

# Variable Reflexionsnebel: Ergebnisse einer systematischen Suche

Harald Strauß und Klaus Bernhard

**Abstract:** *Recent observations show that some reflection nebulae are not static, but change in brightness and shape over time. In a systematic study, variability was detected in several objects, including vdB 24, V1818 Ori, and NSV 16694, on timescales from days to months. A new example, vdB 27 around the young star RY Tau, exhibits particularly rapid changes that can be explained by light-echo effects caused by variable illumination. These findings suggest that variable reflection nebulae are more common than previously assumed and provide new insights into the environments of young stars.*

Reflexionsnebel, also Nebel, die das Licht naheliegender (junger) Sterne reflektieren, wurden lange Zeit als weitgehend konstante Objekte betrachtet. Allerdings ist seit Langem bekannt, dass einzelne Ausnahmen existieren: Bereits im frühen 20. Jahrhundert wurde etwa Hubble's Variable Nebula als deutlich veränderlich erkannt. Solche Objekte zeigen, dass sich die Helligkeitsverteilung innerhalb eines Reflexionsnebels auf vergleichsweise kurzen Zeitskalen verändern kann. Diese Helligkeitsänderungen werden entweder durch die Variabilität des Zentralsterns selbst oder durch eine veränderliche Abschattung infolge nahegelegener Materiestrukturen in seiner Umgebung verursacht. Der Reflexionsnebel selbst zeigt auf den üblichen Beobachtungszeitskalen hingegen kaum strukturelle Veränderungen.

Den Ausgangspunkt bildete die Untersuchung des Reflexionsnebels vdB 24 um den jungen Stern XY Per (BAVJ 104). Dabei stellten wir eine ausgeprägte Variabilität auf sehr kurzen Zeitskalen von nur wenigen Tagen in den Daten der Zwicky Transient Facility fest. Dies ist eine moderne, automatisierte Himmelsdurchmusterung am Palomar Observatory, die seit 2018 große Teile des Himmels mit hoher zeitlicher Wiederholrate im optischen Bereich (u. a. g- und r-Band) beobachtet und speziell auf die Entdeckung zeitlich veränderlicher Phänomene ausgelegt ist. Sowohl die Helligkeit als auch die Morphologie des Nebels verändern sich dabei sichtbar, was zuvor in dieser Form bei diesem Nebel noch nicht dokumentiert war. Diese Entdeckung war Anlass, die Suche gezielt auf weitere Kandidaten auszudehnen.

In einer Folgestudie (BAVJ 105) konnten wir die optische Variabilität auch in den Reflexionsnebeln um V1818 Ori und NSV 16694 (Abbildung 1) nachweisen. Im Unterschied zu vdB 24 zeigen diese Objekte eher Veränderungen auf Zeitskalen von Wochen bis Monaten. Die beobachteten Helligkeitsänderungen lassen sich dabei gut durch die Variabilität der jungen Sterne sowie durch Abschattungseffekte in deren unmittelbarer Umgebung erklären. Angemerkt wird, dass für alle in diesem Artikel beschriebenen zeitlichen Veränderungen auch in Zenodo veröffentlichte Animationen erstellt wurden, für die auf das Literaturverzeichnis verwiesen wird. Bereits diese beiden Arbeiten deuteten darauf hin, dass es sich bei veränderlichen Reflexionsnebeln um eine bislang in ihrer Häufigkeit unterschätzte Objektklasse handeln könnte.

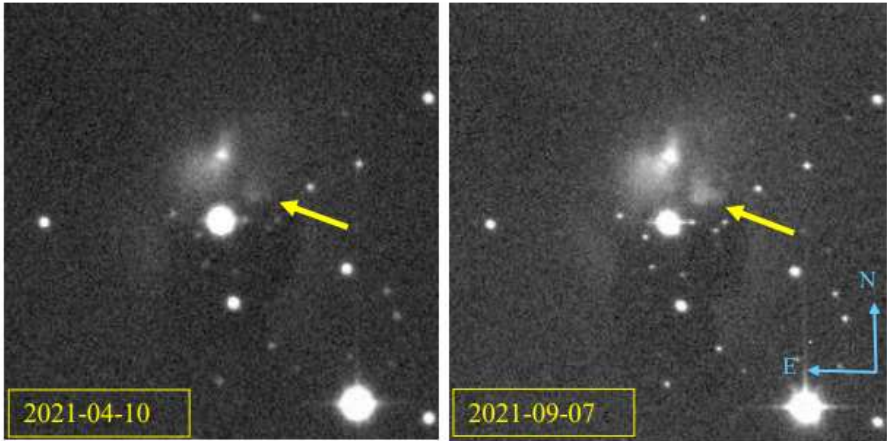


Abbildung 1: ZTF-r-Aufnahmen einer graduellen Helligkeitsänderung eines Teils des Reflexionsnebels um NSV 16694 zwischen April und September 2021 (siehe gelbe Pfeile, aus BAVJ 105)

