

International Gemini Observatory (NGS)/R. Kasliwal/NSF/AURA. Image processing: Travis Rector (University of Alaska Anchorage), Jen Miller (Gemini Observatory/NSF/STON/IRLab), Mahdi Zamani & Dipankar Banerjee (University of Arizona) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Rätsel um CK Vulpeculae

Was genau explodierte da eigentlich im Jahr 1670 im Sternbild Fuchs? Die jüngste Antwort auf diese Frage lautet: Astronomen verstehen nun gar nichts mehr. Aber was auch immer es war, geschah wohl sehr viel weiter weg und war damit sehr viel heller als bislang gedacht.

Das Objekt CK Vulpeculae im Sternbild Fuchs ist, man sollte es gleich vorwegnehmen, für Hobbyastronomen nicht besonders spannend (siehe »Nomenklatur der veränderlichen Sterne«). Im optischen Bereich gibt es nämlich nichts zu sehen. Das sah in den Jahren 1670 und 1671 noch ganz anders aus. Da wurde CK Vulpeculae als Nova, also als »neuer Stern«, von gleich zwei verschiedenen Astronomen mit dem bloßen Auge beobachtet: dem französischen Mönch Voituret Anthelme und dem Danziger Astronomen Johannes Hevelius

(siehe »Historische Entdeckung«). Nach einigen Monaten verblasste das Objekt, und war sozusagen für mehrere hundert Jahre verloren. Erst in den 1980er Jahren wurden seine Überreste in nicht sichtbaren Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums entdeckt. Seither fragen sich Astronominnen und Astronomen, was da eigentlich los war, was es mit CK Vulpeculae auf sich hat.

Um das auch noch gleich vorwegzunehmen: Selbst die Autoren einer neuen Forschungsarbeit, Dipankar Banerjee vom

Der Nebel um CK Vulpeculae: Nachdem die vermeintliche Nova 310 Jahre lang verschollen war, galt sie zunächst als die älteste gesicherte Beobachtung einer solchen Erscheinung. Doch neue Forschung stellt dies in Frage: Der Nebel expandiert fünfmal so schnell wie zuvor gedacht, und CK Vulpeculae ist auch rund fünfmal so weit von der Erde entfernt wie bislang angenommen. Demnach ist das Objekt viel zu hell gewesen für eine Nova.



Zoom auf CK Vulpeculae:
https://suw.link/2108-CK_Vul

Nomenklatur der veränderlichen Sterne

Veränderliche Sterne ohne Bayer-Bezeichnung (α , β , γ und so weiter bis ω , dann A bis Q) werden in der Regel mit einem oder zwei Buchstaben und der lateinischen Bezeichnung ihres Sternbilds gekennzeichnet. Zuerst kommen die Buchstaben R bis Z, dann RR, RS bis RZ, danach SS, ST bis SZ und so weiter bis ZZ. Stieg die Zahl weiter an, so wurde mit AA bis AZ bis hin zu QZ fortgesetzt. Den Buchstaben »J« ließen die Astronominen und Astronomen aus, um eine Verwechslung mit »I« zu vermeiden. Bekannte Beispiele sind Omikron Ceti (\omicron Ceti) und Beta Persei (β Per) mit den Eigennamen Mira und Algol.

Durch die modernen Methoden der Photometrie ist die Anzahl bekannter Veränderlicher mittlerweile so stark angestiegen, dass neu gefundene Vertreter ihrer Art mit einem vorangestellten V durchnummeriert werden. Sie werden in der Reihenfolge ihrer Entdeckung nummeriert, beginnend mit 335, also V335. Als Beispiel sei hier V404 Cygni genannt, ein Doppelsternsystem im Sternbild Schwan, aus einem Stern mit dem Spektraltyp G und einem Partner, bei dem es sich wahrscheinlich um ein Schwarzes Loch handelt. Die beiden Sterne umkreisen sich alle 6,5 Tage.

