

# V1391 Cas (N Cas 2020) – eine Nova mit interessanter Lichtkurve

Matthias Kolb

**Abstract:** *V 1391 Cas is an interesting Nova which appeared end of July. Since then the light curves (visual, V and B band) show more or less periodical variations. The Nova must have a great distance to Earth but also shows significant interstellar reddening. The Light curve of the Nova is compared to two previous Novae from Sagittarius which show similar behavior during first weeks after maximum brightness, but differ significantly later on due to the existence / non-existence of a dust cloud.*

Die Nova N Cas 2020 (TCP J00114297+6611190) wurde am 27.7.2020 von S. Korotkiy entdeckt und als klassische Fe-II-Nova eingeordnet (ATel 13903). Sie erfreut sich seitdem einer regen Beobachtungstätigkeit: Bis heute (25.10.2020) finden sich in der AAVSO-Datenbank über 6500 Daten von 74 Beobachtern (davon allerdings 3100 von einem einzigen Beobachter).

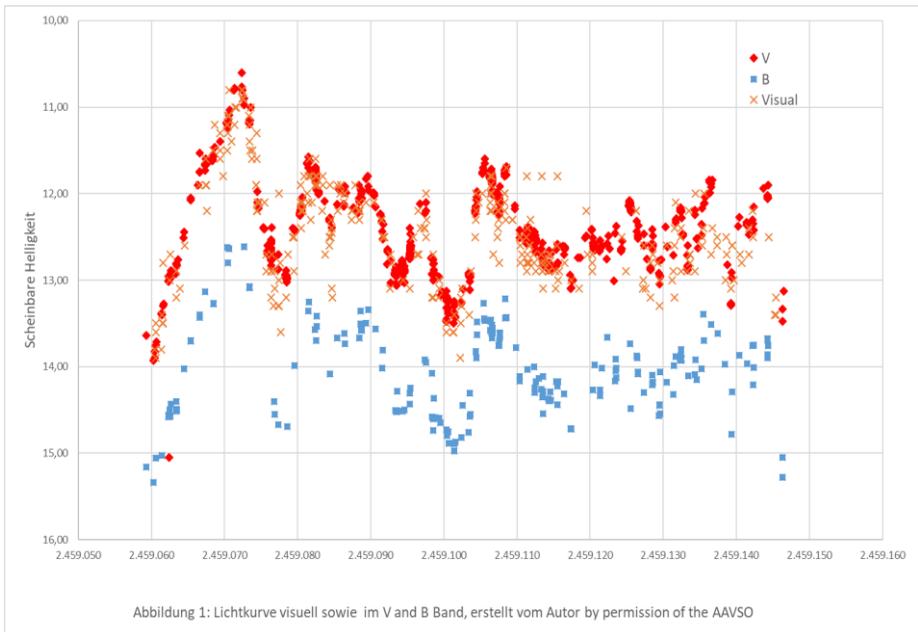


Abb. 1: AAVSO-Lichtkurve der Nova N Cas 2020, mit freundlicher Genehmigung

Die Abbildung 1 zeigt einige interessante Aspekte, die ich kurz vorstellen will: Zuerst fällt die geringe Helligkeit auf. Das Maximum bei etwa 10.7 mag ist nicht besonders beeindruckend für Novae. Novae haben typischerweise absolute Helligkeiten (also die scheinbare Helligkeit in einer Entfernung von 10pc) von -6 bis -10, langsame Novae

etwa -6,5 (Percy, 2007). Nehmen wir diesen Wert und setzen ihn in das Entfernungsmodul ein ergibt sich für die Entfernung ein Schätzwert von

$$m - M = 5 \log \frac{D}{10 \text{ pc}} \quad \text{oder} \quad D = 10^{\frac{m - M}{5} + 1} \rightarrow D = 10^{\frac{10,7 + 6,5}{5} + 1} = 25.1 \text{ kpc},$$

was sicher nicht realistisch ist. Das liegt vermutlich daran, dass die scheinbare Helligkeit zu gering (also  $m$  zu groß) gemessen wird.

