



[Home](#) » [Sonnensystem](#) » [Sonne](#) » [Portrait](#) » [Aufbau und Zusammensetzung](#) » [Sonnenflecken](#) » [Magnetfeld](#) » [Korona](#) » [Sonnenwind](#) » [Entwicklung](#) » [Nachbarsterne](#) » [Erforschung](#) » [Lektüre](#) » [Multimedia](#) » [PDF](#)

Verwandte Themen: [Sterne](#)



Delicious



Mister Wong

Sonne



Von Anbeginn der Zeit hat der Mensch die Bedeutung der Sonne für alle Lebensvorgänge auf der **Erde** erkannt. Schon früh wurde die Sonne daher kultisch verehrt und als Gottheit angebetet. Ihr gleichmäßiger Gang wurde beobachtet und gedeutet, besonders Ereignisse wie Sonnenwenden, Gleichheit von Tag und Nacht sowie Verfinsterungen. Die erste historisch dokumentierte Sonnenfinsternis vom 15. Juni 763 v. Chr. wurde in Babylonien registriert.

Schon im Jahr 1611 verwendete **Galileo Galilei** das kurz zuvor erfundene Teleskop, um Sonnenflecken systematisch zu beobachten. 1814 untersuchte **Joseph von Fraunhofer** die Sonnenstrahlung mit Hilfe des Spektroskops. Das Spektrum des Sonnenlichtes war schon 1666 Gegenstand der Forschungen des englischen Mathematikers und Physikers **Isaac Newton** gewesen. Doch erst die Genauigkeit von Fraunhofers Arbeiten ermöglichte erste Ansätze zur Erklärung der Sonnenatmosphäre. 1814 untersuchte Joseph von Fraunhofer die Sonnenstrahlung mit Hilfe des Spektroskops. Das Spektrum des Sonnenlichtes war schon 1666 Gegenstand der Forschungen des englischen Mathematikers und Physikers Isaac Newton gewesen. Doch erst die Genauigkeit von Fraunhofers Arbeiten ermöglichte erste Ansätze zur Erklärung der Sonnenatmosphäre.

Ein Teil der von der sichtbaren Sonnenoberfläche, der so genannten Photosphäre, emittierten Strahlung wird durch Gas absorbiert, das sich direkt darüber befindet und etwas kühler ist. Dabei werden aber nur bestimmte Wellenlängen absorbiert, je nachdem welche Elemente in der Sonnenatmosphäre vorliegen. 1859 entdeckte **Gustav Robert Kirchhoff**, dass einige schwarze Linien (entsprechen fehlender Wellenlängen) im Fraunhofer'schen Sonnenspektrum auf die Absorption von Strahlung durch die Atome bestimmter Elemente zurückzuführen sind. Damit war erkannt, dass man bestimmte Informationen über Himmelskörper aus der Beschaffenheit des von ihnen emittierten Lichtes ableiten kann.

Kurzübersicht wichtiger Daten

Die Tabelle enthält eine kurze Zusammenfassung einiger markanter Eckdaten der Sonne.

Merkmal	Wert
Klassifikation nach Spektral-/Leuchtkraftklasse)	G2V
Erreichbares Maximalalter	11,11 Milliarden Jahre
Äquatordurchmesser	1.392.520 km
Masse	$1.988.000,0000 \times 10^{24}$ kg
Dichte	1,41 g/cm ³
Temperatur (durchschnittlich) ³⁾	5.750°C

1) = Umlaufdauer um das galaktische Zentrum der Milchstraße

2) = Rotationsdauer im Äquatorbereich

3) = Effektive Temperatur auf Basis der Schwarzkörpertheorie

Merkmal	Wert
Temperatur im Zentrum	1,48 Mio.°C
Neigung der Achse gegen die Ekliptik	7,15°
Helligkeit	-26,4 m
Umlaufdauer ¹⁾	211 Mio. Jahre
Rotationsdauer ²⁾	25,40 Tage
Bahngeschwindigkeit (durchschnittlich) ¹⁾	250,000 km/s

