Altersbestimmung offener Sternhaufen

Autor(en): **Donath, Xavier / Hägi, Markus**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen**

Band (Jahr): **3 (1993)**

Heft 2

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-896852

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Altersbestimmung offener Sternhaufen

Xavier Donath, Markus Hägi

Offene Sternhaufen sind lockere Ansammlungen von Sternen mit räumlichen Ausdehnungen zwischen fünf und 50 Lichtjahren, die sich in der galaktischen Ebene (meist in den Armen einer Spiralgalaxie) auf Bahnen um das galaktische Zentrum bewegen. Die weit über tausend bekannten offenen Haufen enthalten zwischen 10 und 1000 Sterne und stellen relativ junge kosmische Objekte dar: Nur wenige sind älter als eine Milliarde Jahre. Doch woran erkennt man eigentlich das Alter eines Sternhaufens?

Unser System zur Messung von Sternhelligkeiten geht auf den Astronomen Claudius Ptolemaeus (85 – 165 n. Chr.) zurück, der die hellsten Sterne als von erster Grösse (1 mag) klassifizierte und die mit blossem Auge gerade noch wahrnehmbaren als von sechster Grösse (6 mag). Heute werden Sternhelligkeiten meist nicht mehr geschätzt, sondern

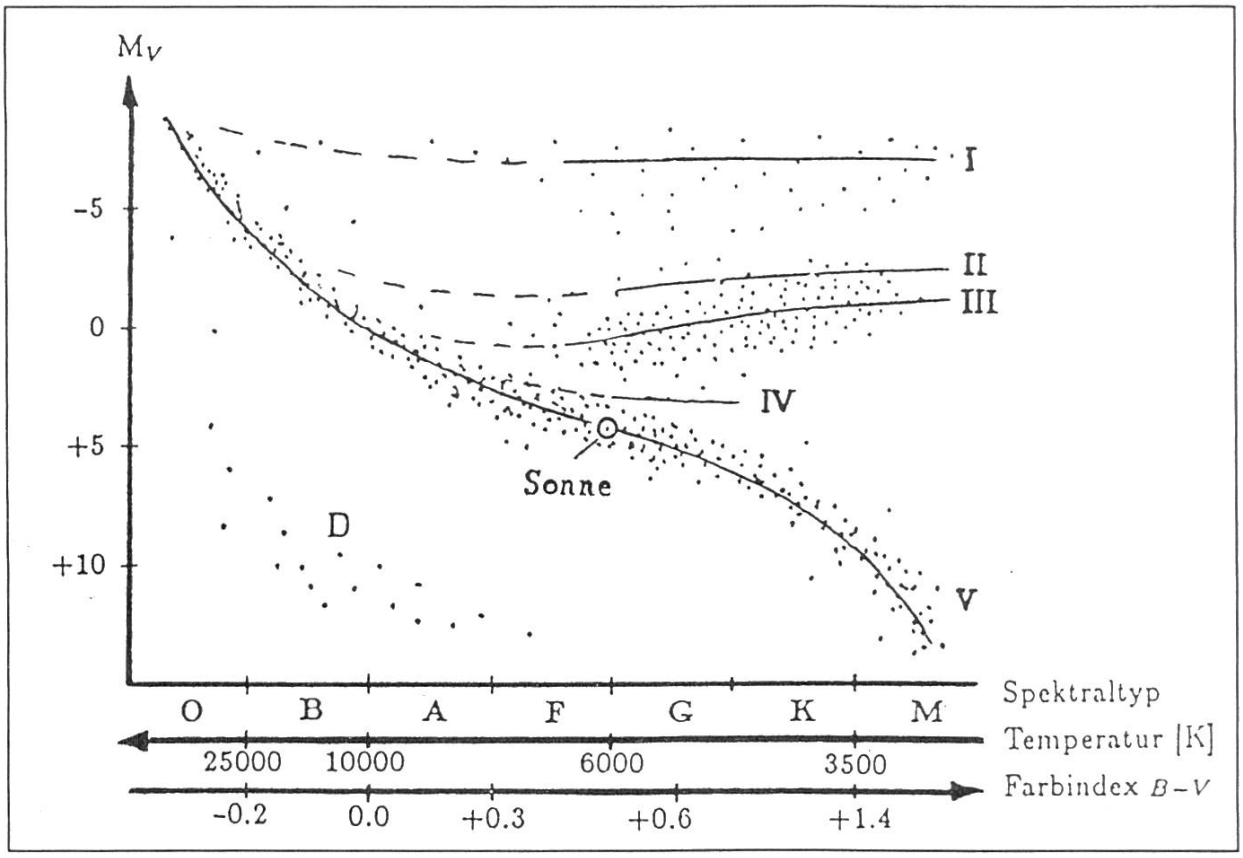


Abb 1: Das «Hertzsprung-Russel»- Diagramm. Es bedeuten (I) Überriesen, (II) helle Riesen, (III) Riesen, (IV) Unterriesen, (V) Hauptreihensterne, (D) Weisse Zwerge. Grafik aus [1].