Dies kann verschiedene Ursachen haben, insbesondere:

- Das „richtige“ Helligkeitsmaximum ist gar nicht beobachtet worden. Das ist eher unwahrscheinlich in unserem Fall, da die letzte Beobachtung vor der Nova nur etwa 24h vor der ersten Beobachtung war.
- Komplexe Prozesse im System Nova (bestehend aus dem Weißen Zwerg, dessen veränderlicher Photosphäre, dem ausgeworfenen Material, einem Begleitstern, der seinen Roche Lobe ausfüllt, ggf. Staubbildung...), die dazu führen können, dass im Maximum nicht die volle Helligkeit erscheint (Kantharia, 2017b).
- Die Helligkeit wird durch interstellare Extinktion deutlich geschwächt (sog. Interstellar Reddening). Siehe weiter unten.

Neben der geringen Helligkeit zeigt der zeitliche Verlauf, also die Lichtkurve, einige Besonderheiten. Die erste gemessene Helligkeit betrug 12.9 mag (CV-Messung), sank dann nochmal, um danach auf ein Maximum von etwa 10.7 mag (visuell und V-Band) um den 11.8.2020 anzusteigen (AAVSO-Daten und Anhang ATel #14004). Darauf folgte eine Phase relativ regelmäßiger Oszillationen / Flares mit einer Periode von etwa 8 Tagen (und einem Zwischenmaximum in der zweiten Oszillation). Nach etwa 40 Tagen flachte die Oszillation zeitweise etwas ab.

Auf einer früheren Aufnahme des Ortes der Nova sieht man das potentielle Progenitor-System mit einer Magnitude von etwa 21,3 mag (Korotkiy 2020). Da Novae typischerweise Amplituden der Lichtkurve von 11-13 mag haben, passt das sehr gut.

„Normale“ Novae steigen schneller an und fallen dann auch relativ gleichmäßig ab. Man misst üblicherweise  $t_2$  oder  $t_3$ , also die Zeiten, nach denen die Helligkeit um 2 bzw. 3 Magnituden unter das Maximum gefallen ist. Oszillationen oder Flares treten durchaus bei einigen Novae auf, meistens aber erst nach einigen Wochen. Bei den hier aufgetretenen Oszillationen ist natürlich eine exakte Bestimmung dieser Zeiten nicht gut möglich. Die Amplitude sank zwar schnell um 2 mag, um dann aber wieder deutlich anzusteigen. Ein Helligkeitsabfall um 3 mag wurde bisher nicht erreicht.

Die Oszillationen sind auch im blauen Band sichtbar, die B-V Werte streuen zwar zwischen 1.3 und 1.9, das Tagesmittel zeigt aber keinen signifikanten Trend. Das ist enorm viel und kommt größtenteils aus der interstellaren Extinktion. Manary (ATel 13905) ermitteln den der Extinktion zugeschriebenen Anteil  $E(B-V)$  zu 1.3. Erwartet

werden bei langsamen Novae intrinsische B-V-Werte von etwas über Null, wobei V stärker abnimmt als B. Aus  $E(B-V)$  kann man den Magnitudenanteil der interstellaren Extinktion berechnen nach:

$$A = 3,2E(B-V) = 4,2 \text{ Magnituden!}$$

Einsatz in das um die Extinktion ergänzte Entfernungsmodul ergibt dann

$$D = 10^{\frac{m-M-A}{5}+1} \rightarrow D = 10^{\frac{10,7+6,5-4,2}{5}+1} = 4,1 \text{ kpc,}$$

was wesentlich realistischer erscheint.

Auf Anregung von J. Sundermann habe ich den nächstgelegenen Stern gesucht: DR2 528178486608462720, etwa 5 Bogensekunden neben V1391 Cas. Bailer-Jones, 2018 via VizieR, gibt dafür eine (aus der Parallaxe) geschätzte Entfernung von 5,2 kpc an. Andere nahe Sterne liegen bei 2-3 kpc.

