

Fixsterne - Entwicklung der Sonne

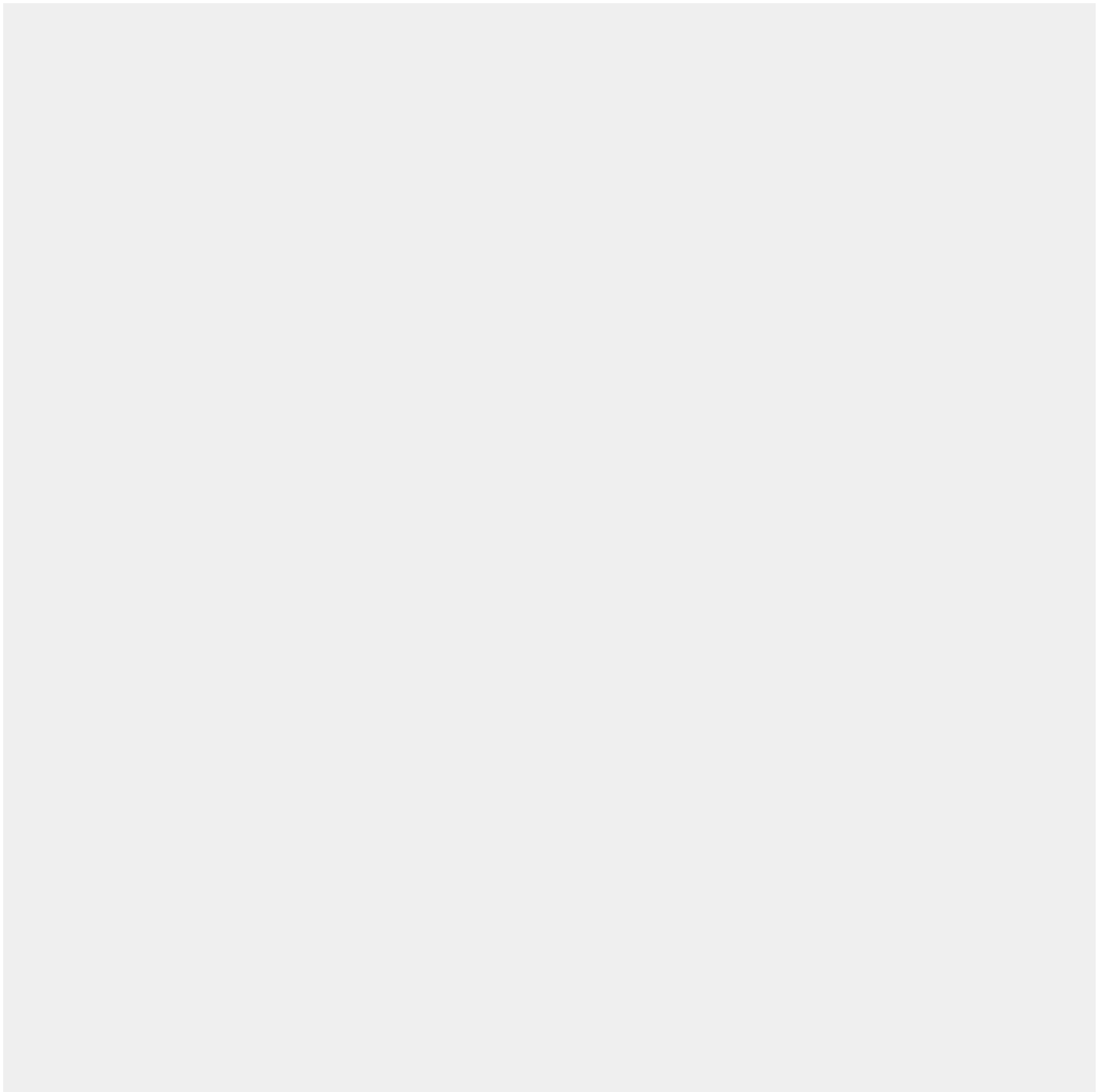


Abb. 1 Entwicklung der Sonne von ihrem jetzigen Zustand bis hin zum weißen Zwerg

Die Animation zeigt (nicht maßstabsgerecht) den Lebenslauf unserer Sonne.

Von der Ursonne zum Gelben Zwerg

Die Ursonne (ein Protostern) war zunächst nur eine Verdichtung von Materie in einer Gas- und Staubwolke. Diese Verdichtung zog aufgrund der Gravitation immer weitere Masse aus der Umgebung an und verdichtete sich dabei. In dieser Phase bezog die Ursonne seine Strahlungsleistung noch aus dem Einsturz weiterer Masse, noch nicht aus einer Kernfusion im Inneren (siehe Energie der Sonne). Mit dem Einsetzen der Kernfusion im inneren der Sonne nach einigen zehn Millionen Jahren endete diese erste Entwicklungsphase.