gemessen (Fotometrie). Die scheinbare Helligkeit eines Sterns hängt aber von der Wellenlänge ab, in der er beobachtet oder gemessen wird. Man hat aus diesem Grunde für die Fotometrie das UBV-System eingeführt, das in drei Wellenlängenbereichen die Helligkeit misst. Dabei passiert das Sternlicht vor dem Eintritt in das Fotometer Standardfilter mit maximalen Durchlässigkeiten bei 365 nm (U-Band, Ultraviolett), 440 nm (B-Band, Blau), 548 nm (V-Band, visuell). Die so gemessenen Helligkeiten werden mit m_U, m_B und m_V bezeichnet. In Beobachtungshandbüchern ist, wenn nichts anderes vermerkt, immer die Helligkeit m_V angegeben. Der Farbindex (B-V) eines Sterns ist die Differenz zwischen der gemessenen Helligkeit im blauen Bereich und der Helligkeit im visuellen (Beispiel: Für den von blossem Auge rötlich erscheinenden Stern Aldebaran ist m_V = 0.86 mag und m_B = 2.39 mag und der Farbindex dementsprechend 1.53 mag). Die interstellare Materie, die sich zwischen dem Stern und dem Beobachter befindet, verfälscht den Farbindex. Sie verschluckt die blaue Strahlung stärker als die rote, so dass eine Rötung des Sternlichtes beobachtet wird (in allen hier gezeigten Diagrammen wurde dieser Fehler korrigiert).

Farbindex, Spektraltyp und Oberflächentemperatur eines Sterns hängen alle voneinander ab. Sie können also im folgenden als Synonyme

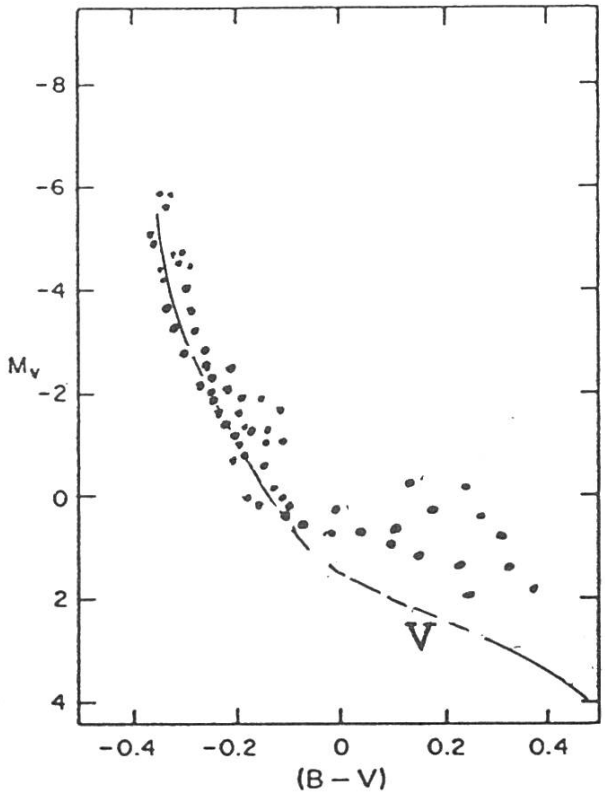


Abb. 2: Das FHD eines jungen Sternhaufens mit schweren Sternen im Hauptreihenstadium und leichteren im Vorhauptreihenstadium.

betrachtet werden (vgl. Abb. 1). Für einen Stern besteht eine wichtige Beziehung zwischen dem Farbindex und der absoluten visuellen Helligkeit (der Helligkeit eines Objektes, wenn es in 10 Parsec = 33 Lichtjahren Entfernung stehen würde). Diese kann in einem Diagramm veranschaulicht werden (Abb. 1). Je nachdem, ob auf der Abszisse die Spektralklassen oder die Farbindizes aufgetragen werden, spricht man vom Hertzsprung-Russel-Diagramm (HRD) oder vom Farben-Helligkeits-Diagramm (FHD). Man erkennt, dass sich die Sterne nicht regelmässig im Diagramm vertei-

