

Hauptreihensterne

Vergleich von Theorie und Beobachtung

Andreas Schmidt und Torben Simm

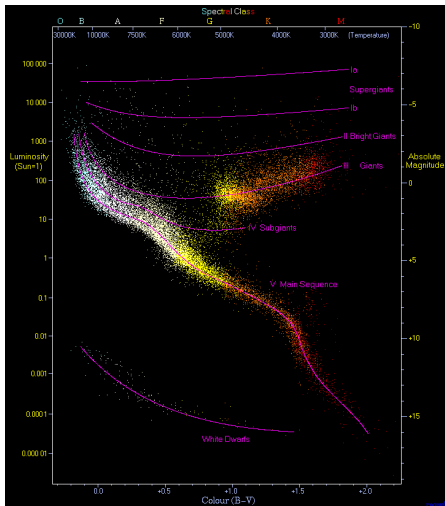
05.12.2012

Überblick

Übersicht

- Relationen der Hauptreihensterne (HRS).
- Aktueller Standpunkt der Forschung.
 - 1 Torres et al. (2010)
 - 2 Boyajian et al. II (2012)
 - 3 Feiden & Chaboyer (2012)
 - 4 Boyajian et al. I (2012)
- Zusammenfassung

HRD



Hauptreihensternmodelle (HRSM)

Annahmen

- Energiequelle: H-Brennen im Zentrum
- Chemische Zusammensetzung: homogen
- Freie Parameter: Masse M , mittleres Molekulargewicht μ
- Homologie: für verschiedene M und μ verhalten sich Sterne ähnlich

Homologie

Homologieannahme

$$P\left(\frac{M_r}{M}\right) = P_c(M, \mu) f_P\left(\frac{M_r}{M}\right) \quad (1)$$

$$T\left(\frac{M_r}{M}\right) = T_c(M, \mu) f_T\left(\frac{M_r}{M}\right) \quad (2)$$

$$r\left(\frac{M_r}{M}\right) = R(M, \mu) f_r\left(\frac{M_r}{M}\right) \quad (3)$$

$$L_r\left(\frac{M_r}{M}\right) = L(M, \mu) f_L\left(\frac{M_r}{M}\right) \quad (4)$$

$$\frac{M_r}{M} \equiv \xi$$

Grundgleichungen

Aus den Grundgleichungen ergibt sich:

$$\frac{dP}{dM_r} = \frac{P}{M_r} \frac{d(\ln(f_p))}{d(\ln(\xi))} = -\frac{GM_r}{4\pi r^4} \quad (5)$$

$$\frac{dr}{dM_r} = \frac{r}{M_r} \frac{d(\ln(f_r))}{d(\ln(\xi))} = (4\pi r^2 \rho)^{-1} \quad (6)$$

$$\frac{dT}{dM_r} = \frac{T}{M_r} \frac{d(\ln(f_T))}{d(\ln(\xi))} = -\frac{3\kappa}{64\pi a c} \frac{L_r}{r^4 T^3} \quad (7)$$

$$\frac{dL_r}{dM_r} = \frac{L_r}{M_r} \frac{d(\ln(f_L))}{d(\ln(\xi))} = \epsilon = \epsilon_0 \rho T^\nu \quad (8)$$

mit

$$P = \frac{\mathcal{R}}{\mu} \rho T \quad ; \quad \kappa = \text{const.}$$

Grundgleichungen - Relationen für HRS

Relationen für HRS:

- Masse-Leuchtkraft-
Beziehung:

$$\rightarrow L \propto \mu^4 M^3$$

- Masse-Radius-
Beziehung:

$$\rightarrow R \propto \mu^{\frac{\nu-4}{\nu+3}} M^{\frac{\nu-1}{\nu+3}}$$

Werte für ν

pp-Kette: $\nu \approx 3.5 - 5.5$

CNO-Zyklus: $\nu \approx 13 - 20$

Numerische Rechnung:

$$\rightarrow L \propto M^{3.5-4}$$

$$\rightarrow R \propto \begin{cases} M^{0.8} & \text{für } M \lesssim 1 M_{\odot} \\ M^{0.6} & \text{für } M \gtrsim 1 M_{\odot} \end{cases}$$

Aktueller Standpunkt der Forschung

Problematik bei der Bestimmung von Zustandsgrößen:

- Begrenzte Anzahl an Sternen

1 Einzelsterne

1.1 Dürfen nicht zu weit entfernt sein ($d \leq 10pc$) \rightarrow Interferometrie

1.2 Boyajian et al. (2012): 21 K und M Zwerge. $\frac{\Delta R}{R} \leq 2.5\%$

2 Bedeckende Doppelsternsysteme (detached eclipsing binaries: DEB)

2.1 Torres et al. (2010): 95 Systeme mit 190 Sternen. $\frac{\Delta M}{M} \leq 3\%$

$$\frac{\Delta R}{R} \leq 3\%$$

Besondere Herausforderung: Bestimmung der Zustandsgrößen für
'Low-Mass Stars' $M/M_{\odot} \leq 1$

