

Das Hertzsprung-Russell Diagramm

Das Zustandsdiagramm der Astrophysik

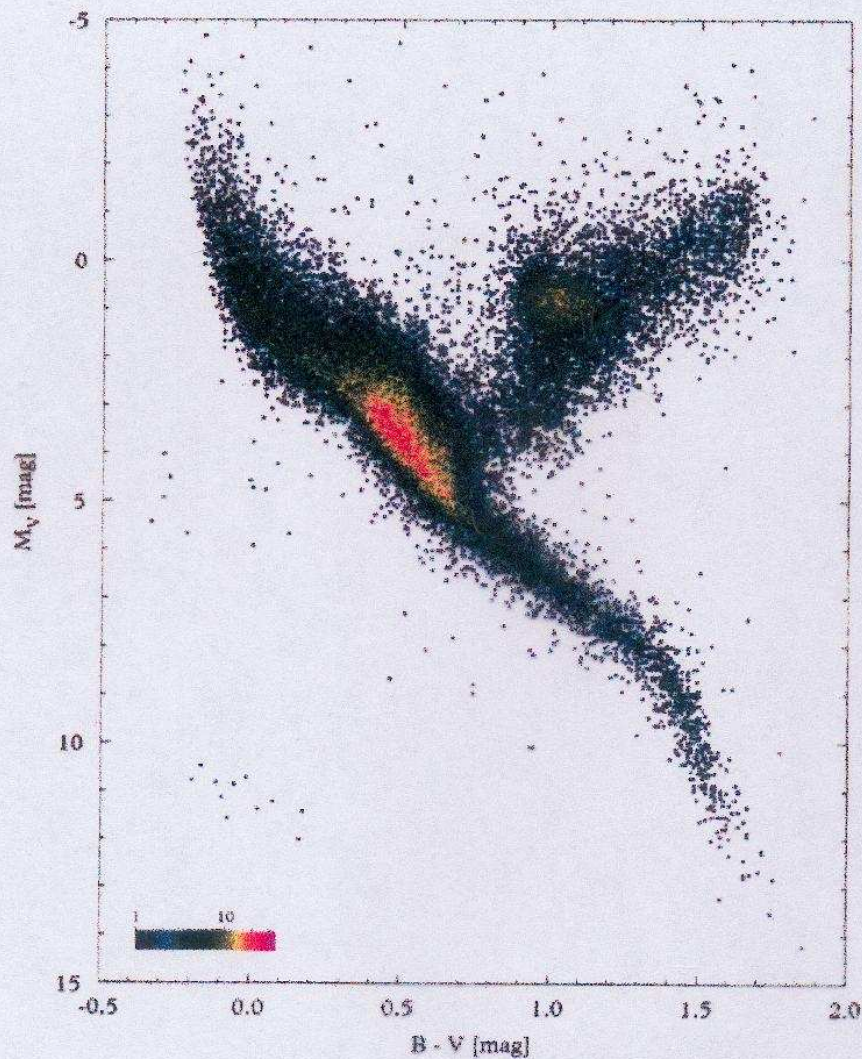


Figure 3.5.5. $(M_V, B - V)$ diagram for the 41 704 single stars from the Hipparcos Catalogue with relative distance precision $\sigma_\pi/\pi < 0.2$ and $\sigma_{B-V} \leq 0.05$ mag. Colours indicate number of stars in a cell of 0.01 mag in $B - V$ and 0.05 mag in M_V .

