

Der ungewöhnliche Ausbruch von V838 Monocerotis

Betrachtungen einer nur ungewöhnlichen Nova
oder doch eine neue Klasse von Sternen ?

Stefan Kimeswenger

Was macht V838 Mon zu so einem besonderen Objekt?

Über den Verlauf und die Geschichte der Ausbrüche wurde in dieser Zeitschriftenserie ja sehr umfangreich berichtet (Rundbriefe 1/2002, p27; 4/2002, p173; 4/2003, p190; 2/2004, p74; 4/2006, p204 und p252; 1/2008, p43). Auch heute noch wird das Objekt in der Simbad Datenbank (<http://simbad.u-strasbg.fr>) als Nova geführt. Dies ist ja an sich nichts so besonderes. Aber es ist im gegebenen Fall wohl eher aus Ermangelung einer klaren Zuordnung. Es waren die spektakulären Bilder der Lichtechos des Hubble Welt- raumteleskops (HST), welche dieses Objekt so bekannt gemacht haben. Dies führte dazu, dass bis vor wenigen Monaten noch die deutsche Version der Wikipedia es sogar als Entdeckung des HST darstellte.

Warum beobachtet man Novae während des Abfalls mit hoher Genauigkeit?

Novae sind enge Doppelsternsysteme, bei welchen nach langem Massenübertrag eines normalen Sterns auf einen kompakten Partner – meist einem Weißen Zwerg – Materie auf diesem durch zu hohem Druck Kernfusionen zündet. Diese plötzliche Energieproduktion nahe der Oberfläche dieses kompakten Objektes bläht dieses Material – es handelt sich nur um etwa 0,00001 bis 0,0003 Sonnenmassen – zu einer heißen hellen Blase auf, welche wesentlich größer wie das ganze Doppelsternsystem ist. Der normale Stern läuft innerhalb dieser Wolke versteckt. Die Dichte ist hinreichend gering, dass es nicht zu einer erkennbaren Beeinträchtigung der Bahnen kommt. Während dem Abfall der Helligkeit wird durch die fortlaufende Verdünnung und durch die Abkühlung die Wolke zunehmend durchsichtiger. Beobachtet man nun diese Objekte während dem Abfall, so kann man in jener Phase, wo die Restwolke in der Größenordnung der Bahn ist, Helligkeitsschwankungen auch dann sehen, wenn man nicht ein genau von der Kante betrachtetes bedeckungsveränderliches System hat. So erhöht sich enorm die Wahrscheinlichkeit, dass man die Bahnperiode bestimmen kann. Dies gelang uns z. B. im November/Dezember 2001 bei der Zwergnova 1RXS J232953.9+062814 (Kimeswenger et al., 2002, IBVS, 5233). Dabei muss man aber darauf achten, dass die symmetrische Geometrie in der Wolke eine Verdoppelung ergibt und auch bei dieser Zwergnova ergeben kann, da das Objekt von 2 Seiten quer gleich aus sieht. Dies können dann nur spektroskopische Untersuchungen finden. Dennoch sind dies sehr lohnende Objekte für die Zusammenarbeit der Amateure mit den Berufsastronomen (siehe auch BAV Rundbrief 1/2007, p51). Aber auch sehr genaue geometrische Modelle können mit recht einfachen Mitteln so erstellt werden. Ein Beispiel dazu ist die Bestimmung der Änderung der Bahnperiode (nur 0,18 Sekunden) bei der Nova CI Aql vor und nach ihrem Ausbruch im Jahr 2000 (Lederle und Kimeswenger, 2003, Astro. Astrophys, 397, 951).

Helligkeitsschwankungen bei sehr langsamen Novae, welche wesentlich größere Zeitskalen und quasi Perioden zeigen (etliche Tage bis hin zu Wochen) gehen hingegen nicht auf die Bahn direkt zurück. Sie können zwei unterschiedliche Ursachen haben. Einige dieser Objekte entwickeln sehr früh Staubwolken. Diese befinden sich sehr weit außen in der Explosionswolke und haben daher sehr langsame Umläufe. Die zweite beobachtete Schwankungsart geht auf Instabilitäten in der Gasscheibe um den weißen

Zwerg zurück. Normalerweise bekommen diese ja nur Material vom Begleitstern über einen Fluss in der Bahnebene. Nun fällt aber auch Material von oben und unten aus der Explosionswolke auf die Scheibe. Dies führt durch die freiwerdende Gravitationsenergie zu zusätzlicher Heizung. Daraufhin kommt es zu kleinen Ausbrüchen. Diese sogenannten hydrodynamischen Instabilitäten sind auch die Ursache von Ausbrüchen der Zwergnovae, bei welchen es zu keiner Kernfusion kommt. Der innerste Teil der Scheibe wird durch die rasch wachsende Last instabil und stürzt schneller auf die Oberfläche des weißen Zwergs ab. Dadurch wird explosionsartig Gravitationsenergie frei.

