

# Photometrie und Spektroskopie der Nova V339 Del

Erik Wischnewski

**Abstract:** *B, V and R magnitudes of Nova V339 Del were measured between 14th Aug and 18th Oct 2013 using a Canon EOS 60Da and an EF 200mm 1:2.8L. Spectra were obtained between 18th Aug and 3rd Oct 2013 with a StarAnalyser100 and a 127 mm refractor at f/7.5. Light curves for B, V and R are presented and compared with integrated spectral intensities. From the light curve decay times  $t_2 = 9$  d and  $t_3 = 21$  d, we derive an absolute magnitude of  $M_V = -8.5 \pm 0.4$  mag which – assuming an extinction of  $A_V = 0.55$  mag – corresponds to a distance of  $9200 \pm 1400$  ly. The luminosity at maximum is estimated at  $L_{max} = 200000 \pm 80000 L_{\odot}$  ( $\approx 10^{39}$  erg/s). In the first nine weeks, a total energy of about  $10^{45}$  erg was emitted. The maximum radius of the photosphere was  $184 R_{\odot} = 0.86$  AU. From balmer decrement measurements, we conclude that the circumstellar absorption increased to  $A_V = 2.3$  mag during the first seven weeks after maximum. In the same period, the velocity of expansion decreased from 1800 km/s to 1200 km/s (FWHM H $\alpha$ ).*

## Einleitung

Die Nova Delphini 2013 bot die günstige Gelegenheit, bei milden sommerlichen Temperaturen in den Abendstunden dieses Ereignis zu beobachten. Dabei ging es neben der Erstellung einer Lichtkurve vor allem darum, herauszufinden, welche wissenschaftlichen Ergebnisse mit einem optimal eingesetzten *StarAnalyser100* erreicht werden können. Die vollständigen und ausführlich diskutierten Ergebnisse sind in [10] zusammengestellt und sollen hier in angemessener Kürzung präsentiert werden.

## Lichtkurven

**Belichtung:** Zur Ermittlung der Lichtkurven in B, V und R wurde eine Canon EOS 60Da mit dem Teleobjektiv Canon EF 200mm f/2.8 L II USM verwendet. Die Belichtung erfolgte bei ISO 200–400 mit 5–10 s und Blende 2.8.



Abbildung 1: Canon EOS 60Da mit EF 200mm f/2.8L auf einem 3D-Neigeckopf an der Deklinationsschse einer parallaktischen Montierung mit motorischer Nachführung.

**Reduktion und Fehler:** Die B- und V-Helligkeiten wurden durch Ausgleichsrechnung anhand von neun Vergleichssternen, für die Johnson-Helligkeiten [3] vorlagen, ermittelt. Der mittlere Fehler der Einzelmessungen liegt für B bei 0.09 mag und für V bei 0.07 mag. Der mittlere Fehler der R-Helligkeit liegt bei 0.18 mag. Leider liegen hier nur fünf Vergleichshelligkeiten vor. Speziell bei Novae ist wegen der starken Linienemission eine Farbkalibrierung sehr problematisch; folglich wurde hierauf verzichtet.

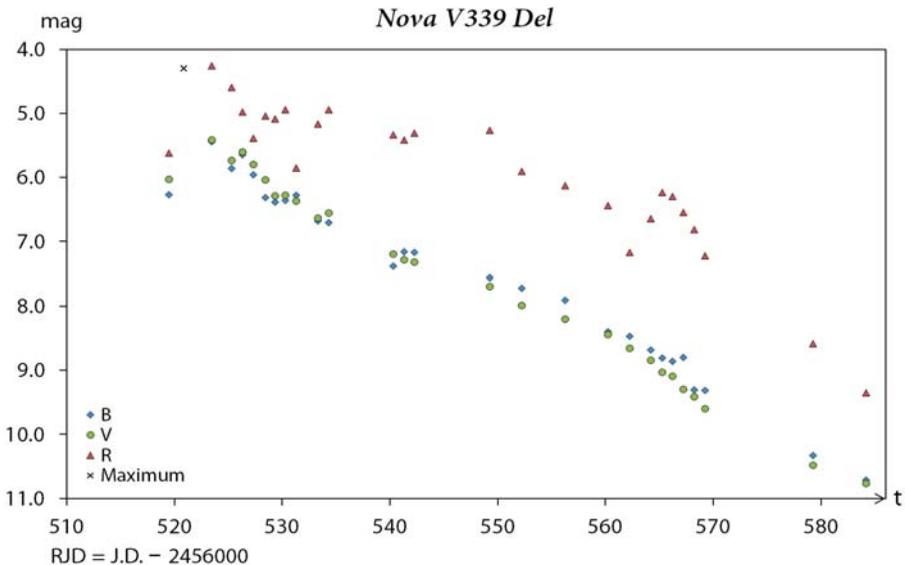


Abbildung 2: Lichtkurven der Nova V339 Del. Das Kreuz markiert das Maximum der visuellen Helligkeit (gemäß AAVSO).