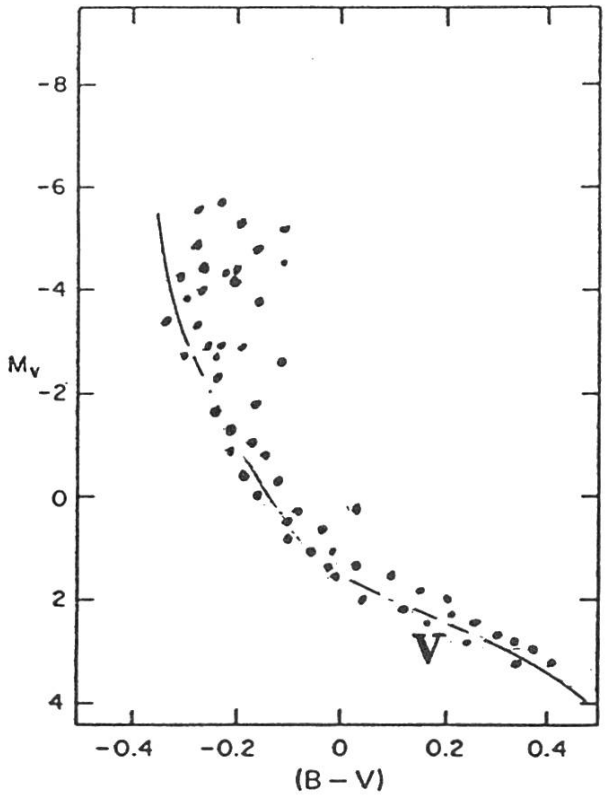


Abb. 3: Ziemlich junger Haufen: Die schnelleren, massereichen Sterne haben die Hauptreihe verlassen, die nun bis unten von leichten Sternen besetzt ist.

len, sondern sich auf merkwürdige Art und Weise gruppieren. Man nennt diese Gruppen Leuchtkraftklassen und bezeichnet sie mit römischen Ziffern. Vereinfacht gesagt sind die Sterne der Klasse I die grössten und seltensten und diejenigen der Klasse V die kleinsten und häufigsten.

Die Abbildung 1 ist Zustands- und Entwicklungsdiagramm in einem. Ein beliebiger Stern von bekannter Farbe und Helligkeit nimmt, seinem Zustand entsprechend, eine bestimmte Position im Diagramm ein. Diese verändert sich im Verlaufe seiner Entwicklung.

Die Sterne offener Haufen besitzen unterschiedliche Masse, sind aber nahezu zur gleichen Zeit aus Wolken interstellarer Materie mit örtlich gleicher chemischer Zusammensetzung entstanden [2]. Ihre Mitglieder weisen gemeinsame Raumbewegungen auf.

Trägt man nun alle beobachtbaren Mitglieder eines Haufens in ein FHD ein, so verteilen sich diese zunächst beliebig. Da es sich um eine Ansammlung von nahezu gleichaltrigen Sternen unterschiedlicher Masse handelt, können wir erkennen, wo sich Sterne mit gleichem Alter aber unterschiedlicher Masse im Diagramm befinden! Das FHD ist in diesem Falle ein Zustandsdia-

