Spektren und ihre Interpretation : die Nova Delphini 2013

Autor(en): **Alean, Jürg / Gilli, Sascha**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **71 (2013)**

Heft 379

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897671

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Spektren und ihre Interpretation

Die Nova Delphini 2013

Von Jürg Alean und Sascha Gilli

Im August 2013 ereignete sich im Sternbild Delphin die hellste in unseren Breiten sichtbare Nova seit 1992. Wir fotografierten ihr Spektrum auf der Schul- und Volkssternwarte Bülach mit einem kleinen Teleskop, einem Objektivprisma und einer Spiegelreflexkamera, verbesserten die Bildqualität der Einzelaufnahmen mit «Stacking» und interpretierten die raschen und deutlichen Veränderungen der Spektrallinien vor dem Hintergrund der Vorgänge im betreffenden kataklysmischen Doppelsternsystem.

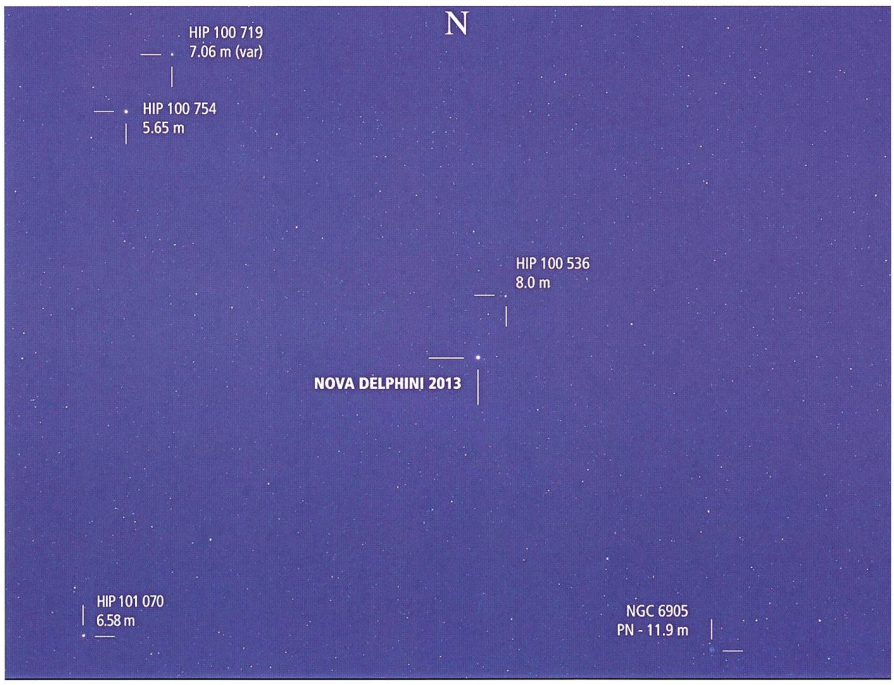

Abbildung 1: Nova Delphini 2013 aufgenommen mit einem kleinen apochromatischen Refraktor (technische Angaben direkt im Bild). Die Bildbreite beträgt ca. 2.5 Grad und ist damit vergleichbar mit Bild 2. (Aufnahme: Philippe Van den Doorn)

Schon seit ein paar Jahren hatten wir auf eine helle Nova gewartet: Einer von uns (Gilli) hatte im Rahmen seiner Maturitätsarbeit an der Kantonsschule Zürcher Unterland und mittels des Instrumentariums der Schul- und Volkssternwarte Bülach 2009-2011 eine Sammlung von Sternspektren angelegt und sie auf dem Internet zugänglich gemacht (http://spektrographie.wikispaces.com). Die Website enthält aktuell rund hundert Spektren von Sternen aller Spektralklassen sowie von Riesen- und Zwergsternen. Hingegen fehlte noch eine Nova.

Da wir für das Spektrographieren ein rund 15 cm x 15 cm grosses Prisma aus Flintglas vor einem 20 cm-Schmidt-Newton-Teleskop verwenden, liegt die Grenzgrösse für auswertbare Sternspektren bei ungefähr 8^{mag}. Für eine detaillierte Beschreibung der Einrichtung siehe ORION Nr. 363, 2/2011: «Spektrografieren von Sternen». Deutlich hellere Novae kommen eben nicht jedes Jahr vor!

Im Internet orientieren verschiedene Newsletter oder Zirkulare über neue Entdeckungen und nur kurzzeitig sichtbare Phänomene (z. B. das Zirkular der International Astronomical Union, http://www.cbat.eps.harvard.edu/services/IAUC.html). Aufmerksam auf die Nova Delphini 2013 wurden wir allerdings ganz anders: Ein Kollege aus Italien schickte in der Nacht vom 15. auf den 16. August kommentarlos ein mit einem kleinen Gitter aufgenommenes Spektrum mit den Koordinaten Rektaszension: 20h23m31s und Deklination: +20°46'05" (J2000) sowie dem lakonischen Hinweis «$<5^{mag}$!», zu verstehen als «heller als Magnitude 5!». Sein Spektrum zeigte ein noch helles Kontinuum und nur ganz schwache Emissionslinien; die Nova befand sich wahrscheinlich noch im Helligkeitsanstieg, wir mussten also sofort handeln.

