

Reiner Guse Juni 2009	Bestimmung von Alter und Entfernung eines Sternhaufens (NGC 884) durch Photometrie	Astro- Stammtisch
--------------------------	---	----------------------

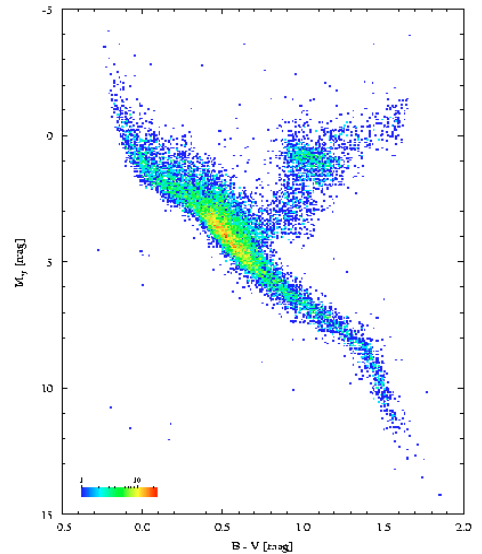
Ziel: Durch die Auswertung einer 30s – Farbaufnahme von NGC 884 (Chi Perseus) soll die Entfernung und das Alter des Sternhaufens bestimmt werden.

Mittel:

- 30s-Farbaufnahme durch einen 4'' Refraktor Borg ED 101 f = 640 mm mit einer CCD Kamera Starlight SXV – H9C
- Software: Astroart, Guide 8.0, Excel
- Astrophysikalische Grundlagen zu Sternen, insbesondere das Farben-Helligkeitsdiagramm

Theoretische Grundlagen: FH-Diagramm

Trägt man die absolute Helligkeit von Sternen in Abhängigkeit von ihren Farben in ein Diagramm ein, dann erhält man das Farben-Helligkeitsdiagramm (FHD bzw. CMD). Dabei wird meistens, wie in nebenstehendem Bild, die absolute Helligkeit M_V (V für visuell, gelb-grüner Bereich mit $\lambda \cong 550$ nm) in mag verwendet, und für die Farbe die Differenz zwischen der Blauhelligkeit M_B (meist nur als B gekennzeichnet, $\lambda \cong 450$ nm) in mag und der V-Helligkeit M_V (meist nur als V angegeben) in mag eingesetzt. Man erhält dann $M_V = f(B - V)$. Als Ergebnis stellt man fest, dass die meisten Sterne auf einer Linie liegen, die von links oben nach rechts unten verläuft, sie wird Hauptreihe (main sequence) genannt.



Berücksichtigt man nur die Sterne zu Beginn ihrer Entstehung, dann erhält man daraus die ZAMS (Zero age main sequence) wie unten rechts. Da leuchtkräftigere Sterne eine kürzere Lebensdauer haben als schwächere, wandern diese früher von diesem Ast nach rechts, wenn sie sich zum Roten Riesen entwickeln. Die Zeiten, nach denen das ca. der Fall ist, sind in dem Diagramm eingetragen. Man kann sie auch bei bekanntem $(B - V)$ –Wert folgendermaßen berechnen:

$$a = 9 \cdot 10^7 \cdot 10^{2,94(B-V)}$$

mit a in Jahren.

