

Übungsblatt 8 (Besprechung am 20. Dezember 2006)

1. a) Schätzen Sie die H-brennende Lebensdauer der Sterne am unteren und oberen Ende der Hauptreihe ab. Das untere Ende der Hauptreihe findet bei $M \approx 0.085 M_{\odot}$ statt, mit $\log T_{\text{eff}} = 3.438$ und $\log(L/L_{\odot}) = -3.297$ (wobei M_{\odot} und L_{\odot} die Masse und Leuchtkraft der Sonne darstellen). Nehmen Sie an, dass das obere Ende bei $M \approx 90 M_{\odot}$ stattfindet, mit $\log T_{\text{eff}} = 4.722$ und $\log(L/L_{\odot}) = 6.045$. Nehmen Sie weiterhin an, dass der $0.085 M_{\odot}$ Stern vollkonvektiv ist, so dass das gesamte Wasserstoff für das H-Brennen durch konvektive Mischung zur Verfügung steht (nicht nur die inneren 10%).

b) Benutzen Sie die Information aus Punkt (a) um den Radius eines $0.085 M_{\odot}$ und eines $90 M_{\odot}$ Sterns auf der Hauptreihe zu berechnen.

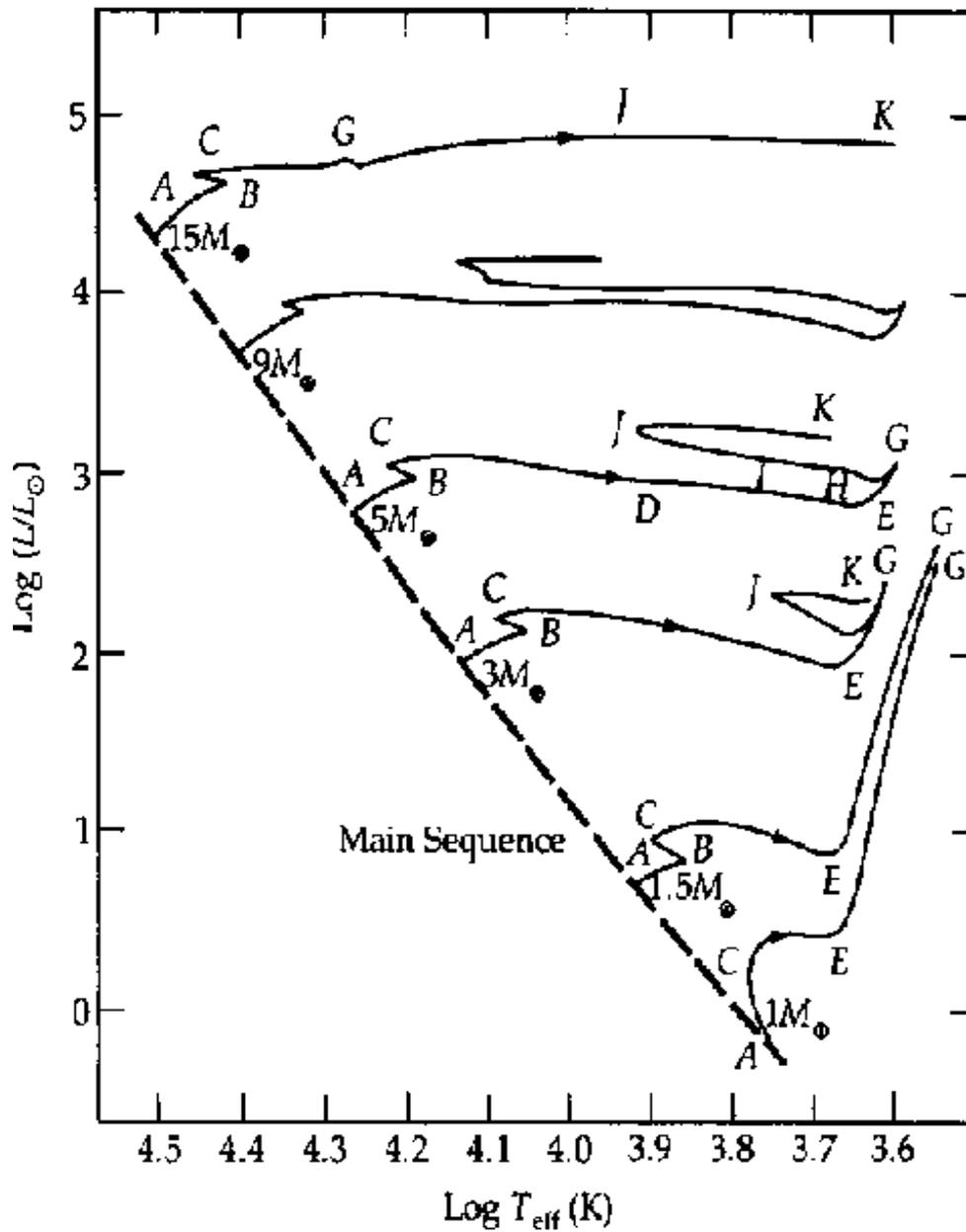
2. Sobald ein Stern niedriger Masse die Hauptreihe verlässt und den Roten-Riesen-Ast hinaufsteigt, wird seine Leuchtkraft durch H-Brennen in einer dünnen Schale um den entarteten He-Kern geliefert. Mit dem Brennen des Wasserstoffs in der Schale wird die Masse des He-Kerns größer und der Stern steigt den Roten-Riesen-Ast weiter. Sowohl die Leuchtkraft als auch der Radius von Roten Riesen können als steile Funktionen der He-Kern-Masse ausgedrückt werden, fast unabhängig von anderen Größen:

