

Q12 * Astrophysik * Das Alter eines Kugelsternhaufens

Das Bild zeigt den Kugelsternhaufen M3 im Sternbild Jagdhunde.

M3 enthält ca. 500 000 Sterne.

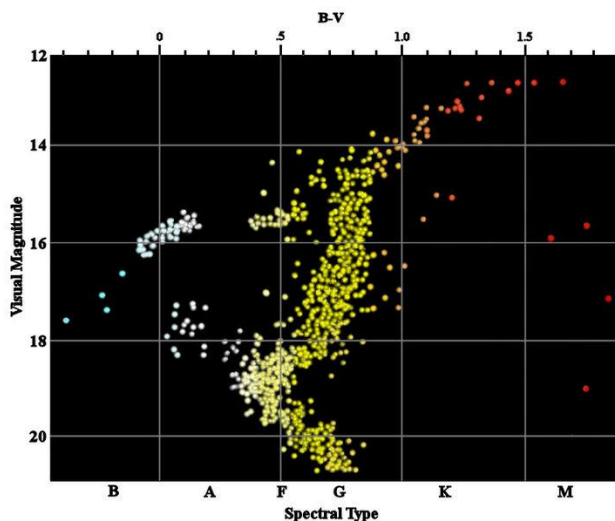
Die Winkelausdehnung des Sternhaufens beträgt ca. 18', seine scheinbare Helligkeit 6,2.

Die besondere Form der Sternansammlung legt nahe, dass alle Sterne von M3 zusammen entstanden sind.

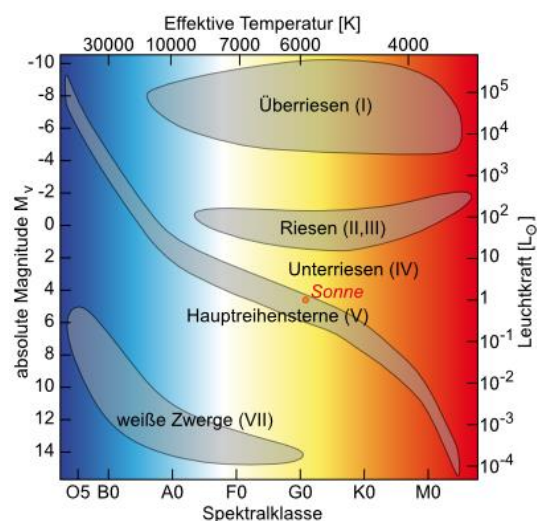
Trägt man die Sterne von M3 in ein Diagramm mit den Achsen Spektralklasse und scheinbare Helligkeit ein, so erhält man das unten stehende Bild.



Spektralklasse – m – Diagramm von M3



HRD



Aufgaben:

1. Vergleichen Sie das Diagramm von M3 mit dem rechts abgebildeten HRD.

Erklären Sie mit Hilfe der bekannten Verweildauer $\tau \sim \frac{1}{m^2}$ auf der Hauptreihe, dass die Sterne von M3 alle zur selben Zeit entstanden sind.

2. Wie sieht offensichtlich die Entwicklung eines Sterns nach seinem Hauptreihenstadium aus?

3. Ermitteln Sie ungefähr das Alter von M3 und die Entfernung von M3.

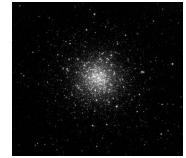
4. Bestimmen Sie den Durchmesser von M3 in Lichtjahren.

Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit folgenden Daten von M3 in Wikipedia:

Entfernung: 10,4 kpc

Durchmesser: 223 Lj

Q12 * Astrophysik * Das Alter eines Kugelsternhaufens * Lösung



1. Offensichtlich sind die Sterne des Kugelsternhaufens alle etwa gleich weit entfernt, das abgebildete Diagramm entspricht also einem HRD, wobei die absolute Helligkeit M durch die scheinbare m ersetzt ist.
Die Sterne von M3 sind offensichtlich auch miteinander entstanden, haben also das gleiche Alter. Da die Masse der Hauptreihensterne nach „links oben“ zunimmt, die Hauptreihe von M3 aber bei Sternen der Spektralklasse A0 endet, entspricht das Alter von M3 etwa der „Lebenserwartung“ eines A0-Sterns.
2. Nach dem Hauptreihenstadium scheinen die Sterne in den Bereich der Riesen „abzuwandern“.

3. Ein A0-Hauptreihenstern hat etwa $M = 2$ und $L^* = 10$.

Die scheinbare Helligkeit eines A0-Sterns von M3 beträgt etwa 18.

$$\text{Mit } L^* = (m^*)^3 \text{ folgt } m^* = \sqrt[3]{L^*} = \sqrt[3]{10} \approx 2,2 \text{ und } \tau_{M3}^* = \frac{1}{(m^*)^2} = \frac{1}{(\sqrt[3]{10})^2} = 0,2$$

Mit $\tau_{\odot} \approx 10 \cdot 10^9 \text{ a}$ folgt $\tau_{M3} \approx 2 \cdot 10^9 \text{ a}$.

Für die Entfernung von M3 folgt mit Hilfe des Entfernungsmoduls

$$m - M = 5 \cdot \lg \frac{r_{M3}}{10 \text{ pc}} \Rightarrow r_{M3} = 10 \text{ pc} \cdot 10^{0,2 \cdot (m - M)} = 10 \text{ pc} \cdot 10^{0,2 \cdot (18 - 2)} \approx 16 \text{ kpc}$$

4. Aus der Entfernung und dem Winkeldurchmesser von $18'$ ergibt sich für den Durchmesser d des Kugelsternhaufens:

$$d = r \cdot \tan 18' = 16 \text{ kpc} \cdot \tan \frac{18^\circ}{60} \approx 270 \text{ Lj}$$