Die aktuelle Version GCVS 5.1 des General Catalogue of Variable Stars (siehe www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/gcvs5/htm) aus dem Jahr 2020 enthält 57 247 Veränderliche. Mit dem Astrometriesatelliten Gaia (siehe SuW 1/2021, S. 28) wird die Anzahl bekannter veränderlicher Sterne auf viele Millionen ansteigen. AXEL M. QUETZ

Physical Research Laboratory Ahmedabad in Indien und seine Kollegen, konnten keine definitive Antwort auf diese Frage ermitteln. Was sie aber herausgefunden haben, ist, dass CK Vulpeculae wohl fälschlicherweise als die früheste verbrieftete Nova in die Astronomiegeschichte eingegangen ist. Demnach könnte es sich bei CK Vulpeculae gar nicht um eine Nova gehandelt haben. Das schreiben sie in einem Artikel, der im Fachmagazin »Astrophysical Journal Letters« erschienen ist.

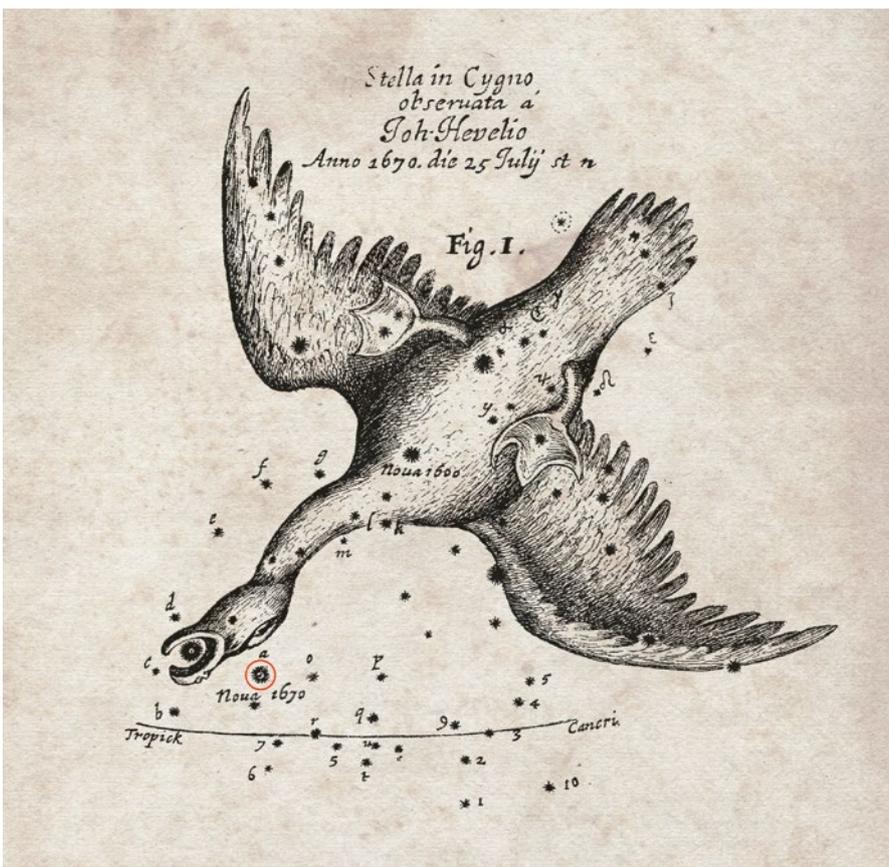
Keine Nova?!

Zur Klärung dieses Sachverhalts hilft eine Bestandsaufnahme. Da ist zum einen die Annahme, dass es sich bei CK Vulpeculae um eine Nova handelt, also um einen Helligkeitsausbruch in einem Doppelsternsystem. Das kann passieren, wenn zum Beispiel einer der Sterne im System ein Weißer Zwerg ist, Material des anderen Sterns auf seine Oberfläche akkretiert und dieses dann irgendwann thermonuklear zündet (siehe SuW 3/2020, S. 30). Eine derartige Nova wird mit einem Schlag heller, sie explodiert ein bisschen. Daher rührt ihre Bezeichnung Nova, lateinisch für »neuer Stern«. Das erscheint auch sinnvoll, denn auf der Erde bekommt man außer dem plötzlichen Helligkeitsanstieg nichts mit.

