

Astronomisches Praktikum: Altersbestimmung offener Sternhaufen

Versuch 4

Jan Röder & Julia Lienert

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Analyse eines unbekannten Sternhaufens	1
2.1	Aufgabe 1	1
2.2	Aufgabe 2	1
2.3	Aufgabe 3	2
2.4	Aufgabe 4	2
2.5	Aufgabe 5	2
2.6	Aufgabe 6	2
3	Hertzsprung-Russell-Diagramme	2
3.1	Aufgabe 1	2
3.2	Aufgabe 2	3
3.3	Aufgabe 3	3
3.4	Aufgabe 4	3
4	Diskussion	3

1 Einleitung

Entstehen viele Sterne am selben Ort zur (fast) gleichen Zeit, resultiert das in der Entstehung eines offenen Sternhaufens.

2 Analyse eines unbekannten Sternhaufens

2.1 Aufgabe 1

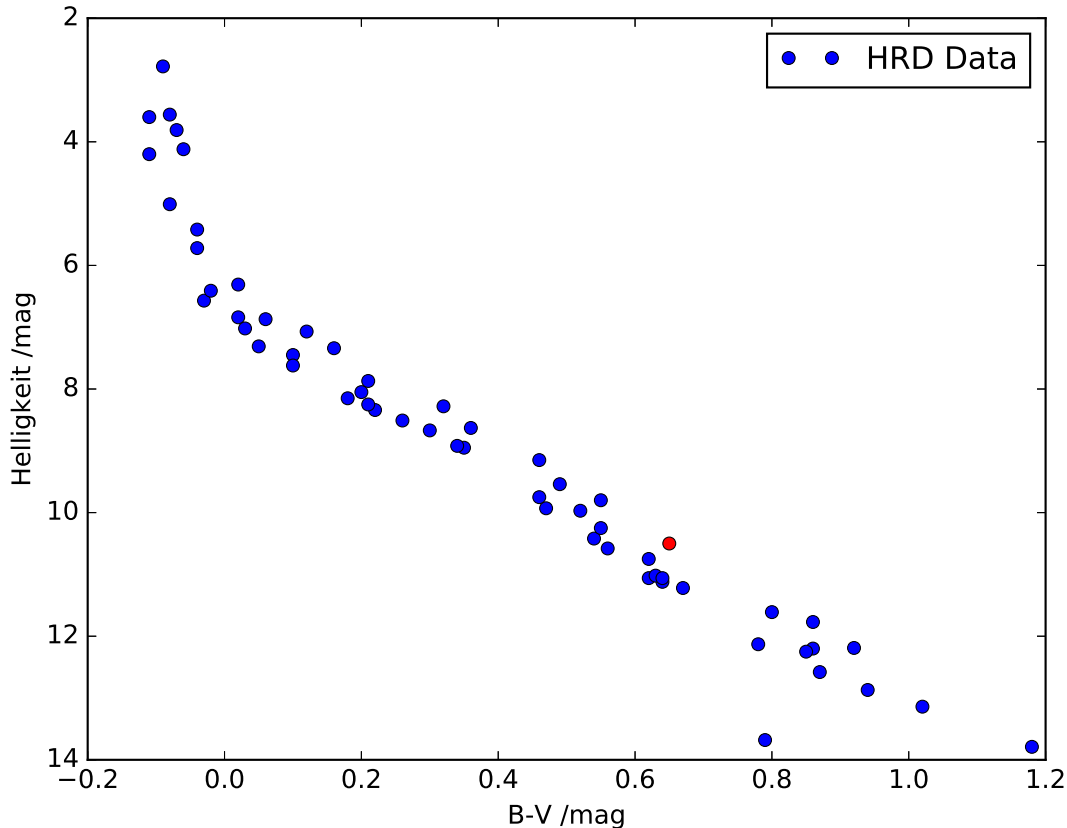


Abbildung 1: Scheinbare Helligkeit und Farbindex gegeneinander aufgetragen. Der rote Punkt wäre die Sonne, wäre sie Teil des Haufens.

Im Diagramm sind die Werte aus Tabelle 4.1 der Anleitung aufgetragen. Die Hauptreihe knickt bei ca. $m = 5$ mag und $B - V = -0.01$ mag ab.

2.2 Aufgabe 2

Abbildung 4.2 der Anleitung zeigt die absolute Helligkeit aufgetragen gegen den Farbindex, für einige bekannte Sternhaufen. Hier kann man anhand des Farbindexes das Alter des unbekannten Sternhaufens ablesen. Alternativ kann der Farbindex in die effektive Temperatur umgerechnet werden, um Abbildung 4.3 b) verwenden zu können. Ohne Information

über die Entfernung des Haufens können die y-Achsen der Graphen, die jeweils die absolute Helligkeit darstellen, nicht verwendet werden.

