

Helioseismologie: Blick ins Innere der Sonne

Nachwuchsgruppe "Seismologie der Sonne und der Sterne"

Die Sonne wirkt als Resonanzkörper für Schallwellen, die von der Konvektion im Sonneninneren erzeugt werden und eine Vielfalt von Mustern stehender Wellen bilden. Mit Hilfe der Dopplerverschiebung von Spektrallinien auf der Sonnenoberfläche konnten mehr als 10 Millionen akustische Eigenschwingungen identifiziert und ihre Frequenzen mit großer Genauigkeit vermessen werden. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage der Helioseismologie, die in den letzten 20 Jahren das Innere der Sonne mit großer Präzision entschlüsselt hat. So konnte der radiale Verlauf von Temperatur, Dichte und chemischer Zusammensetzung im Sonneninneren mit einer Genauigkeit von bis zu 0,1% bestimmt werden. Diese Ergebnisse zeigten, dass die Lösung des solaren Neutrino-Problems in der Physik der Elementarteilchen (Neutrino-Oszillationen) und nicht in Unsicherheiten des Sonnenmodells begründet sein musste, was durch die neueren Neutrinoexperimente schließlich glänzend bestätigt wurde. Die Messung der Tiefe der Konvektionszone sowie der internen Rotation der Sonne sind zwei weitere herausragende Erfolge. Helioseismologie ist allerdings nicht auf das Sonneninnere beschränkt: Wellenprozesse können von der Photosphäre bis in die Korona gemessen werden, um Informationen über die Struktur und Dynamik der Sonnenatmosphäre zu erlangen.

Seit wenigen Jahren ist es möglich, die lokale Wellenausbreitung unterhalb der Sonnenoberfläche zu vermessen. Diese "lokale Helioseismologie" verwendet Methoden, die denen der terrestrischen Seismologie ähnlich sind. Diese dienen dazu dreidimensionale Bilder vom Sonneninneren zu erstellen und die dortigen Strömungen zu studieren. Damit kann beispielsweise die Tiefenstruktur von Sonnenflecken und magnetisch aktiven Regionen erforscht werden.

Text from "Perspektiven der Erforschung von Sonne und Heliosphäre in Deutschland".

Figures from the SOI-MDI consortium and Kosovichev et al.

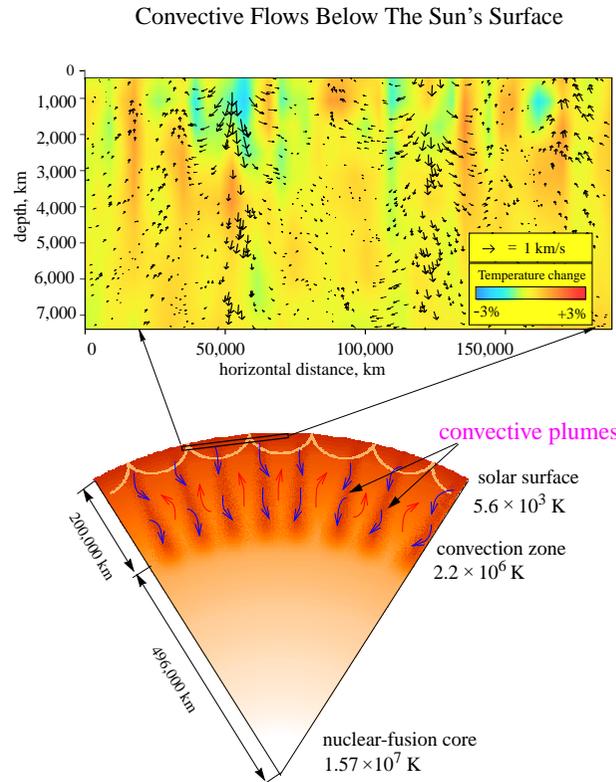


Abbildung 1: Konvektionsbewegungen unterhalb der Sonnenoberfläche, gemessen mit der "lokalen Helioseismologie"-Technik. Im Allgemeinen ist das kühlere Plasma (blau) mit der abwärts führenden Bewegung verbunden

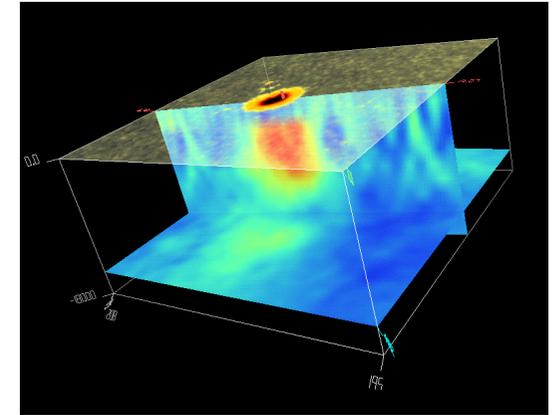


Abbildung 2: Temperaturstörungen unterhalb eines Sonnenflecks. Die Temperatur außerhalb des Sonnenflecks ist 5600 K. Rot ist heißer (+500 K) als im Durchschnitt, blau ist kühler (-500 K).

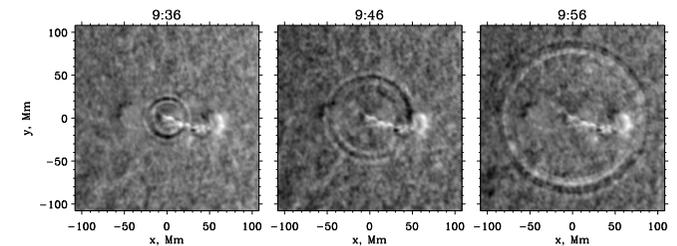


Abbildung 3: Sonnenbeben, ausgelöst durch einen Sonnenflare. Die Uhrzeit kann über jedem Bild abgelesen werden.