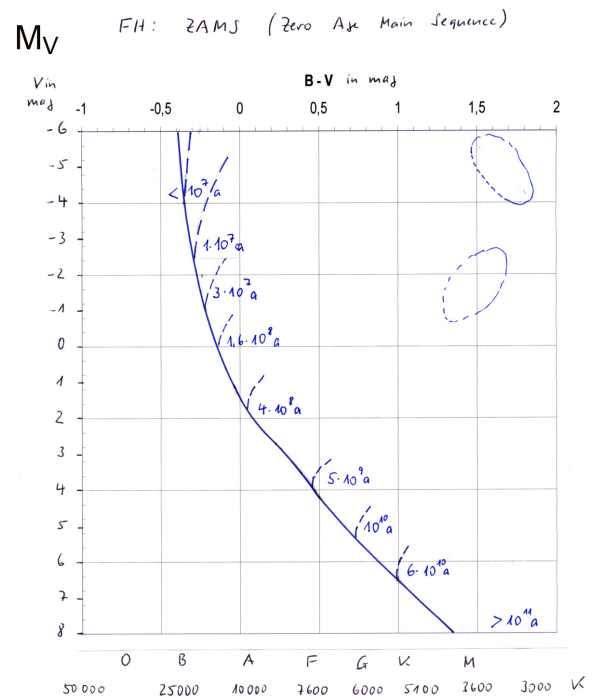
Wird von einem Sternhaufen das FH-Diagramm aufgenommen, dann kann durch Anpassung (fitting) an das ZAMS das Alter und die Entfernung des Haufens bestimmt werden. Die Entfernung erhält man durch Vergleich der absoluten mit der scheinbaren Helligkeit entsprechend:

$$d_{pc} = 10^{0,2(m-M+5)} d_{pc}$$

in pc, m , M in mag und

$$d_{Lj} = 3,26 \cdot d_{pc}$$

d_{Lj} in Lichtjahren



Theoretische Grundlagen: Photometrie

Das einfallende Licht eines Sternes wird in den Pixeln der CCD Kamera in elektrische Ladungen umgewandelt. Beim Auslesen der Kamera werden daraus Zahlenwerte gebildet, mit denen dann die Grauwerte erzeugt werden. Bei einer 16 bit Kamera sind je Pixel $2^{16} = 65536$ (0 ... 65535) Werte, sogenannte ADUs (Analog-Digital-Einheiten) möglich. Diese Zahlenwerte entsprechen der elektrischen Ladung und somit den einfallenden Photonen und sind damit abhängig von der Helligkeit und Belichtungszeit. Summiert man nun alle ADUs von den Pixeln, die zu einem Stern gehören, und zieht die ADUs des Hintergrundes ab, dann kann man nach Kalibrierung die scheinbare Helligkeit des Sternes angeben. Bei Verwendung eines Filters (B, G oder R) erhält man dann den entsprechenden m_V (V) oder m_B (B) Wert.

Beispiel zur Kalibrierung: Vom Stern SAO 23254 wurden für das V-Band (Aufnahme mit Grünfilter) 427 405 ADUs gemessen. Guide liefert für diesen Stern $V = 8,818$ mag. Den V – Wert in mag erhält man aus dem ADU Wert durch $m_V = -2,5 \log ADU + C_V$, wobei C_V die Kalibrierungskonstante ist. Man erhält $C_V = 22,89$ mag, da gilt: $m_V = -2,5 \log 427405 + 22,89 = 8,818$ mag. Die Kalibrierungskonstante wird z. B. in Astroart eingegeben und dann können die scheinbaren Helligkeiten durch Auslesen der Pixel der entsprechenden Sterne direkt abgelesen werden. Bei größeren Entfernungen muss außerdem die Extinktion (Lichtschwächung durch interstellaren Staub) berücksichtigt werden. Bei der folgenden Auswertung ist diese Korrektur bereits in der Kalibrierungskonstanten enthalten.

Durchführung

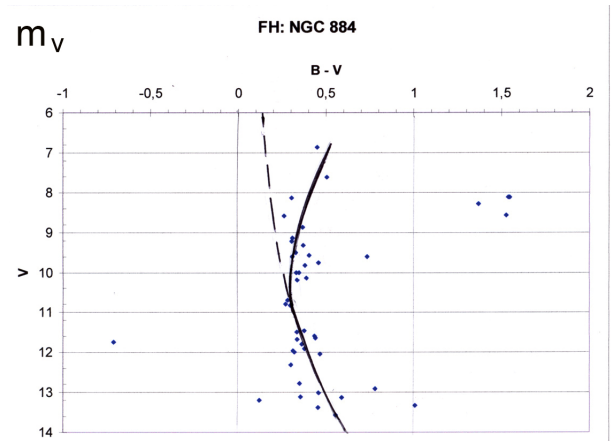
- Aufnahme von NGC 884 am 05.11.2007 mit CCD Farbkamera und 30 s Belichtung.
- Aufteilung des Bildes mit Astroart in die 3 Farbkanäle R, G (V) und B.
- Kalibrierung des Helligkeitswertes an Eichsternen für das G (V) und B – Band mit Hilfe von Astroart und Guide: $C_V = 22,95$ mag; $C_B = 23,4$ mag
- Auslesen der B und V -Werte von ca. 50 Sternen von NGC 884.
- Übernahme der Werte in Excel, Bildung von $m_V = f(B - V)$ und Darstellung im Diagramm.
- Kennzeichnung des Kurvenverlaufes und des Abknickpunktes (s. rechts).
- Anpassung dieses Diagramms an das ZAMS, Ablesen von $m - M$ und $B - V$ für den Abknickpunkt. $M - m = 12$, $B - V = -0,25$
- Berechnung von Alter a und Entfernung d