Es ist interessant, diese Nova mit anderen Novae zu vergleichen, die eine ähnliche Lichtkurve in der Anfangszeit zeigen. Als Vergleiche bieten sich zwei Novae aus dem Sternbild Schütze an: V5558 und V5668 Sgr. Die letztere erschien 2017 mit einer maximalen Helligkeit von 4,5 mag, also bei guter Sicht mit dem bloßen Auge sichtbar. V5558 war etwas schwächer, mit 6.8 mag aber immer noch deutlich heller als V1391 Cas. Abbildung 2a zeigt die Tagesmittelwerte der Lichtkurven aller drei Novae für die ersten 500 Tage nach Maximum, Abbildung 2b die jeweils ersten 80 Tage nach Maximum.

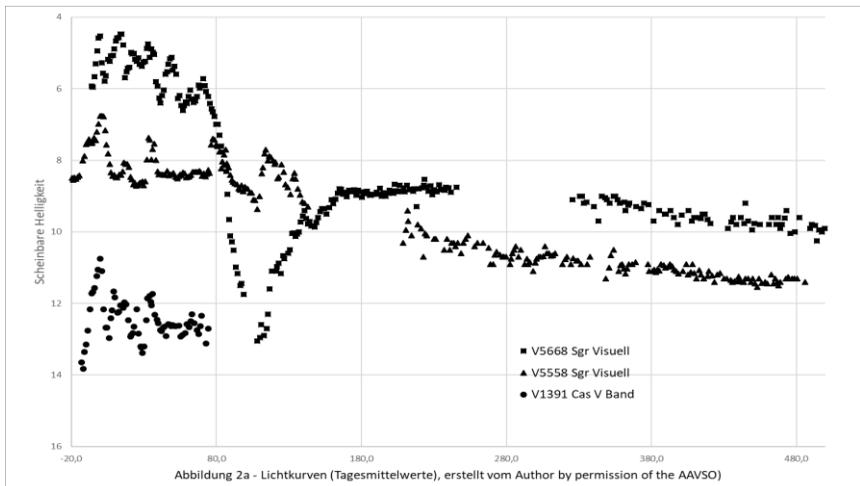


Abb. 2a: AAVSO-Lichtkurven der ersten 500 Tage (Tagesmittel) aller 3 gen. Novae

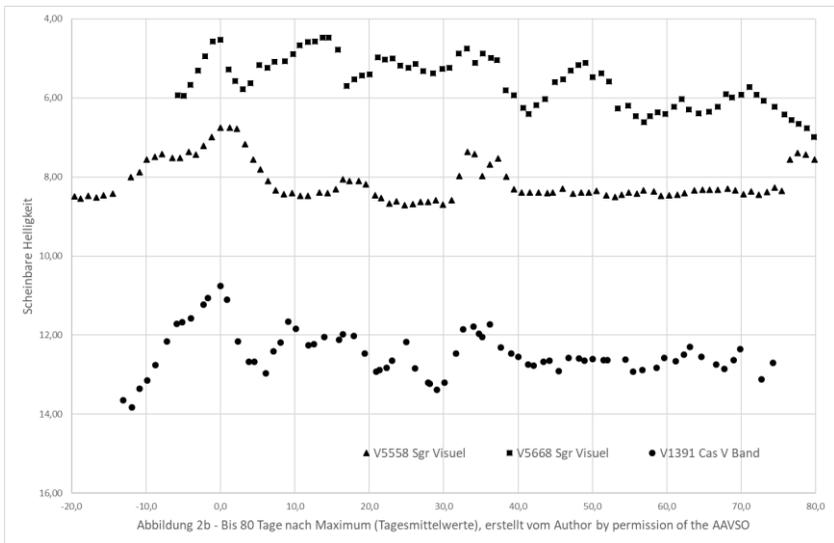


Abb. 2b: AAVSO-Lichtkurve (Tagesmittel) der ersten 80 Tage aller 3 gen. Novae

Alle drei Novae zeigen ein langsames Absinken der Helligkeit (Slow Novae) sowie mehr oder weniger regelmäßige Oszillationen bzw. Flares in der Anfangsphase. Deutlich unterscheiden sich die beiden Novae im Schützen durch das Verhalten nach etwa 80 Tagen. Während V5558 Sgr weiterhin auf hohem Niveau bleibt und weitere Maxima zeigt, fällt die Helligkeit von V5668 Sgr dramatisch ab, um nach etwa 108 Tagen in ein tiefes Minimum von  $M_v = 13$  zu fallen. Nach einem fast ebenso raschen Anstieg auf Magnitude 9 fällt die Lichtkurve danach analog zu der von V5559 Sgr langsam ab.

Nach dem Klassifikationsschema von Strope, Schaefer, Henden aus dem Jahr 2010 fällt V5668 Sgr in die D-Klasse (D für Dust), Prototyp ist DQ Her. Das tiefe Minimum ist der Bildung einer Staubwolke zu schulden, die sich durch Expansion wieder auflöst. V5558 Sgr wäre in dem genannten Klassifikationsschema eher der JjKlasse (J für Jitter) zuzuordnen, aber auch mit einer erstaunlich konstanten Helligkeit zu Beginn (Klasse P für Plateau). Kato und Hachisu (2011) haben