

# Kugelsternhaufen

- Bei Kugelsternhaufen handelt es sich um ziemlich helle Objekte. Sie wurden bereits im 19. Jahrhundert entdeckt.
- Da große Sterne kürzer leben, wandern sie auch früher von der Hauptreihe weg.
- Da innerhalb eines Kugelsternhaufens alle Sterne das gleiche Alter haben, kann man das Alter des Kugelsternhaufens am Abknickpunkt seiner Sterne im Hertzsprung-Russell-Diagramm ablesen.
- Da sich die Sterne innerhalb eines Kugelsternhaufens sehr nahe kommen, besitzen sie eine große Geschwindigkeit, was dazu führt, dass immer mal wieder einzelne Sterne aus dem Kugelsternhaufen herausgeschleudert werden.
- Der Abknickpunkt im Hertzsprung-Russell-Diagramm verrät uns, dass die Kugelsternhaufen zwischen 13 und 14 Milliarden Jahre alt sind. Sie gehören damit zu den „Ureinwohnern“ unserer Galaxie.
- Die Dichte im Innern eines Kugelsternhaufens könnte theoretisch so groß werden, dass in seinem Zentrum ein Schwarzes Loch entsteht. Das wurde bislang aber noch nirgends gefunden.
- Die ersten Sterne im Universum müssen riesig gewesen sein, etwa 100 bis 1000-mal so groß wie unsere Sonne. Sie lebten daher nicht lange, etwa 50.000 – 100.000 Jahre.
- Die Kugelsternhaufen bestehen aus bis zu einer halben Millionen Sternen und haben eine Ausdehnung von 10 – 30 Lichtjahren.
- Die Kugelsternhaufen bewegen sich innerhalb unserer Galaxie auf stark elliptischen Bahnen mehr oder weniger in Richtung des Zentrums.
- Die Kugelsternhaufen bilden sozusagen die Urganaxie ab, aus der sich die Milchstraße gebildet hat.
- Die Kugelsternhaufen sind sehr alt und dicht. Früher gab es in unserer Galaxie wahrscheinlich mal ein paar Tausend, die dann aber zum größten Teil von der galaktischen Scheibe zermahlen wurden.
- Die Kugelsternhaufen sind sehr wichtig für die Beantwortung kosmologischer Fragen.
- Die Kugelsternhaufen verraten uns wie alt die Milchstraße wirklich ist.
- Die Sterne eines Kugelsternhaufens haben 10.000-mal weniger schwere Elemente in ihrem Innern als unsere Sonne.
- Die Sterne eines Kugelsternhaufens haben in ihrem Innern bereits „Metalle“.

- Dieser Druck innerhalb der Gaswolke kommt z.B. durch Sternenwinde und Sternexplosionen zustande. Außerdem blasen junge Sterne in einem frühen Stadium sogenannte Jets in den Raum. All das wirkt dem Zusammenfallen der Wolke entgegen.
- Eigentlich sollte es innerhalb eines Kugelsternhaufens Sterne ganz unterschiedlichen Alters geben. Man hat aber herausgefunden, dass alle Sterne des Kugelsternhaufens praktisch am selben Tag entstanden sind.
- Eine problematische Frage ist: Wie kann eine Gaswolke so dicht werden, dass darin 500.000 Sterne auf einen Schlag entstehen? Das Gas will zwar eigentlich zusammenfallen. Dem steht aber der Druck innerhalb der Gaswolke entgegen.
- Es gibt Kugelsternhaufen, die 180.000 Lichtjahre (also sehr, sehr weit) von Zentrum unserer Galaxie entfernt sind und trotzdem zur Milchstraße gehören.
- Es muss also innerhalb der kollabierenden Gaswolke einen Selbstregulierungsmechanismus geben, der trotz des großen Gegendruckes viele Sterne gleichzeitig entstehen lässt.
- Im Hertzsprung-Russel-Diagramm wird das Verhältnis zwischen Masse und Leuchtkraft eines Sterns dargestellt.
- Im Inneren eines Sterns wird Wasserstoff zu Helium fusioniert. Die Dauer dieses „Wasserstoffbrennens“ hängt davon ab, wie schwer der Stern ist.
- In der Frühzeit des Universums gab es praktisch nur Wasserstoff und Helium, die allerersten Sterne bestanden daher nur aus diesen beiden Elementen.
- In Kugelsternhaufen gibt es kein Gas.
- Innerhalb eines Kugelsternhaufens ist die Dichte der Sterne sehr hoch; etwa 20.000 mal höher als bei uns hier in Sonnennähe.
- Je schwerer ein Stern ist, je mehr Masse er also hat, desto schneller ist sein Wasserstoff „verbrannt“ und er wird zu einem Roten Riesen.
- Jedes Mal, wenn ein Stern aus dem Kugelsternhaufen „rausfliegt“, nimmt er Energie mit. Die Bindungsenergie des Kugelsternhaufens wird dadurch größer und die Sterne rücken noch näher aneinander, die Sternendichte nimmt noch mehr zu. Das hat zur Folge, dass die Sterne noch schneller werden, die Wahrscheinlichkeit für das „Rauskicken“ von Sternen wächst und demnach nimmt die Dichte noch mehr zu.
- Kugelsternhaufen sind die Objekte mit der geringsten „Metallizität“ im Universum.
- Kugelsternhaufen sind Objekte von großem astronomischem Interesse.
- Man hat innerhalb unserer Milchstraße bislang etwa 150 Kugelsternhaufen entdeckt.
- Man kann Kugelsternhaufen auch innerhalb unserer Galaxie, der Milchstraße, also ganz in unserer Nähe, finden.

- Nach dem „Tod“ der ersten Sterne im Universum verbreiteten diese die in ihnen „erbrüteten“ schweren Elemente in der Halo der Milchstraße. Aus diesem Gas haben sich dann die Kugelsternhaufen entwickelt.
- Solange ein Stern Wasserstoff zu Helium fusioniert, befindet er sich auf der sogenannten Hauptreihe des Hertzsprung-Russel-Diagramms.
- Unter „Metallen“ verstehen Astronomen alle Elemente, die schwerer als Helium sind, also z.B. Kohlenstoff und Sauerstoff.
- Während der Nachbarstern unserer Sonne mehr als 4 Lichtjahre entfernt ist, beträgt der mittlere Abstand zweier Sterne im Innern eines Kugelsternhaufens etwa 1 Lichtjahr.
- Wahrscheinlich gab es früher sehr, sehr viel mehr Kugelsternhaufen innerhalb unserer Milchstraße.
- Wenn der Wasserstoffvorrat eines Sterns verbraucht ist, ändert sich sein Masse-Leuchtkraft-Verhältnis deutlich, er „wandert“ sozusagen innerhalb des Hertzsprung-Russel-Diagramms. Es entsteht ein „Knick“ im Hertzsprung-Russel-Diagramm.