$$a = 9 \cdot 10^7 \cdot 10^{2,94(B-V)} =$$

$$9 \cdot 10^7 \cdot 10^{-2,94 \cdot 0,25} = \underline{\underline{16,6 \cdot 10^6 \text{ a}}}$$

$$d_{\text{pc}} = 10^{0,2(m-M+5)} = 10^{3,4} \text{ pc} = 2512 \text{ pc}$$

$$= \underline{\underline{8189 \text{ Lj}}}$$



Diskussion

Ein Vergleich mit zuverlässigen Quellen ergibt:

Distanz d : 7645 Lj (WEBDA), 7130 Lj (ESO2002), 8189 Lj (Gu); Abw. 7% und 15%, d. h. die Abweichung von 7% ist nicht größer als die Abweichung der beiden Werte der Quellen!!!

Alter t : $10,76 \cdot 10^6$ a (WEBDA), $12,6 \cdot 10^6$ a (ESO2002), $16,6 \cdot 10^6$ a (Gu); Abw. 50% und 30%.

Das FH-Diagramm von NGC 448 zeigt keine gravierenden Abweichungen gegenüber zuverlässigen Quellen mit wesentlich mehr Sternen. Die Rotverschiebung beträgt bei mir 0,52, bei zuverlässigen Quellen 0,56.

Übersicht Sternhaufen

Offene Sternhaufen

<i>Bezeichnung</i>	<i>Entfernung</i>	<i>Alter</i>	<i>Bemerkungen</i>
M 11 (Scu) <i>Schild</i>	6 000 Lj	220...500 Millionen J.	2 900 Sterne
M 35 (Gem) <i>Zwillinge</i>	2 800 Lj	100...110 Millionen J.	einige hundert Sterne
M 36 (Aur) <i>Fuhrmann</i>	4 100 Lj	25 Millionen Jahre	
M 37 (Aur) <i>Fuhrmann</i>	3 600 .. 4 400 Lj	300 Millionen Jahre	über 500 Sterne
M 38 (Aur) <i>Fuhrmann</i>	2 750 .. 4 200 Lj	220 Millionen Jahre	
M 44 Praesepe (Can) <i>Krebs</i>	577 Lj	730 Millionen Jahre	350 Sterne
Mel 25 Hyaden (Tau) <i>Stier</i>	150 Lj	790 Millionen Jahre	
M 45 Plejaden (Tau) <i>Stier</i>	440 Lj	Ca. 100 Millionen J.	500 Sterne
NGC 884 (Per) <i>Perseus</i>	7 400 Lj	12 Millionen Jahre	
M 67 (Can) <i>Krebs</i>	2700 Lj	3 .. 5 Milliarde Jahre	hat schon 200 weiße Zwerge

Kugelsternhaufen

M 5 (Serp) <i>Schlange</i>	24 500 Lj	13 Milliarden Jahre	
M 13 (Her) <i>Herkules</i>	25 100 Lj	14 Milliarde J. ??	>einige 100 000 Sterne?
M 92 (Her) <i>Herkules</i>	26 700 Lj	12 .. 14 Milliarde J.	
M 3 (Can Ven) <i>Jagdhunde</i>	33 900 Lj	5 .. 26 Milliarde J.	44500 St. < 22,5 mag