Am Abend des 16. August fand auf der Schul- und Volkssternwarte Bülach wie an Freitagen üblich der öffentliche Beobachtungsabend statt. Diesen kann man nicht einfach absagen, weil gerade eine Nova ausbricht. Wir hatten somit nur eingeschränkten Zugriff auf die Instrumente. Zudem gab es am Folgetag Verpflichtungen, die kein beliebig langes Arbeiten nach Mitternacht zuliessen. Die «diensthabenden» Demonstratoren zeigten sich aber flexibel: Schon um 23:00 Uhr, während sie noch mit den letzten Besuchern fachsimpelten, durften wir den Spektrographen installieren und hatten nach wenigen Minuten die ersten sauberen Spektren der Nova auf sicher (vergleiche Bild 2). Diese konnten wir dem staunenden Publikum noch auf dem Kameradisplay zeigen und erklären. Als Vergleich und auch zum Justieren der Apparatur hatten wir zuvor noch in aller Eile den viel helleren und einfacher fokussierbaren Stern Altair aufgenommen.

Anschliessend machten wir rund 20 Wiederholungsaufnahmen zum späteren «Stapeln» der Bilder (siehe unten). Parallel dazu gab es Zeit, die Nova zunächst mit dem Feldstecher und schliesslich trotz zunehmendem Mond und irdischer Lichtverschmutzung von Auge zu orten. Mit Vergleichssternen schätzten wir die scheinbare Helligkeit auf 4.6^{mag}. Später sollte sich zeigen, dass wir sie nur Stunden nach Erreichen ihrer maximalen Helligkeit aufgenommen hatten.