1) = Umlaufdauer um das galaktische Zentrum der Milchstraße

2) = Rotationsdauer im Äquatorbereich

3) = Effektive Temperatur auf Basis der Schwarzkörpertheorie

Aufbau und Zusammensetzung der Sonne

Die von der Sonne abgestrahlte Energie ist relativ konstant, d.h. sie ändert sich im Verlauf mehrerer Tage höchstens um einige Zehntelprozent. Die Energie wird im Inneren des Sterns erzeugt. Wie die meisten Sterne besteht auch die Sonne vor allem aus Wasserstoff (71% Wasserstoff, 27% Helium und 2% schwerere Elemente). Nahe des Sonnenzentrums herrscht eine Temperatur von ungefähr 16 Mio. Kelvin. Die Protonen reagieren im Sonneninneren miteinander: Sie gehen eine Kernfusion ein, d.h. sie verschmelzen miteinander. Das Ergebnis einer Kette mehrerer Einzelreaktionen ist das Verschmelzen von je vier Protonen zu einem Heliumkern, wobei Energie in Form von Gammastrahlung abgegeben wird. In jeder Sekunde reagieren 650 Mio. Tonnen Wasserstoffatome zu Helium. Die dabei freigesetzte Energie entspricht einer Energiemenge, wie sie bei der Explosion von Hundertmilliarden 1-Megatonnen-Wasserstoffbomben entstünde. Das nukleare Brennen des Wasserstoffes im Sonnenkern erstreckt sich auf einen Bereich, der insgesamt rund ein Viertel des Sonnenradius ausmacht.

Die im Kern erzeugte Energie legt nun den größten Teil des Weges zur Oberfläche als Strahlung zurück. Die entsprechende Zone - sie nimmt etwa drei Viertel des Sonnendurchmessers ein - heißt Strahlungszone. In der anschließenden Konvektionszone, die etwa ein Zehntel des Durchmessers ausmacht, wird die Energie durch turbulente Mischung der Gase übertragen. Die Photosphäre ist die oberste, mit 400 Kilometer Dicke relativ dünne Schicht der Konvektionszone. Anzeichen für die hier herrschende Turbulenz sind beim Beobachten der Photosphäre und der unmittelbar darüber liegenden Sonnenatmosphäre zu erkennen.

Turbulenzzellen in der Photosphäre verleihen der Sonnenoberfläche ein geflecktes Aussehen. Man spricht hier von der solaren Granulation. Jede der Granulen hat einen Durchmesser zwischen 200 und 1.800 Kilometern. Die Struktur der Granulen ist ständig vorhanden, doch existieren die einzelnen Granulen maximal zehn Minuten lang. Es liegt auch ein viel größeres Konvektionsmuster vor; dieses wird durch die Turbulenzen hervorgerufen, die sich tiefer in die Konvektionszone erstrecken. Dieses Supergranulationsmuster enthält Zellen, die etwa einen Tag lang existieren und einen Durchmesser von durchschnittlich rund 30.000 Kilometer haben.

Sonnenflecken

George Ellery Hale entdeckte 1908, dass Sonnenflecken starke Magnetfelder aufweisen. Ein typischer Sonnenfleck hat eine Magnetfeldstärke von rund 0,25 Tesla. Zum Vergleich: Das Erdmagnetfeld weist weniger als 0,0001 Tesla auf. Sonnenflecken treten oft gruppenweise auf, wobei ihre Magnetfelder am östlichen und westlichen Rand der Gruppe entgegengesetzte Richtungen haben, und zwar zum Sonneninneren hin bzw. von ihm weg. Zumindest seit dem frühen 18. Jahrhundert ist bekannt, dass die Anzahl der Sonnenflecken innerhalb von etwa 11 Jahren, dem Sonnenfleckenzyklus, ab- und wieder zunimmt. Die mit den Sonnenflecken verknüpfte komplizierte magnetische Struktur wurde aber erst entdeckt, nachdem das Magnetfeld der Sonne nachgewiesen war.

