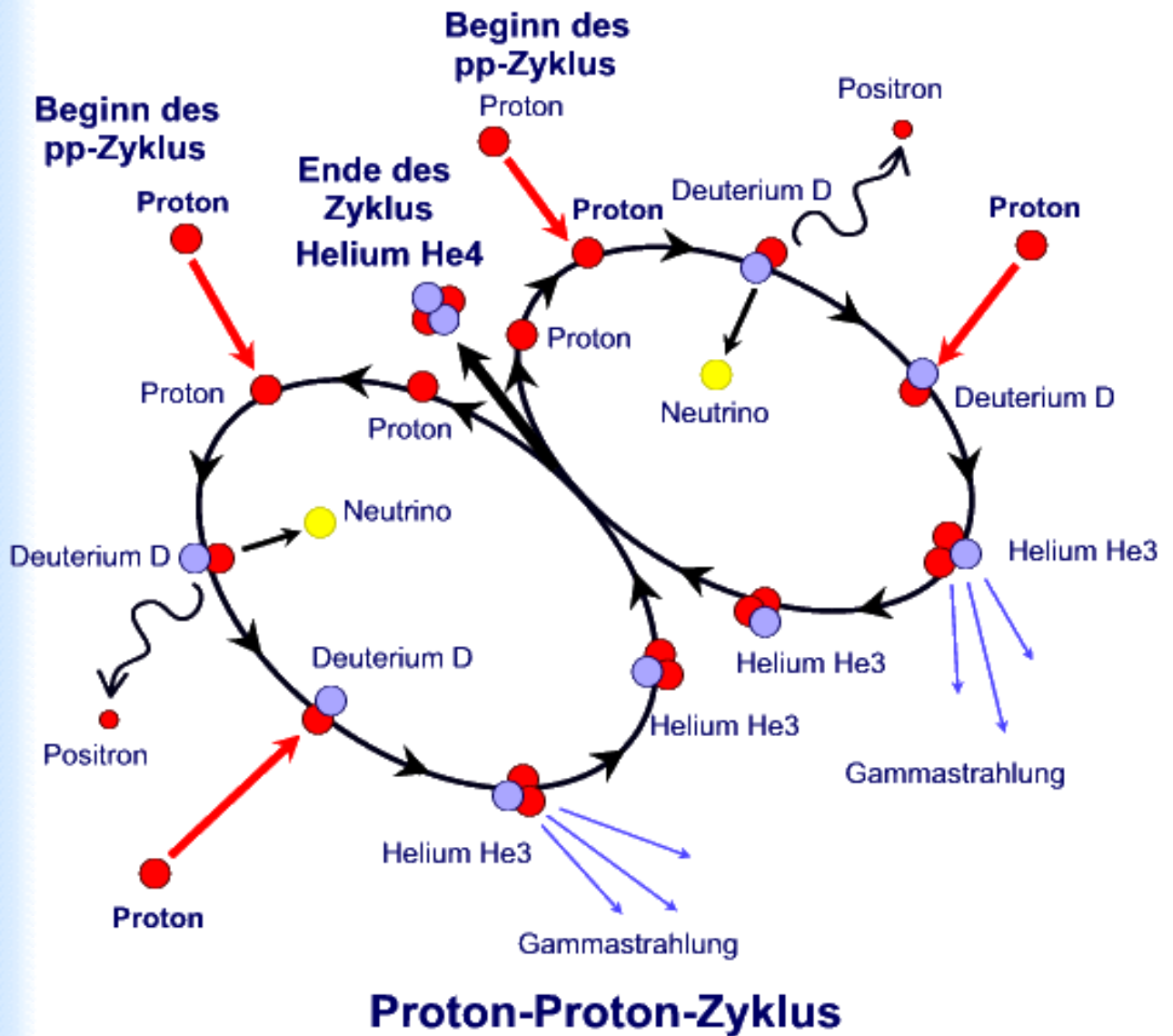


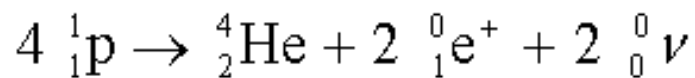
Sonnenenergie aus Kernprozessen

Man weiß, dass die Erde, und damit die Sonne seit über 4,5 Milliarden Jahren besteht. Man nahm noch vor 150 Jahren an, dass die Sonne ein riesiger Ofen sei. Die Annahme, dass hier Steinkohle verbrannt wird, also chemische Energie freigesetzt wird, kann aber die gemessene Energieabstrahlung nur für etwa 5000 Jahre erklären. Die Sonne entstand aus einer Gas- und Staubwolke durch Kontraktion wegen Gravitation. Dabei wird tatsächlich Gravitationsenergie frei. Auch diese Energie kann die Leuchtkraft der Sonne nicht für Milliarden Jahre gewährleisten. Jedoch ist dieser Effekt bei der Entstehung von Sternen wichtig und interessant. Durch die frei werdende Energie erhöht sich die Temperatur im Zentrum der Kontraktion, also in einem Vorstadium eines Sterns auf Millionen Grad. Dadurch kommt es zu Kernfusionen, die heute die einzige Erklärung für die Leuchtkraft der Sonne und der Sterne geben. Kernfusionen sind Millionen mal ergiebiger als alle anderen denkbaren Prozesse. 1905 erkannte Einstein, dass sich Masse in Energie umwandeln lässt. Nach der Beziehung $E = mc^2$ sind Masse und Energie äquivalent. Die Sonne ist ein Plasma aus vorwiegend Wasserstoffkernen. Bei einer Zentraltemperatur von wenigen Millionen Kelvin ist die Proton-Proton-Fusionsreaktion, auch p-p-Kette genannt, eine der häufigsten und wirksamsten Kernreaktionen. Stark vereinfacht verschmelzen vier Protonen, also Wasserstoffkerne, zu einem Heliumkern.