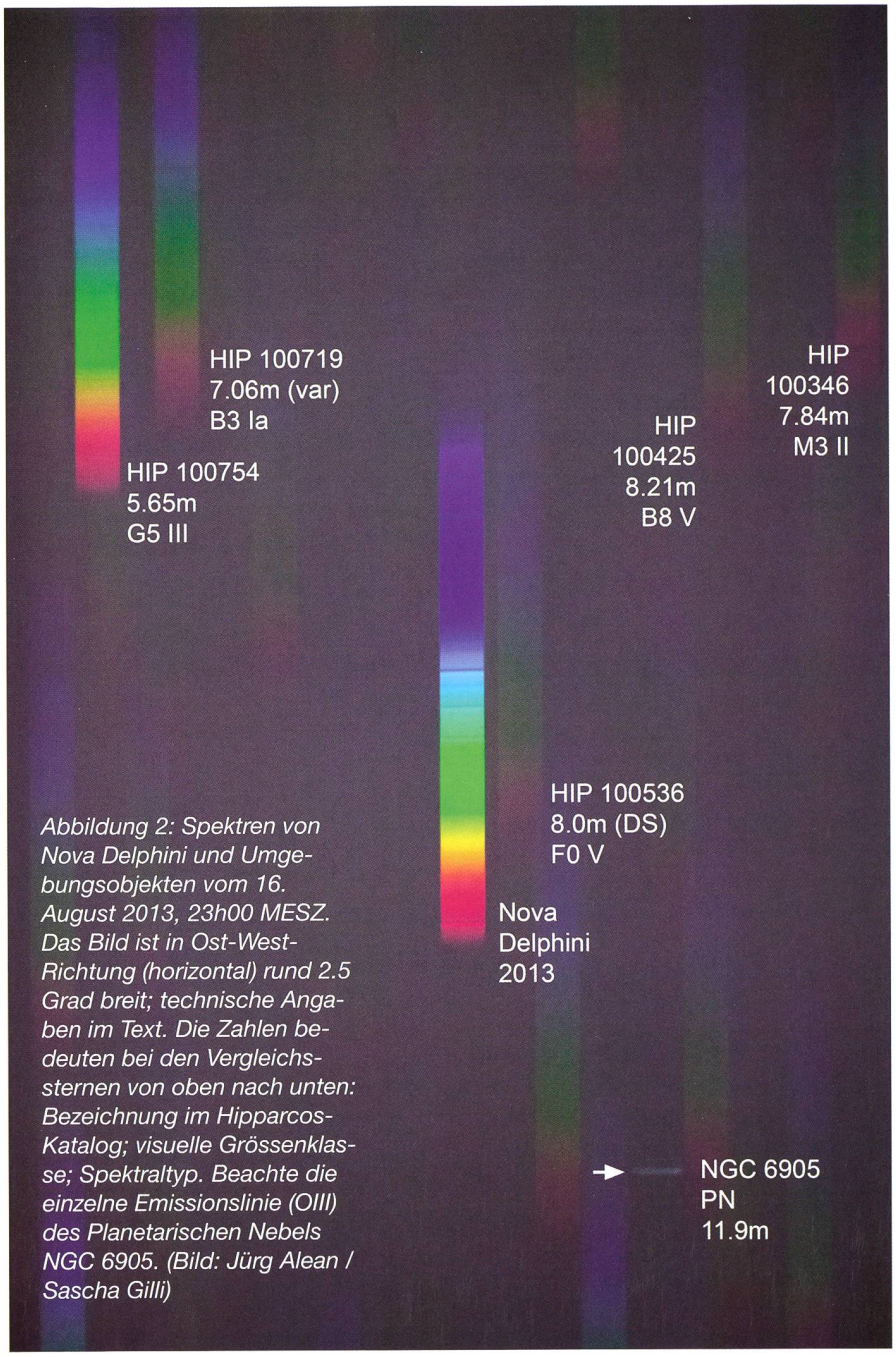

Abbildung 2: Spektren von Nova Delphini und Umgebungsobjekten vom 16. August 2013, 23h00 MESZ. Das Bild ist in Ost-West-Richtung (horizontal) rund 2.5 Grad breit; technische Angaben im Text. Die Zahlen bedeuten bei den Vergleichssternen von oben nach unten: Bezeichnung im Hipparcos-Katalog; visuelle Grössenklasse; Spektraltyp. Beachte die einzelne Emissionslinie (OIII) des Planetarischen Nebels NGC 6905. (Bild: Jürg Alean / Sascha Gilli)

Am Folgetag sandten wir das Bild an die NASA-Website «Astronomy Picture of the Day» (APOD, http://http://apod.nasa.gov/). Tatsächlich wurde es bereits am 23. August veröffentlicht (http://apod.nasa.gov/apod/ap130823.html). Es folgten verschiedene Reaktionen von Nutzern. Unter anderem erhielten wir eine sehr schöne Vergleichsaufnahme mit ähnlichem Bildmassstab, die ohne Prisma aufgenommen worden war (Bild 1). In den nächsten Tagen wurden die Wetterverhältnisse instabil. Weil sich aber Novaspektren nach dem grössten Helligkeitsausbruch rasch verändern, war mindestens eine Wiederholungsaufnahme wichtig. Diesmal gab es nur ein kurzes Zeitfenster mit klarem Himmel. Die zweite Aufnahme gelang am 29. August (Bild 3, unten). Sofort wurde klar, dass sich das Spektrum stark verändert hatte: Das Kontinuum war sehr schwach geworden, dafür hatten die Emissionslinien massiv an Helligkeit zugelegt.

Auch der visuelle Eindruck am Teleskop änderte sich gewaltig. Vor und nach dem Spektrographieren beobachteten wir die Nova jeweils kurz mit dem 85 cm-Teleskop der Sternwarte Bülach. Darin erscheinen selbst Sterne von 6^{mag} «blendend» hell. Für einen guten Farbeindruck defokussiert man sie am besten leicht, vor allem bei gutem Seeing. Am 16. August war der Farbeindruck «bläulich» und erinnerte an einen B-Stern. Dies erklärt sich durch die Dominanz des Kontinuumspektrums mit einem Helligkeitsmaximum im grünen Bereich. Die Emissionslinien trugen damals noch wenig zur Gesamthelligkeit bei. Am 29. August hatte sich die Farbe eindeutig gegen «orange» verschoben. Der Farbeindruck kann im Wesentlichen aus der Mischfarbe der sehr hellen H-alpha-Linie (tiefrot) und leicht schwächeren H-beta-Linie (blaugrün) erklärt werden. Die Kontinuumsstrahlung dürfte an diesem Datum nur noch einen unbedeutenden Anteil an die Gesamtstrahlung beigetragen haben.

Nova Delphini 2013 – eine «klassische» Nova

Astronomen schätzen, dass sich in der Galaxis durchschnittlich etwa 30 bis 60 Novae pro Jahr ereignen. Unter anderem wegen der Extinktion durch interstellaren Staub sehen wir allerdings nur einen kleinen Teil davon. Zudem sind die meisten beobachteten Novae lediglich mit Teleskopen sichtbar. Nur alle paar Jahre ereignet sich eine, die wir von blossem Auge am Nachthimmel wahrnehmen können – genau so eine war Nova Delphini 2013, die im Maximum eine scheinbare Helligkeit von 4.4^{mag} erreichte (Bild 5). Die letzten vergleichbaren, von Mitteleuropa aus sichtbaren Novae ereigneten sich 1992 (Nova Cygni, 4.2^{mag}) und 1999 (Nova Aquilae, 5^{mag}). Die hellsten Novae können in ihrem Maximum eine negative Helligkeitsklasse erreichen, so zum Beispiel 1918, als wiederum im Sternbild Adler eine Nova rekordverdächtige -1.4^{mag}, und damit die Helligkeit des Sirius, erreichte. Doch was ist eine Nova überhaupt?