Aktueller Standpunkt der Forschung

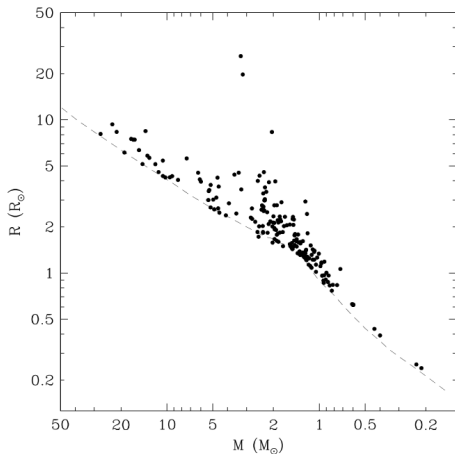


Abbildung: M-R Diagramm von [Torres et al.(2010) Torres, Andersen, and Gimenez]

M-L Diagramm

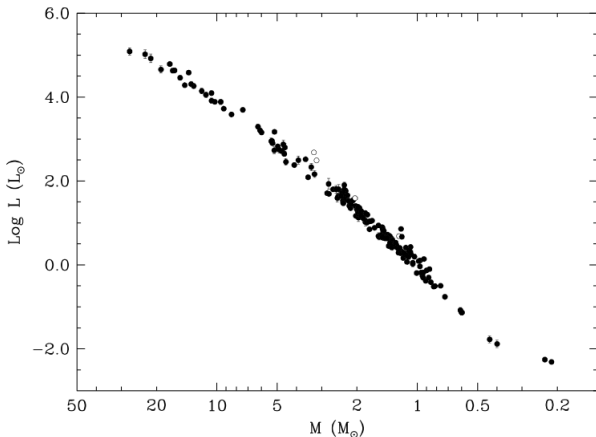


Abbildung: [Torres et al.(2010)Torres, Andersen, and Gimenez]

M-L Diagramm

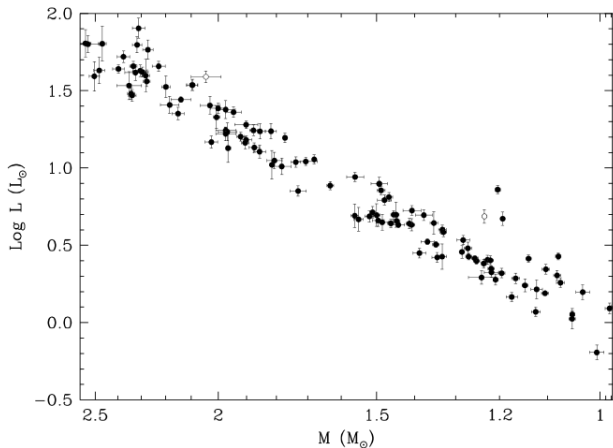


Abbildung: [Torres et al.(2010)Torres, Andersen, and Gimenez]

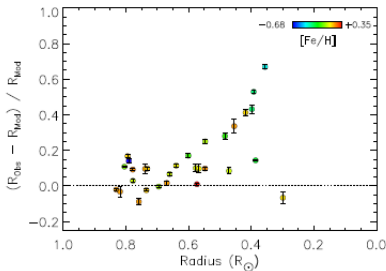
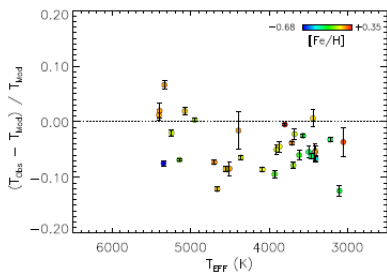
Sternmodelle

Ein häufig verwendetes Sternmodell

'Dartmouth Stellar Evolution Program' (DSEP)

<http://stellar.dartmouth.edu/models/isolf.html>

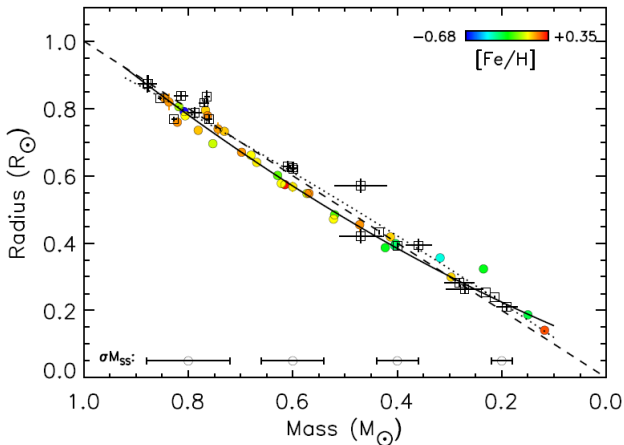
'Stellar Diameters and Temperatures' Boyajian et al. II (2012)



