NASA / JPL-Caltech / M. Seibert (Carnegie Institution for Science) / K. Hoadley (Caltech) / GALEX Team

Blauer Nebel mit Ring und Stern: **Das zentrale stellare Objekt ist von einem blauen Nebel umgeben und dieser wiederum von einem dünnen rötlichen Ring. Vor mehreren tausend Jahren verschmolzen zwei Sterne und sandten dabei Gas aus, das in zwei kegelartigen Raumregionen expandiert. Dieses Falschfarbenbild wurde aus drei Bildern verschiedener Wellenlängenbereiche zusammengesetzt: Blau zeigt fernes Ultraviolett bei Wellenlängen zwischen 135 und 175 Nanometern, gelbe Farbtöne signalisieren nahes Ultraviolett zwischen 175 und 280 Nanometern, und Rot steht für die im Roten sichtbare H-Alpha-Linie des Wasserstoffs. Auf diese Weise macht die farbliche Zuordnung die Ultraviolettstrahlung des Nebels dem menschlichen Auge zugänglich.**

Animation zur Verdeutlichung der dreidimensionalen Struktur des Objekts: suw.link/2106-blauer-Ringnebel

WIS wissenschaft in die schulen!

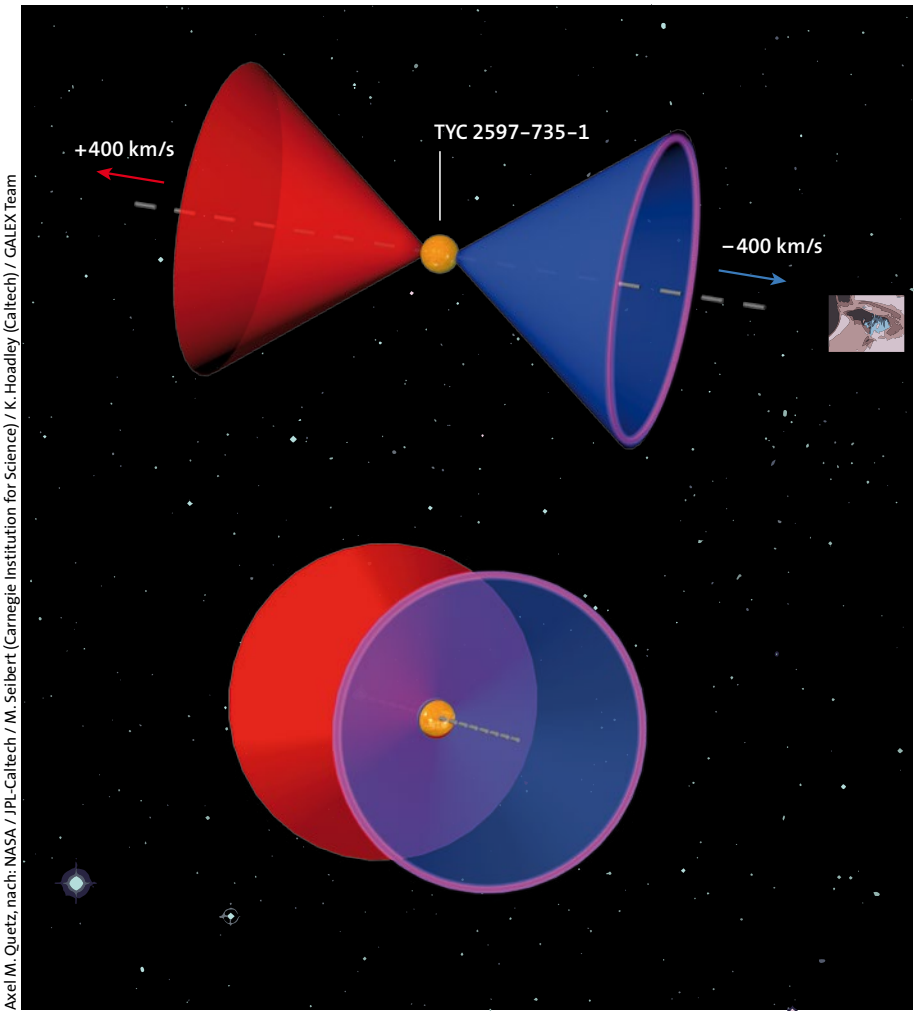
Eine geisterhafte blaue Blase

Blau ist der blaue Ringnebel zwar nicht wirklich, spektakulär ist er trotzdem: Er stellt nämlich ein ganz besonderes Stadium der Verschmelzung zweier Sterne dar, das eine Astronomin und ihr Team nun erstmals beobachten konnten.