Mit der im BAVJ 109 beschriebenen aktuellen Untersuchung wurde nun der Reflexionsnebel vdB 27 um den T-Tauri-Stern RY Tau im Detail analysiert. Die Auswertung von ZTF-Daten über den Zeitraum von 2018 bis 2025 zeigt eindrucksvoll, dass auch dieses Objekt eine ausgeprägte Variabilität aufweist. Besonders bemerkenswert ist ein Ereignis im Herbst 2018, bei dem sich – nach einem kurzzeitigen Helligkeitsabfall des Zentralsterns – eine Verdunkelungsfront innerhalb von nur fünf Tagen um etwa 23 Bogensekunden über den Nebel bewegte (Abbildung 2). Dies entspricht einer scheinbaren Ausbreitungsgeschwindigkeit von etwa 3,4 bis 3,8 Lichtgeschwindigkeiten. Solche Werte sind physikalisch natürlich nicht als reale Bewegung zu interpretieren, sondern lassen sich durch einen Lichtecho-Effekt erklären, bei dem unterschiedliche Teile des Nebels zeitlich versetzt beleuchtet werden.

Die Analyse zeigt zudem, dass sich diese Helligkeitsfronten nicht gleichmäßig über den Nebel ausbreiten. Während einige Bereiche deutlich schnellere scheinbare Bewegungen zeigen, reagieren andere Regionen verzögert. Dies spricht für eine komplexe dreidimensionale Struktur des streuenden Staubs, bei der insbesondere Vordergrundbereiche durch verstärkte Vorwärtsstreuung auffallen und dadurch höhere Helligkeiten sowie größere scheinbare Ausbreitungsgeschwindigkeiten zeigen. Die beobachteten Helligkeitsänderungen stehen dabei im Einklang mit der bekannten starken Variabilität des Zentralsterns RY Tau, der als klassischer T-Tauri-Stern Schwankungen von mehr als einer Magnitude zeigt.

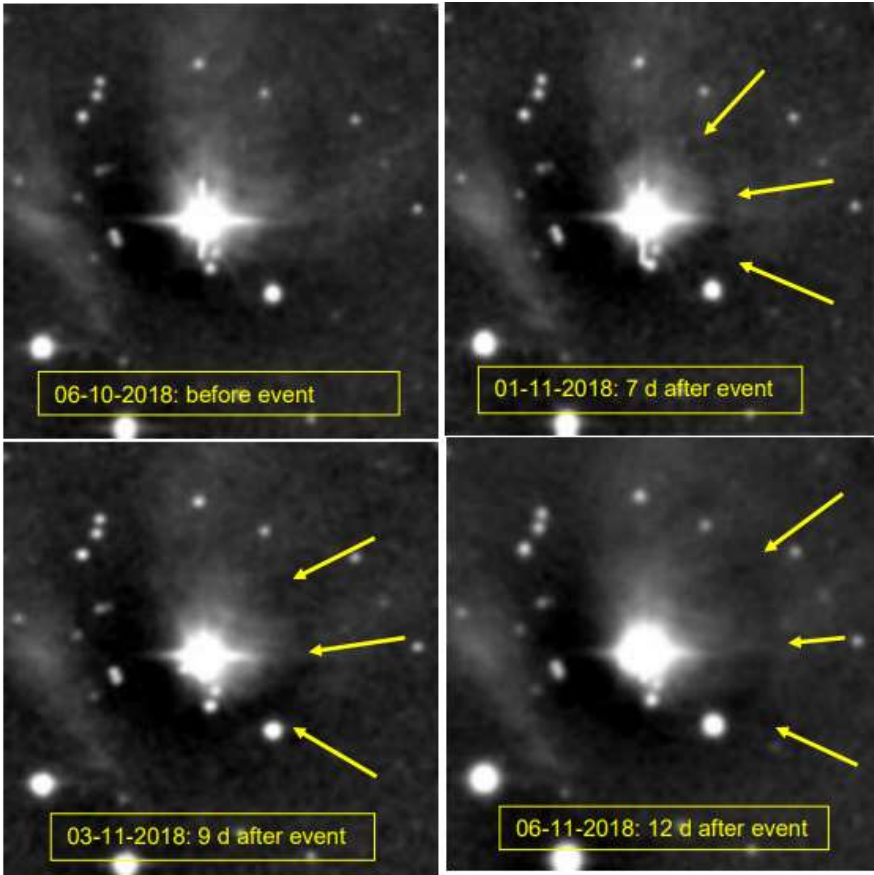


Abbildung 2: ZTF-r-Aufnahmen vor dem Ereignis (oben links), 7 Tage nach dem Ereignis (oben rechts), 9 Tage nach dem Ereignis (unten links) und 12 Tage nach dem Ereignis (unten rechts) – alle Bilder sind kontrastverstärkt. Die scheinbare Verschiebung der Abdunklungsfront zwischen dem 01. November 2018 und dem 06. November 2018 beträgt etwa 23 Bogensekunden (Norden ist oben und Osten ist links).

