

Beteigeuze – Ein Roter Überriese

In Bezug zum Beitrag „Ein Blick auf Beteigeuze“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 9/2017, Rubrik »Blick in die Forschung: Nachrichten«, S. 15, Zielgruppe: Mittelstufe bis Oberstufe, WIS-ID: 1377450

Christian Wolff

Der folgende WIS-Beitrag beinhaltet ein **Arbeitsblatt** mit einer kleinen Sammlung von Aufgaben rund um den markantesten Stern im Sternbild Orion. Neben "klassischen" Rechenaufgaben wie der Entfernungsbestimmung mittels trigonometrischer Parallaxe und der Volumenberechnung gibt es auch Aufgaben zur Lebenswegbestimmung im Hertzsprung-Russell-Diagramm sowie Aufgaben aus dem Bereich der Geographie, die mit "ganz irdischen" Satellitenaufnahmen gelöst werden müssen.

Beteigeuze (offiziell: Betelgeuse) zählt zu der Klasse der „Roten Überriesen“. Trotz seines jungen Alters von gerademal 10 Millionen Jahren steht er bereits am Ende seines Lebensweges und wird in kosmologisch kurzer Zeit (einige 1.000 bis 100.000 Jahre) in einer gewaltigen Supernova enden.

Die vorliegenden Materialien beziehen sich auf den Artikel in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« (SuW) „Ein Blick auf Beteigeuze“ (09/2017) und dienen der Vertiefung der dargestellten Ergebnisse. Es empfiehlt sich daher, den SuW-Artikel vorab im Unterricht zu thematisieren.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Sterne, Lebensweg eines Sterns, Positionsastonomie	Beteigeuze, Hertzsprung-Russell-Diagramm, Entfernungsbestimmung
Fächer- verknüpfung	Astro-Mathematik Astro-Geographie	Trigonometrische Parallaxe, Volumenberechnung Arbeiten mit Satellitenkarten, Entfernungsbestimmung, Höhenmessung
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen und Erkenntnis), Unterrichtsmittel	Erweiterung und Vertiefung des Fachwissens, Arbeitsblatt