Im weiteren Verlauf entwickelte sich die Sonne zu einem Hauptreihenstern und ist dort aktuell bei einem Alter von etwa 4,6 Milliarden Jahren ein Gelber Zwerg mit der Spektralklasse G2.

Vom Hauptreihenstern zum Roten Riesen

Durch die Kernfusion wird im inneren der Sonne weiter Wasserstoff zu Helium umgewandelt. Dabei wandert die Sonne im Hertzsprung-Russel-

Diagramm langsam entlang der Hauptreihe nach links. Wenn der Wasserstoffvorrat des Sonnenkerns (ca. 10% der Sonnenmasse) in Helium umgewandelt ist, schiebt sich die Zone des "Wasserstoffbrennens" weiter nach außen. Dies wird ab einem Sonnenalter von etwa 11 Milliarden Jahren eintreten.

Die Außenschichten des Sterns werden dabei aufgeheizt und blähen sich auf, wodurch die Oberfläche größer und kühler wird, obwohl die Gesamtstrahlung nicht geringer wird. Der Stern wird zum Roten Riesen, dessen Radius etwa 100 mal so groß ist wie der derzeitige Sonnenradius. Gleichzeitig verdichtet sich der Kern immer mehr, weil die geringere zentrale Fusionsrate einen geringeren Gasdruck zur Folge hat, der Gravitationsdruck aber nicht nachlässt.

Durch diese Kontraktion heizt sich der Kern auf ca. 100 Millionen Kelvin auf. Bei diesen Temperaturen kann das Helium, was bisher nicht verwertbares Endprodukt der H-Fusion war, zu höheren Elementen, vorallem Kohlenstoff weiter verschmelzen. Das Ende dieser Fusionskette ist beim Eisen erreicht.

Diese höheren Prozesse sind energetisch nicht so ergiebig wie die primäre H-Fusion. Deshalb ist das Riesenstadium mit etwa 600 Millionen Jahren auch wesentlich kürzer als das Hauptreihenstadium (11 Milliarden Jahre).

Vom roten Riesen zum RR-Lyrae-Stadium

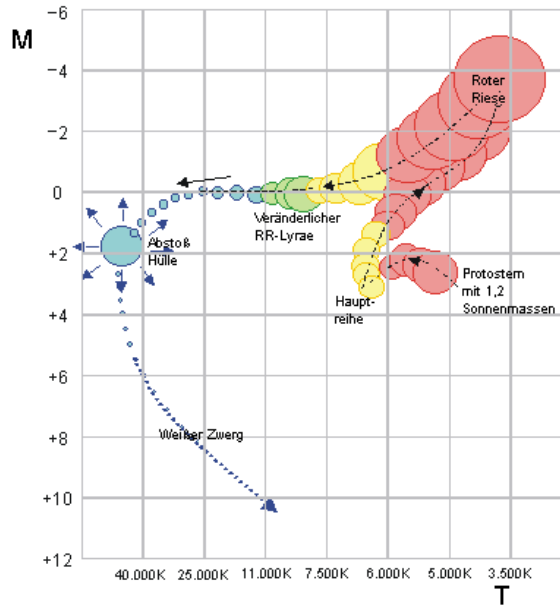


Abb. 2

Sonnenentwicklung im Diagramm

Wegen der extrem hohen Zentraltemperaturen entsteht ein großer Strahlungsdruck auf die rot leuchtenden Außenschichten. Dabei entstehen instabile Phasen, in denen der Stern periodisch seine Größe und auch seine Leuchtkraft ändert (RR-Lyrae-Stadium).

Ende als Weißer Zwerg



Abb. 3 Der Ringnebel M57 im Sternbild Lyrae, in dessen Zentrum ein weißer Zwerg gut zu sehen ist, in einer Aufnahme des Hubble-Teleskops

NASA, ESA and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration

Zuletzt bläst der Stern in einer letzten Anstrengung die äußere Hülle weg. Diese meist radialsymmetrisch abgeblasene Materie bildet einen sogenannten Planetarischen Nebel um den sterbenden Stern.

Der heiße, hochverdichtete Kern bleibt als kleiner Reststern übrig und kühlt langsam aus: Ein Weißer Zwerg von ungefähr Erdgröße ist entstanden. Diesen Schicksalsweg wird unsere Sonne in ca. 5 Milliarden Jahren beschreiten.