Die hellsten Sterne sind oft blaue Riesensterne, die eine Farbe zwischen weißlichem Blau und Blau haben. Das entspricht einem Farbindex von etwa -0.2 .

2.3 Aufgabe 3

Der Abknickpunkt für $B - V \simeq -0.01$ mag steht hier für ein Alter von etwa 10^8 Jahren (Plejaden in Abb. 4.2).

2.4 Aufgabe 4

Liest man in Abb. 4.2 die zum bestimmten Farbindex gehörende absolute Helligkeit ab, kann man sie zusammen mit der scheinbaren Helligkeit des Abknickpunkts in das Entfernungsmodul einsetzen. Man erhält aus der Abbildung $M \simeq -0.5$ mag.

$$\begin{aligned} r &= 10 \text{ pc} \cdot 10^{\frac{m-M}{5}} \\ r &= 10 \text{ pc} \cdot 10^{\frac{5.5}{5}} \\ r &\simeq 125.89 \text{ pc} \end{aligned}$$

2.5 Aufgabe 5

Das Alter von 10^8 Jahren ergibt $\log t = 8$, mithilfe von Abbildung 4.3 b) erhält man dann $\log T_{eff} = 4.17$ (der x-Wert zum Abknickpunkt der Kurve, die zu $\log t = 8$ gehört.) Damit ist $T_{eff} \simeq 14800$ K. Dies wiederum liefert den x-Wert zu der Kurve zum gesuchten $\log M/M_{\odot}$ in Abbildung 4.3 a). Man kann $\log M/M_{\odot} = 0.7$ ablesen, bzw. $M \simeq 5.01 M_{\odot}$.

2.6 Aufgabe 6

Der Entfernung nach zu Urteilen handelt es sich vermutlich um die Plejaden bei $r \simeq 136$ pc. Unser Wert ist 10 pc zu niedrig, gleicht jedoch den vom Hipparcos-Satelliten bestimmten 125 pc im Jahr 1999.

Das Alter der Plejaden mit rund 100 Jahren stimmt gut mit der Literatur überein.

3 Hertzsprung-Russell-Diagramme

3.1 Aufgabe 1

Die Sonne wird insgesamt etwa 11 Mrd. Jahre ein Hauptreihenstern sein. Ihr momentanes Alter beträgt rund 4.57 Mrd. Jahre.

Die Lebensdauer eines Sterns hängt im Wesentlichen von der Masse und dem Energieertrag ab. Letzterer ist die Bilanz aus der gesamten im Sterninneren produzierten Energie und der Strahlungsenergie, die abgestrahlt wird. Der Energieertrag ist somit eine erste, grobe Abschätzung für die Lebensdauer.

Die absolute Helligkeit der Sonne beträgt $M = 4.83$ mag; der hellste Stern im Datensatz hat $M = -2.72$ mag. Er ist damit wesentlich leuchtkräftiger als die Sonne. Außerdem ist er

weiß-bläulich, während die Sonne ein gelblicher Stern ist. Der hellste Stern des Datensatzes wird deutlich weniger Zeit auf der Hauptreihe verbringen.

Mit den Gleichungen

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{-0.4(M-M_{\odot})} \quad (1)$$

$$L \sim M^{7/2} \quad (2)$$

$$\tau_{HR} \sim 10^{10} \text{ yr} \cdot \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right) \left(\frac{L_{\odot}}{L} \right) = 10^{10} \text{ yr} \cdot \left(\frac{L_{\odot}}{L} \right)^{7/2} \quad (3)$$

kann man abschätzen, dass der hellste Stern des Datensatzes nur knapp 70 Mio. Jahre lang ein Hauptreihenstern ist. Bei Gleichungen 2 und 3 ist hier zu beachten dass M Massen bezeichnen. In Gleichung 1 ist M die absolute Helligkeit. Formel 2 bezeichnet man auch als Masse-Leuchtkraft-Beziehung; Formel 3 ermittelt eine Abschätzung für die Hauptreihen-Lebensdauer basierend auf dem Wert für die Sonne.

3.2 Aufgabe 2

In Abbildung 1 ist die Sonne als roter Punkt basierend auf dem in 2.4 ermittelten Abstand eingetragen. Ihre scheinbare Helligkeit würde etwa $m_{\odot} \simeq 10 \text{ mag}$ betragen; mit dem bloßen Auge sind Sterne aber nur bis $m = 6 \text{ mag}$ sichtbar. Man könnte die Sonne also nicht mit dem Auge sehen, stünde sie in dem unbekannten Sternhaufen.