diese Nova simuliert auf Basis eines Modells, das von zwei Phasen ausgeht: In der ersten Phase bildet sich eine stabile Photosphäre um den Weißen Zwerg mit einer nahezu konstanten Luminosität. Nach einer gewissen Zeit (in diesem Fall etwa 200 Tage) bilden sich starke Winde, die Massen aus der Photosphäre nach außen tragen, verbunden mit einem Abfall der Luminosität. Die Flares/Oszillationen sind nach Sicht der Autoren Relaxionsprozesse dieses Überganges.

Ob auch die Oszillationen der beiden anderen Supernovae in dieses Schema passen oder möglicherweise Temperaturschwankungen der Photosphäre oder einer Staubbildung / -auflösung geschuldet sind, ist wohl nicht vollständig verstanden.

## Spektroskopische Befunde

V1391 Cas wird auch spektroskopisch verfolgt. Einige interessant Features:

- Diffuse Banden, die zu interstellarer Extinktion passen sind ausgeprägt (ATel 13904). Dies ist in Übereinstimmung mit den oben genannten photometrischen Daten (schwache Helligkeit, großes E(B-V). Dem entspricht auch ein Kontinuum, das überwiegend im roten Bereich liegt.
- Die Spektren zeigen vor allem H $\alpha$ , Fe II, OI und NaI Emissionen mit P-Cygni Profilen, wobei sich die aus den Absorptionslagen berechneten Geschwindigkeiten beim Anstieg zum Maximum (Ende Juli bis etwa 10. August) dramatisch verringern (von 400-800 km/s auf 200-250 km/s, ATel 14004). Dies wird erklärt durch eine anwachsende Transparenz der expandierenden Photosphäre in den sich langsamer bewegenden inneren Bereich.
- Hingegen wachsen die die Absorptionsminima der P-Cygni Profile und auch die daraus berechneten Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den Flares deutlich an (möglicher neuer Materialfluss von der Oberfläche des weißen Zwerges aus, ATel 14034).
- Im Infrarot wurden Absorptionen von C2 und CN beobachtet (ATel 13941) sowie Emission von CO (ATel 13967/14006)