Proton-Proton-Zyklus

Die Energiebilanz und Reaktionsgleichung der p-p-Kette



Der Massendefekt Δm führt zur pro Prozess freiwerdenden Energie:

$$\Delta m = 4m_p - m_{\text{He}} - 2m_e = 0,0265 \text{ u}$$

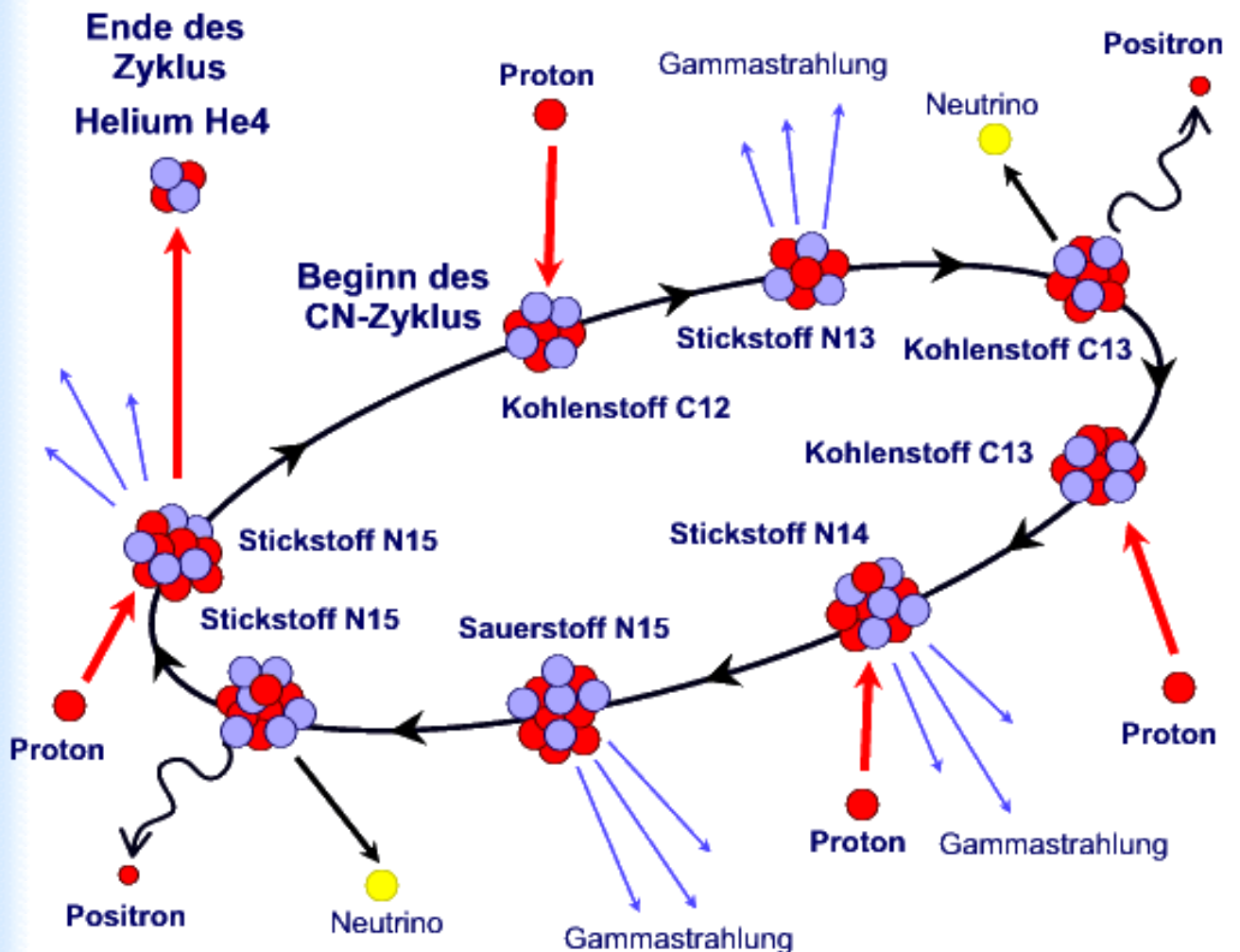
$$\Delta E = \Delta m c^2 = 4,0 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 25 \text{ MeV}$$

Diese Energie ist in Bewegungsenergie und γ -Strahlung vorhanden.

Bei einer chemischen Knallgasreaktion werden pro Prozess nur 3 eV frei!

Ein weiterer Prozess ist der Bethe-Weizsäcker-Zyklus, auch Kohlenstoff-

Stickstoff-Zyklus genannt, der bei höherer Zentraltemperatur (10-15 Millionen Kelvin) an Bedeutung gewinnt. Hier werden ebenfalls 4 Protonen zu einem Heliumkern verschmolzen.



Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus

Die verschiedenen Zyklen dauern sehr lange. So vergehen im Mittel etwa 300 Millionen Jahre, bis ein Zyklus des Bethe-Weizsäcker-Prozesses durchlaufen ist. Insgesamt verwandelt unsere Sonne pro Sekunde 4,2 Millionen Tonnen Masse in Energie, das sind in 4,5 Milliarden Jahren gerade 3 Promille der Gesamtmasse. Die entstehenden Neutrinos dringen, im Gegensatz zur Energie selbst, sofort an die Sonnoberfläche und erreichen nach wenigen Minuten die Erde. Sie geben Auskunft über die tatsächlich ablaufenden Prozesse und können die angenommenen Prozesse bestätigen oder zu neuen Denkanisätzen führen.