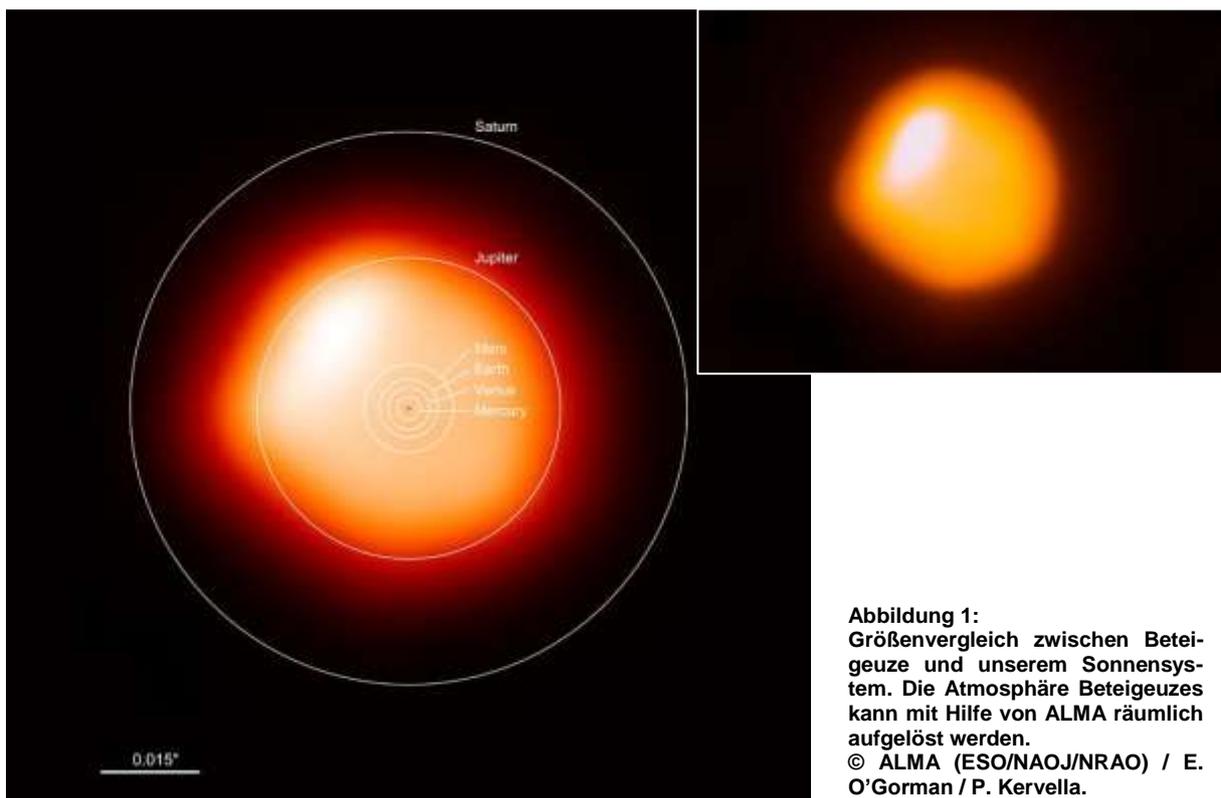


Abbildung 1:
Größenvergleich zwischen Beteigeuze und unserem Sonnensystem. Die Atmosphäre Beteigeuzes kann mit Hilfe von ALMA räumlich aufgelöst werden.
© ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) / E. O’Gorman / P. Kervella.

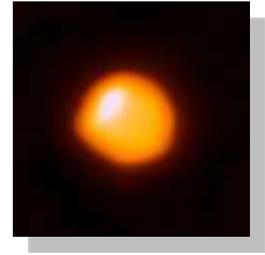
Arbeitsblatt „Rund um Beteigeuze“



- 01.** Die Parallaxe von Beteigeuze beträgt $5,07 \pm 1,1$ mas.
- Berechne die Entfernung Beteigeuzes für den kleinsten anzunehmenden Parallaxenwert. Gib die Entfernung zunächst in Parsec an und rechne diese dann in Lichtjahre um.
 - Berechne nun die Entfernung Beteigeuzes für den größten anzunehmenden Parallaxenwert - erneut zunächst in Parsec und dann in Lichtjahren.
 - Wie lautet das arithmetische Mittel der beiden Ergebnisse?
 - Inwiefern steht die Größe der Parallaxe in Beziehung zur Entfernung des Sterns?
- 02.** Der Radius von Beteigeuze ist 887-mal größer als der Radius unserer Sonne.
Frage: Wie oft würde unsere Sonne in Beteigeuze hineinpassen, wenn man einen Sonnenradius von 696.342 km zugrunde legt?
(*Zusatzfrage: Im Submillimeterbereich erscheint Beteigeuze sogar 1400-mal größer als unsere Sonne. Wievielmals würde die Sonne hier hineinpassen?)
- 03.** Rufe den *Hertzsprung Russell Diagram Explorer* über die Internetadresse <http://astro.unl.edu/naap/hr/animations/hrExplorer.html> auf.
- Trage unter dem „*Cursor Properties*“ die Werte für die Temperatur an der Oberfläche (= 3600 K) und die Leuchtkraft (= $120.000 L_{\odot}$) ein. Welcher Sternradius lässt sich daraus ermitteln?
 - Ermittle nun den Spektraltyp sowie den Wert für die absolute Helligkeit.
 - Um welche Klasse von Sternen handelt es sich bei Beteigeuze?
- 04.** Die neuen Aufnahmen wurden mit dem Teleskopverbund ALMA gemacht. Inwieweit ist der Standort von ALMA für solche Forschungen geeignet? Werte Satellitenbilder, die ALMA zeigen, hinsichtlich der Standortwahl aus (z.B. mit Google Maps oder Google Earth) und begründe die Auswahl! Welche weiteren Forschungseinrichtungen befinden sich in unmittelbarer Nähe? Die Höhe des Standortes kann beispielsweise unter folgender Adresse bestimmt werden: <http://www.mapcoordinates.net/>
(*Zusatzaufgabe: Wie viele Antennen sind auf den Satellitenbildern *schätzungsweise* zu sehen?)
- 05.** ALMA beobachtete Beteigeuze bei einer Wellenlänge von 0,89 Millimetern. Um was für Wellen handelt es sich und wie nennt man diese Strahlung? Mithilfe des Onlinerechners unter <https://rechneronline.de/spektrum/> findest du die Lösung sicher ohne größere Probleme.