$$L \approx 2 \times 10^5 L_{\odot} \left(\frac{m_c}{M_{\odot}} \right)^6, \quad R \approx 3.7 \times 10^3 R_{\odot} \left(\frac{m_c}{M_{\odot}} \right)^4$$

wobei m_c die He-Kern-Masse bedeutet, und L , R ist die Leuchtkraft bzw. Radius des gesamten Roten Riesen (diese Beziehungen sind rein "empirisch" - sie basieren auf Ergebnisse von Berechnungen der Sternentwicklung und sind nicht analytisch hergeleitet). Benutzen Sie die obigen Beziehungen, um die Evolution eines Sterns (L und R als Funktion der Zeit) während des "Hinaufkletterns" des Roten-Riesen-Astes zu berechnen. Für die Anfangs-He-Kern-Masse verwenden Sie den Wert $m_c = 0.1 M_{\odot}$, und den Wert $m_c = 0.45 M_{\odot}$ für die Endmasse des He-Kerns (an der oberen Spitze des Astes).

(Hinweis: $L = 0.007 \dot{M} c^2$, wobei \dot{M} sowohl die Rate, mit der H in der dünnen Schale um den He-Kern verbrannt wird, als auch die Wachstumsrate des entarteten He-Kerns darstellt). Tragen Sie den Radius, die Leuchtkraft und die Effektivtemperatur des Sterns als Funktion der verbrachten Zeit auf dem Roten-Riesen-Ast auf. Tragen Sie auch den Entwicklungsweg des Roten Riesen in ein HR-Diagramm auf (dh $\log(L)$ versus $\log(T)$, wobei $\log(T)$ nach links zunimmt).

3. a) Ein Stern strahle während seines gesamten Lebens als Schwarzkörper. Benutzen Sie das Stefan-Boltzman Gesetz und den unteren Plot, um den Radius (in R_{\odot}) eines Sterns mit $M=5 M_{\odot}$ in den Hauptstadien seines Lebens zu finden (Stadien A, B, E, G, J, K). Benennen Sie auch kurz, was bei jedem Stadium passiert (L_{\odot} und R_{\odot} sind Leuchtkraft, bzw. Radius der Sonne)!



b) Tragen Sie mit Hilfe der Tabelle einen Evolutionsweg für die Sonne in einem HR-Diagramm auf.

Zeit [10^9 yr]	Leuchtkraft [L_{\odot}]	Radius [R_{\odot}]
5.5	1.08	1.04
6.6	1.19	1.08
7.7	1.32	1.14
8.8	1.50	1.22
9.8	1.76	1.36