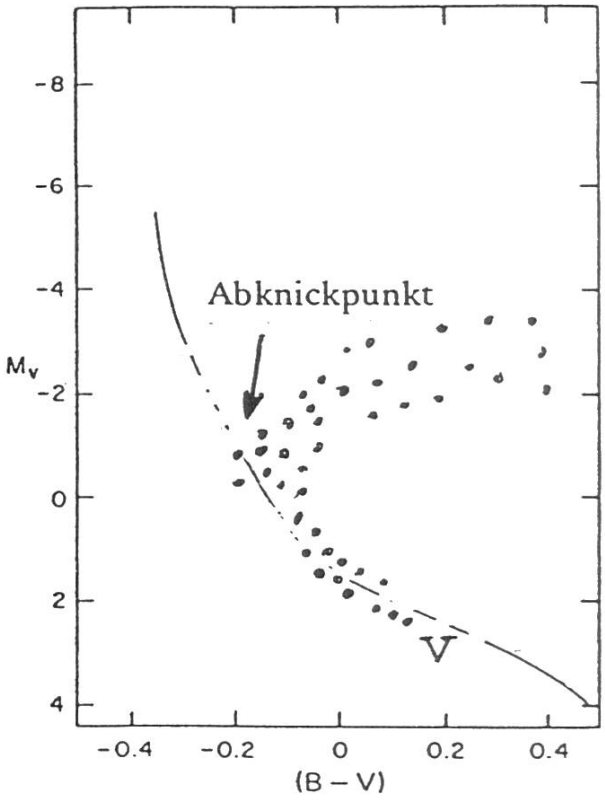


Abb. 4: Das FHD eines alten Sternhaufens.

gramm. Wir betrachten nun den Weg im Diagramm, den ein Haufenmitglied im Laufe der Zeit zurücklegt (das FHD als Entwicklungsdiagramm).

Ein Stern macht grundsätzlich drei Stufen in seiner Entwicklung durch: Das Vorhauptreihenstadium, das Hauptreihenstadium und das Nachhauptreihenstadium. Sterne des ersten Stadiums sind im Diagramm rechts und oberhalb der Hauptreihe angeordnet! In dieser Phase ziehen sie sich zusammen und schaffen so die Voraussetzungen für die Kernfusion. In ihrer Entwicklung bewegen sich Vorhauptreihensterne im Diagramm auf die Hauptreihe zu und werden Untertanen des zweiten Stadiums. Sterne der Hauptreihe erzeugen ihre Energie in ihrem Zentrum durch Fusion von Wasserstoff zu Helium [3]. Schwere Sterne sind weiter oben aufzufinden und vollziehen den Übergang in die Hauptreihe wesentlich schneller. Wir können damit das Diagramm eines jungen Sternhaufens skizzieren (Abb. 2).

Man erkennt nur wenige Sterne auf der Hauptreihe. Die Mehrheit der masseärmeren Sterne hat es noch nicht in diese geschafft. Ist das Hauptreihenstadium erreicht, so wird nach einer längeren, stabilen Periode der Wechsel ins letzte Stadium vollzogen. Bestimmend für diesen Übergang ist die Verlagerung des Wasserstoffbrennens ins Sternäussere (Schalenbrennen) und das Einsetzen einer «neuen» Kernfusion im Zentrum, bei der Helium zu schwereren Elementen «verbrannt» wird [3]. Sterne des Nachhauptreihen-Stadiums befinden sich im Diagramm wiederum rechts der Hauptreihe, diesmal jedoch bis hin in das Gebiet der gelben und roten Riesen. Massereiche Objekte verweilen wesentlich weniger lang in der Hauptreihe als die Leichtgewichte und vollziehen den Übergang ins letzte Stadium einiges schneller. Das Diagramm für einen etwas älteren Haufen zeigt Abbildung 3.

Die Hauptreihe ist nun bis unten von Mitgliedern besetzt, während oben rechts die weggedrifteten schwereren Sterne erkennbar sind.

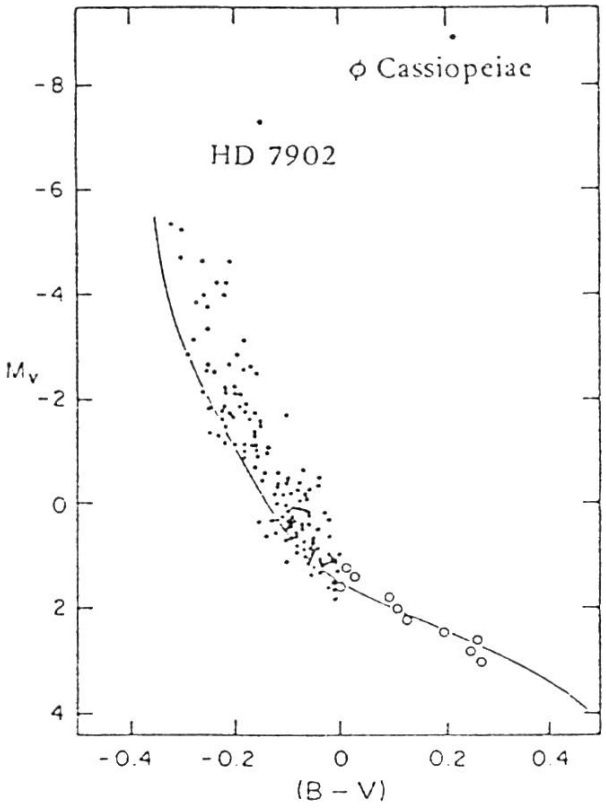


Abb. 5: FHD von NGC 457 aus [4]. Die Kreise im unteren Teil des Diagramms sind Mittelwerte mehrerer Sterne.

