

Die Astrophysik bezeichnet Regionen der Sonne, aus denen elektromagnetische Strahlung beobachtet werden kann, als *Sonnenatmosphäre*.

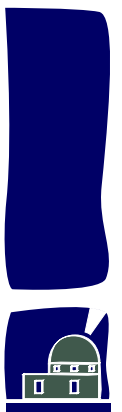
Die verschiedenen Schichten der Sonnenatmosphäre treten in unterschiedlichen Regionen des elektromagnetischen Spektrums besonders deutlich hervor. Grob gesprochen zeigt kurzwelligere Strahlung heissere Strukturen der Atmosphäre. Da die Durchlässigkeit der Erdatmosphäre für elektromagnetische Strahlung unterhalb von etwa 300 nm Wellenlänge (also unterhalb des nahen UV, "optisches Fenster") extrem abnimmt, spielen Sonnenbeobachtungen durch Satelliten eine wichtige Rolle.

Der grösste Teil der elektromagnetischen Emission der Sonne stammt aus der sogenannten Photosphäre; es handelt sich um sichtbares Licht und infrarote Strahlung. Diese Emission lässt sich näherungsweise als Spektrum eines etwa 5800 K heissen Schwarzen Körpers beschreiben, das durch die Absorption von Atomen in der Sonnenatmosphäre modifiziert wird. Die stärksten Absorptionslinien in diesem Spektrum werden nach ihrem Entdecker Fraunhofer-Linien genannt. Im UV strahlt die Photosphäre nur schwach, im Röntgen-Spektralbereich überhaupt nicht; diese Teile des Sonnenspektrums werden in höher gelegene Atmosphärenschichten erzeugt.

Die Dichte der Sonnenmaterie nimmt nach aussen kontinuierlich ab, daher lässt sich ausgehend von der Dichte keine "Sonnoberfläche" definieren. Allerdings zeigt die Sonne im sichtbaren Licht einen scharfen Rand (wenige hundert Kilometer ausgedehnt, also weniger als 1/1000 Sonnenradius), wodurch sich die "Sonnoberfläche" festlegen lässt. Die genaue Lage der Oberfläche hängt damit von der betrachteten Wellenlänge ab.

Es werde folgende Atmosphärenschichten unterschieden:

- Photosphäre .. Höhe ca. 0-500 km  
beobachtbar im sichtbaren Licht und Infrarot; Temperaturabfall nach aussen von etwa 6500 K nach 4000 K; "Heizung" primär durch Konvektion der darunter gelegenen Materie; zeigt ein Absorptionslinien-Spektrum;  
Inhomogenitäten: Sonnenflecken, Granulation, am Sonnerand sind z.B. (photosphärische) Fackeln beobachtbar
- Chromosphäre .. Höhe ca. 500-2000 km  
beobachtbar vor allem im UV; Temperaturanstieg nach aussen von etwa 4000 K auf 8000 K; "Heizung" durch akustische Schockwellen und Magnetfelder (im Detail noch unverstanden); Spektrum dominiert durch Emissionslinien; Inhomogenitäten: Plages, chromosphärisches Netzwerk - Diese Strukturen stehen in engem Zusammenhang mit der Magnetfeldverteilung, die durch die Konvektion der Sonnenmaterie und durch sogenannte aktive Gebiete bestimmt wird.
- Übergangsregion .. Höhe ca. 2000-2500 km  
beobachtbar im UV und weichen Röntgen; starker Anstieg der Temperatur auf koronale Temperaturen von etwa 1 000 000 K und mehr; Heizung durch Wärmeleitung von der Korona nach Innen (anderenorts in der Sonne dominieren gewöhnlich Strahlung und Konvektion den Wärmetransport). Im Röntgen- und UV-Licht ist das Spektrum durch Emissionslinien dominiert
- Korona .. Ausdehnung oberhalb der Übergangsregion bis in einige Sonnenradien Höhe  
beobachtbar im extremen UV und Röntgen; Heizung wahrscheinlich bevorzugt über Freisetzung von Magnetfeldenergie; im Röntgen- und UV-Licht ist das Spektrum durch Emissionslinien dominiert. Inhomogenitäten: Bogenstrukturen, koronale Löcher (untere Korona), Helmet streamers, koronale Massenauswürfe - die sichtbaren Inhomogenitäten sind stark vom Aktivitätszyklus der Sonne abhängig.



- Heliosphäre .. Die Korona geht nahtlos in die Heliosphäre über, sie bezeichnet Materie sehr geringer Dichte, die durch Massenauswürfe der Sonne und den Sonnenwind gespeist wird  
beobachtbar ist der Partikelfluss durch Satelliten, die "mitgeführten" Magnetfelder, zudem indirekt durch Polarlichter und Plasmaschweife von Kometen

Frühe Beobachtungen der Chromosphäre und der Korona waren nur bei totalen Sonnenfinsternissen möglich, daher stammen auch ihre Namen: Die Chromosphäre erscheint unter günstigen Bedingungen kurz als dünner roter Rand an der verdunkelnden Mondscheibe, es dominiert die Emission der  $H_{\alpha}$ -Linie des Wasserstoffs. Die Korona ist während der totalen Finsternis als helle "Krone" deutlich sichtbar, hier dominiert gestreutes Licht der Photosphäre. Die im Röntgenbereich sichtbaren vielfältigen Strukturen der Korona bleiben dem menschlichen Auge verborgen.

Die Materie der Sonnenatmosphäre ist stark ionisiert, sie besteht aus einem Gemisch von Ionen und Elektronen (= Plasma); in der Korona dominieren je nach Temperatur sehr hohe Ionisationsstufen (beispielsweise wird 12-fach ionisiertes Eisen beobachtet). In allen Höhen dieses Plasmas erfolgen Emission und Absorption. Dies führt zum Beispiel zu einer ausgeprägten Verdunkelung der Sonnenscheibe von der Mitte zum Rand im sichtbaren Licht, die auf Sonnenfotos deutlich hervortritt. Diese Verdunklung wird durch die zum Rand hin abnehmende "Sichttiefe" in die Photosphäre hervorgerufen, was den Beitrag kühlerer (und damit dunklerer) Photosphärenschichten zum emittierten Licht erhöht.

#### Literatur / Internet-Quellen

- D. Gray; The observation and analysis of stellar photospheres  
(Cambridge University Press) 2nd ed.; Chapter 9
- P. Foukal; Solar astrophysics (Wiley)
- W. Schlosser, T. Schmidt-Kaler, E.F. Milone; Challenges of Astronomy  
(Springer-Verlag); Kapitel 28
- A. Unsöld, B. Baschek; Der neue Kosmos (Springer Verlag)

<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap000928.html>