Varianten:

Spektraltyp, M_V	(klassisch)
$(B - V)$, M_V	(photometrisch)
T_{eff} , L	(physikalisch)

4. Berechnung von Sternmodellen

Vollständiger Satz der Sternaufbaugleichungen

(I) Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial r}{\partial M_r} = \frac{1}{4\pi r^2 \rho}$$

(II) Impulserhaltung/Hydrostatische Gleichung

$$\frac{\partial P}{\partial M_r} = -\frac{GM_r}{4\pi r^4} - \frac{1}{4\pi r^2} \frac{\partial^2 r}{\partial t^2}$$

(III) Energieerhaltung

$$\frac{\partial L_r}{\partial M_r} = \epsilon - \epsilon_\nu - c_P \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\delta}{\rho} \frac{\partial P}{\partial t}$$

(IV) Energietransport

$$\frac{\partial T}{\partial M_r} = -\frac{GM_r T}{4\pi r^4 P} \nabla$$

(V) chem. Zusammensetzung

$$\frac{\partial X_i}{\partial t} = \frac{m_i}{\rho} \left(\sum_j r_{ji} - \sum_k r_{ik} \right) \quad i = 1, \dots, I$$

System von $I+4$ Gleichungen für $I+4$ Variable: $r, P, T, L_r, X_1, \dots, X_I$. Unabhängige Variable sind M_r und t .

Konstitutive Gleichungen:

1. Die Zustandsgleichung: $\rho(P, T, X_i)$
 $\Rightarrow c_P, \delta, \nabla_{\text{ad}}$
2. Die Opazitäten: $\kappa(P, T, X_i)$
3. Die nuklearen Reaktionsraten und Energieerzeugung (bzw. Neutrinoverluste):
 $r_{ij}(P, T, X_i), \epsilon(P, T, X_i), \epsilon_\nu(P, T, X_i)$

Lösungen gesucht für $0 \leq M_r \leq M$ und $t > t_0$. Anfangs- und Randbedingungen werden benötigt:

- Randbedingungen für $M_r = 0$ und $M_r = M$
- Anfangsbedingungen: $r(m, t_0), \dot{r}(m, t_0), s(m, t_0)$ (Entropie) und $X_i(m, t_0)$.

