

Energietransport vom Kernbereich zur Oberfläche

Die Quelle der Energie, die die Sonne abstrahlt, ist im Sonnenzentrum. Energieerzeugung aus Kernfusion ist nur bei hohen Temperaturen und hohem Druck im Sonnenzentrum möglich. Die Sonnenstrahlung, die uns erreicht, stammt aber fast ausschließlich aus der Photosphäre, einem Bereich der Oberfläche der Sonne. Hier beträgt die Temperatur ca. 6000 K. Wie kann die im Zentrum frei gesetzte Energie an die Oberfläche kommen? Drei Arten von Wärmetransport sind möglich:

Wärmeleitung - Wärmekonvektion - Wärmestrahlung

Wärmeleitung: Energieübertragung durch Stoß

Energie kann durch Stöße der Teilchen übertragen werden. Bei einem Temperaturunterschied von 15 Millionen Kelvin auf 700000km beträgt der Temperaturgradient der Sonne durchschnittlich 0,02 K/m, auch bei einem sehr guten Wärmeleiter dürfte die transportierte Energie pro Sekunde eher gering sein: Wärmeleitung spielt beim Energietransport keine wesentliche Rolle

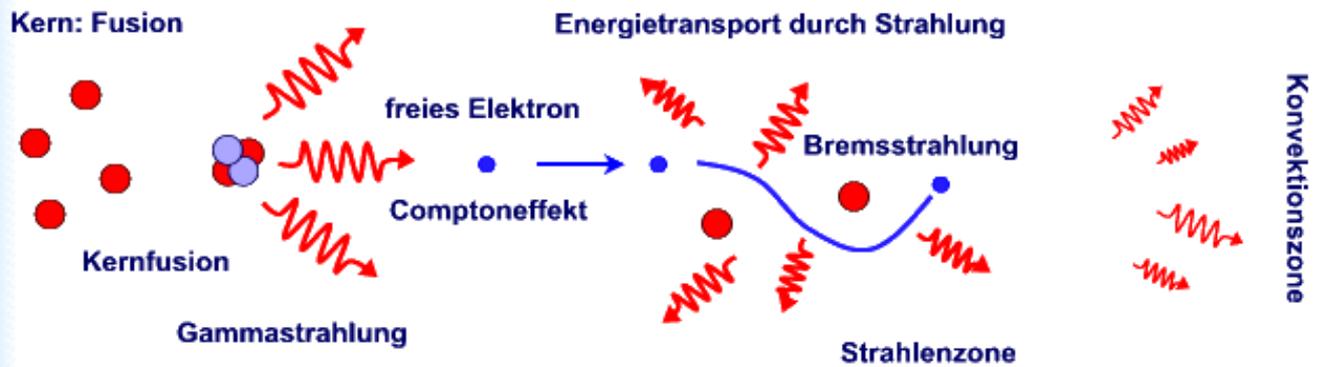
Wärmekonvektion: Materietransport

Um bei den gegebenen Bedingungen (Temperaturgradient, Leuchtkraft) die Energie durch Konvektion an die Oberfläche zu bringen, sind Aufstiegsgeschwindigkeiten des Plasmas von etwa 1 km/s nötig.

Solche Geschwindigkeiten treten im Bereich $0,84 R < r < 0,98 R$ tatsächlich auf und können sowohl beobachtet (Granulation) als auch gemessen werden. In tieferen Bereichen kann die Konvektion wegen des hohen Drucks keine wesentliche Rolle spielen: Wärmekonvektion spielt nur in den oberen Schichten der Sonne eine Rolle

Wärmestrahlung

Im Sonneninnern spielt ausschließlich die Wärmestrahlung eine Rolle. Der Prozess stellt sich so dar: Kernfusion --> Gammastrahlung --> Energieübertrag auf freie Elektronen (Comptoneffekt) --> diese geben beim Vorbeiflug an geladenen Teilchen wieder elektromagnet. Strahlung ab (Bremsstrahlung) --> Gammastrahlungusw.



Dabei erhält die sich weiter außen befindliche, kühlere Materie Energie von der inneren, wärmeren Materie. Wie lange aber braucht die im Sonneninnern erzeugte Energie, bis sie die Oberfläche der Sonne erreicht?

Die Sonne hat momentan eine gesamte thermische Energie: $Q = cmT$ mit $T = 15$ Mio K, das sind $E = 1,2 \cdot 10^{41}$ J

Die pro Sekunde abgestrahlte Energie (Leuchtkraft) beträgt: $3,8 \cdot 10^{26}$ J. Nimmt man an, dass die gesamte Energie durch Strahlung nach außen transportiert wird, dann dauert dieser Vorgang $t = E:(L \cdot 1s) = 10000000$ Jahre. Die Energie, die heute unsere Erde wärmt wurde also vor 10 Mio Jahren freigesetzt.

Wir können trotzdem Aufschluss über Prozesse, die jetzt in der Sonne stattfinden, erhalten, wenn wir die sogenannte Neutrinostrahlung untersuchen. Neutrinos entstehen bei bestimmten Kernprozessen. Es handelt sich um (fast) masselose, ungeladene Teilchen, die Materie (praktisch) ungehindert durchdringen können. Sie erreichen die Erde etwa 10 Minuten (!) nach ihrer Entstehung.

