

Die Sonne

1. Grösse und Volumen

Die Sonne hat einen Radius von 696'000 km oder 109 mal grösser als der Erdradius. Die Masse beträgt $1,99 \cdot 10^{33}$ g und die Dichte $1,41 \text{ g/cm}^3$. Die Gravitationskraft an der Oberfläche ist 27,9 mal stärker als auf der Erdoberfläche.

2. Die Energie-Strahlung

Die Gesamthelligkeit der Sonne im sichtbaren Bereich beträgt $-26,86\text{m}$. Für die Erde bedeutet dies, dass ausserhalb der Atmosphäre $1,3 \text{ kW}$ pro Quadratmeter Energie auftreffen. Durch die Dämpfung der Atmosphäre ergibt dies auf dem Jungfrauoch (3500 müM) noch 1 kW , auf Meereshöhe verbleiben noch 700 W pro Quadratmeter.

3. Der innere Aufbau

Der Aufbau der Sonne wurde aus den gemessenen Daten wie Radius, Masse, Dichte, Energieabgabe usw. auf theoretischem Weg ermittelt:

1. Der Gasdruck

Er hat für sich allein genommen das Bestreben, die Sonne aufzublähen und die Gase im Raum zu zerstreuen. (Heisse Gase dehnen sich aus).

2. Der Strahlungs- oder Lichtdruck.

Auch dieser Druck würde zur Expansion der Sonne führen. Er entsteht bei der Absorption von Lichtquanten. Im Fall der Sonne ist der Strahlendruck ziemlich gering.

3. Die Gravitation.

Das Gewicht der Gasmassen bewirkt für sich allein, dass alle Moleküle von Aussen nach Innen stürzen würden. Dadurch würde die Sonne in sich zusammenstürzen.

Da sich die Sonne aber in einem Gleichgewicht der Kräfte befindet, müssen sich die Kräfte 1 + 2 einerseits und 3 andererseits gegenseitig aufheben.

Ferner muss ein Energie-Gleichgewicht herrschen, d. h. die von der Sonne erzeugte Energie muss auch nach Aussen wieder abgestrahlt werden. Von der Oberfläche der Sonne nimmt das Gewicht der darüberliegenden Gasschichten immer mehr zu. Damit muss auch der Gasdruck anwachsen und damit auch die Temperatur und die Dichte.

Für das Zentrum der Sonne ergibt sich somit eine Temperatur von 15 Millionen Grad, ein Druck von 221 Milliarden Bar und eine Dichte von 134 g/cm^3 . Bei diesen extremen Bedingungen sind keine molekularen Bindungen mehr möglich. In der Kernzone der Sonne findet die Energieerzeugung statt: 2 Wasserstoff-Atome verschmelzen zu einem Helium-Atom.

4. Der Energietransport

von der Kernzone nach aussen wird die Energie fast ausschliesslich durch Strahlung transportiert. Die Stärke des Strahlungsstroms ist dabei abhängig vom Grad der Durchsichtigkeit der Materie. Diese wiederum hängt von der Dichte, der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung ab, also im Wesentlichen vom Verhältnis Wasserstoff zu

Die Sonne

Helium ab.

Energietransport durch Wärmeleitung tritt im Innern der Sonne nirgends auf. Dagegen spielt die Konvektion, der Energietransport durch Gasströmungen in der äussersten Schicht eine Rolle. Unter der Sonnenoberfläche bis in eine Tiefe von 130'000 km findet ein Energieaustausch durch Gasströmungen statt. Sichtbarer Beweis sind die Granulationen, helle Körner mit 100 - 200 Grad heisseren Gasballen, die mit 1 km/s aufsteigen. Die einzelnen Granulen oder Körner haben einen Durchmesser von 200 - 1500 km und eine mittlere Lebensdauer von 8 - 9 Minuten. Der Helligkeitsunterschied zwischen den Granulen und er Umgebung beträgt nur 1.2 zu 1.

5. Rotation der Sonne

Die Sonne rotiert sehr langsam. Die Rotation am Äquator beträgt 25 Tage (siderisch), an den Polen über mehr als 31 Tage. Der Sonneäquator ist gegenüber der Erdbahnebene (Ekliptik) um 7,25 Grad geneigt.

6. Die Sonnenflecken

Sie treten meist in Gruppen auf. Die grösseren Flecke können in einen dunkleren Kern, die Umbra, und einen etwas helleren Hof, die Penumbra, eingeteilt werden. Die Schwärze der Sonnenflecken ist nur ein Kontrast gegen die Nachbargebiete der Oberfläche. Die Temperatur in den Flecken ist niedriger als auf dem Rest der Oberfläche. 5'500 Grad werden in der Umbra, 4'300 Grad in der Penumbra gemessen. Die Flecken haben im Durchschnitt eine Lebensdauer von 6 Tagen, kleinere Gruppen oder Einzelflecken überdauern oft nur wenige Stunden.