Auffallend ist, von zwei Ausreißern nach unten abgesehen, dass die R-Helligkeit von RJD 526–534 konstant bleibt. Außerdem scheint es um RJD 550 und bei RJD 560–570 Schwankungen zu geben, die vermutlich real sind. Die R-Helligkeit wird hauptsächlich durch H $\alpha$  bestimmt.

**Absolute Helligkeit:** Aus der Lichtkurve für V lassen sich die Zeiten  $t_2$  und  $t_3$  ableiten. Laut AAVSO liegt das Maximum bei RJD 520.95 und  $V = 4.3$  mag. Es ergeben sich  $t_2 = 9$  Tage und  $t_3 = 21$  Tage. Nach [1] ergibt sich aus  $t_2$  eine absolute visuelle Helligkeit von  $M_V = -8.46 \pm 0.41$  mag. Nach [2] errechnet sich aus  $t_3$  ein Wert von  $M_V = -8.63 \pm 0.73$  mag. Das gewichtete Mittel beträgt  $M_V = -8.5 \pm 0.4$  mag.

**Leuchtkraft und Radius:** Die Leuchtkraft im Maximum wird auf  $L_{\text{Max}} = 200.000 \pm 80.000 L_{\odot}$  ( $\approx 10^{39}$  erg/s) geschätzt. Innerhalb der ersten neun Wochen wurden somit  $\approx 10^{45}$  erg abgestrahlt. Der Leuchtkraft entspricht unter der Annahme einer effektiven Temperatur von 9000 K [4] nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz einem maximalen Radius des Feuerballs von  $184 R_{\odot} = 0.86$  AE.

**Entfernung der Nova:** Aus der absoluten und der scheinbaren visuellen Helligkeit ergibt sich unter Berücksichtigung der interstellaren Absorption von 0.55 mag [6] eine Entfernung der Nova von  $d = 2900 \pm 450 \text{ pc} = 9200 \pm 1400 \text{ Lj}$ .



Abbildung 3: Instrumenteller Aufbau des Spektrographen am Okularauszug eines 127mm-Apochromaten f/7.5 mit Verbindungsadapter mit eingesetztem Gitter, Distanzhülse und DSLR-Kamera. Die Position des Gitters ist markiert. Die Projektionsdistanz beträgt 155 mm.

## Spektrn

**Aufbau des Spektrographen:** Zur Gewinnung der Spektren wurde das Blazegitter *StarAnalyser* mit 100 Linien/mm spaltlos prefokal (wie ein Farbfilter) direkt in den Strahlengang eines 127mm-Apochromaten f/7.5 vor die Canon EOS 60Da (Pixelgröße =  $4.3 \mu\text{m}$ ) eingesetzt. Anfänglich betrug der Abstand Gitter-Sensor 139.5 mm, zum Schluss wurde er mittels optimierter Distanzhülsen auf 155 mm vergrößert. Damit erreichte ich eine lineare Dispersion von  $3.1 \text{ \AA}/\text{Pixel}$  bzw.  $2.8 \text{ \AA}/\text{Pixel}$ . Weil das Gitter spaltlos verwendet wird, bestimmt die Luftunruhe (Seeing) die spektrale Auflösung. Hinzu kommen weitere Effekte (z.B. durch das Stacking der Aufnahmen). Als Maß für die Auflösung wurde die Halbwertsbreite (FWHM in Pixel) der nullten Ordnung (auch als Stern bezeichnet) verwendet. Während der Messperiode wurden Werte von 10–21  $\text{\AA}$  (im Mittel 15  $\text{\AA}$ ) erreicht.

**Belichtung der Spektren:** Die Aufnahmen wurden vorzugsweise mit ISO 800 und 4 s belichtet, ab 03.09.2013 in einigen Fällen auch mit ISO 1600 und 8–10 s. Es wurde versucht, die H $\alpha$ -Linie ungesättigt zu halten, was in drei Fällen (RJD 541, 542 und 549) nicht gelang (Überbelichtung erst nach Abbau entdeckt). Zur Reduzierung des Rauschens wurden anfänglich 40–60 Bilder addiert und ab 28.09.2013 sogar 80–100 Aufnahmen.