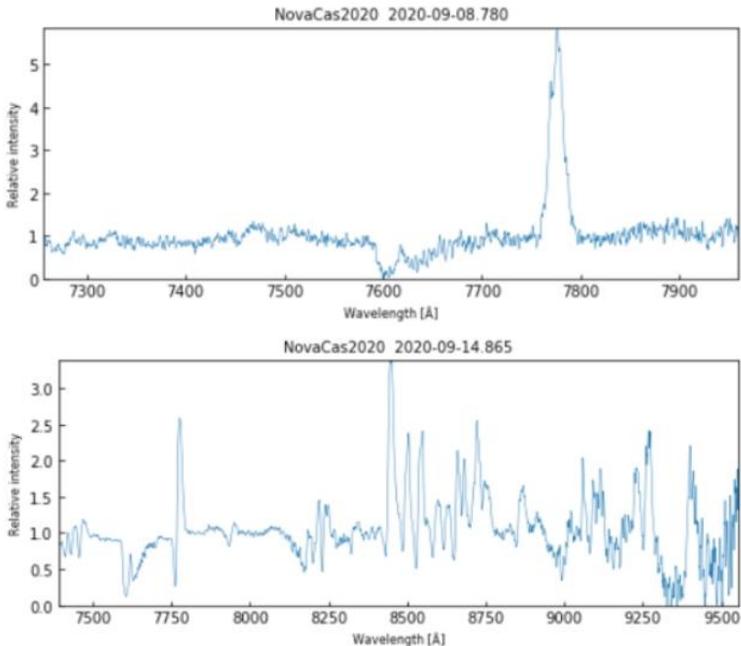


Abb. 3: Spektren O I Linie bei 7774 Å°, Quelle: ARAS Spectral Database, Peter Somogyi und Christian Buile

Abbildung 3 zeigt zwei Spektren vom 8. und 14. September, man beachte jeweils die OI Linie bei 777.4 nm. Am 8.9. betrug  $m_v$  etwa 13.2, am 14.9. etwa 11.8 mag. Entsprechend dort auch das deutlich stärkere P-Cygni Profil.

### DSLR-Messungen im Vergleich zu CCD

Da ich meine Beobachtungen (KMWA) mit einer astromodifizierten Canon 450D mache (90-mm-Refraktor, 500 mm Brennweite, Belichtung 30s, ISO 200-400, 10 Aufnahmen gestackt), habe ich die Gelegenheit genutzt, um meine Messungen mit denen von Beobachtern zu vergleichen, die CCD-Kameras mit V-Filter benutzen. Ich berechne die Magnitude anhand von sechs Vergleichssterne, ein Referenzstern dient zur Kontrolle. Danach führe ich mittels der errechneten B- und V-Werte Transformations- und Extinktionskorrekturen durch.

Zuerst habe ich alle Paare von Messwerten im V / Tri-G Band (DSLR ohne Korrekturen) aus der AAVSO-Datenbank verglichen (egal ob DSLR oder CCD), die in einem Zeitraum von 15 Minuten gemacht wurden und deren Beobachter nicht identisch waren (manche Beobachter haben viele Einzelmessungen in kurzem Zeitraum eingegeben, die natürlich alle nahe beieinander liegen). Danach die Paare, die nur CCD-Messungen enthalten.

| Paare von Messdaten bis zum 4.10.2020 | Anzahl | Mittlere abs. Abweichung | Standardabweichung des Mittelwertes |
|---------------------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------------|
| Alle Paare < 15s                      | 452    | 0,175                    | 0,089                               |
| Nur CCD < 15s                         | 131    | 0,096                    | 0,085                               |
| Nur DSLR < 15s                        | 7      | 0,252                    | 0,081                               |
| KMWA gegen CCD < 15s                  | 8      | 0,057                    | 0,047                               |

Natürlich sind die DSLR-Ensembles nicht groß genug für eine genaue statistische Analyse, aber man kann aus dem Vergleich der ersten beiden Ensembles sehen, dass DSLR und CCD gemeinsam eine deutlich höhere mittlere absolute Abweichung zeigen, als reine CCD-Messungen. Das liegt auch daran, dass bei den DSLR-Messungen solche mit und ohne Transformationen vorliegen, die sich durchaus um einige zehntel Magnituden unterscheiden können. Leider sind nur 8 meiner bisher 22 V-Band-Messungen nahe genug an CCD-Messungen gelegen, so dass die geringe mittlere Abweichung natürlich statistisch nicht völlig abgesichert ist. Aber man kann sicher schlussfolgern, dass die Transformations- und Extinktionskorrekturen wichtig sind. Im B-Band sind die Unsicherheiten der DSLR-Daten hingegen wesentlich deutlicher.