Die Sonnenflecken auf der nördlichen Sonnenhalbkugel sind magnetisch umgekehrt gepolt wie die entsprechenden Flecken auf der Südhalbkugel. Wenn ein neuer **11-Jahres-Zyklus** beginnt, kehren sich diese Magnetfeldrichtungen auf jeder Halbkugel um. Damit dauert ein kompletter Sonnenfleckenzyklus, unter Berücksichtigung der Magnetfeldpolarität, etwa 22 Jahre. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Sonnenflecken treten übrigens auf jeder Halbkugel jeweils auf der gleichen Breite auf. Diese bewegt sich jeweils innerhalb einer Zone von etwa 45 hin zu etwa 5 Grad Sonnenbreite.

Jeder Sonnenfleck existiert höchstens einige Monate lang. Daher spiegelt der 22-Jahres-Zyklus Vorgänge

wider, die tief im Inneren der Sonne ablaufen und relativ lange andauern. Diese Wechselwirkungen werden außerdem durch die Sonnenrotation beeinflusst, die nicht in allen Breiten gleich schnell ist. Die Sonne dreht sich an ihrem Äquator in 27 Tagen einmal um ihre Achse, aber an den Polen in 31 Tagen.

Magnetfeld der Sonne

Es sind vor allem starke, lokale Magnetfelder, die zu den Phänomenen in der äußeren Sonnenatmosphäre beitragen. Beispielsweise drückt die weiträumige Turbulenz in der Konvektionszone das Magnetfeld innerhalb und dicht oberhalb der Photosphäre an die Ränder der Supergranulationszellen. Die Strahlung aus dem Bereich oberhalb der Photosphäre, das ist die Chromosphäre, lässt deutlich verschiedene Strukturen erkennen. Innerhalb der Supergranulationszone schießt Gas in flammenähnlichen Spitzen mit Geschwindigkeiten von 20 bis 50 Kilometer pro Sekunde und innerhalb von zehn Minuten bis 10.000 Kilometer hoch in die Chromosphäre empor. Diese so genannten Spikulen entstehen durch die gemeinsame Wirkung der Turbulenz und von Magnetfeldern an den Rändern der Supergranulationszellen.

In der Nähe der Sonnenflecken ist die Strahlung der Chromosphäre einheitlicher. Man spricht hier von den aktiven Regionen. Die umliegenden Gebiete nennt man Plages respektive chromosphärische Fackeln. Sie haben eine breite Verteilung der chromosphärischen Emission. Die aktiven Regionen sind auch die Orte der chromosphärischen Eruptionen (Flares), verursacht durch die sehr schnelle Freisetzung von Energie, die im Magnetfeld gespeichert ist. Den Ablauf konnte man noch nicht vollständig aufklären. Zu den Phänomenen, die in Begleitung der Flares auftreten, gehören Veränderungen des Magnetfeldes, eine intensive Strahlung (Röntgen- und Radiowellen) sowie der Auswurf hochenergetischer Teilchen, die teilweise auch die Erde erreichen können. Hier führen sie zu Störungen des Funkverkehrs und auch zu atmosphärischen Erscheinungen wie dem Polarlicht.

Korona der Sonne

Die Korona ist die äußere Sonnenatmosphäre, die sich einige Sonnenradien weit in den Raum erstreckt. Alle ihre Merkmale werden wesentlich vom Magnetfeld bestimmt. Der größte Teil der Korona enthält riesige heiße Gasbögen. Dabei befinden sich kleinere Bögen in den aktiven Regionen und größere zwischen diesen.

Die Photosphäre, die sichtbare Oberfläche des Sterns, hat eine Temperatur von rund 6.000 Kelvin. In der Chromosphäre, die sich über einige tausend Kilometer oberhalb der Photosphäre erstreckt, beträgt die Temperatur knapp 30.000 Kelvin und steigt in ihren oberen Teilen sogar auf über 100.000 Kelvin an. In der Korona jedoch, die vom oberen Rand der Chromosphäre weit in den Raum hinausreicht, herrscht eine Temperatur von mehreren Mio. Kelvin. Zur Aufrechterhaltung dieser hohen Temperatur muss der Korona Energie zugeführt werden.