Der Name stammt vom lateinischen «nova stella», also «neuer Stern». Gemäss heutigem Kenntnisstand ist der betreffende Stern aber keineswegs neu, sondern er war vorher einfach nicht (ohne grössere Instrumente) sichtbar. Es handelt sich um einen gewaltigen Helligkeitsausbruch eines Weissen Zwergs, den wir für einige Tage bis Wochen an einer zuvor unscheinbaren Stelle am Nachthimmel, im Idealfall von blossem Auge, beobachten können. Weisse Zwerge bilden das Endstadium der Entwicklung der meisten Sterne (ausser der massereichsten).

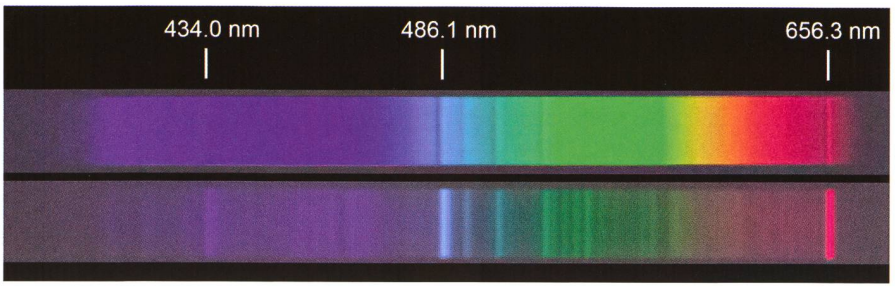

Abbildung 3: Veränderungen im Spektrum von Nova Delphini 2013 vom 16. August 2013 (23:00 Uhr MESZ; oben) und am 29. August 2013 (22:00 Uhr MESZ). Die Kontinuumsstrahlung von der Oberfläche des Weissen Zwergs ist stark zurückgegangen; hingegen sind die markanten Emissionslinien (H-α rot, ganz rechts; H-β blaugrün, Mitte; H-γ blauviolett, links) um ein Vielfaches heller geworden. Gleichzeitig ging die scheinbare Helligkeit von etwa 4.6 auf 6.5^{mag} zurück. (Bild: Jürg Alean / Sascha Gilli)

Sie haben einen grossen Kern aus Sauerstoff und Kohlenstoff und eine dünne Hülle Helium, ganz aussen etwas Wasserstoff. Sie produzieren keine Energie durch Kernfusion mehr. Weisse Zwerge sind sehr klein: Statt hunderttausende bis Millionen Kilometer beträgt ihr Radius nur etwa 10'000 Kilometer, sie sind also nicht viel grösser als die Erde! Deshalb leuchten sie trotz anfänglich sehr hoher Oberflächentemperatur extrem schwach. Da keine Kernfusion mehr stattfindet, kühlen sie sehr langsam ab. Das Material in ihrem Innern ist «entartet», das heisst, dass die Elementarteilchen infolge extremen Druckes viel näher beisammen sind als in «normaler Materie» und dass zwischen ihnen spezielle qauntenmechanische Vorgänge wichtig werden.
Befindet sich solch ein Objekt isoliert irgendwo in der Milchstrasse, so ist es von der Erde aus nur mit Teleskopen beobachtbar und relativ unspektakulär. Für uns interessant sind Weisse Zwerge in einem Doppelsternsystem. In diesem hat sich der Begleiter weniger weit entwickelt wie der Weisse Zwerg. Als normaler Stern erzeugt der Begleiter seine Energie zunächst durch Fusion von Wasserstoff. Beginnt in seinem Zentrum die Fusion von Helium, steigt die Kerntemperatur stark an. Der Stern muss sich demzufolge ausdehnen, um das Gleichgewicht zwischen Strahlungsdruck und Gravitation aufrecht zu erhalten. Er bläht sich zu einem Roten Riesen auf. Umkreisen sich die zwei Sterne in geringem Abstand, kann der Rote Riese aber nicht beliebig weit expandieren. Irgendwann füllt er die so genannte «Roche-Grenze» aus (Bild 4). Ausserhalb dieser wird der Einfluss der Schwerkraft des Weissen Zwergs so gross, dass Wasserstoff des Roten Riesen auf ihn hinüberzufliessen beginnt. Infolge des Drehimpulses des Doppelsternsystems fällt der Wasserstoff allerdings nicht senkrecht auf den Weissen Zwerg hinunter, sondern umkreist diesen spiralförmig in immer kleiner werdendem Abstand mit zunehmender Geschwindigkeit. Es bildet sich die so genannte «Akkretionsscheibe».

