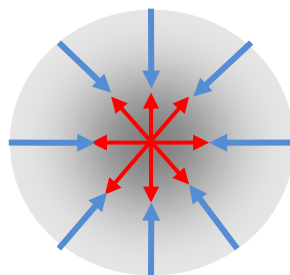


Das Jeans-Kriterium

Das Jeans-Kriterium hat nichts mit der berühmten Hose zu tun, sondern ist nach dem englischen Mathematiker, Physiker und Astronomen *Sir J. H. Jeans* (1877 – 1946) benannt. Sterne entstehen durch die Zusammenballung von Staub und Gasen (hauptsächlich Wasserstoff) in mehr oder weniger großen Wolken. Allerdings wird nicht gleich aus jeder Wolke ein oder gar mehrere Sterne, sondern nur wenn das sogenannte Jeans-Kriterium erfüllt ist.

Das Jeans-Kriterium, besagt, dass eine kosmische Gaswolke kollabiert und aus ihr wenigstens ein Stern entstehen kann, wenn die Masse der Wolke eine bestimmte Größe überschreitet, die als **Jeans-Masse** bezeichnet wird. Die Jeans-Masse wird im Wesentlichen durch zwei Parameter bestimmt, die absolute Temperatur T der Wolke und deren Dichte ρ . Beide müssen im Verhältnis zueinander so groß sein, dass die Gravitation stärker als der Gas- / Teilchendruck wirkt (siehe Bild). Erst dann kann die Wolke zu einem Protostern kollabieren.

Bild : Kräfte bzw. Drücke in einer kosmischen Gaswolke



← Gravitationsdruck
→ Druck durch Teilchenbewegung
(~ Temperatur)

Die minimale Grenzmasse (Jeans-Masse) ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$M_{\text{Jeans}} = \alpha \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{kT}{G\mu}\right)^3}$$

Dabei sind: T = absolute Temperatur in Kelvin [K]
 ρ = Dichte
 k = Boltzmannkonstante
 G = Gravitationskonstante
 μ = mittlere Molekül- / Atommasse
 α = numerischer Vorfaktor (hängt von der geometrischen Dichteverteilung ab).

Da die Gas- und Staubwolken meist nicht kugelförmig und homogen sind, kann der Vorfaktor und damit die Jeans-Masse immer nur grob abgeschätzt werden.

Um einen Eindruck über die Minimalgröße einer Materiewolke zu vermitteln, die für eine Sternbildung in Frage kommt, hier ein Beispiel:

Kosmische Gaswolken bestehen häufig aus neutralem Wasserstoff. Eine solche Wolke mag eine Temperatur von $T = 100$ K besitzen. Wir nehmen ferner an, sie sei kugelförmig, ihre Dichte sei homogen und in einem Volumen von 1 cm^3 mögen sich 100 Wasserstoffatome befinden. Atomarer Wasserstoff hat die Atommasse $m_{\text{H}} = \mu = 1,67 \cdot 10^{-27}$ [kg]. Dann gilt für die Dichte: $\rho = 1,67 \cdot 10^{-19}$ [kg/m³]. Mit der Gravitationskonstanten $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ [m³/(kg·s²)] und der Boltzmannkonstanten $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ [J/K], sowie $\alpha = 1,93$ ergibt sich dann für die Jeans-Masse: $M_{\text{Jeans}} \cong 6,5 \cdot 10^{33}$ kg. Das entspricht etwa 3250 Sonnenmassen. Derartig massereiche Sterne gibt es aber bei Weitem nicht. Daraus muss man den Schluss ziehen, dass sich im Allgemeinen bei der Kontraktion von Gaswolken nicht einzelne Sterne bilden, sondern ganze Sternhaufen. Ein solcher Sternhaufen mit einer Vielzahl von Einzelsternen entsteht durch eine vorherige Fragmentierung der Wolke, die durch ein lokales Wechselspiel von Druck und Schwerkraft bewirkt wird. Wenn jedoch beispielsweise die Wasserstoffwolke nur um den Faktor 10 kühler wäre, also eine Temperatur von 10 K hätte, – bei sonst gleichen Parametern wie oben angegeben –, könnte sich nur

noch ein einzelner Stern bilden, mit einer Masse von ≈ 103 Sonnenmassen (Jeans-Masse 102,8 Sonnenmassen).

Anmerkung:

Massive Einzelsterne können nicht beliebig massereich sein, da oberhalb einer bestimmten Grenze der Strahlungsdruck größer als der hydrostatische Druck wird und somit der Stern seine innere Stabilität verliert. Der bisher massereichste Stern (RMC 136a) wurde vom Very Large Telescope (VLT) der ESO im Juli 2010 mit rund 300 Sonnenmassen entdeckt.

P. S.