**Kalibrierung der Wellenlänge:** Zur Kalibrierung wurde der F2-Stern SAO 88610, welcher sich neben der Nova auf allen Aufnahmen befand, verwendet. Es konnte in den meisten Fällen eine parabolische Kalibrierung durchgeführt werden. Es wurde versucht, die Zentralwellenlängen auszuwerten, um eine mögliche Radialgeschwindigkeit nachzuweisen. Leider reichte die spektrale Auflösung hierfür nicht aus. Zudem war der mittlere Fehler der Messungen größer als eine mögliche Radialgeschwindigkeit.

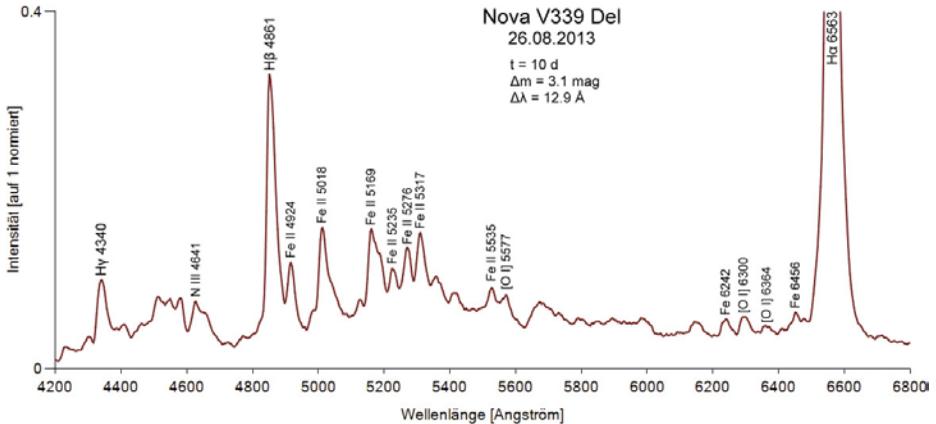


Abbildung 4: Spektrum der Nova V339 Del am 26.08.2013, 10 Tage nach dem Maximum bei  $\Delta m = -3.1$  mag (spektrale Auflösung  $\Delta\lambda = 13$  Å). Die Intensität wurde auf 1 normiert und wird von H $\alpha$  erreicht. Deutlich erkennbar sind neben der Balmerreihe auch die FeII- und [OI]-Linien. Die Nova gehört damit zum Typ *FeII*-Novae [7][8][9].

**Helligkeit:** Mit Hilfe des eigenen Programm *proMath* wurden anhand hinterlegter Johnson-Kennlinien die Intensitäten zu B-, V- und R-Helligkeiten integriert. Dabei weist die V-Helligkeit eine gute Korrelation (Steigung = 1.054, Korrelationskoeffizient = 0.9936) zur klassischen Photometrie auf (Abbildung 5).

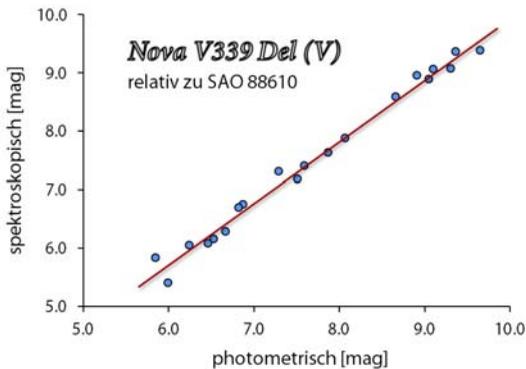


Abbildung 5: Vergleich der photometrisch bestimmten V-Helligkeit und der aus dem Spektrum integrierten Johnson-Helligkeit (Referenzstern: SAO 88610).

**Äquivalentbreite:** Die Helligkeit ist der Strahlungsfluss eines bestimmten Wellenlängenbereiches und errechnet sich als Integral der Intensität. Das gilt nicht nur für Farbgebiete wie B oder V, sondern auch für einzelne Linien wie H $\alpha$ . Im Falle der Nova wird hier der Bereich 6505–6650 Å verwendet. Normiert man diesen Linienfluss auf das Kontinuum im Bereich der Linie ( $I_C=1$ ), so erhält man die Äquivalentbreite EW der H $\alpha$ -Linie. Zum einen ist die zeitliche Entwicklung (Abbildung 6) und zum anderen die Korrelation zur visuellen Helligkeit V (Abbildung 7) interessant.

