stoßen sich, da sie beide positiv geladen sind, ab; ist ihre Geschwindigkeit aber groß genug (das ist eine Frage der Temperatur), dann kommen sich die beiden Teilchen trotz der immensen Abstoßung gleichnamiger Ladungen so nahe, dass die starke Kernkraft (eine Anziehungskraft zwischen Protonen, die nur auf kürzeste Entfernungen wirkt) stark genug wird, um die beiden Protonen verschmelzen zu lassen.

Fast immer zerfällt das Produkt praktisch sofort wieder in zwei Protonen; nur in einem von 10^{28} Fällen verwandelt sich eines der beiden Protonen durch die Emission eines Positrons (und eines Neutrinos) in ein Neutron, und es entsteht ein Deuteriumkern ${}^2_1\text{H}$, der sogenannte „schwere Wasserstoff“.

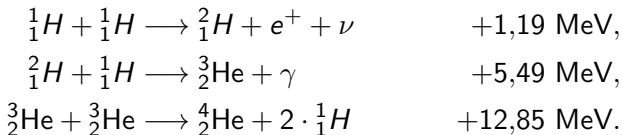
Sonne

Sich alleine überlassen ist Deuterium instabil und zerfällt (letztendlich wieder in zwei Protonen); wird es aber, bevor es zerfällt, von einem weiteren Proton getroffen, so entsteht als Produkt ein leichter Heliumkern ${}^3_2\text{He}$. Verschmelzen endlich zwei solche leichte Heliumkerne, dann entsteht das „gewöhnliche“ Helium ${}^4_2\text{He}$ und zwei Protonen.

Insgesamt hat man also vier Protonen zu einem Heliumkern verbacken. Die Masse des Heliumkerns *kleiner* ist als die der vier Ausgangsprotonen. Die fehlende Masse von $5,04 \cdot 10^{-29}$ kg wurde bei diesem Prozess in Energie verwandelt (kinetische Energie der Teilchen, sowie die des Photons).

Sonne

Der Gesamtprozess sieht also so aus:

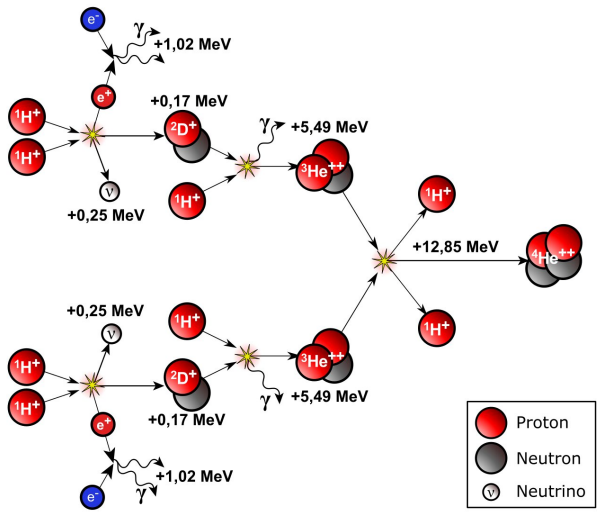


Um in der Sonne die Energie zu erzeugen, die sie abstrahlt, sind pro Sekunde etwa 10^{38} solcher Prozesse nötig. Aus der Masse der Sonne kann man ableiten, dass sie etwa $1,2 \cdot 10^{57}$ Protonen enthält; bis alle zu Helium verschmolzen sind, würden also in etwa

$$\frac{3 \cdot 10^{56}}{10^{38} \text{s}^{-1}} \approx 3 \cdot 10^{18} \text{s} \approx 10^{11} \text{ Jahre}$$

vergehen.

Sonne



Sonne

▶ Video (Gassner)

Sonne

Sonne

Sonne