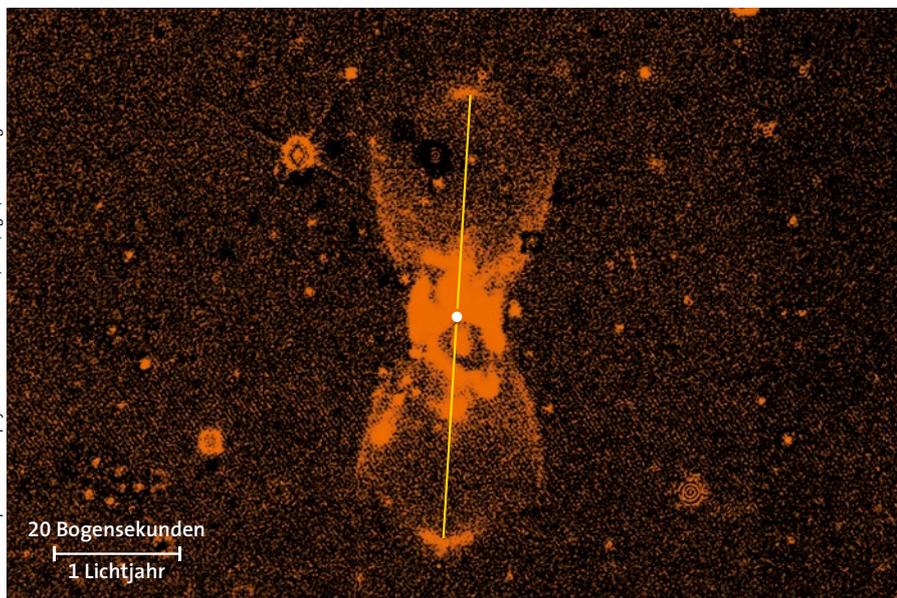
Nun soll es sich bei CK Vulpeculae aber gerade nicht um eine Nova handeln. Die Bestandsaufnahme von Banerjee und seinem Team schließt auch das System an sich mit ein. Wie sieht es dort aus? Nun, im Zentrum des Mysteriums befindet sich ein kompaktes Objekt, so viel ist sicher. Umgeben ist es von einem sanduhrförmigen Gasnebel, der sich von uns aus gesehen fast perfekt in Nord-Süd-Richtung erstreckt und Modellrechnungen zufolge um 65 Grad geneigt ist (siehe »Der Nebel um CK Vulpeculae«).

Gas und Staub verhüllen die Quelle

Nun fänden es Astronomen praktisch, wenn sie wüssten, was für ein kompaktes Objekt sich im Zentrum von CK Vulpeculae befindet – etwas Verschmolzenes? Eine Art intaktes Doppelsystem? Leider ist des Rätsels potenzielle Lösung von Gas und Staub so gut verborgen, dass Beobachtungen unmöglich sind. Und da das auf absehbare – nicht astronomische – Zeit auch so bleiben wird, sind Forschende gezwungen, sich auf den sanduhrförmigen Gas-



Historische Entdeckung: CK Vulpeculae wurde zwar in den Jahren 1670 und 1671 von den zwei Astronomen Voituret Anthelme und Johannes Hevelius mit dem bloßen Auge beobachtet, verschwand danach aber wieder. Jahrhundertlang galt diese astronomische Erscheinung als eine Art verlorener Stern, bis Wissenschaftler in den 1980er Jahren das Objekt samt sanduhrförmigem Gasnebel wieder aufstöberten. Diese Karte wurde von Johannes Hevelius erstellt und in den »Philosophical Transactions« der Royal Society veröffentlicht. Die Position des neuen Sterns ist rot markiert.



CK Vulpeculae im Wasserstofflicht: In dieser H-Alpha-Aufnahme mit dem Gemini North Telescope aus dem Jahr 2010 ist die Position der kompakten Radioquelle durch den weißen Punkt gekennzeichnet. Der Spektrografenspalt (gelbe Linie) wurde auf diese Quelle zentriert und geht durch die mit dem lateinischen Wort Ansaee bezeichneten Spitzen der bipolaren Auswürfe.

nebel zu stürzen und dort nach Hinweisen auf die Ereignisse von vor 350 Jahren zu suchen.