Interessanterweise schätzen die CCD-Beobachter ihren eigenen Messfehler nur auf 0.012 mag, also fast eine Größenordnung kleiner. Alle CCD-Messungen gemittelt (3588 Daten) sogar nur 0,007 mag!

Die Ursache dieser Diskrepanz zu der Inter-Observer-Abweichung liegt vermutlich daran, dass die Parameter, die von einem Beobachter normalerweise nicht oder wenig

verändert werden (Optik, Kamera, Belichtung, Wahl des oder der Vergleichssterne) als fehlerfrei angenommen werden und sich der Fehler nur auf die Wiederholbarkeit der Messung selbst bezieht. Das ist natürlich sinnvoll, wenn ein Beobachter eine Lichtkurve aufnimmt und am relativen Verlauf interessiert ist. Bei Messkurven aus Daten verschiedener Beobachter kommen aber gerade die o.g. Unterschiede zum Tragen und die Ergebnisse unterscheiden sich daher viel stärker.

Insgesamt sieht man aber, dass Absolutwerte der V-Messungen kaum mit einer Genauigkeit von  $<0,1$  mag angenommen werden können. Bei dem Größenbereich der zeitlichen Entwicklung ist das aber auch ausreichend.

### Ausblick

Es wird interessant sein zu sehen, wie sich V1391 Cas in den nächsten Wochen und Monaten weiterentwickelt: Wie lange werden die Oszillationen anhalten? Und vor allem: Wird die Nova auch ein tiefes Helligkeitsminimum durchlaufen wie V5668 Sgr?

### Literatur

ATel #13903; 2020; K. Sokolovsky et. al., 29 Jul 2020; 13:52 UT  
ATel #13904; 2020; K. Sokolovsky et. al., 29 Jul 2020; 14:31 UT  
ATel #13905; 2020; U. Manary et. al., 30 Jul 2020; 09:01 UT  
ATel #13919; 2020; K. Sokolovsky et. al., 6 Aug 2020; 10:43 UT  
ATel #13939; 2020; S. Shorey et. al., 12 Aug 2020; 00:55 UT  
ATel #13941; 2020; M. Fujii et. al., 13 Aug 2020; 05:59 UT  
ATel #13967; 2020; R. R. Russel et. al., 25 Aug 2020; 03:50 UT  
ATel #13998; 2020; G. M. Hamed et. al., 8 Sep 2020; 12:37 UT  
ATel #14004; 2020; K. Sokolovsky et. al., 11 Sep 2020; 00:52UT + attached light curves and spectra

ATel #14006; 2020; D. P. K. Banerjee et. al., 11 Sep 2020; 14:07 UT

ATel #14034; 2020; C. E. Woodward et. al., 21 Sep 2020; 12:45 UT

S. Korotkiy, 2020, zitiert in AAVSO Alert Notice 715 (aavso.org)

Bailer-Jones et. al, 2018, Astronomical Journal, 156, 58 via VizieR Datenbank:

N. G. Kantharia, 2017, arXiv:1703:04087 und 1709:09400

M. Kato, I. Hachisu, 2011, AJ, 743:157

R. J. Strobe, B. E. Schaefer, A. A. Henden, 2010, The Astronomical Journal, 140:34-62

Danksagung: This research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France (DOI: 10.26093/cds/vizier). The original description of the VizieR service was published in A&AS 143, 23

Matthias Kolb, 42111 Wuppertal, mako1997a@gmail.com