Bislang ist er der einzige seiner Art: der blaue Ringnebel, der den Stern TYC 2597-735-1 umgibt (siehe »Blauer Nebel mit Ring und Stern«). Jener Stern mit der etwas sperrigen Katalogbezeichnung befindet sich rund 6300 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Herkules. Wie Forschende um die Astronomin Keri Hoadley vom California Institute of Technology nun im Fachmagazin »Nature« beschreiben, handelt es sich bei diesem Stern wahrscheinlich in Wirklichkeit um ehemals zwei Sterne. Der einzigartige Ringnebel wäre demnach der Überrest der stellaren Atmosphären, die während der Verschmelzung dieser zwei Sterne in zwei entgegengesetzten kegelförmigen Strömen ins All geschleudert wurden.

Mehr Ultraviolett als Blau

Wobei, das mit der blauen Farbe des Ringnebels stimmt nicht so ganz, denn er ist gar nicht blau. Tatsächlich hat er keine Farbe, die für das menschliche Auge sichtbar wäre. Er ist nämlich bislang lediglich im ultravioletten Bereich des elektromagnetischen Spektrums beobachtet worden – und zwar mit dem Weltraumteleskop GALEX der US-Weltraumbehörde NASA. Das Akronym steht für Galaxy Evolution Explorer (deutsch: Erforscher der Entwicklung von Galaxien). GALEX wurde für Beobachtungen im Ultravioletten konzipiert und war bis zum Jahr 2012 in Betrieb. Die angeblich blaue Farbe rührt lediglich von der Einfärbung der Aufnahmen für unsere menschlichen Augen her, was aber der Schönheit des ringförmigen Nebels keinen Abbruch tut.



Axel M. Quetz, nach: NASA / JPL-Caltech / M. Seibert (Carnegie Institution for Science) / K. Hoadley (Caltech) / GALEX Team

Zwei Kegel machen einen Ring: Die Grafik zeigt zwei Ansichten eines nicht maßstabsgetreuen Modells des blauen Ringnebels. Der Blick von der Seite (oben) hilft zu verstehen, wie die beiden kegelförmigen Ausflusstrichter im Raum angeordnet sind. Die untere Darstellung entspricht dem Anblick von der Erde aus. Die Achse des Doppelkegels ist um 15 Grad gegen die Sichtlinie geneigt. Die Geschwindigkeit des Ausflusses beträgt rund +400 (hinterer Kegel) beziehungsweise –400 Kilometer pro Sekunde (vorderer Kegel). Die Emission im fernen Ultraviolett ist nur dort stark, wo sich die Kegel überlappen (violette Farbtöne, unten). Die Stoßfront des auf uns weisenden Kegels ist hellviolett dargestellt.

Wobei solch ein UV-Ring aber natürlich die Frage aufwirft: Was ist dort eigentlich passiert? Keri Hoadley und ihre Kollegen stellten eine Vielzahl von Beobachtungen des Sterns TYC 2597-735-1 an und führten zahlreiche Computersimulationen durch, um zu dem Schluss zu kommen, dass in diesem System wahrscheinlich vor nicht allzu langer Zeit zwei Sterne miteinander verschmolzen sind.

