

von Beteigeuze mit hoher Auflösung im nahen Infrarot beobachten. Im Jahr 2009 gelang es dem Team von Keiichi Ohnaka vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn in solchen Daten Asymmetrien in den CO-Linien zu messen, die – als Dopplerverschiebungen gedeutet – auf große Strukturen hindeuten, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf uns zu und von uns wegbewegen. Das wiederum passt zu den Modellen des Sterninneren, die für Rote Überriesen riesige Konvektionszellen vorhersagen, die nur wenig kleiner sind als der Sternradius.

Sollte es den Konvektionsströmungen tatsächlich gelingen, sich bis in die Atmosphäre des Sterns fortzupflanzen, könnte darin nicht nur die Quelle des Materials der MOLsphäre liegen, sondern auch der Motor für die starken Sternwinde, die ein Roter Überriese zum Ende seines Lebens hin entwickelt. Innerhalb von nur 10000 Jahren verliert ein Stern wie Beteigeuze dadurch etwa eine Sonnenmasse. Die physikalischen Prozesse, die hinter diesem hohen Massenverlust stecken, sind aber nach wie vor nicht sehr gut verstanden.

Solche Sternwinde sind es auf jeden Fall, die das interstellare Medium im weiteren Umkreis mit staubhaltigem Material anreichern. Ursachenforschung betreibt man also am besten in der näheren Umgebung des Sterns. Schon seit den 1980er Jahren konnte man von dort immer wieder Signaturen molekularer Gase nachweisen. Kurz nach der Gruppe von Ohnaka beobachtete ein zweites Astronomenteam um Pierre Kervella vom Observatoire de Paris Beteigeuze mit der VLT-Nahinfrarotkamera NACO. Dank adaptiver Optik lässt sich der Stern auch ohne die aufwändige Interferometertechnik vom Erdboden aus auflösen, wenn auch nicht bis zu Oberflächendetails hinab. So gelang es dann aber schließlich unter anderem ein großes, rauchfahnenartiges Gebilde nachzuweisen, das sich bis zu sechs Sternradien über die Photosphäre hinaus erstreckt. Messungen mit verschiedenen schmalbandigen Filtern deuten auf das Vorhandensein von Cyan (CN) in diesen Strukturen hin.

Inzwischen haben Kervella und sein Team Beteigeuze erneut beobachtet, diesmal allerdings ohne die große räumliche Auflösung von NACO, dafür aber über ein viel größeres Gesichtsfeld und im mittleren Infrarot mit der Kamera VISIR, ebenfalls am VLT. Dabei wurden komplexe flammenartige Strukturen mit klumpigen

Verdickungen und eine ausgedehnte Hülle in Blasenform sichtbar. Das darin enthaltene Material besteht zum größten Teil aus Silikaten und Aluminiumstaub.

Zu dem windfahnenartigen Gebilde aus den NACO-Aufnahmen gibt es eine passende Verlängerung in den VISIR-Bildern – die entsprechenden Strukturen hängen also vermutlich miteinander zusammen. Insgesamt erstrecken sich die Filamente und Wolken bis zu 400 Astronomische Einheiten weit hinaus. Aber erst wenn man sich noch um einen weiteren Faktor 100 vom Stern entfernt, geht das Material in das interstellare Medium über.

Zwar könnte die hellste Verdickung ein bislang unbekanntes Begleiter von Beteigeuze sein, aber die unregelmäßige asymmetrische Form der Hülle deutet eher darauf hin, dass der Sternwind nicht in alle Richtungen gleichmäßig weht. Um den Zusammenhang zwischen Vorgängen auf

der Oberfläche oder in der MOLsphäre mit den Außenbereichen der Hülle zu klären und die Mechanismen zu finden, die für die Erzeugung des Windes verantwortlich sind, setzt die Gruppe von Kervella in Zukunft auf koordinierte interferometrische Beobachtungen der Photosphäre und eine Dokumentation der zeitlichen Entwicklung der flammenartigen Strukturen. Die Astronomen überwachen Beteigeuzes letzte Atemzüge also auf Schritt und Tritt.

CAROLIN LIEFKE ist Astrophysikerin und Mitarbeiterin des »Haus der Astronomie«. In ihrer Freizeit widmet sie sich der Himmelsbeobachtung.

Literaturhinweis

Quetz, A. M.: Schrumpft Beteigeuze? In: Sterne und Weltraum 8/2009, S. 23–25

ZUM NACHDENKEN

Konvektion in Beteigeuze



Der Rote Überriese Beteigeuze hat die 140 000-fache Leuchtkraft der Sonne ($L_B = 1,4 \cdot 10^5 L_\odot$). Sein Spektrum deutet auf Variabilitäten hin: Zeitweise scheinen riesige Blasen mit bis zu $v_K = 6$ km/s aufzusteigen. Höchstauflösende Interferometrie deutet darauf hin, dass er wie die Sonne gigantische Konvektionszellen besitzt, die von ihren Ausmaßen mit der Größe des Sterns vergleichbar sind. Die Sonnenleuchtkraft ist: $L_\odot = 3,846 \cdot 10^{26}$ W.

Aufgabe 1: Der konvektive Fluss H_{conv} beschreibt die Leuchtkraftdichte einer Konvektionzelle. Er ist nicht sehr verschieden von der des gesamten Sterns:

$$H_{\text{conv}} = L / (4 \pi R^2).$$

Man vergleiche den konvektiven Fluss von Beteigeuze H_{CB} mit dem der Sonne H_{CO} . Radius von Beteigeuze: $R_B = 1000 L_\odot$, Sonnenradius: $R_\odot = 6,99 \cdot 10^8$ m.

Aufgabe 2: Erika Böhm-Vitense legte im Jahr 1958 den Grundstein für die so genannte Mischungstheorie, die eine Näherung der turbulenten Konvek-

tion in Sternen darstellt. Darin gibt eine konvektive Zelle mit Temperaturüberschuss nach Zurücklegen des so genannten Mischungswegs seine überschüssige Energie an die Umgebung ab. Man bestimme die Geschwindigkeit v , mit der die Zelle aufsteigt. Sie ist nach der Mischungstheorie:

$$v = 3 \sqrt{\frac{\alpha (T_3 - 1) H_{\text{conv}}}{2 \rho}}$$

Darin steht α für das Verhältnis von Mischungslänge und der Skalenhöhe des Drucks. Nach Untersuchungen jüngeren Datums liegt α für Rote Überriesen bei rund 1,4. Der Adiabatenexponent sei $\Gamma_3 = 5/3$. ρ ist die mittlere Dichte der Konvektionszelle; sie darf mit der mittleren Dichte des Sterns gleichgesetzt werden. Axel M. Quetz

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Oktober 2011** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528246. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 117