Die Entwicklung der Sonnenflecken erfolgt so charakteristisch, dass man diese zu einer Klassifikation der Flecken heranziehen kann. Die Folge von A bis I muss aber nicht vollständig durchlaufen werden. Die meisten Gruppen entwickeln sich nur bis C oder D, um sich dann wieder zurückzubilden. Nur etwa 2% der Flecken erreichen das Stadium F. Dann sind sie aber von blossen Auge durch entsprechende Filter sichtbar. Die Sonnenflecken-Tätigkeit durchläuft einen 11 jährigen Zyklus von einem Maximum zum anderen.

Sonnenfackeln

Dies sind helle Gebilde, die vorallem am Sonnenrand beobachtet werden können. Die Fackeln bestehen aus vielen heissen Granulen, die eine längere Lebensdauer als die eigentlichen Granulen aufweisen. Die Überhitzung der Fackeln gegenüber der Umgebung beträgt 2'250 Grad. Die Fackeln sind meist in der Nähe der Flecken.

Die Magnetfelder der Sonnenflecken

Die Magnetfelder sind die Ursache für die Sonnenflecken. Die Magnetfelder sind bereits messbar, bevor die Flecken entstehen. Offenbar bremst das Magnetfeld das Aufsteigen der heissen Gasballen an die Oberfläche. Dadurch kühlen sich diese Ballen mehr ab und

Die Sonne

erscheinen dadurch im sichtbaren Licht dunkler als die Umgebung. Die Magnetfelder ändern bei jedem Flecken Zyklus ihre Polarität, so dass der eigentliche Sonnenflecken-Zyklus 2 mal 11 Jahre dauert - also 22 Jahre.

6. Die Chromosphäre der Sonne

Über der Photosphäre lagert die Chromosphäre (Farbhülle) der Sonne. Ihre Höhe beträgt nur etwa 8'000 km und kann bei einer totalen Sonnenfinsternis beobachtet werden.

Die Chromosphäre kann mit Spektroheliokopen untersucht werden. Mit diesem Instrument kann die Sonne in einer bestimmten Spektrallinie erforscht werden, meist H-alpha. Dabei erscheint die Sonne stark gesprenkelt: die Granulation setzt sich in der Chromosphäre fort und wird Flocculi genannt.

Protuberanzen

Während der Sonnenfinsternis oder mit H-alpha Filtern können Protuberanzen erfasst werden. Dies sind Material-Auswürfe, die durch die Magnetfelder in Bahnen gelenkt werden. Man unterscheidet:

1. Stationäre Protuberanzen:

Diese sind äusserst langlebig (bis zu 10 Monaten) und sind meist langgestreckte Fäden oder Brücken.

2. Aufsteigende Protuberanzen:

Sind aktive Protuberanzen mit Abwärtsströmungen als besondere Stadien in der Entwicklung.

3. Flecken- Protuberanzen:

in Form von Knoten und Bögen

4. Auswürfe (Surges) und Eruptionen (Flares)

in Verbindung mit Sonnenflecken.

Die Aufstiegs geschwindigkeit der Protuberanzen können bis 700 km/s erreichen.

8. Die Korona

Als äusserste Hülle der Sonne ist die Korona nur bei Sonnenfinsternis zu beobachten. Die Form der Korona hängt eng mit dem Fleckenzklus zusammen. Im Maximum ist sie nahezu kreissymmetrisch, während im Minimum eine starke Abplattung mit langen parallelen Strahlenbündeln am Sonnenäquator auftritt.

Die Korona ist wegen der Ionisation der Teilchen extrem heiss, 1 - 2 Millionen K.

Die Radiostrahlung

Diese hat verschiedene Ursachen:

1. Von den Sonnenflecken stammt die Strahlung im Bereich von 1.5 bis 100 cm (20 GHz bis 300 MHz). Das Maximum liegt bei 15 cm (2 GHz). Diese Strahlung ist thermischen Ursprungs, die Intensität korreliert mit der Fleckenzahl.

Die Sonne

2. Rauschstürme im Meterwellenbereich, die wenige Stunden bis zu einigen Tagen andauern. Sie setzen sich aus einzelnen Strahlungstößen von 0.1 bis 10 Sekunden Dauer zusammen und machen sich als starkes Rauschen bemerkbar. Sie werden durch Schwingungen im Plasma der Korona erzeugt. Sie stehen in etwas losem Zusammenhang mit der Fleckenaktivität.

3. Strahlungsausbrüche (outbursts) dauern nur Minuten oder Stunden und sind eine ausserordentlich stark erhöhte Grundstrahlung, im Zentimeterbereich um 10-12 fache, im Meterbereich sogar um 10'000 fache.

Der Sonnenwind

ist eine Partikelstrahlung. Protonen und Elektronen mit Geschwindigkeiten von 1'000 bis 2'000 km/s und Energien bis 30'000 Elektronenvolt werden von der Sonne in alle Richtungen ins Weltall geschleudert.