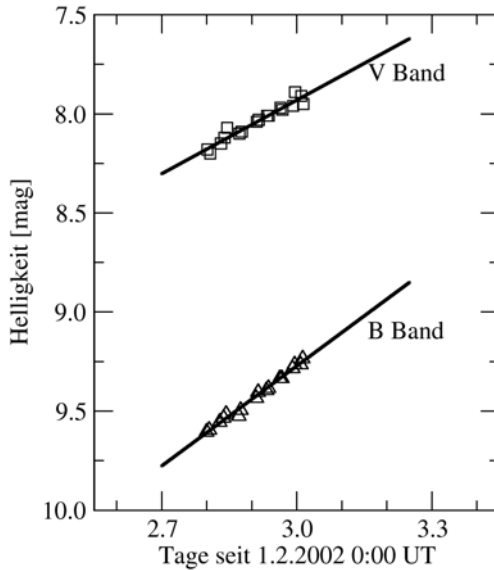


Abb. 1: Die Helligkeitsänderung am Höhepunkt des Ausbruchs im blauen und im grünen Licht. Die unterschiedliche Steigung ist gut zu erkennen. Sie ist ein Maß für die Temperaturänderung.

Um diese Signaturen der Bahn oder eventuell auch hydrodynamische Instabilitäten zu entdecken beobachteten wir V838 Mon während der ersten Phase im Januar 2002. Es wurden aber keine derartigen Schwankungen entdeckt.

Als Anfang Februar der zweite Ausbruch entdeckt wurde (Grafik), änderte sich die Vorgabe natürlich enorm.

Verwendet man nur das simple Modell des Zusammenhangs von Farbe und Temperatur

$$(B-V) = -3,684 \log(T) + 14,551$$

für normale Sterne mit T unter 9140K (bzw. (B-V) über -0,041) und

$$(B-V) = 0,344 [\log(T)]^2 - 3,402 \log(T) + 8,037$$

bei heißeren Sternen, und wendet man den Leuchtkraftgewinn bei Temperaturerhöhung bei V838 Mon an, erhält man das Resultat, dass der Helligkeitsgewinn Anfang Februar 2002 praktisch nur aus der Erhitzung und nicht aus einer Ausdehnung stammt.

Was ist nun V838 Mon – Modelle und Probleme

Munari et al. (2005, Astron. Astrophys. 434, 1107) fanden Hinweise zu einem Begleiter der Klasse B3V (17 000-19 000 K). Weiter meinen sie aus alten Helligkeitsmessungen auf Fotoplatten zu erkennen, dass solch ein B3 Stern einen sehr heißen hellen zweiten Stern dabei gehabt haben könnte – dieser soll bis zu 50 000 K heiß gewesen sein. Damit würde dies ein 60 Sonnenmassen Stern sein. Dieser lebt aber nur wenige Millionen Jahre. Daher stellt sich die Frage, da er seine Geburtsregion nicht verlassen konnte, wo ist die Sternentstehungsregion in der Nähe? Außerdem benötigt dieses Modell eine Distanz über 10 kpc. Dies widerspricht vielen anderen Messungen wie jener der Polarisation der Lichtechos (Sparks et al. 2008, Astron. J., 135, 605 und BAV Rundbrief 1/2008 p43) und jener des vermuteten Sternhaufens um das Objekt (Afsar und Bond, 2007, Astron. J., 133, 387 und BAV Rundbrief 4/2006, p204)

Lawlor (2005, Mon. Not. Royal Astr. Obs. 361, 695) postuliert einen sogenannten „born-again“ Stern. Das ist ein Weißer Zwerg, welcher nach dem Absterben nochmals aus einem Restbrennen für nur wenige Jahre Helium zu Kohlenstoff verbrennt. Diese Sterne sollten keinen Wasserstoff haben. V838 Mon zeigt aber nicht diese extreme Chemie. Um diesen Beobachtungsbefund zu erzielen wird in dieser Arbeit ein Begleiter mit normaler Chemie während dem ersten Ausbruch „aufgefressen“. Das erklärt den zweiten Ausbruch im Februar und würde im großen zweiten Ausbruch eine normale chemische Zusammensetzung des Begleiters zeigen. Aber wir finden auch vor dem Februar-Ereignis eine normale Chemie in den Spektren. Dies kann das Modell nicht erklären.