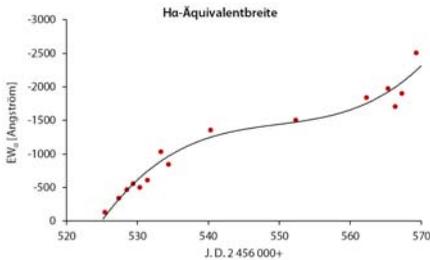


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der H $\alpha$ -Äquivalentbreite.

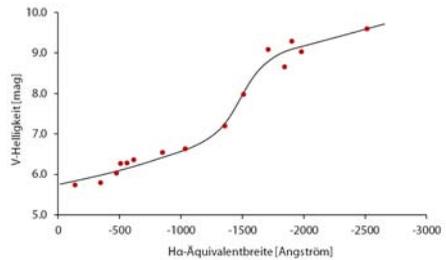


Abbildung 7: Korrelation zwischen V-Helligkeit und H $\alpha$ -Äquivalentbreite.

Dass die Kurven in den Abbildungen 6 und 7 ähnlich verlaufen, verwundert insofern nicht, als dass die Nova im Laufe der Zeit dunkler wird (im Postmaximum). Insofern ist eine Helligkeitsachse auch gleichzeitig eine Zeitachse und umgekehrt.

**Expansion:** Ebenfalls konnte die Halbwertsbreite FWHM der H $\alpha$ -Linie relativ gut gemessen werden. Diese gibt man üblicherweise nicht in Angström, sondern in km/s an. Die Umrechnung erfolgt mit

$$v = c \cdot \frac{FWHM}{CWL},$$

wobei CWL die Zentralwellenlänge (H $\alpha$  = 6563 Å) der Linie und c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Bei einer spektralen Auflösung von 10–21 Å ist also eine Geschwindigkeitsauflösung von ca. 500–1000 km/s zu erwarten. Die Halbwertsbreite wurde mittels Gaußfit berechnet und von der instrumentenbedingten Linienverbreiterung bereinigt:

$$FWHM_{korrigiert} = \sqrt{FWHM_{Gaußfit}^2 - FWHM_{Stern}^2}$$

In Abbildung 8 ist gut zu erkennen, wie die Expansion der H $\alpha$ -Emissionsgebietes langsamer wird. Die Expansion erreichte zum Zeitpunkt des visuellen Maximums mit 1800 km/s ihre höchste Geschwindigkeit und nahm im Laufe der nächsten sieben Wochen auf 1200 km/s ab. Dies steht in engem Zusammenhang mit der Schrumpfung der Photosphäre in Regionen geringerer Windgeschwindigkeiten.

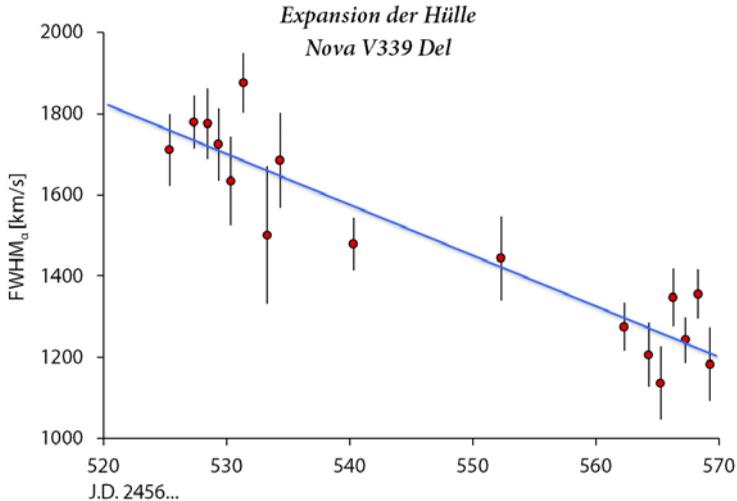


Abbildung 8: Zeitliche Entwicklung der Expansionsgeschwindigkeit des H $\alpha$ -Emissionsgebiets.

**Hülle:** Mit dem Erreichen des Helligkeitsmaximums erreicht auch die Photosphäre der Nova ihre größte Ausdehnung. Danach schrumpft diese wieder, was sich in der Lichtkurve bemerkbar macht. Innerhalb dieser Region ist die Hülle undurchsichtig (optisch dick). Im Postmaximum baut sich nun aber durch die Sternwinde gleichzeitig eine optisch dünne Hülle auf, die nach außen hin expandiert. Diese bewirkt mit (zunächst) wachsender Tendenz eine zirkumstellare Absorption.