Stern trifft Stern

Nun sind Sternverschmelzungen gar nicht mal so selten. Ein nicht geringer Anteil der Sterne in der Milchstraße tritt als Doppelsternsystem auf. Schätzungen zufolge sollten in unserer Galaxis rund einmal pro Jahr zwei Sterne miteinander verschmelzen. Allerdings ist der Zeitpunkt, den die Forscher mit TYC 2597-735-1 zufällig erwischt haben, sehr günstig. Einerseits ist die Verschmelzung schon so lange her, dass man den jetzigen Solostern im Zentrum beobachten kann und er nicht von Gas und Staub verdeckt ist. Andererseits ist sie noch nicht so lange her, dass sich der UV-Ring aufgelöst hat.

Das Team um die Astronomin mutmaßt, dass diese Sternverschmelzung rund drei- bis zehnmal so alt ist wie der bisherige Rekordhalter, der Verschmelzungskandidat CK Vulpeculae im Sternbild Füchslein, bei dem vielleicht im Jahr 1670 zwei Sterne miteinander kollidierten. Aus der Geschwindigkeit, mit der sich der Ringnebel im interstellaren Medium ausbreitet, nämlich rund 400 Kilometer pro Sekunde, und seiner Ausdehnung am Himmel – rund acht Bogenminuten – plus der Entfernung des Sterns können sie schätzen, dass sich die Verschmelzung vor mehr als 2000 Jahren ereignete.

Hoadley und ihr Team unternahmen Simulationen mit unterschiedlichen Ausgangssituationen für die Sternverschmelzung. Die Ergebnisse deuten auf ein Szenario hin, bei dem ein Stern gegen Ende seiner Entwicklung den Brennstoff Wasserstoff im Inneren aufgebraucht hatte und damit in ein spätes Entwicklungsstadium eintrat. Dabei expandierte der Stern. Befand er sich nun zu diesem Zeitpunkt in einem Doppelsystem mit einem Begleitstern von rund einer Zehntel Sonnenmasse, so könnte dieser kleinere Begleiter unter dem Einfluss der Gezeitenkräfte und der abbremsenden Wirkung der Hülle des massereicheren Sterns in diesen hineinspiralisiert sein. Vor der Verschmelzung strömte vom großen Stern Materie ab, die sich über den kleinen Stern ergoss und spiralförmig in die Bahnebene der beiden gelangte.

Zwei Kegel mit Stoßwelle

Bei einer derartigen Kollision wurde natürlich eine große Menge an Energie frei – genug für Materie in der Sternatmosphäre, um die Fluchtgeschwindigkeit des Systems zu überwinden und kegelförmig in zwei Richtungen hinaus ins All zu strömen. Die Kegel bilden sich senkrecht zur Materiescheibe. Der bipolare Ausfluss dehnt sich aus und kühlt ab, wobei sich schnell Staub und Moleküle bilden. Er reißt interstellare Materie mit sich und erzeugt eine Stoßwelle, welche die Wasserstoffmoleküle zum Leuchten anregt. Die Stoßwelle macht sich als fernultraviolettes Glühen von Wasserstoffmolekülen bemerkbar. Emission im Licht der H-Alpha-Linie des Wasserstoffs ist

lediglich an den Stoßfronten zu beobachten. Sie erscheint als ringförmige Struktur am Ende der beiden Kegel (siehe »Zwei Kegel machen einen Ring«).

Der Spuk hat ein Ende

TYC 2597-735-1 ist inzwischen höchstwahrscheinlich tatsächlich nur noch ein einziger Stern. Genauere Messungen im optischen Spektralbereich belegen jedoch, dass er sich von seiner Verschmelzung noch lange nicht beruhigt hat. Denn seine Oberfläche zeigt Anzeichen erhöhter Aktivität. Die Modellierungen weisen darauf hin, dass sich der Stern bereits auf dem Weg in ein ruhigeres Stadium befindet. Er könnte aber dennoch in einigen tausend Jahren immer noch ein paar ungewöhnliche Eigenheiten aufweisen: Seine chemische Zusammensetzung wäre untypisch, und er würde trotz seines fortgeschrittenen stellaren Alters ein wenig zu schnell rotieren. Der blaue Ringnebel selbst, der den entscheidenden Hinweis auf die Ereignisse vor ein paar tausend Jahren geliefert hat, mag noch etwa 10000 Jahre lang scheinen, bevor er sich auflöst, weil der Zentralstern TYC 2597-735-1 kein Material mehr nachliefert.