Neben den kurzzeitigen Veränderungen wurden auch historische Fotoplatten aus dem APPLAUSE-Archiv ausgewertet. Der Vergleich von Aufnahmen aus den Jahren 1923, 1981 und aktuellen CCD-Daten deutet darauf hin, dass sich auch die großräumige Beleuchtung des Nebels über lange Zeiträume verändert haben könnte. Aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmebedingungen und Emulsionen lassen sich diese Hinweise jedoch nicht eindeutig als langfristige Variabilität interpretieren.

Insgesamt ergibt sich aus den bisherigen Untersuchungen ein konsistentes Bild: Reflexionsnebel können auf sehr unterschiedlichen Zeitskalen von wenigen Tagen bis

hin zu Monaten oder möglicherweise sogar länger variabel sein. Die zugrunde liegenden Mechanismen sind dabei wahrscheinlich eine Kombination aus intrinsischer Variabilität der Zentralsterne und zeitabhängige Abschattungseffekte durch Staubstrukturen, die unter anderem zu geometrischen Lichtechno-Effekten führen. Die Ergebnisse legen zudem nahe, dass veränderliche Reflexionsnebel keine exotischen Einzelobjekte sind, sondern eine bislang unterschätzte Klasse darstellen. Weitere Untersuchungen könnten nicht nur helfen, die Häufigkeit solcher Objekte besser zu bestimmen, sondern auch wertvolle Einblicke in die dreidimensionale Struktur und Dynamik von zirkumstellaren Staubumgebungen liefern. Gerade im Umfeld junger Sterne eröffnet sich damit ein spannendes Beobachtungsfeld, das sowohl im Bereich des Data-Minings als auch für eigene Beobachtungen interessant sein könnte.

### **Danksagung:**

Diese Arbeit hat die Datenbanken SIMBAD/VizieR sowie Aladin genutzt, die am Centre de Données astronomiques de Strasbourg in Straßburg (Frankreich) betrieben werden, ebenso die Datenbank International Variable Star Index (VSX), betrieben von der American Association of Variable Star Observers in Cambridge, Massachusetts (USA), die Zwicky Transient Facility sowie das SAO/NASA Astrophysics Data System (USA) und den Digitized Sky Survey. Diese Arbeit hat außerdem das NASA/IPAC Infrared Science Archive genutzt, das vom Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology) im Auftrag der NASA betrieben wird. Darüber hinaus wurden auch Daten aus der APPLAUSE Database verwendet, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, der Dr. Karl Remeis Observatory Bamberg, der Hamburg Observatory sowie dem Tartu Observatory finanziert wird.

### **Literatur**

Harald Strauß, Klaus Bernhard, 2025, BAVJ No. 104: Van den Bergh 24 is a variable reflection nebula around XY Per

[https://www.bav-](https://www.bav-astro.eu/images/Up_Journal/BAVJ104_VdB%20024%20vers%2016112025%20zenodo.pdf)

[astro.eu/images/Up\\_Journal/BAVJ104\\_VdB%20024%20vers%2016112025%20zenodo.pdf](https://www.bav-astro.eu/images/Up_Journal/BAVJ104_VdB%20024%20vers%2016112025%20zenodo.pdf)

Link zur ZTF-Animation BAVJ No. 104: <https://zenodo.org/records/17560537>

Klaus Bernhard, Harald Strauß, 2025, BAVJ No. 105: V1818 Ori and NSV 16694 are surrounded by variable reflection nebulae

[https://www.bav-](https://www.bav-astro.eu/images/Up_Journal/BAVJ105_V1818Ori%20NSV%2016694%20%20vers%20zenodo.pdf)

[astro.eu/images/Up\\_Journal/BAVJ105\\_V1818Ori%20NSV%2016694%20%20vers%20zenodo.pdf](https://www.bav-astro.eu/images/Up_Journal/BAVJ105_V1818Ori%20NSV%2016694%20%20vers%20zenodo.pdf)

Link zu ZTF-Animationen BAVJ No. 105: <https://zenodo.org/records/17560171>

<https://zenodo.org/records/17560399>

Harald Strauß, Klaus Bernhard, 2026, BAVJ No. 109: On the variability of the reflection nebula Van den Bergh 27 surrounding RY Tau

[https://www.bav-astro.eu/images/Up\\_Journal/BAVJ109\\_VdB%2027%20vers3.pdf](https://www.bav-astro.eu/images/Up_Journal/BAVJ109_VdB%2027%20vers3.pdf)

Link zur ZTF-Animation BAVJ No. 109: <https://zenodo.org/records/19117936>

### **Autoren:**

Harald Strauß, [h.strauss@aon.at](mailto:h.strauss@aon.at) Klaus Bernhard, [klaus.bernhard@liwest.at](mailto:klaus.bernhard@liwest.at)  
A-4812 Pinsdorf A-4030 Linz