So haben sie in den vergangenen vier Jahrzehnten zumindest herausgefunden, dass es derzeit keinen wissenschaftlichen Konsens gibt, um was es sich bei dieser astronomischen Erscheinung handelt. Als Kandidaten werden immer noch Novae gehandelt, auch die gibt es in mehreren Ausführungen. Oder war es vielleicht die Verschmelzung von einem Braunen mit

einem Weißen Zwerg? Die astronomische Datenbank Simbad (simbad.u-strasbg.fr/simbad) gibt »cataclysmic variable star« an. Das deutet auf eine Nova hin, aber wie Banerjee und Kollegen in ihrem Fachartikel schreiben: Das ist falsch.

Sie haben für diese Schlussfolgerung den Gasnebel genauer unter die Lupe genommen. Insbesondere nahmen sie mit Hilfe eines Infrarotspektrometers am Gemini North Observatory auf Hawaii seine äußeren Bereiche unter die Lupe. Sie un-

tersuchten dabei eine bestimmte Spektrallinie von Eisen. Was sie dabei eigentlich interessierte, war die Geschwindigkeit, mit der sich der Gasnebel vom Zentrum bewegt. Die Astronomen fanden heraus: rund 2130 Kilometer pro Sekunde. Weil sie darüber hinaus ihre Aufnahmen aus dem Jahr 2020 mit einer von 2010 (siehe »CK Vulpeculae im Wasserstofflicht«) vergleichen konnten, ließ sich daraus erschließen, um wie viel größer der Nebel seitdem scheinbar geworden ist.

Spektrum SPEZIAL Physik Mathematik Technik



Jetzt abonnieren!

Jahresabo (4 Ausgaben pro Jahr): Print € 30,80; Digital € 21,-;
 Kombiabo Print + Digital € 34,80. (Printpreise inkl. Versandkosten
 Inland; Digitalabo nur für Privatkunden)

Bestellen Sie jetzt Ihr Spezialabo!

service@spektrum.de
 Tel.: 06221 9126-743

Spektrum.de/aktion/bmhabo



ZUM NACHDENKEN

Blast from the past



Den am 20. Juni 1670 entdeckten neuen Stern unweit von Albireo (Beta Cygni, β Cyg) zeichnete Johannes Hevelius in seine Darstellung des Schwans ein. Diese »Nova 1670« liegt nach der offiziellen Festlegung der Sternbildgrenzen im Jahr 1928 im Sternbild Fuchlein – lateinisch Vulpecula – und trägt nun die Bezeichnung eines veränderlichen Sterns: CK Vulpeculae, kurz CK Vul. Aus dem Zeitraum zwischen Ausbruch und dem Absinken unter die visuelle Nachweiskante des Auges zwischen Mai und August 1671 sind 44 Helligkeitsmessungen durch Hevelius und Cassini überliefert. Sie fanden zwei Maxima mit 3 mag um den Entdeckungszeitpunkt herum und mit $m_v = 2,6$ mag am 30. April 1671. **Aufgabe 1:** Der Winkelabstand zwischen den beiden Ansa (lateinisch für Henkel) betrug auf einer Aufnahme vom 22. Juni 2010 im H-Alpha-Licht $\varphi_{2010} = 71,29''$. Die jüngere Untersuchung an der Eisenlinie [Fe II] bei $1,257 \mu\text{m}$ am 31. August 2020 ergab $\varphi_{2020} = 73,87''$. **a)** Um welchen Winkel $\Delta\varphi$ haben sich die Ansa im Zeitraum Δt zwischen den beiden Aufnahmen voneinander entfernt? Die gemessenen Winkeldistanzen lassen sich unmittelbar miteinander vergleichen, weil die [Fe II]-Emission in einem Bereich entsteht, in dem der Wasserstoff

teilweise ionisiert ist und aus dem H-Alpha-Emission kommt. **b)** Mit welcher Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ entfernen sich die Ansa voneinander? **c)** Für konstante Ausdehnungsgeschwindigkeit \bar{v} bestimme man den Zeitpunkt t_0 , an dem die Expansion begann. **d)** Welche Folgeerung lässt sich bezüglich \bar{v} ziehen, wenn t_0 und der Ausbruch im Jahr 1670 übereinstimmen?