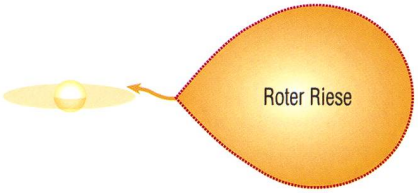

Abbildung 4: Voraussetzung für eine klassische Nova ist ein kataklysmisches Doppelsternsystem, in welchem die Gravitation eines Weisser Zwergs (links) seinen Begleitstern, einen Roten Riesen, so beeinflusst, dass dieser innerhalb der so genannten Roche-Grenze (rot strichliert) eine tropfenartige Form annimmt. Von deren Spitze gelangt ein Gasstrom in die Akkretionsscheibe des Weissen Zwergs. (Grafik: J. Alean und S. Gilli)

Turbulente Reibung innerhalb der Akkretionsscheibe verlangsamt die Umlaufgeschwindigkeit des Gases, so dass es schliesslich bis auf die «Oberfläche» des Weissen Zwergs gelangt. Dort sammelt sich mit der Zeit immer mehr Wasserstoff an. Durch Umwandlung von kinetischer Energie in Wärme erhitzt sich dieser sehr stark. Irgendwann wird die kritische Temperatur von 14 Millionen Kelvin überschritten, ab welcher Kernfusion nach dem Bethe-Weizsäcker-Zyklus einsetzt, ein Vorgang, welcher sonst normalerweise nur tief im Innern von Sternen abläuft. Dabei wird Wasserstoff zu Helium fusioniert und zwar über sechs Teilreaktionen, für welche der auf Weissen Zwergen reichlich vorkommende Kohlenstoff ^{12}C als Katalysator wirkt.
Durch die einsetzende Kernfusion erhitzt sich der Aussenbereich des Weissen Zwergs weiter, was wiederum die Teilreaktionen massiv beschleunigt. Es findet also eine positive Rückkopplung statt. Die erhöhte Temperatur führt schliesslich dazu, dass die Entartung der Materie in der äusseren Hülle aufgehoben wird. In diesem Stadium explodiert die Wasserstoffhülle und fliegt nach aussen. Durch Ultraviolettstrahlung des Weissen Zwergs wird sie zum Leuchten angeregt. Deshalb nimmt die Gesamthelligkeit des Systems innerhalb weniger Tage um etwa das Zehntausendfache zu.
Auf der Sternoberfläche gehen die Wasserstoff-Brennreserven nun rasch zu Neige, so dass immer weniger zum Leuchten angeregte Masse abgestossen wird, die Nova also kontinuierlich schwächer wird und wir sie bald nur noch mit dem Feldstecher oder Teleskop beobachten können. Die Helligkeitsabnahme nach dem Novaausbruch läuft viel langsamer ab als der vorangegangene Anstieg: Bei schnellen Novae dauert er ein paar Wochen, bei langsamen bis zu einigen Jahren (vergleiche Bild 5). Nachdem der Weisse Zwerg sämtlichen Wasserstoff aufgebraucht hat, erreicht das Doppelsternsystem wieder einen ähnlichen Zustand wie vor der Eruption. Verfügt der Begleitstern noch über genügend Masse, fliesst allerdings weiterhin Wasserstoff über die Roche-Grenze auf den Weissen Zwerg, so dass sich später erneut eine Nova ereignen kann – man spricht dann von einer «rekurrierenden Nova». Bei Nova Delphini 2013 handelt es sich um eine «klassische Nova», nicht zu verwechseln mit einer Supernova, in der völlig andere Prozesse ablaufen, unvergleichlich viel mehr Energie erzeugt und der ursprüngliche Stern weitgehend zerstört wird.
Novaspektren nehmen nach der Maximalhelligkeit des Ausbruchs immer mehr eine gewisse Ähnlichkeit mit denen von Planetarischen Nebeln an, denn auch bei diesen beleuchtet ein kleiner heisser Zentralstern eine ausgedehnte, expandierende Gaswolke. Allerdings hat das

ausgestossene Gas einer Nova nur einen Bruchteil der Masse eines Planetarischen Nebels, expandiert deutlich schneller und ist viel weniger lang sichtbar.

