



Bernd Hanisch,  
**Spektroskopische Beobachtung an  
Planetarischen Nebeln**

Artikel erschienen im  
Journal für Astronomie Nr. 23,  
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

Bereitgestellt durch die [VdS-Fachgruppe Spektroskopie](#).

Referenz:  
B. Hanisch, VdS-Journal Nr. 23 (2007) 130ff

# Spektroskopische Beobachtungen an Planetarischen Nebeln

von Bernd Hanisch



**Abb. 1:**  
Objektivprismenspektrograf zur Aufnahme der Nebelspektren.

Planetarische Nebel (PN) - da denkt wohl so mancher sofort an den bekannten Ringnebel in der Leier, der bei visuellen, aber auch bei vielen fotografischen Beobachtungen oft als Paradestück präsentiert wird. Beiden genannten Beobachtungsmethoden ist gemein, dass jeweils nur die integrale Lichterscheinung beobachtet werden kann. Diese enthüllt zwar manche Einzelheiten der Nebel, dennoch werden dem Beobachter wichtige Informationen vorenthalten, wenn er nicht versucht, die spektrale Lichtzusammensetzung näher zu untersuchen. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die Möglichkeiten der Spektralbeobachtung von PN erkundet werden, die sich dem Amateur unter Verwendung einfacher Hilfsmittel bieten.

## Allgemeine Bemerkungen zu PN

Der etwas irreführende Name der Planetarischen Nebel entstammt offenbar Herschels visuellen Eindrücken am Fernrohr, der das Aussehen einiger dieser Nebel mit Planetenscheiben verglich. Mit Planeten haben diese Objekte allerdings wenig gemein. Bei den PN handelt es sich um leuchtende Gasnebel, die im Gegensatz zu den H II- Gebieten

sehr regelmäßige Formen besitzen. Ein die sphärische Gashülle ionisierender Zentralstern sehr hoher Temperatur ist dabei das Symmetriezentrum. Der Ring ist somit als Projektionseffekt zu verstehen. Mit derzeit etwa 1000 bekannten PN gelten diese Objekte als eine eher seltene Erscheinung am Himmel. Während die kleinen PN uns nahezu sternförmig erscheinen, haben die größten Exemplare einen Durchmesser von 15 Bogenminuten. Die durchschnittlichen Entfernungen liegen um 2000 Lichtjahre, die wahren Durchmesser zwischen 20 und 40 AE. Da die Hülle mit Geschwindigkeiten zwischen 20 und 50 km/s expandiert, kommt es zur langsamen Vermengung mit interstellarer

Materie, wodurch die Nebel mit der Zeit zunehmend diffuser und somit schwerer erkennbar werden. Mit einer geschätzten Lebensdauer von einigen 100 bis zu 10.000 Jahren handelt es sich um relativ kurzlebige Objekte.

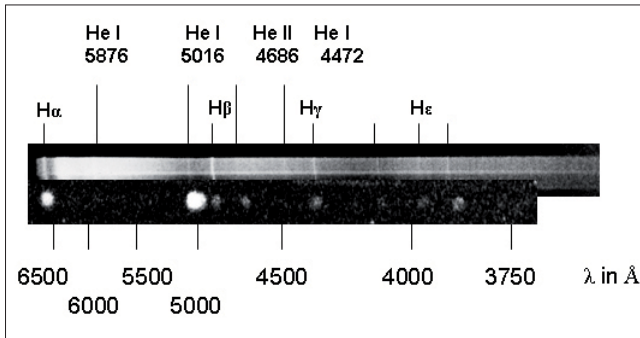
PN entstehen in einer späten Entwicklungsphase massearmer Sterne (1 - 4 Sonnenmassen). Sind im Zentralgebiet die Vorräte an Kernenergie erschöpft, kommt es zu Instabilitäten in der He-Brennzone. Während die äußere Hülle abgestoßen wird, kontrahiert das Sterninnere zu einem Zentrum hoher Dichte und Temperatur [1].