Aufgabe 2: Aus einem Infrarotspektrum des bipolaren Nebels um CK Vul folgen großzügig gemittelte Radialgeschwindigkeiten von $+900 \text{ km/s}$ für die nördliche und -900 km/s für die südliche Ansa. Man ermittle die Raumgeschwindigkeit $v_{N,R}$ und die zur Radialgeschwindigkeit senkrechte Transversalgeschwindigkeit $v_{N,T}$ der nördlichen Ansa. Der Inklinationwinkel relativ zur Sichtlinie wurde mit Hilfe von Modellrechnungen zu $i = 65^\circ$ ermittelt.

Aufgabe 3: a) Mit Hilfe von $v_{N,T}$ und Δt berechne man die an die Himmelsebene projizierte Strecke s , welche die nördliche Ansa zwischen den beiden Aufnahmen zurückgelegt hat. **b)** Welche Distanz d folgt dann aus $\Delta\varphi/2$ und s für CK Vul?

Aufgabe 4: a) Wie groß war die absolute Helligkeit M_v bei der visuellen Extinktion $A_v = 2,47 \text{ mag}$ in Richtung zu CK Vul? **Hilfe:** Es gilt $m_v - M_v = 5 \text{ mag} \lg(d/(10 \text{ pc})) - A_v$. **b)** Die absolute Helligkeit von Supernovae liegt mindestens bei -14 mag , diejenige von Novae bei höchstens $-8,8 \text{ mag}$. Kann CK Vul eines von beiden gewesen sein? AMQ

Literaturhinweis

Shara, M. M. et al.: Unraveling the oldest and faintest recovered nova: CK Vulpeculae (1670). *The Astrophysical Journal Letters* 294, 1985

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einsendeschluss ist der 30. Juli 2021. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2022 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf S. 14! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.

Neue Distanzbestimmung

Kombiniert man nun die als konstant angenommene Ausbreitungsgeschwindigkeit des Nebels mit dem beobachteten Wachstum der Winkelausdehnung innerhalb der zehn Jahre zwischen den beiden Aufnahmen, so folgt schließlich ein neuer Wert für die Entfernung von CK Vulpeculae: rund 10 000 Lichtjahre.

Diese neue Distanz ist immerhin rund fünfmal so groß, wie die Forschenden bisher angenommen haben. Und was in fünffacher Distanz liegt, muss am Ort des Geschehens 25-mal so hell gewesen sein im Vergleich zu bisherigen Schätzungen aus den historischen Beobachtungen der Jahre 1670 und 1671. Damit wäre CK Vulpeculae viel heller gewesen, als es eine Nova je sein könnte. Die Astronomen sortieren die Erscheinung daher in eine Kategorie namens ILOT ein: »intermediate luminosity optical transient« (deutsch: optisches vorübergehendes Ereignis mittlerer Leuchtkraft), was nichts anderes ist als ein variables Etwas, sehr viel heller als eine Nova, aber nicht ganz so hell wie eine Supernova. Für den Ausbruch von CK Vulpeculae berechnen die Astronomen eine absolute Helligkeit von rund $-12,4 \text{ mag}$. Zum Vergleich: Die Sonne hat eine absolute Helligkeit von $+4,8 \text{ mag}$; eine typische Supernova vom Typ Ia hat $-19,7 \text{ mag}$.

Nur: Was war es denn jetzt? Genau das bleibt ein Rätsel. Die Kategorie der ILOTs ist groß und unspezifisch. Objekte werden darin auf Grund ihrer absoluten Helligkeit einsortiert, nicht wegen des zu Grunde liegenden physikalischen Mechanismus. Und somit weiß auch das Team um Banerjee nicht, was da nun im Jahr 1670 wirklich aufleuchtete. Aber dass es offenbar fünfmal so weit weg war wie gedacht, und damit sehr viel heller, ist ja auch schon eine wertvolle Erkenntnis.

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

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link:
<https://amzn.to/2s1Yh6L>

Literaturhinweis

Banerjee, D. P. K. et al.: Near-infrared spectroscopy of CK Vulpeculae: revealing a remarkably powerful blast from the past. *The Astrophysical Journal Letters* 904, 2020