

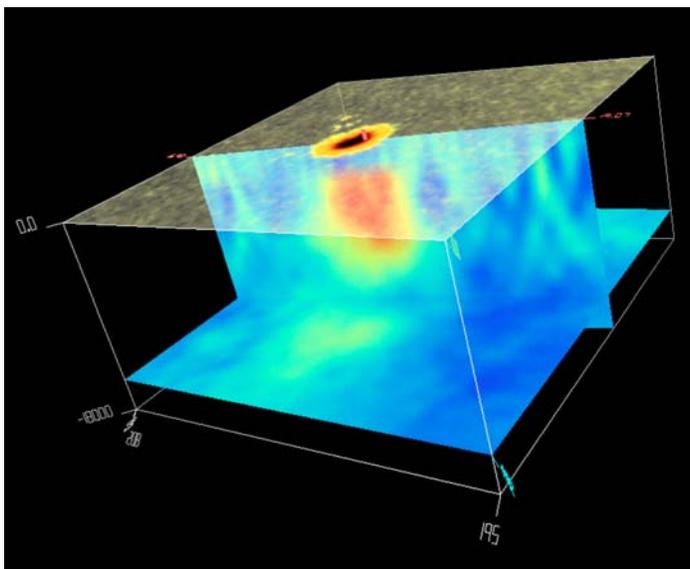
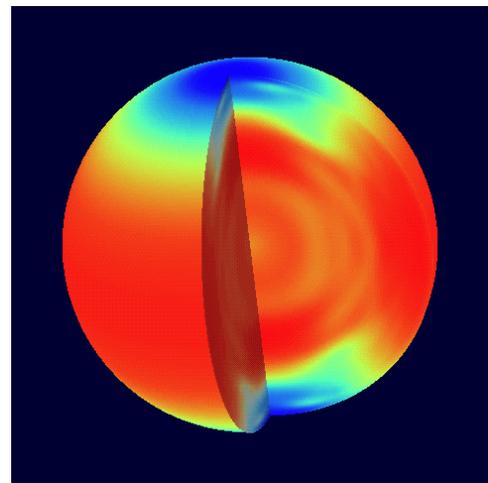
Helioseismologie: Einblicke in das Innere der Sonne

Dr. Markus Roth, Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Die Helioseismologie ist ein Teilgebiet der Sonnenphysik. Ganz ähnlich wie die Geoseismologie ermöglicht sie es, das Innere der Sonne zu erforschen. Seit Mitte der 1970er Jahre hat sich dieser Forschungszweig entwickelt und viele neue Erkenntnisse über das Sonneninnere ermöglicht.

Die Helioseismologie basiert auf der Erkenntnis, dass durch die Sonne Schallwellen laufen, die sich im Fall von bestimmten Kombinationen aus Frequenz und räumlicher Wellenlänge aufschaukeln können und den ganzen Sonnenkörper in Schwingung versetzen. An der Sonnenoberfläche erkennt man das anhand eines rhythmischen Hebens und Senkens. Es gelingt derzeit, etwa 10 Millionen dieser Sonnenoszillationen zu identifizieren. Je nachdem unter welchem Winkel eine solche Schallwelle von der Sonnenoberfläche ins Sonneninnere läuft kann sie mehr oder weniger tief zum Zentrum vordringen. Verschiedene Wellen erkunden auf ihrem Weg durch die Sonne somit unterschiedliche Bereiche. Dies erlaubt umgekehrt Rückschlüsse auf die Zustände in den Bereichen, welche die Wellen durchlaufen haben.

Aus der Information, die diese Wellen aus dem Sonneninneren mit sich bringen, weiß man nun, dass im Sonnenkern eine Temperatur von 15,7 Millionen Grad Celsius herrscht. Die Dichte im Sonneninnern konnte ebenfalls bestimmt werden. Ein Großteil der Sonnenmasse ist im Kern versammelt. Weitere Erkenntnisse betrafen die Rotation der Sonne. An der Oberfläche beobachtet man, dass die Sonne „differentiell“ rotiert, d.h. im Gegensatz zur Erde rotiert der Äquator schneller als die Polregionen. Mittels Helioseismologie konnte gezeigt werden, dass dies für die ganze Konvektionszone zutrifft. Die Inneren 2/3 der Sonne, rotieren allerdings starr mit gleicher Geschwindigkeit. Scherungen treten somit unwillkürlich auf, die möglicherweise die Ursache für das Sonnenmagnetfeld sind. Variationen in der Rotation der Sonne, werden derzeit untersucht und mit den Schwankungen des Sonnenmagnetfelds in Verbindung gebracht.



Andere helioseismologische Methoden nutzen direkt die Beziehung zwischen Laufzeiten und Laufstrecken der akustischen Wellen aus. Hindernisse auf dem Weg der Wellen bedeuten eine Veränderung in der Laufzeit. Damit lässt sich z.B. der innere Aufbau eines Sonnenflecks untersuchen. Es ist sogar möglich, die von der Erde abgewandte Seite der Sonne seismisch abzubilden. Dort lassen sich dann Sonnenflecke und magnetisch aktive Gebiete erkennen, die oftmals lange genug bestehen, um auch aufgrund der Rotation der Sonne nach zwei Wochen auf der Sonnenvorderseite sichtbar zu sein. Solche seismischen Untersuchungen machen Sinn, denn nicht selten führen aktive Gebiete auf der Sonne zu vehementen Materieausbrüchen, die in Richtung Erde gerichtet große Schäden z.B. an Satelliten anrichten können. Das langfristige Ziel der Helioseismologie ist es, solche Materieauswürfe vorhersagbar zu machen.

Der Schritt zur Anwendung der an der Sonne erprobten Methoden an den Sternen ist nicht weit. Erste empfindliche Weltraumexperimente zeichnen inzwischen die Helligkeitsschwankungen anderer Sterne auf. Mittels seismischer Untersuchung einer großen Anzahl von Sternen wird es möglich sein, die Sonne in die Sternfamilie einzuordnen.