Das Magnetfeld in der Korona kann auch kühleres Material über der Sonnenoberfläche festhalten, das aber höchstens einige Tage hier überdauern kann. Solche Phänomene sind während einer Sonnenfinsternis oder mit speziellen Instrumenten zu beobachten, und zwar in Form so genannter Protuberanzen. Häufig sinken sie wieder in sich zusammen, zuweilen schleudern sie aber Gase in den Raum.

Sonnenwind

In einem Abstand von ein bis zwei Sonnenradien von der Oberfläche ist das Magnetfeld der Korona stark genug, um das heiße, gasförmige Material in Form großer Bögen oder Ringe festzuhalten. In größerer Entfernung von der Sonne ist das Magnetfeld schwächer, und die Gase der Korona können das Magnetfeld gewissermaßen in den Raum hinausdrücken. Dabei strömt das Gas über weite Strecken entlang der Feldlinien, und der gleich bleibende, aus der Korona austretende Strom seiner Teilchen bildet den so genannten Sonnenwind. Er hat seinen Ursprung in den koronalen Löchern. Das sind Gebiete, in denen die Temperatur und die Dichte geringer als in den übrigen Teilen der Korona ist. Demnach ist hier die Strahlung schwächer. Der Sonnenwind aus großen koronalen Löchern kann einige Monate lang anhalten und ist normalerweise stark. Wegen der Rotation der Sonne werden diese Regionen von der Erde aus alle 27 Tage erneut sichtbar. Zu den Auswirkungen des Sonnenwindes gehören Störungen des Erdmagnetfeldes.

Entwicklung der Sonne im Laufe der Zeit

Das Alter der Sonne wurde 1998 auf rund 4,5 Milliarden Jahre bestimmt. Informationen über die Vergangenheit und die Zukunft der Sonne kann man aus theoretischen Modellen des Aufbaus der Sterne ableiten. In ihren ersten 50 Mio. Jahren schrumpfte die Sonne auf ungefähr ihre derzeitige Größe zusammen. Durch die Kontraktion des Gases wurde Gravitationsenergie frei, die das Innere erhitze. Sobald hier eine bestimmte Temperatur erreicht war, kam die Kontraktion zum Erliegen, und im Kern setzte das nukleare Brennen des Wasserstoffes zu Helium ein. Seit etwa 4,5 Milliarden Jahren befindet sich die Sonne in diesem Stadium ihrer Entwicklung.

Im Sonnenkern ist noch genug Wasserstoff vorhanden, um den gegenwärtigen Zustand für die nächsten 4,5 Milliarden Jahre aufrechtzuerhalten. Wenn der Wasserstoffvorrat einmal erschöpft ist, werden gravierende Veränderungen eintreten: Die äußeren Schichten werden sich ausdehnen, und zwar bis zur Umlaufbahn der Erde oder noch darüber hinaus. Die Sonne wird also zu einem Roten Riesen, der an der Oberfläche etwas kühler als jetzt ist, aber - wegen der enormen Größe - rund 10.000-mal heller. Die Erde wird vermutlich nicht verschluckt, sondern vorher auf einer Spiralbahn nach außen gedrückt, da die Masse der Sonne abnimmt. Die Sonne wird danach nur etwa eine halbe Milliarde Jahre lang ein Roter Riese bleiben, in dessen Kern eine Folge von Kernreaktionen, dem Heliumbrennen, abläuft. Ihre Masse wird dabei nicht groß genug sein, um weitere Zyklen von Kernreaktionen zu durchlaufen, die zu einer kataklysmischen Explosion führen würden, wie sie bei manchen Sternen eintritt. Nach dem Stadium des Roten Riesen wird die Sonne zu einem Weißen Zwerg von der Größe des Planeten Erde zusammenfallen. Während der folgenden einigen Milliarden Jahre wird sie dann langsam abkühlen.

Die Sonne selbst bewegt sich mit rund 0,069 Kilometern pro Sekunde um das galaktische Zentrum. Der Sonnenapex, also der Fluchtpunkt der Bewegung der Sonne im Vergleich zu benachbarten Sternen, liegt im Sternbild Herkules. Auf diesen bewegt sie sich mit einer Geschwindigkeit von rund 20 Kilometern pro Sekunde.