## Aufnahme der Spektren der PN

Die Aufnahme der Nebelspektren erfolgte wegen des geringen Lichtangebotes mit einem Objektivprismenspektrografen ohne Verbreiterung. Einem Zeiss-Meniscas 180/1800 als Aufnahmeoptik war ein 5°-Objektivprisma SF 2 von 205 mm Durchmesser (Rundprisma) vorgeschaltet, wobei mittels eines Zeiss-Refraktors 63/840 mit Netzkreuzokular nachgeführt wurde (siehe Abb. 1). In der Fokalebene ergab sich eine Spektrenlänge von etwa 9 mm für den Wellenlängenbereich zwischen 6900 Å und 3650 Å. Die reziproke Lineardispersion beträgt in Abhängigkeit vom Spektralbereich etwa 500 Å/mm bei 5712 Å bis 170 Å/mm bei 3881 Å. Zur Detektion kam eine Kleinbildkamera mit den H $\alpha$ -empfindlichen sw-Fotoemulsionen ILFORD DELTA 400 und 3200 PROFESSIONAL sowie der nicht H $\alpha$ -empfindlichen sw-Fotoemulsion KODAK T MAX 3200 zur Anwendung. Angaben zu den Aufnahmezeitpunkten, den Belichtungszeiten sowie zu den verwendeten Fotoemulsionen der in Abbildung 3 dargestellten Spektren sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Objekt	Aufnahmedatum	Aufnahmezeit [MESZ]	verwendete Fotoemulsion
M 57	17.09.2004	21.34-21.57	ILFORD DELTA 400 PROFESSIONAL
M 57	30./31.07.1995	23.23-00.07	KODAK T MAX 3200
M 57	31.07.1995	01.40-01.52	KODAK T MAX 3200
NGC 6543	25.05.1995	01.04-01.44	KODAK T MAX 3200
NGC7662	17.09.2004	23.40-23.50	ILFORD DELTA 3200 PROFESSIONAL
NGC 6826	17.09.2004	22.40-23.05	ILFORD DELTA 400 PROFESSIONAL
NGC 6826	22.08.1995	23.04-23.37	KODAK T MAX 3200

**Tab. 1:**  
Aufnahme- und Belichtungszeiten der beobachteten PN.



**Abb. 2:**  
Spektren des Sterns P Cygni (oben) und eines Planetarischen Nebels (unten, NGC 7662), aufgenommen mit dem gleichen Spektrografen, zur Grobkalibrierung der Wellenlänge in den Nebelspektren.

### Die Spektren der PN

Im Vergleich zu den bekannteren Absorptions- oder Emissionslinienspektren von Sternen bestehen die Objektivprismenspektren der PN aus kettenartig aneinander gereihten, monochromatischen Nebelbildern (siehe Abb. 2).

Das Nebellicht wird nur bei wenigen Wellenlängen emittiert. Die Spektren der Hülle und des Zentralsterns sind dabei stets überlagert. Die intensivsten Emissionen im sichtbaren Bereich werden durch die Elemente H, He, O, Ne, aber auch C und N erzeugt. Im Vergleich zur mittleren kosmischen Elementhäufigkeit ist bei PN das He überproportional häufig [1].

Neben den dominierenden Linienemissionen sind in den Nebelspektren auch kontinuierliche Lichtanteile sichtbar. Diese resultieren je nach Spektralbereich zum Teil vom Zentralstern, aber auch aus „frei-frei“ Übergängen (Bremsstrahlung) bzw. „frei-gebunden“ Übergängen. Der Anregungsmechanismus ist in [3] detailliert dargestellt. Der sehr heiße Zentralstern sendet aufgrund seiner hohen Temperatur harte UV-Strahlung aus, welche die Hülle zum Leuchten anregt. Durch Rekombinations- und Fluoreszenzmechanismen wird diese kurzwellige Strahlung in der Hülle in sichtbares Licht umgewandelt.

Historisch gestaltete sich die Zuordnung der Emissionen in den PN zu den Elementen anfangs problematisch. Dies führte dazu, dass für die sehr intensiven grünen Sauerstofflinien bei ca. 5000  $\text{\AA}$ , deren Licht die Nebel in bestimmten Bereichen grün erscheinen lässt, zunächst ein neues chemisches Element, das „Nebulium“, postuliert wurde. Daher sind diese Linien heute oft noch mit N1 und N2 bezeichnet, was jedoch nichts

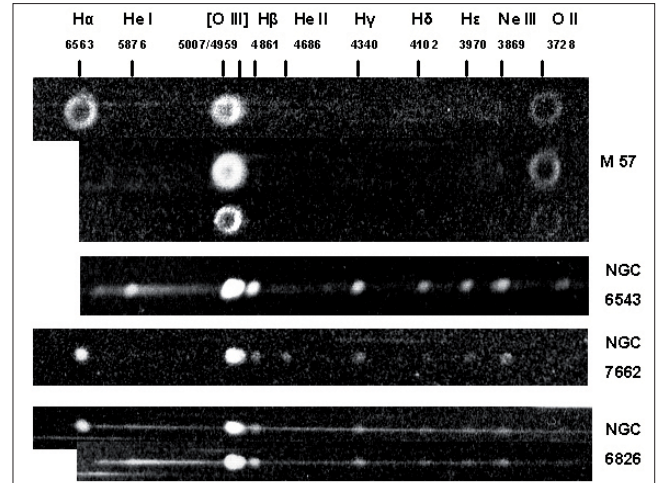
mit dem Element Stickstoff zu tun hat. Die richtige Zuordnung dieser Linien zum Sauerstoff wurde deshalb so spät erkannt, weil es sich hier (wie auch noch in anderen Fällen) um so genannte verbotene Linien handelt. Diese Linien treten unter irdischen „Normalbedingungen“ nicht auf und gelten deshalb als „verboten“. Man erkennt sie in der Literatur an der Angabe in eckigen Klammern, z.B. [O III].