Bildbearbeitungstechniken

Um trotz der relativ geringen Helligkeit der Nova möglichst klare Spektren aufnehmen zu können, verwendeten wir Mehrfachbelichtungen und nahmen alle Bilder im RAW-Format mit einer Canon EOS 5D2 auf. Alle Rohbilder wurden jeweils 15 Sekunden bei 6400 ASA belichtet. Die seitliche Verbreiterung des fadenförmigen Sternspektrums erfolgte durch Ausschalten der Nachführung, also durch die Erdrotation (bei Sternen der Magnitude 7 oder 8 kann die Belichtungsintensität gesteigert werden, indem die Nachführung mit 50%, 80% oder gar 90% der üblichen Geschwindigkeit gefahren wird. Dadurch ist die seitliche Aufweitung langsamer und das Spektrum wird heller).
Es wurden jeweils 16 Bilder (und zusätzlich einige als Reserve) aufgenommen, um sie anschliessend zu mitteln. Dadurch kann das Bildrauschen massiv verringert werden, beziehungsweise der Kontrast kann anschliessend stark gesteigert werden, ohne dass das Bildrauschen zu sehr stört. Bild 6 zeigt die Wirkung der wichtigsten Bearbeitungsschritte: Zunächst wurde schon im RAW-Konverter das bei 6400 ASA sehr auffällige Farbrauschen reduziert. Dann wurden jeweils vier Bilder gemäss der in ORION 4/2013 («Astrophotographie im Wandel der Zeit: Kometen vor der Linse – gestern und heute») beschriebenen Stapelmethode gemittelt. Die vier resultierenden Bilder waren ihrerseits Ausgangsmaterial für eine weitere Vierfachmittelung.
Zwar werden im letzten Schritt kaum mehr neue Bildinformationen sichtbar, doch ist das Endresultat ästhetisch ansprechender. Die Wirkung der Rauschreduzierung manifestierte sich in diesem Fall auf überraschende Weise: Das Bildfeld rund um die Nova enthielt zum einen nützliche Vergleichsspektren, unter anderem eines Sterns der Spektralklasse GIII (HIP 100754, 5.65m; Bild 1); seine Absorptionslinien sind erst im Endresultat gut zu identifizieren. Zum andern tauchte nach der Rauschreduzierung überraschend eine blaugrüne Emissionslinie des Planetarischen Nebels NGC 6905 auf (eine allfällige rote H-alpha-Linie läge ausserhalb des Bildfelds). Mit nur 11.9^{mag} ist der Nebel für unsere Einrichtung eigentlich viel zu schwach. Da sich sein Licht aber auf wenige Emissionslinien konzentriert, konnte er trotzdem registriert werden, allerdings nur dank Rauschreduzierung und Bildstapeln.

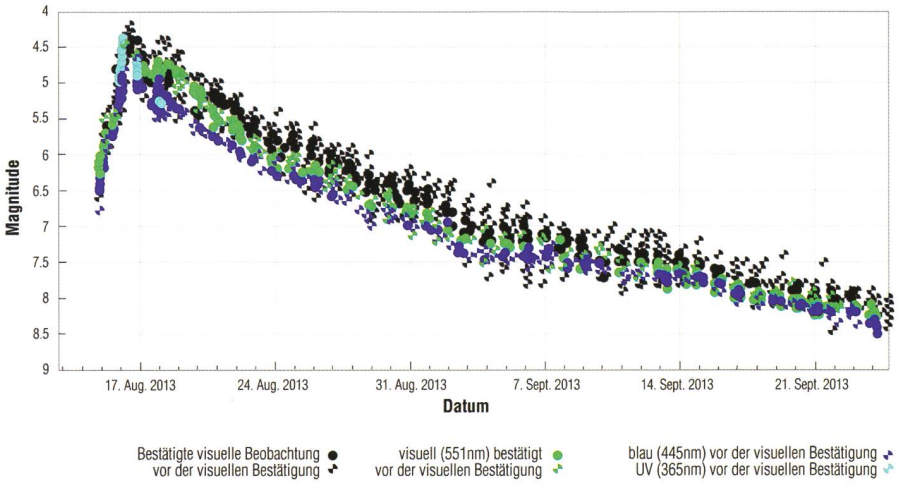

Abbildung 5: Lichtkurve von Nova Delphini 2013 der American Association of Variable Star Observers (AAVSO). Nachdem die Nova am 14. August durch einen japanischen Astronomen entdeckt worden war, erreichte ihr nur wenige Tage dauernder rasanter Helligkeitsanstieg am 16. August mit 4.4^{mag} bereits das Maximum. Die Helligkeitsabnahme ist viel langsamer und dauert noch an. Einen Monat nach dem Maximum betrug sie noch 8^{mag}. (Grafik bearbeitet: Thomas Baer)