Retter et al. (2006, Mon. Not. Royal Astr. Obs. 370, 1573) schlagen vor, dass es ein Stern mit 3 sehr schweren Planeten war. Beim Übergang des Sterns zum roten Riesen zerrieb der sich aufblähende Stern den ersten Planeten, blähte sich dadurch noch schneller auf und erwischte Planet Nummer zwei und drei. Das Modell erklärt gut die Ausbruchlichtkurve. Aber es stimmen nicht so recht die Helligkeitsschwankungen in den fünf Jahrzehnten vor dem Ausbruch mit diesem Modell überein. Auch der B3V Begleiter passt nicht in solch ein System. Massive Doppelsterne „mögen“ keine großen Planeten. Solche Systeme sind dynamisch instabil und verlieren ihre Planeten normalerweise durch die Summe der Bahnstörungen recht schnell.

Tylenda und Soker (2006, Astron. Astrophys. 451, 223) favorisieren ein Modell eines Zusammenstoßes zweier Hauptreihensterne. Damit kann man, je nachdem, wie man die Massen der beiden Stoßpartner „mischt“, jede Art von Helligkeit erzielen. Die Bahn der Sterne müsste eine sehr exzentrische Ellipse gewesen sein. Dann ist der Abstand vom Januar zum Februar Ausbruch etwa die Bahnperiode. Aber dann hätte das System in den letzten 10 bis 50 Jahren vor dem Ausbruch stabil und nicht variabel in der Helligkeit gewesen sein sollen. Es kommt in diesem Modell nur zu einigen kleinen Vorveränderungen durch streifenden oder beinahe Zusammenstoß in den letzten 5 bis 10 Umläufen. Das würde unter einem Jahr liegen. Wir wissen aber, dass V838 Mon

läufen. Das würde unter einem Jahr liegen. Wir wissen aber, dass V838 Mon variabel war. Man müsste also noch andere „Zutaten“, wie zum Beispiel einen dritten Stern, ins System geben. Wie auch schon Shara (1999, Phys. Rep. 311, 363) sind solche Zusammenstöße sogar in den Zentren von Kugelsternhaufen nicht wirklich zu erwarten.

Yaron et al. (2005, Astropys. J. 623, 398) zeigen in numerischen Rechenmodellen, welche völlig unabhängig von diesem Ereignis von V838 Mon erstellt worden waren, dass bei sehr massearmen Weißen Zwergen im Nova-System viel mehr Masse wie die normalerweise involvierten 0,00001 bis 0,0003 Sonnenmassen ausgestoßen wird. Da die zur Verfügung stehende Energie aus dem Kernbrennen nicht im selben Maße wie die Masse steigt, kann das Gas nicht so stark erhitzt werden. Es kommt zu einer „kalten Nova“. Wir wissen von systematischen Durchmusterungen, dass etwa 10 Prozent aller Weißen Zwerge nicht wie üblich etwa 0,6 Sonnenmassen schwer sind, sondern nur 0,4 Sonnenmassen wiegen. Es ist dieses Szenario also nicht völlig unwahrscheinlich. Die Modelle zeigen auch, dass bei diesen Explosionen die Energieproduktion bei etwa $\frac{1}{4}$ der Helligkeit ein bis zwei Monate brodelnd stehen bleibt bis es endgültig los geht. Das könnte die Ursache für den versetzten Ausbruch sein. Massearme Weiße Zwerge sind wohl mit 10 % aller dieser Objekte relativ häufig. Es dauert aber viel länger von Ausbruch zu Ausbruch in solch einem Nova System (Epelstain et al. 2006, Mon. Not. Royal Astr. Obs. 374, 1449). Daher ist die seltene Form keineswegs unwahrscheinlich. Sollten die vermuteten Zwillinge (siehe unten) real sein, ist diese Art des Ereignisses etwa 1000-mal seltener wie die klassische Nova in unserer Milchstraße. Betrachten wir die sehr gut überwachte Andromeda Galaxie, in der wir nur ein solch rotes Ereignis 1968 hatten, könnte es sogar noch unwahrscheinlicher sein. Das größte Problem dieses Modell ist das Fehlen geeigneter Beobachtungen der historischen Objekte um es entweder zu verfeinern oder zu verwerfen.