3.3 Aufgabe 3

Da alle Sterne im Haufen in etwa den gleichen Abstand zu uns haben, kann man mit dem Entfernungsmodul $m - M = \text{const.}$ annehmen und somit die rechte y-Achse generieren, indem man die linke Achse um diesen konstanten Wert (hier ca. 5.5) nach unten verschiebt.

$$m - M \simeq 5 \text{ mag} \cdot \log \left(\frac{126 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} \right) \simeq 5.5 \text{ mag}$$

Damit ergibt sich Abbildung 2.

3.4 Aufgabe 4

Wählt man am Himmel per Zufall Sterne aus und trägt sie in ein T - m -Diagramm ein, so lässt man außer Acht, wie weit sie entfernt sind. Dieses Diagramm hat somit keine charakteristische Struktur. Erst wenn man m in M umrechnet und ein T - M -Diagramm erstellt, sieht es aus wie ein HRD, da nun alle Helligkeiten normiert wurden. Alternativ kann man auch, wie in diesem Versuch, nur Sterne aus einem Abstand in ein T - m -Diagramm eintragen, dass dann direkt die gewohnte Struktur aufweist.

4 Diskussion

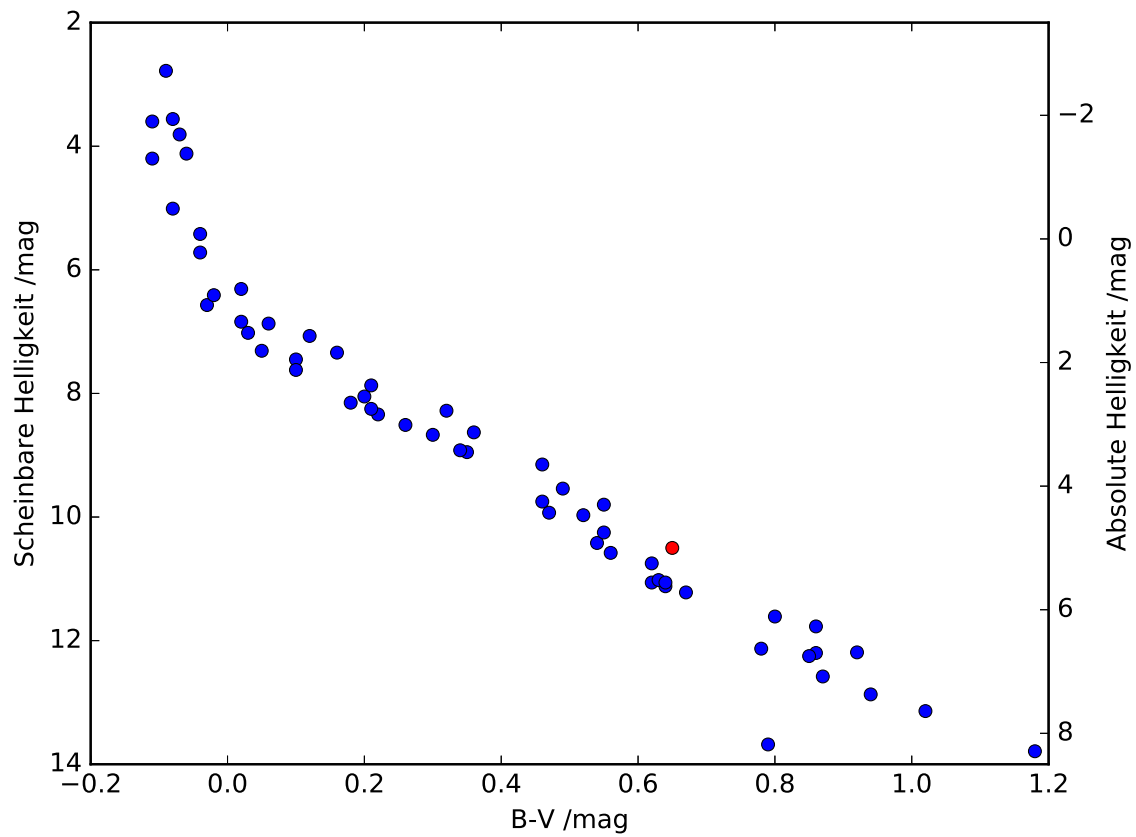


Abbildung 2: Scheinbare und absolute Helligkeit gegen Farbindex aufgetragen