Arbeitsblatt „Rund um Beteigeuze“ - LÖSUNGEN

**Aufgabe 01:**

Zu verwendende Formel:

$$r = \frac{1pc * 1''}{p}$$

a. Für den niedrigsten Wert: $5,07 \text{ mas} - 1,1 \text{ mas} = 3,97 \text{ mas} \Rightarrow 0,00397$

$$r = \frac{1pc * 1''}{0,00397} = \underline{251.889168765743073} \text{ pc (Parsec)} * 3,26 = \underline{821,2} \text{ ly (Lichtjahre)}$$

b. Für den höchsten Wert: $5,07 \text{ mas} + 1,1 \text{ mas} = 6,17 \text{ mas} \Rightarrow 0,00617$

$$r = \frac{1pc * 1''}{0,00617} = \underline{162.0745542949756888} \text{ pc} * 3,26 = \underline{528,4} \text{ ly}$$

c. Arithmetisches Mittel:

207 Parsec bzw. 674,8 Lichtjahre

d.

Je kleiner die Parallaxe, desto größer ist die Entfernung des Sterns.

Aufgabe 02:

Zu verwendende Formel:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Lösung:

$$\frac{VBeteigeuze}{V\odot} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi(611.388.276)^3}{\frac{4}{3}\pi(696.342)^3} = 676.836.152\text{-mal}$$

Die Sonne passt 676.836.152-mal in Beteigeuze hinein.

Zusatzfrage:

$$\frac{VBeteigeuze}{V\odot} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi(974.878.800)^3}{\frac{4}{3}\pi(696.342)^3} = 2.744.000.000\text{-mal}$$

Die Sonne passt 2.744.000.000-mal in Beteigeuze hinein.

Aufgabe 03:

a.

$900 R_{\odot}$ \Rightarrow Der Radius Beteigeuze ist 900-mal größer als der unserer Sonne

b.

M-Klasse, ca. -7,5 mag

c.

Überriese („Supergiant“)

Aufgabe 04:

Die Höhe des Standortes beträgt 5034 m über NN. Dieser Standort ist für Teleskope generell geeignet, da er über eine klare Luft und ein gutes Seeing verfügt. Die nächsten Ortschaften sind 30-40 km entfernt, daher gibt es auch keine nennenswerte Lichtverschmutzung (Hinweis: Die Entfernungsmessung zwischen zwei Orten kann bei Google Maps mittels der rechten Maustaste durchgeführt werden.).

Da ALMA den Submillimeter- und nicht den optischen Bereich untersucht, spielen die Luftverhältnisse hier nur eine untergeordnete Rolle. Normalerweise werden die Strahlen im Submillimeterbereich bei ihrer Ankunft in der Erdatmosphäre von Wasserteilchen geschluckt. Der Standort von ALMA ist also vor allem daher so günstig, da er sich in der extrem trockenen und hochgelegenen Atacama-Wüste befindet, in der die Luft kaum Wasserdampf enthält, also sehr trocken ist.

In der Nähe befinden sich auch das APEX (Event Horizon Telescope), das Atacama Cosmology Telescope sowie das ASTE Observatorium.

*Zusatzaufgabe: Insgesamt 66 Antennen, davon 54 mit 12 Metern Durchmesser und 12 mit 7 Metern Durchmesser

Aufgabe 05:

Submillimeterwellen, Terahertzstrahlung