Nachbarsterne der Sonne

Die Sonne als Stern ist ein Teil der Milchstraße. Die Entfernung zum nächstgelegenen Stern, Proxima Centauri, beträgt rund 268.000 Astronomische Einheiten bzw. 4,2 Lichtjahre.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht der nächsten Nachbarsterne der Sonne (die Objekte sind sortiert nach ihrer Entfernung zur Sonne):

Eigenname	Bezeichnung	alternativ	System	m	Entfernung
Sonne				-26,70	
Proxima Centauri		V645 Centauri	1)	11,01	4,22 LJ
		α Centauri A	Alpha Centauri	-0,01	4,36 LJ
	HD 128621	α Centauri B	Alpha Centauri	1,35	4,36 LJ
Barnards Pfeilstern				9,53	5,96 LJ
	Wolf 359	CN Leonis		13,44	7,78 LJ
	Lalande 21185			7,47	8,29 LJ
Sirius	Sirius A	α Canis Majoris	Sirius	-1,43	8,58 LJ
Sirius	Sirius B			8,44	8,58 LJ

alternativ) = alternative Bezeichnung nach Bayer oder Flamsteed
 System) = Name des Doppel-/Mehrfach-Sternsystems, zu dem der Stern gehört
 m = scheinbare Helligkeit
 LJ = Lichtjahre

1) = Zugehörigkeit zu Alpha Centauri nicht eindeutig geklärt

GI = [Gliese-Katalog](#)
 HD = [Henry-Draper-Katalog](#)
 Lacaille = Stern, der von [Nicolas Louis de Lacaille](#) entdeckt wurde
 Lalande = Stern, der von [Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande](#) entdeckt wurde
 LHS = [Luyten Half-Second-Katalog](#)
 Luyten = Stern, der von [Willem Jacob Luyten](#) entdeckt wurde
 Ross = Stern, der von [Frank Elmore Ross](#) entdeckt wurde
 SCR = SuperCOSMOS-RECONS
 SIPS = Southern Infrared Proper Motion
 Struve = Stern, der von [Friedrich Georg Wilhelm Struve](#) entdeckt wurde
 Wolf = Stern, der von [Max Wolf](#) entdeckt wurde

Eigenname	Bezeichnung	alternativ	System	m	Entfernung
	Luyten 726-8 B	UV Ceti	Luyten 726-8	12,54	8,72 LJ
	Luyten 726-8 A	BL Ceti		12,99	8,72 LJ
	Ross 154	V1216 Sagittarii		10,43	9,68 LJ
	Ross 248	HH Andromedae		12,29	10,32 LJ
		ε Eridani		3,73	10,52 LJ
	Lacaille 9352			7,34	10,74 LJ
	Ross 128	FI Virginis		11,13	10,91 LJ
	GI 866 A	EZ Aquarii A	Luyten 789-6	13,33	11,26 LJ
	GI 866 B	EZ Aquarii B	Luyten 789-6	13,27	11,26 LJ
	GI 866 C	EZ Aquarii C	Luyten 789-6	14,03	11,26 LJ
Procyon	Procyon A	α Canis Minoris	Procyon	0,38	11,40 LJ
Procyon	Procyon B	α Canis Minoris		10,70	11,40 LJ
	61 Cygni A	61 Cygni	61 Cygni	5,21	11,40 LJ
	61 Cygni B	61 Cygni		6,03	11,40 LJ
	Struve 2398 A		Struve 2398	8,90	11,52 LJ
	Struve 2398 B			9,69	11,52 LJ
	GI 15 A	GX Andromedae	GI 15	8,08	11,62 LJ
	GI 15 B	GQ Andromedae		11,06	11,62 LJ
	SIPS 1259-4336			?	11,81 LJ
		ε Indi		4,69	11,82 LJ
		DX Cancri		14,78	11,82 LJ
		τ Ceti		3,49	11,88 LJ
	LHS 1565			13,03	11,92 LJ
	LHS 138	YZ Ceti		12,02	12,13 LJ
Luytens Stern				9,86	12,36 LJ
Teegardens Stern	SO25300.5+165258			15,40	12,46 LJ
	SCR 1845-6357			17,39	12,60 LJ
Kapteyns Stern				8,84	12,77 LJ
	Lacaille 8760	AX Microscopium		6,67	12,86 LJ

alternativ) = alternative Bezeichnung nach Bayer oder Flamsteed
System) = Name des Doppel-/Mehrfach-Sternsystems, zu dem der Stern gehört
m = scheinbare Helligkeit
LJ = Lichtjahre