Interpretation der Spektrallinien

Am 16. August, also nahe beim Helligkeitsmaximum, zeigte das Spektrum vor allem dunkle Absorptionslinien, wobei die auffälligsten zur Balmer-Serie des Wasserstoffs gehören. Insofern gleicht das Spektrum dem von B-Sternen. Neben diesen lagen aber deutlich erkennbare Emissionslinien, wie sie auch bei Be-Sternen wie P Cygni oder Beta Lyrae beobachtet werden (siehe Bild 3 oben; vergleiche auch http://spektrographie.wikispaces.com/Spektralklasse+B+Be-Sterne). Die Absorptionslinien waren gegenüber den Emissionslinien blauverschoben, was durch eine unterschiedliche Radialgeschwindigkeit der jeweils beteiligten Gasmassen erklärt werden kann (vergleiche Bild 7): Vereinfachend kann man davon ausgehen, dass durch den Novaausbruch die Photosphäre des Weissen Zwergs sehr hell leuchtet. Sie gibt sozusagen «alle» Wellenlängen im sichtbaren Spektralbereich, bildet also ein Kontinuumsspektrum. Die dunklen Linien entstehen durch Absorption ausserhalb der Photo-

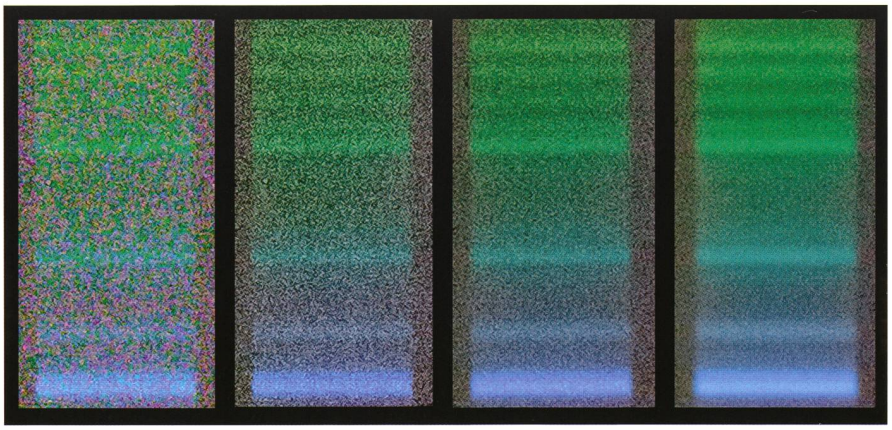

Abbildung 6: Ausschnitte aus dem Novaspektrum vom 29.08.2013: Ganz links unbearbeitete RAW-Aufnahme, links nach Rauschreduzierung, rechts vier Aufnahmen, ganz rechts 16 Aufnahmen gemittelt. (Bild: Jürg Alean / Sascha Gilli)

sphäre der expandierenden Gashülle. Diese bewegt sich zwar in alle Richtungen radial nach aussen. Ein kleiner Teil befindet sich dabei genau in der Sichtlinie zwischen uns und dem Weissen Zwerg (etwa beim Buchstaben A in Bild 7). Weil sich dieses Gas gegen uns bewegt (veranschaulicht durch den Pfeil «A»), erzeugt es infolge des Dopplereffekts blauverschobene Absorptionslinien. Aus der Grösse der Blauverschiebung lässt sich somit auf die Expansionsgeschwindigkeit der Gashülle schliessen.

Die Gashülle leuchtet aber auch selbst. Könnten wir sie optisch auflösen, würde sie wie eine runde Scheibe aussehen, allerdings mit einem aufgehellten Ring am Rand, weil es dort in unserer Blickrichtung am meisten Gas gibt. Die mit «E» markierten Pfeile symbolisieren die Lichtemission in Richtung Erde (natürlich erfolgt die Abstrahlung auf alle Seiten, aber nur Strahlung in Richtung Erde ist für uns relevant). Gleichzeitig bewegt sich das Gas aber vom Stern weg, also etwa quer zu unserer Beobachtungsrichtung. Dies ergibt keinen nennenswerten Dopplereffekt, so dass die Emissionslinien weder blau- noch rotverschoben sind. Zwar bewegt sich der vordere Teil der Hülle tendenziell gegen uns, der hintere aber nach hinten. Dies führt zu einer gewissen Verbreiterung der Spektrallinien, aber nicht zu einer generellen Linienverschiebung. Der Effekt einer allfälligen radialen Eigenbewegung der ganzen Nova in Bezug auf die Erde wird bei dieser Betrachtung vernachlässigt.