Mit steigendem Alter des Haufens werden sich mehr und mehr Sterne nach rechts wegbewegen, allen voran die schweren. Dies hat zur Folge, dass der sogenannte «Abknickpunkt», der blaueste noch durch Sterne besetzte Punkt auf der Hauptreihe, immer weiter nach unten wandert (Abb. 4).

Damit haben wir die gebräuchlichste Methode der Altersbestimmung offener Sternhaufen nachvollzogen: Je weiter unten im Diagramm der Abknickpunkt, desto älter der Haufen. Zum Abschluss wollen wir als Beispiel die FHD's zweier Sternhaufen in der Cassiopeia betrachten.

Im FHD von NGC 457 (Abb. 5) sind oben rechts zwei Überriesen zu erkennen, von denen man noch nicht weiss, ob sie zum Haufen gehören. Die Mehrheit der Sterne liegt noch auf oder nahe der Hauptreihe und kein eigentlicher Abknickpunkt ist sichtbar, was auf einen eher jungen Haufen deutet. Die Hauptreihe ist bereits bis unten aufgefüllt und keine Vorhauptreihensterne sind rechts davon vorhanden (wenn es solche gäbe, müssten sie rechts unten liegen, da nur noch leichte Sterne für dieses Stadium in Frage kämen). NGC 457 kann also auch nicht zu den jüngsten Haufen gezählt werden. Sein Alter liegt bei etwa acht Millionen Jahren [4].

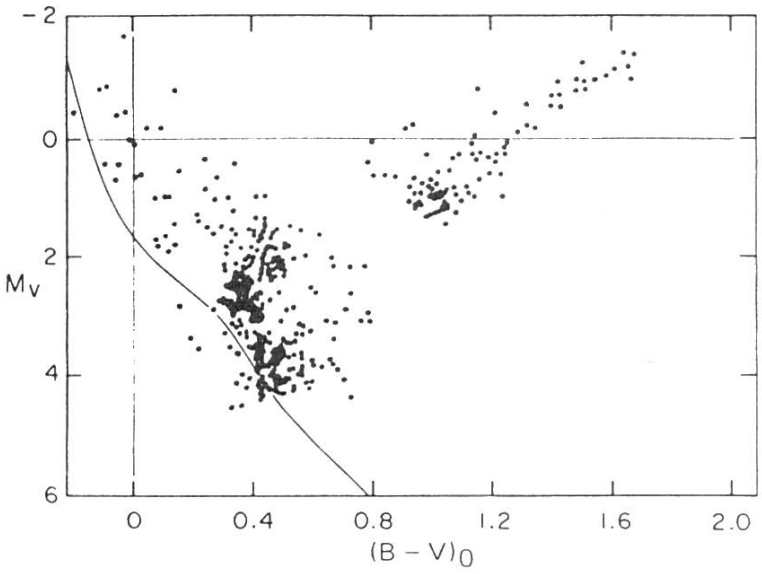


Abb. 6: FHD von NGC 7789 aus [4]. Man beachte die stark nach rot erweiterte (B-V)-Achse im Vergleich zu Abb. 5!

Ein anderes Bild ergibt sich für NGC 7789 im Sternbild Cassiopeia. Im Farben-Helligkeits-Diagramm des Haufens (Abb. 6) ist ein besonders gut ausgeprägter Riesenast erkennbar. Erwartungsgemäss handelt es sich hier um eine alte Sternansammlung. Das Alter von NGC 7789 wird auf 1.6 Milliarden Jahre geschätzt. ☆

Literatur

[1] Harry Nussbaumer: Astronomie. Verlag der Fachvereine 1989.

[2] Woldemar Götz: Die offenen Sternhaufen unserer Galaxis, S. 20. J.A. Barth 1990.

[3] Rudolf Kippenhahn: 100 Milliarden Sonnen. R. Piper 1980.

[4] Cecilia Payne-Gaposchkin: Sterne und Sternhaufen. F. Vieweg Verlagsgemeinschaft mbH 1984.