1) = Zugehörigkeit zu Alpha Centauri nicht eindeutig geklärt

GI = **Gliese-Katalog**

HD = **Henry-Draper-Katalog**

Lacaille = Stern, der von **Nicolas Louis de Lacaille** entdeckt wurde

Lalande = Stern, der von **Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande** entdeckt wurde

LHS = **Luyten Half-Second-Katalog**

Luyten = Stern, der von **Willem Jacob Luyten** entdeckt wurde

Ross = Stern, der von **Frank Elmore Ross** entdeckt wurde

SCR = SuperCOSMOS-RECONS

SIPS = Southern Infrared Proper Motion

Struve = Stern, der von **Friedrich Georg Wilhelm Struve** entdeckt wurde

Wolf = Stern, der von **Max Wolf** entdeckt wurde

Ein Teil der Nachbarsterne der Sonne wurde in der Vergangenheit näher erforscht. Dabei stellte sich heraus, dass einige Sterne möglicherweise von **Exoplaneten** umkreist werden. Ein Beispiel hierfür ist Lalande 21185.

Erforschung der Sonne

Neben der seit Jahrhunderten betriebenen Erdbundenen Erforschung der Sonne als Stern gibt es einige Raumfahrtmissionen, die die Beobachtung der Sonne und deren Eigenschaften und Verhalten zur Zielsetzung haben. Im wesentlichen ist hier die Missionen der Sonden **SOHO** und **Ulysses** zu nennen. Die Sonde **Genesis** ist eine so genannte Sample-Return-Mission, mit der im September 2004 eine Probe des Sonnenwindes zur Erde zurück befördert wurde. Leider zerschellte die Sonde bei der Landung auf der Erde.

Weitere Informationen zum Thema Sonne sind auf den folgenden Websites verfügbar:

- [Einführung zum Thema Sonne vom JPL Solar System](#)
- [Informationen über die Sonne von William A. Arnett's The Nine Planets](#)
- [Portrait der Sonne von Calvin J. Hamilton's Views of the Solar System](#)
- [Rubrik Sonne des Open Directory Project \(ODP\)](#)

Für weitere Recherchen sind der Preprint-Server [arXiv](#) sowie die teilweise kostenpflichtigen Online-Archive der Zeitschriften [Bild der Wissenschaft](#) und [Spektrum der Wissenschaft](#) zu empfehlen.

Die Querverweise zu den im Artikel genannten Personen verweisen in der Regel auf Einträge in der Online-Enzyklopädie [Wikipedia](#) und sind in deutscher Sprache.

DVD/Buch-Tipp zur Sonne

Es handelt sich um sehenswerte Dokumentationen respektive hochwertige Sachbücher mit einer Reihe von ergänzenden Informationen und Fakten rund um das Thema Sonne. Der Autor besitzt die DVDs und Bücher selbst und kann sie als weiterführende Lektüre empfehlen.

- DVD » [BBC-Dokumentation "Die Planeten" - Die Sonne / Atmosphären](#)
- Buch » [Entwicklung der Sonnenforschung](#)
- Buch » [The Birth of Stars and Planets](#)
- Buch » [Die große National Geographic Enzyklopädie Weltall](#)
- Buch » [The Compact NASA Atlas of the Solar System](#)

Die Empfehlungen verweisen auf Angebote von Thalia und/oder den Verlag Komplet-Media und sind in deutscher oder englischer Sprache. Für die Verfügbarkeit kann keine Gewährleistung übernommen werden.

[Anfang des Dokuments](#) | [Toten Link melden](#) | [Informationen zum Copyright](#) | [Hilfe](#)
Dokument erstellt am 17.05.2000

