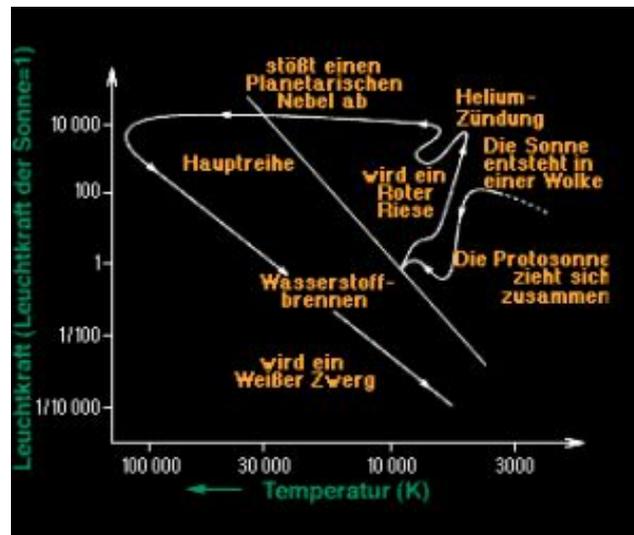


Sternentstehung und Sternentwicklung

Sternentstehung

Im Universum kann man gleichzeitig viele verschiedene Entwicklungsstadien der Sterne beobachten, einerseits wegen der großen Laufzeit des Lichts von anderen Sternsystemen zu uns, andererseits weil Sterne zu jeder Zeit entstanden sind und auch noch entstehen. So ist der Orionnebel ein Sternentstehungsgebiet, die Plejaden sind vor einigen 10 Millionen Jahren entstanden, unsere Sonne ist etwa 5 Milliarden Jahre alt.

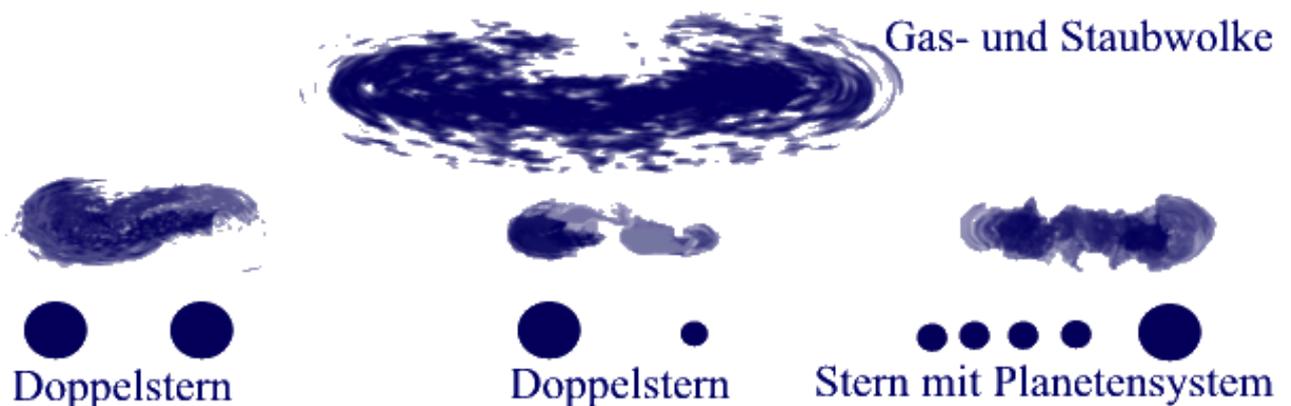
Als Baustoff für die Bildung neuer Sterne dient die interstellare Materie, gewaltige Gas- und Staubmassen, die in den Galaxien vorhanden sind. Durch die Gravitation ziehen sich diese Massen zusammen, die Dichte steigt an. Die freiwerdende Gravitationsenergie führt zu einem Temperaturanstieg. Tatsächlich können sternartige Bereiche mit Temperaturen von 300 - 400 K mittels Infrarotspektroskopie nachgewiesen werden: Infrarotsterne. Sobald Temperatur und Druck in diesen Protosternen groß genug sind, kann die Kernfusion zünden. Der Stern befindet sich dann auf der Hauptreihe.



Bildquelle (Hinweis auf Copyright im Impressum dieser Quelle: http://www.drfreund.net/mainframe.htm?main#astronomy_hrd.htm)

Die Kontraktionszeit eines Sterns mit Sonnenmasse beträgt etwa 60 Millionen Jahre, ein B-Stern braucht gerade 60000 Jahre, ein M-Stern 150 Millionen Jahre.