Vereinfachungen

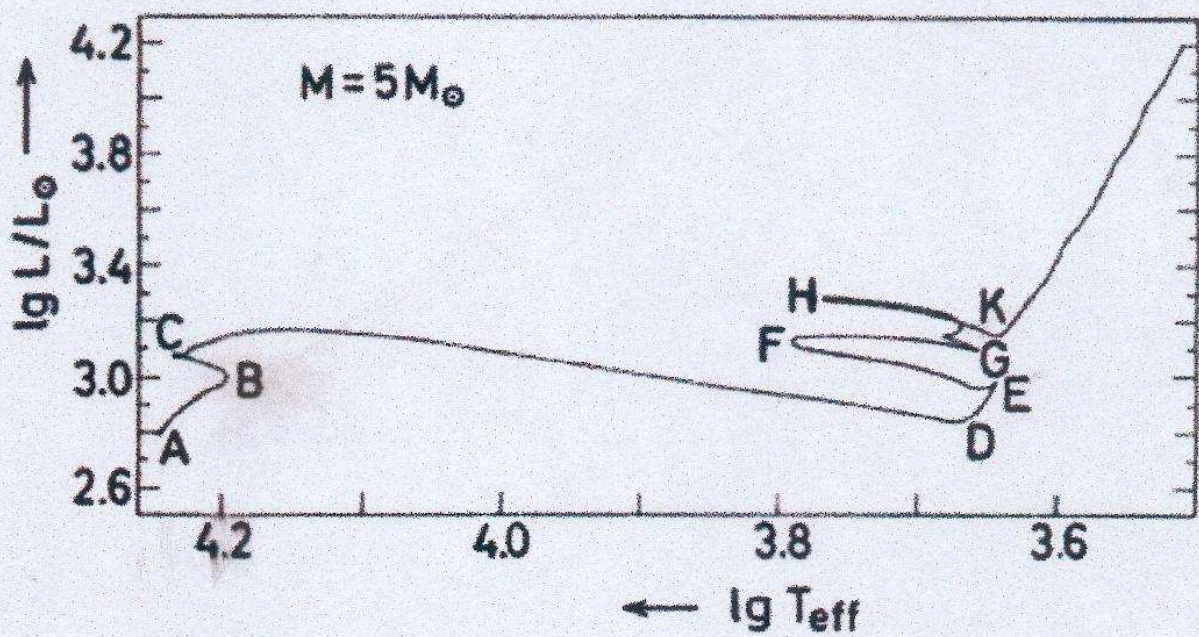
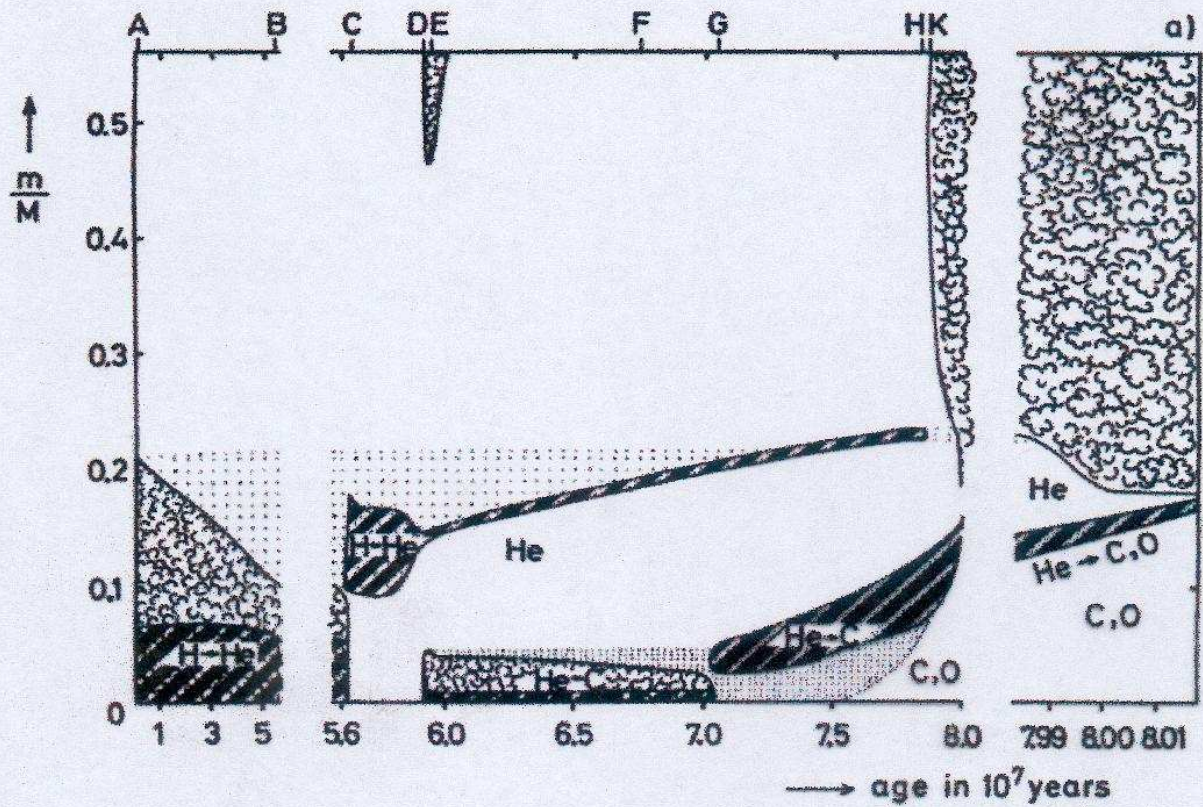
1. (II) vereinfacht sich, wenn $\tau_{\text{nucl}} \gg \tau_{\text{hydro}}$

$$\frac{\partial P}{\partial M_r} = -\frac{GM_r}{4\pi r^4}$$

2. (III) vereinfacht sich, wenn $\tau_{\text{nucl}} \gg \tau_{\text{KH}}$

$$\frac{\partial L_r}{\partial M_r} = \epsilon - \epsilon_\nu$$

Exemplarisch (für $M < 8M_{\odot}$): die Entwicklung eines $5M_{\odot}$ -Sterns



Entwicklung eines $3M_{\odot}$ -Sterns