Zwillinge?

- CK Vul (Nova Vul 1670)
 - Lichtkurve mit mehreren Maxima
- V1148 Sgr (Nova Sgr 1943)
 - Zeigte ein sehr rotes Spektrum wie ein M Stern nach wenigen Monaten
- M31 RV (Nova 1968 in Andromeda)
 - Lichtkurve hat Ähnlichkeiten
- V4332 Sgr (Nova Sgr 1994)
 - Sehr rotes Spektrum wenige Monate nach dem Ausbruch

CK Vul (Nova Vul 1670) hatte eine in der Form ähnliche Lichtkurve (soweit die historischen Beobachtungen den Vergleich zulassen). Aber der Prozess dauerte mehrere Jahre und somit deutlich länger. Auch zeigen neue Untersuchungen durch Kollegen und mir mit dem Radiointerferrometer, welche ionisiertes Gas im Inneren des immer noch völlig dichten Nebels beobachten, ein heute sehr heißes Objekt im Inneren. Dies lässt eher ein Szenario einer sehr langsamen klassischen Nova möglich erscheinen.

V1148 Sgr (Nova Sgr 1943) wurde in einer kurzen Mitteilung von Mayhall (1949, Astron. J. 54, R191) erwähnt. Trotz intensiver Suche fand ich bisher in dem Feld auf Durchmusterungen nur einige Kandidaten, welche Wasserstoffemissionslinien zeigen. Genauere Untersuchungen eines ganzen Feldes werden aber kaum von großen Observatorien

wie zum Beispiel bei der ESO genehmigt. Die Originalfotoplatten sind leider im Archiv in Harvard verschollen. Sie würden eine hinreichend genaue Verbesserung der Koordinaten ermöglichen um eine Suche nach der post-Nova zu beginnen. Auffällig ist, dass diese Nova am Rand des Kugelsternhaufens NGC 6553 (und nicht wie in der Originalpublikation genannt NGC 6533) liegt. Kugelsternhaufen sind Felder hoher Sterndichte. So etwas würde wiederum die These von Soker und Tylanda unterstützen.

Die Nova 1994 Sgr (V4332 Sgr) war auch sehr rot nach ihrem Ausbruch. Martini et al. (1999, Astron. J. 118, 1034) zeigten, dass man mit dem Ausbruch einer Nova, welche eine höhere Masse von $7/1000$ Sonnenmassen auswirft, rein rechnerisch solch ein rotes System bilden kann. Sie modellierten die Spektren in den ersten Monaten nach dem Ausbruch perfekt. V4332 Sgr zeigte auch eine kurze Phase von einfallendem Material in den P-Cygni Profilen der Spektrallinien. Selbiges zeigte auch V838 Mon im Februar 2002. Doch bei V4332 Sgr war dies während starker Abkühlung und bei V838 Mon in einer Phase starker Erhitzung. Im Sommer 2002 entdeckte ich, dass das V4332 Sgr ein extrem kaltes Molekülspektrum in Emission zeigt. Dies ist wiederum ähnlich wie jenes welches wir heute bei V838 Mon sehen. Nach der Suche durch historisches Material zeigt sich aber dass, die Helligkeitsverläufe sowohl vor wie nach den Ausbruch nicht wirklich zusammen passen. Weiter zeigten Goranskii & Barsukova (2007, Astron. Rep. 51, 126), dass in einem Fall ein blauer Begleiter nach der Explosion erhalten geblieben ist und im anderen Fall verschwand - sie vermuten in ihrer Arbeit explodierte.

Resumee:

Die Natur von V838 Mon und den möglichen Zwillingen ist noch nicht geklärt. Alle Modelle haben Probleme mit einigen der Beobachtungen. Der Ausbruch einer Nova – also das thermonukleare Brennen von Material eines Begleiters auf der Oberfläche eines weißen Zwerges mit kleiner Masse – und das Modell des Zusammenstoßes zweier Hauptreihensterne, so wir noch einige Ingredienzen hinzufügen können, welche die Lichtkurve in den 50 Jahren vor dem Ausbruch erklärt, sind aber die beiden vielversprechendsten.

Stefan Kimeswenger
Institut für Astro- und Teilchenphysik
Universität Innsbruck
Technikerstraße 25
A-6020 Innsbruck
+43(0)512 507 6050
Stefan.Kimeswenger@uibk.ac.at