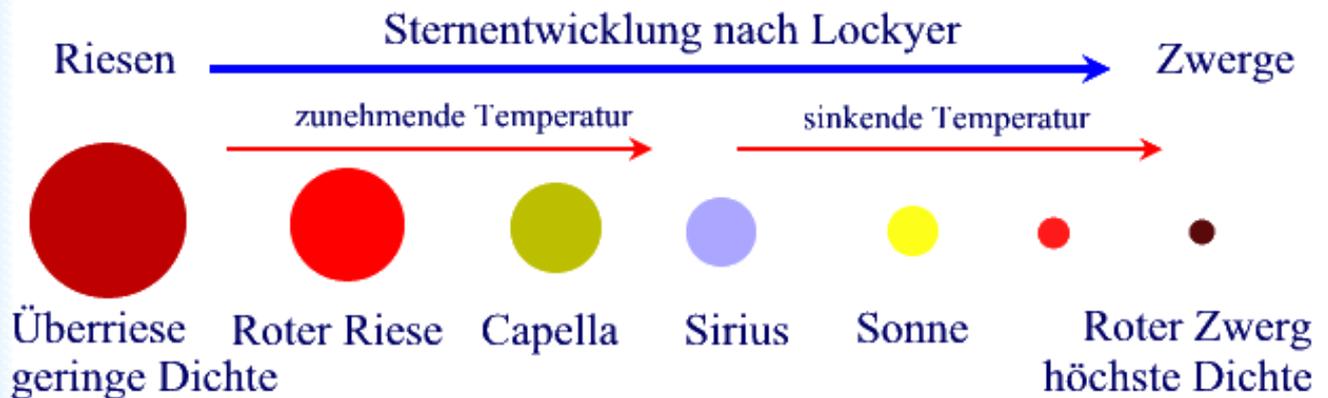
Wegen der Drehimpulserhaltung, die eigentlich einer Kontraktion entgegenwirkt, kommt es häufig zur Bildung von Mehrfachsystemen.



Der größte Teil des Drehimpulses wird dann nicht in der Eigenrotation des Sterns erscheinen, sondern in der Bewegung der Sterne um ein gemeinsames Zentrum. Dabei ist es auch möglich, dass Planetensysteme entstehen. Die freigesetzte Strahlung fegt den umgebenden Raum von Gas und Staub frei. Dabei werden Atome der leichteren weiter nach außen fliegen, die schwereren Atome sind weiter innen zu finden. Somit sind die inneren Planeten eher kompakt, die äußeren sind eher Gasplaneten wie in unserem Planetensystem.

Solange sich die Schwerkraft und der Gas- und Strahlungsdruck die Waage halten, ist der Stern stabil (Hydrostatisches Gleichgewicht).

Früher hatte man unterschiedliche Vorstellungen von der Entwicklung von Sternen. Lockyer nahm eine Entwicklung von Riesen bis zu Zwergsternen an:



Dabei betrachtete man die Hauptreihe als Entwicklungspfad vom heißen zum kühleren Zustand. So würde aber ein Stern sein Leben mit 100 Sonnenmassen beginnen und mit etwa 0,5 Sonnenmassen enden. Die Masse würde als Energie und auch Materie in den Raum abgestrahlt. Diese Entwicklung ist eher unwahrscheinlich.

Für die Aufenthaltsdauer eines Sterns auf der Hauptreihe gilt:

$$\frac{\tau_{\text{Stern}}}{\tau_{\text{Sonne}}} = \left(\frac{m_{\text{Stern}}}{m_{\text{Sonne}}} \right)^{-2} = (m^*)^{-2} \quad \text{mit dem Massenverhältnis } m^*$$

Schätzt man für die Sonne ein Alter von 7 Milliarden Jahren, so gilt für die Entwicklungszeit auf der Hauptreihe:

$$\tau_{\text{Hauptreihenstern}} = 7 \cdot 10^9 \text{ a} \cdot (m^*)^{-2}$$

Sternmasse	Verweildauer auf der Hauptreihe
0,5 Sonnenmassen	40 000 000 000 Jahre
1 Sonnenmassen	10 000 000 000 Jahre
5 Sonnenmassen	400 000 000 Jahre
10 Sonnenmassen	100 000 000 Jahre
20 Sonnenmassen	25 000 000 Jahre

Das Hauptreihenstadium

Im Hauptreihenstadium wird im Zentrum des Sterns durch Fusion von Protonen (Wasserstoff) zu Heliumkernen Energie freigesetzt. Während im Zentrum Temperatur und Druck für die Fusion groß

genug sind, finden in der Hülle keine Fusionsvorgänge statt. Nimmt jedoch die Energieerzeugung im Zentrum ab, so kann das hydrostatische Gleichgewicht nicht mehr aufrechterhalten werden. Somit setzt eine Kontraktion zum Zentrum hin ein. Die freiwerdende Gravitationsenergie erhöht die Temperatur im Kern, damit steigt die Energieerzeugung bis der Stern wieder im Gleichgewicht ist. Während dieser Phase ändert der Stern seine Lage im HRD, d.h. Spektralklasse und Leuchtkraft nicht. Geht nun im Kern der Wasserstoffvorrat zu Ende, so ändert sich das Gleichgewicht nachhaltig. Die weitere Sternentwicklung kann in Computern simuliert werden und ist bei massereichen Sternen auch beobachtbar. Für die Gesamtlebensdauer kann daher gefolgert werden:

$$\tau_{\text{Gesamt}} = 1,25 \tau_{\text{Hauptreihenstadium}}$$

Damit wird auch verständlich, dass etwa 90% aller beobachtbaren Sterne sich im Hauptreihenstadium befinden.