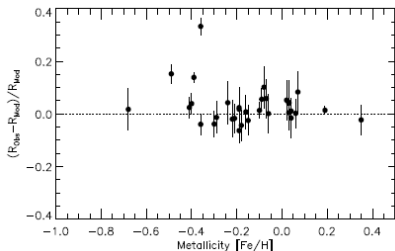
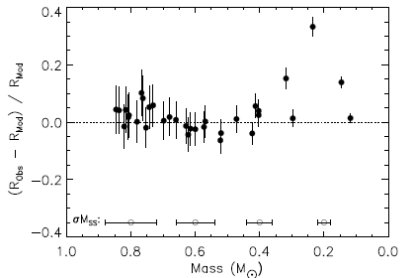
Quelle

Boyajian et al. II (2012)

'Stellar Diameters and Temperatures' Boyajian et al. II (2012)



'Stellar Diameters and Temperatures' Boyajian et al. II (2012)



Quelle

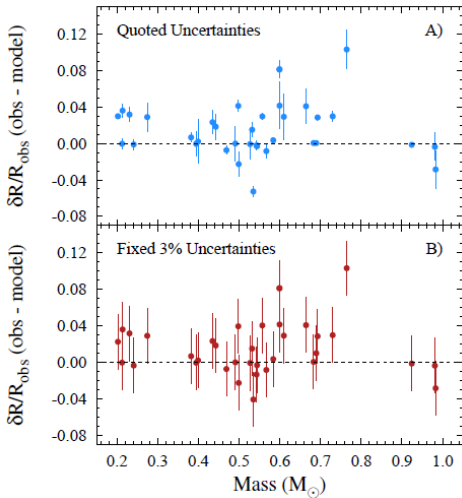
Boyajian et al. II (2012)

[Feiden and Chaboyer(2012)]

Aktuell beste Übereinstimmung mit Beobachtungen

- 18 DEB's
- neueste Version von DSEP
- $\frac{\Delta R}{R} \leq 4\%$
- begrenzt durch Beobachtungsgenauigkeit z.B. Sternflecken
→ systematische Unsicherheiten 2-4%

[Feiden and Chaboyer(2012)]



Hauptreihensterne vom Typ A,F und G

Boyajian et al. I (2012)

- Temperatur um 1.5 - 4% zu groß
- Radius wird unterschätzt
- > Leuchtkraft bleibt gleich ($L \propto R^2 T^4$)

Selbe Problematik wie bei 'Low-Mass Stars', jedoch abgeschwächt.

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Vergleich von HRSM und Beobachtungen begrenzt durch systematische Ungenauigkeiten
- Aktuelle Resultate teilweise widersprüchlich.
- Zu kleine Stichprobe.
- Verschiedene physikalische Effekte werden nicht berücksichtigt.

Ausblick

- Bessere Modelle → Physikalische Effekte (z.B magnetische Aktivität, Konvektion, Oberflächeninhomogenitäten, Differentielle Rotation)
- Genauere Beobachtungen → mehr Sterne

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Quellen I



T. S. Boyajian, H. A. McAlister, G. van Belle, D. R. Gies, T. A. ten Brummelaar, K. von Braun, C. Farrington, P. J. Goldfinger, D. O'Brien, J. R. Parks, N. D. Richardson, S. Ridgway, G. Schaefer, L. Sturmann, J. Sturmann, Y. Touhami, N. H. Turner, and R. White. Stellar Diameters and Temperatures. I. Main-sequence A, F, and G Stars.

The Astrophysical Journal, 746:101, February 2012a.

doi: [10.1088/0004-637X/746/1/101](https://doi.org/10.1088/0004-637X/746/1/101).

Quellen II






T. S. Boyajian, K. von Braun, G. van Belle, H. A. McAlister, T. A. ten Brummelaar, S. R. Kane, P. S. Muirhead, J. Jones, R. White, G. Schaefer, D. Ciardi, T. Henry, M. López-Morales, S. Ridgway, D. Gies, W.-C. Jao, B. Rojas-Ayala, J. R. Parks, L. Sturmann, J. Sturmann, N. H. Turner, C. Farrington, P. J. Goldfinger, and D. H. Berger.

Stellar Diameters and Temperatures. II. Main-sequence K- and M-stars.

The Astrophysical Journal, 757:112, October 2012b.
doi: 10.1088/0004-637X/757/2/112.

Quellen III

-  G. A. Feiden and B. Chaboyer.
Reevaluating the Mass-Radius Relation for Low-mass, Main-sequence Stars.
The Astrophysical Journal, 757:42, September 2012.
doi: 10.1088/0004-637X/757/1/42.
-  R. Kippenhahn and A. Weigert.
Stellar Structure and Evolution.
1994.
-  H. Ritter.
Innerer Aufbau und Entwicklung von Sternen I.
2012.

Quellen IV



G. Torres, J. Andersen, and A. Gimenez.

Accurate masses and radii of normal stars: modern results and applications.

VizieR Online Data Catalog, 390:1801, 2010.