Der Ehrgeiz des Verfassers ging nun soweit, auch diese mit dem einfachen Spektrographen nachweisen zu wollen. Aus dem Balmerdekrement

$$D = \frac{I_{H\alpha}}{I_{H\beta}}$$

lässt sich die Gesamtabsorption berechnen, aus der sich nach Abzug der interstellaren Absorption die zirkumstellare Absorption ergibt (die atmosphärische Extinktion ist bereits bei der Ermittlung des Balmerdekrements eliminiert worden).

Kurz nach dem Maximum, wo sich noch keine nennenswerte optisch dünne Hülle aufgebaut hat, liegt das Dekrement nahe dem theoretischen Wert von  $D = 2.8$ . Bei RJD 570 hat sich das Dekrement auf  $D = 8 \pm 2$  erhöht. Das entspricht nach [10] einer Gesamtabsorption von  $A_V = 2.9 \pm 0.7$  mag. Subtrahiert man davon die interstellare Absorption von knapp 0.6 mag [6], so erhält man eine zirkumstellare Absorption von  $2.3 \pm 0.7$  mag.

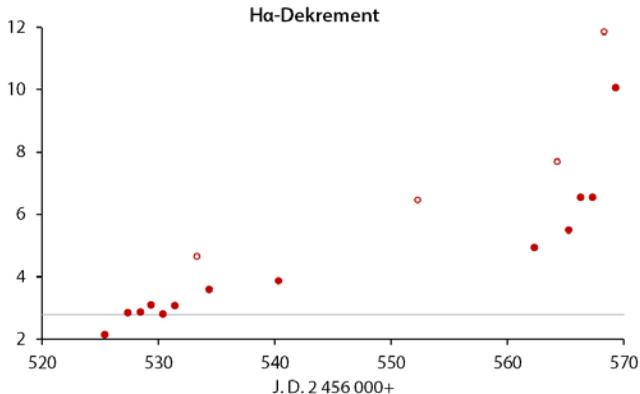


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung des flusskalibrierten Balmerdekrements für Ha.

### Schlussgedanke

Mit ein wenig Mut zu Neuem lässt sich mit dem preiswerten StarAnalyser 100 und einer Ha-empfindlichen Kamera sehr viel erreichen. Es muss allerdings auch eingeschränkt werden, dass Novae (und vermutlich auch eine Supernovae) wahrhaft reichhaltige Informationslieferanten sind. Bei einer Nova ereignet sich binnen weniger Tage und Wochen so viel, dass es weniger das Equipment ist, das einem das Vergnügen vergönnen möchte, als vielmehr das Wetter zu genau dieser Zeit. Mit einem Remote-Teleskop allein ist es hier nicht getan. Es müsste schon fest als Spektrograph aufgebaut sein, mit dem StarAnalyser 100 oder 200 und einer passenden DSLR.

### Literatur

- [1]Cohen, Judith G.: *Nova Expansion Parallaxes*. ASPC 4 (1988), p.114–127
- [2]Downes, Ronald A. und Hilmar W. Duerbeck: *Optical Imaging of Nova Shells and the Maximum Magnitude-Rate of Decline Relationship*. AJ120 (2000), p.2007–2037
- [3]ESA Publications Division: *The Hipparcos and Tycho Catalogues* (1997), p.39–53
- [4]Friedjung, M. und Hilmar W. Duerbeck: *Models of Classical Recurrent Novae*. NASSP (1993), p.371–412
- [5]Hachisu, Izumi und Mariko Kato: *The UBV Color Evolution of Classical Novae*. arXiv:1401.7113v1 (2014)
- [6]Santangelo, M.M. et al: *Distance of nova Del 2013 from MMRD relations*. ATel #5313
- [7]Williams, Robert E. et al: *The Evolution and Classification of Postoutburst Nova Spectra*. ApJ 376 (1991), p.721–737
- [8]Williams, Robert E. : *The Formation of Nova Spectra*. AJ 104 (1992), No.2, p.725–733
- [9]Williams, Robert E. et al: *The Tololo Nova Survey: Spectra of Recent Novae*. ApJS 90 (1994), p.297–316
- [10]Wischnewski, Erik: *Helligkeit und Spektrum der Nova V339 Del* Astronomical Bulletin Wischnewski No.12, Kaltenkirchen 2014, [www.astronomie-buch.de/Astronomical\\_Bulletin\\_Nr\\_12.pdf](http://www.astronomie-buch.de/Astronomical_Bulletin_Nr_12.pdf).

Dr. Erik Wischnewski, Heinrich-Heine-Weg 13, 24568 Kaltenkirchen,  
[info@astronomie-buch.de](mailto:info@astronomie-buch.de)