Und dann? Nun, Forscher kennen einige Kandidaten in unserer näheren Umgebung, die bereits in ihrer Vergangenheit verschmolzen sind – Beteigeuze zum Beispiel. Es weist aber nichts Offensichtliches darauf hin, dass dort, wo heute ein Stern ist, ehemals zwei Sterne waren.

Keri Hoadley und ihre Kollegen merken an, dass sich TYC 2597-735-1 im infraroten Bereich nicht nachweisen ließ. Dies wiederum deutet darauf hin, dass der Stern von einer dichten staubigen Materiescheibe umgeben ist. Prinzipiell spräche sogar nichts dagegen, dass sich in dieser Scheibe Planeten bilden – das wären dann vielleicht Planeten der zweiten Generation?

Zwar haben Forscher bislang keine Ahnung, ob derartige Prozesse so spät in der Entwicklung eines Sternsystems überhaupt möglich sind und wie sich derartige Welten von ganz normalen Planeten der ersten Generation unterscheiden ließen. Es zeigt aber deutlich, das die späten Entwicklungsstadien von Sternen und gerade diejenigen von Doppelsternsystemen wahrscheinlich noch einige Überraschungen für uns bereithalten werden.

Von daher ist der blaue Ringnebel um TYC 2597-735-1 vielleicht nur der Anfang. Aus statischen Überlegungen schätzen Hoadley und ihre Kollegen, dass Astronominnen und Astronomen in unserem Milchstraßensystem derzeit vielleicht bis zu zehn solcher Ringnebel aufspüren könnten. Das allerdings ginge nur mit einem Teleskop, das den ganzen Himmel im ultravioletten Bereich absuchen würde. Derzeit ist kein derartiges Instrument in Betrieb. Der blaue Ringnebel wird wohl deshalb auch noch eine Weile der einzige seiner Art bleiben.

FRANZISKA KONITZER studierte Physik und Astrophysik an der University of York in Großbritannien und ist in München als Journalistin tätig.

Literaturhinweis

Hoadley K. et al.: A blue ring nebula from a stellar merger several thousand years ago. Nature 587, 2020

WIS Didaktische Materialien: www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1063431

Spektrum PLUS+

Ihre Vorteile im Abonnement

Exklusive Extras und Zusatzangebote für alle Abonnentinnen und Abonnenten von Magazinen des Verlags **Spektrum** der Wissenschaft

- Verlosungen von Büchern und **Spektrum** KOMPAKTs
- Eigene (kostenfreie oder reduzierte) Veranstaltungen und ausgewählte Veranstaltungen von Partnern zum Vorteilspreis
  - 12. 6. 2021: **Spektrum**-LIVE-Veranstaltung – Flug im Space- oder Flugsimulator & Vortrag »Risk Management im Cockpit«, Zürich
  - 22. 6. 2021: Websession »Wissenschaft kommunizieren: Wie Ihnen verständliche Texte gelingen«
  - 26. 6. 2021: **Spektrum**-LIVE-Veranstaltung – Digitaler Workshop »Landschafts-Astrofotografie«
- Rabatt für den Onlinekurs: **Spektrum** Schreibwerkstatt
- Preisnachlass auf die Leserreise nach Island im August
- Kostenlose und ermäßigte digitale Produkte und weitere Vorteile
  - kostenfreier Download des Monats im Mai: Gehirn&Geist Spezial 1/20 »Das Gehirn verstehen«
  - reduzierte Digitalpakete »Natur Extrem«, »Sport« und »**Spektrum** Psychologie JG 2020«
- **Neu:** Reduzierter Abopreis der »**Spektrum** der Wissenschaft«-Hörbücher bei unserem Kooperationspartner Fliegenglas
- Englischkurs von Gymglish zwei Monate lang kostenlos und unverbindlich testen

Weitere Informationen und Anmeldung:
Spektrum.de/plus

UNSPLASH / ASHKAN FOROUZANI (unsplash.com/photos/GBoJl75Yns)