Die Differenz der Wellenlängen von blauverschobenen Absorptions- und unverschobenen Emissionslinien ermöglicht folglich die Bestimmung der Ausdehnungsgeschwindigkeit der Gashülle. Die Vermessung der Linienpositionen bei einem Prismenspektrographen wird allerdings dadurch erschwert, dass die Lichtbrechung nicht linear zur Wellenlänge variiert: Je blauer das Licht, desto stärker wird die Dispersion. Vereinfacht ausgedrückt wird der Blauanteil des Spektrums weiter auseinandergezogen als der Rotanteil. Gitterspektren sind diesbezüglich einfacher: Die Beugung ist genau proportional zur Wellenlänge. Dennoch konnte die Blauverschiebung annäherungsweise bestimmt werden. Dazu ordneten wir die Wellenlängen der Balmerserie des Wasserstoffs den (unverschobenen) Emissionslinien zu. In einem graphischen Verfahren wurden anschliessend die Positionen der Absorptionslinien eingetragen und die Blauverschiebung gemessen. Lediglich im Spektrum vom 16. August waren die Emissions-Absorptions-Linienpaare von H-alpha und H-beta klar genug getrennt. Für H-alpha wurde eine Blauverschiebung von 2.4 nm, für die H-beta-Linie von 1.4 nm bestimmt. Die Unschärfe der Linien infolge schlechten Seeings sowie «tatsächlicher» Linienverbreiterung liess eine Unsicherheit von mindestens plus/minus einem Fünftel erwarten.

Da keine relativistischen Geschwindigkeiten auftreten, beträgt die Dopplerverschiebung

$$\Delta\lambda = \lambda_0 \frac{v_r}{c}, \text{ wobei}$$

$\Delta\lambda$ = Blau- oder Rotverschiebung
λ_0 = Wellenlänge der Spektrallinie ohne Blau- oder Rotverschiebung
v_r = Radialgeschwindigkeit
c = Lichtgeschwindigkeit

Also ist die Radialgeschwindigkeit

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$$

Daraus resultieren 1100 km/s (H-alpha) und 900 km/s (h-beta) für die Radialgeschwindigkeit. Der Unterschied hat keine Bedeutung und widerspiegelt lediglich die Messungenauigkeit.

Am 29. August dominierten die Emissionslinien so stark, dass die Absorptionslinien nicht mehr erkennbar waren. Dies zeigt uns, dass die Helligkeit der Photosphäre des Weissen Zwergs stark zurückgegangen, aber gleichzeitig die Gashülle grösser und heller geworden war. Beobachtungen und Modell stimmen also gut überein.

Mit höher auflösendem Gitterspektrographen lassen sich weitaus genauere Analysen von Sternspektren vornehmen. Die Präzision lässt sich durch Kalibrieren der Spektren und eine quantitative Analyse der Linienprofile massiv steigern. Mit solchen Fragestellungen beschäftigen sich manche Astroamateure vertieft, vergleiche zum Beispiel die Diskussionen auf dem Forum der VdS-Fachgruppe Spektroskopie (http://spektroskopieforum.vdsastro.de/) oder der SAG-Fachgruppe Spektroskopie (http://www.astronomie.info/forum/spektroskopie.ph). Steigt man tiefer in die Thematik ein, wird bald auch klar, dass die Struktur der expandierenden Gaswolke komplex ist und die oben gemachten Vereinfachungen nur zu einer ersten Näherung bei der Expansionsgeschwindigkeit führen können.

Dennoch ermöglichte relativ einfache Spektrographie ästhetisch reizvolle und interessante Bilder einer sich rasch verändernden Nova aufzunehmen, eine grobe Vorstellung der hohen Geschwindigkeit der beteiligten Vorgänge zu entwickeln und über einfache Spektralanalyse am spektakulären Geschehen auf einem weit entfernten, alten Sternsystem «teilzuhaben».

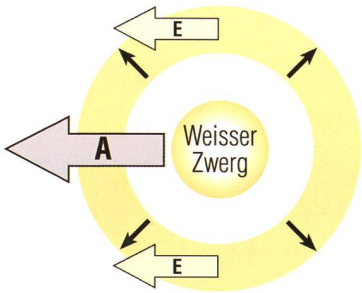

Abbildung 7: Stark schematisierte Veranschaulichung der Entstehung der Absorptions- und Emissionslinien: Der Weisse Zwerg ist umgeben von einer rasch expandierenden Gashülle (braun, dunkle Pfeile). Der Beobachter steht links ausserhalb des Bildes. Die einzelnen Vorgänge werden im Text erklärt. (Grafik: J. Alean und S. Gilli)

Jürg Alean
Rheinstrasse 6
CH-8193 Eglisau
jalean@stromboli.net

Sascha Gilli
Bahnhofstrasse 29a
CH-8157 Dielsdorf
sgilli@bluewin.ch

Quellen

- The Worlds of David Darling: Encyclopedia of Science; P-Cygni-Profile, http://www.daviddarling.info/encyclopedia/P/P_Cygni_profile.html (18.9.2013)
- Kaler, James B. , Sterne und ihre Spektren, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1994
- http://de.wikipedia.org/wiki/Nova_(Stern) (23.09.2013)
- http://www.aavso.org/ (Lichtkurve Nova Cygni 2013; 24.09.2013)