

Das Alter der Kugelsternhaufen

Kugelsternhaufen (KSH)

bestehen aus hunderttausenden einzelner Sterne, die in ihrem gemeinsamen Schwerkräftfeld gefangen sind, und zusammen einen etwa kugelförmigen Raum ausfüllen (siehe Abb.1 und 2). Im gleichen Volumen befinden sich in der Umgebung der Sonne weniger als hundert Sterne. In und um unsere Milchstraße verteilt finden wir etwa 150 Kugelsternhaufen. Sie sind die wertvollsten Objekte zur Überprüfung unserer Theorien zur Sternentwicklung, zum Bestimmen des Alters der Milchstraße und des Universums und vieler anderer Dinge, z.B. zum Test der Ideen zur Art der Dunklen Materie.



Abb.2: Der Kugelsternhaufen M 68

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) eines Kugelsternhaufens

Trägt man die Helligkeit der Sterne eines Haufens im sichtbaren Licht gegen ihre Farbe, d.h. ihre Oberflächentemperatur auf, so ergibt sich eine klar ausgeprägte Linie. Daraus folgt, dass die Eigenschaften von Sternen bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Die verschiedenen Bereiche des Hertzsprung-Russell-Diagramms (HRD) tragen feste Namen (siehe Abb.3); am wichtigsten ist die "Hauptreihe", auf der sich die Sterne am längsten aufhalten und die deswegen am dichtesten bevölkert ist. In Abb.3 wird das untere Ende der Hauptreihe immer diffuser, weil die Sterne so leuchtschwach sind, dass sie nur noch ungenau zu beobachten sind. Zusätzlich sind theoretische Isochronen (siehe Abb.4) verschiedenen Alters eingezeichnet.

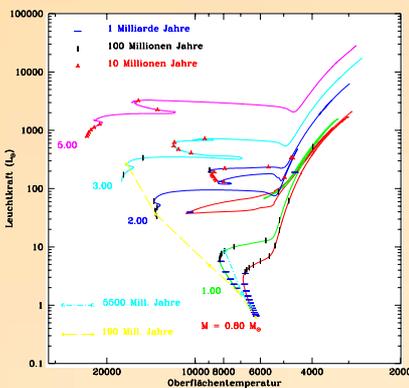


Abb.4: Hertzsprung-Russell-Diagramm von theoretisch berechneten Sternen unterschiedlicher Masse (in Einheiten der Sonnenmasse M angegeben), in das deren Entwicklungswege eingetragen sind. Entlang der Entwicklungskurven sind verschiedene Zeitintervalle markiert (Erläuterungen oben links); sie zeigen, wie schnell sich die massereicheren Sterne im Verhältnis zu den masseärmeren entwickeln. Eine Verbindung von Punkten gleichen Alters auf den Kurven bildet eine Isochrone. Zwei Isochronen (190 Millionen und 5,5 Milliarden Jahre) sind eingetragen.



Abb.1: Der Kugelsternhaufen omega-Centauri, einer der prächtigsten und reichsten der Milchstraße, der – vom Südhimmel aus – auch mit bloßen Auge sichtbar ist.

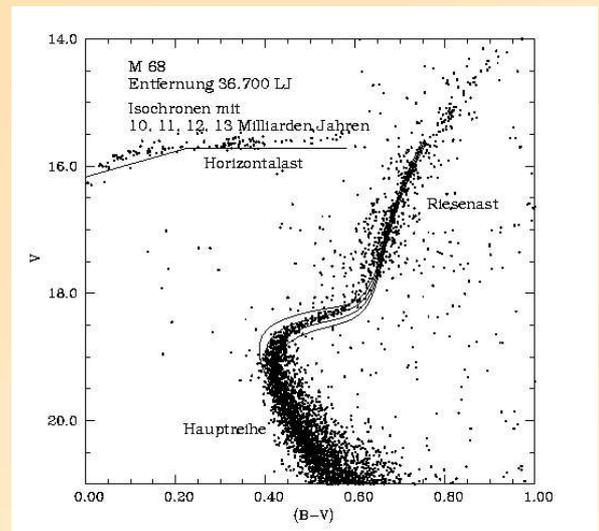


Abb.3: Hertzsprung-Russell-Diagramm des Kugelsternhaufens M 68

Entwicklung der einzelnen Sterne

Sterne sind umso heller, je mehr Masse sie haben (vgl. Poster Sternentwicklung I). Aber sie verbrennen ihren Wasserstoffvorrat auch umso schneller. Das bedeutet, dass auf der Hauptreihe von unten nach oben immer massereichere Sterne liegen, und dass sie dort abbricht, wo das Alter der Sterne (und damit des Kugelsternhaufens) größer ist als die Lebensdauer auf der Hauptreihe. Also können wir aus dem Ende der beobachteten Hauptreihe das Alter des Kugelsternhaufens bestimmen! In Abb.4 sind Entwicklungswege von Sternen verschiedener Masse gezeigt und einige Zeitpunkte markiert. Man erkennt auch, dass schon der Entwicklungsweg eines einzelnen massearmen Sterns dem HRD eines Kugelsternhaufens sehr ähnlich sieht.

Altersbestimmung

Wir können das Alter eines Kugelsternhaufens bestimmen, indem wir die Entwicklung von Sternen verschiedener Massen bis zu einem gemeinsamen Alter berechnen und die Kurve im HRD, auf der sie dann liegen (Isochrone = Verbindungslinie der Positionen von Sternen gleichen Alters im HRD) mit dem beobachteten HRD vergleichen. Unsere Aufgabe wird deswegen besonders einfach, weil die Sterne eines Kugelsternhaufens tatsächlich alle gleich alt sind und auch noch die gleiche ursprüngliche Zusammensetzung hatten. Kugelsternhaufen erleben nämlich nur eine einzige kurze Phase der Sternentstehung zu Beginn ihres Lebens. Abb.3 zeigt den Vergleich von Isochronen verschiedenen Alters mit dem Kugelsternhaufen M 68, einem der ältesten überhaupt. Eingezeichnet sind als Linien theoretische Isochronen von Sternmodellen mit der Zusammensetzung der Sterne des Haufens und Altern von 10 bis 13 Milliarden Jahren (Gigajahre). Am besten scheint diejenige mit 11 Gigajahren den wichtigen Übergang von Hauptreihe zu Riesenast zu beschreiben. Damit würde man das Alter von M 68 zu 11 bis 12 Milliarden Jahren bestimmen.

Als Resultat findet man, dass die ältesten Kugelsternhaufen etwa 12 Milliarden Jahre alt sind. Dieses Alter ist vergleichbar mit dem, welches man mit ganz anderen Methoden für das Universum bestimmt, z.B. aus seiner Expansionsgeschichte oder der Analyse des Mikrowellenhintergrundes. Bis vor wenigen Jahren lagen die Alter aus Kugelsternhaufen-Bestimmungen deutlich über diesen Werten. Verbesserungen in den Sternmodellen und den Methoden zur Altersbestimmung haben diese Diskrepanz aufgehoben. Aber immer noch ist es so, dass eine gut passende Isochrone nicht unbedingt auch den Riesenast oder gar noch spätere Entwicklungsphasen beschreibt. Diese Schwierigkeiten auszuräumen, ist eine der Aufgaben der Theorie der Sternentwicklung.