Die sehr hohe Intensität der verbotenen [O III]-Linien wird zum einen durch die große Ausdehnung der sie erzeugenden Regionen (50 - 80 % der Nebelmasse), zum anderen aber auch durch die gleichzeitig relativ geringe Intensität der „erlaubten“ Linien verursacht [2]. Die Anregung bzw. das Erscheinen der verbotenen Linien in den PN und anderen Gasnebeln, wie z.B. den H II-Gebieten, stellt daher eine bemerkenswerte physikalische und chemische Besonderheit dar.

Spektroskopisch betrachtet gibt es durchaus Gemeinsamkeiten zwischen den H II-Gebieten (wie z.B. dem Orionnebel) und den PN, obgleich erstere sternenentwicklungsgeschichtlich der Sternentstehung, die PN jedoch einer späteren Phase zugeordnet werden. Jedoch wird in beiden Fällen Gas durch heiße Sterne zum Leuchten angeregt. Da die Zentralsterntemperaturen der PN die der anregenden Sterne der H II-Gebiete noch übertreffen, kann man bei den PN höhere Anregungs- und Ionisierungszustände der Nebelmassen als in den H II-Gebieten erwarten.

### Eigene Ergebnisse und Interpretation der Nebelspektren

Einige mit dem eingangs beschriebenen Objektivprismenspektrografen aufgenommene Nebelspektren zeigt Abb. 3



**Abb. 3:**  
Objektivprismenspektren ausgewählter PN mit Kennzeichnung der intensivsten Emissionen.

(Aufnahmeparameter in Tab. 1). Nach erfolgter Zuordnung der Wellenlängen der monochromatischen Nebelbilder sowie der zugehörigen Elemente mit Hilfe von Vergleichsspektren (siehe Abb. 2, auch [2]) und Spektraltabellen [4] ergeben sich Hinweise auf die Anregungs- und Ionisierungszustände und, wie im Falle der verbotenen Linien, auch auf die Materiedichten. Die in Abb. 3 gezeigten Spektren zeigen monochromatische Nebelbilder der Balmerlinien des Wasserstoffs, des zweifach ionisierten Sauerstoffes (intensivste Linien im abgebildeten Spektralbereich), vom einfach ionisierten Sauerstoff und Helium sowie vom zweifach ionisierten Neon. Eine sehr intensive Linie bei den PN ist auch die  $H\alpha$ -Linie, die jedoch nur von den verwendeten ILFORD-Emulsionen abgebildet wurde.

Auffällig ist weiterhin das Erscheinen der He II-Linie (4686  $\text{\AA}$ ) bei NGC 7662. Die zur Anregung dieser Linie erforderliche hohe Energie (ca. 54 eV) deutet auf einen besonders hohen Anregungsgrad in diesem Nebel hin.

Ein Vergleich der Durchmesser der einzelnen monochromatischen Nebelbilder weist im Zusammenhang mit den dazugehörigen Ionisationspotentialen auf die Ionisationsschichtung im Nebel hin. Hierbei ist jedoch die Betrachtung der Nebelbilder bei vergleichbaren Schwärzungen erforderlich, da unterschiedliche Durchmesser auch durch unterschiedlich lange Belichtungszeiten vorgetäuscht werden können.

Prinzipiell sind die Bilder höherer Anregungszustände kleiner, da ihre Entstehungsorte näher zum Zentralstern liegen. Dies kann man in Abb. 3 bei einem Vergleich der Bilder [O III] und [O II] bei

M 57 erkennen. Durchmesser und Gestalt der einzelnen Nebelbilder geben auch Hinweise auf die Materieverteilung in den einzelnen Hüllenbereichen. Allerdings sind für derartige Beobachtungen Aufnahmen mit längerer Brennweite erforderlich.

Allgemein steigt der Anregungsgrad mit der Zentralsterntemperatur, auch wenn dieser noch von anderen Faktoren (Abstand Stern - Hülle, Hüllendichte, Nebelmasse etc.) abhängt. Eine große Helligkeitsdifferenz zwischen Zentralstern und Nebel im visuellen Bereich deutet ebenfalls auf eine

hohe Zentralsterntemperatur hin.

Aus Linienaufspaltungen, die in Spaltspektren monochromatischer Nebelbilder mit hoher Dispersion sichtbar werden, kann man schließlich die Expansionsgeschwindigkeit der einzelnen Hüllenbereiche ableiten.

#### Fazit

Die Spektroskopie der PN ist für den Amateur einen Versuch wert, auch mit Objektivprismengeräten.

#### Literatur:

- [1] Weigert, Zimmermann, „Brockhaus ABC Astronomie“, 5. Aufl., Brockhaus Verlag, Leipzig, 1977, 285 f
- [2] Wurm, „Die Planetarischen Nebel“, Akademie-Verlag, Berlin, 1951
- [3] Kaler, „Stars and their spectra“, Cambridge University Press, 1989
- [4] Saidel, Prokofjew, Raiski, „Spektraltabellen“, VEB Verlag Technik, Berlin, 1961

## Entdeckung der Zwerg Nova VSX J203707.7633913

von Wolfgang Kloehr

Am 24.09.2006 war das Wetter recht vielversprechend und es sollte wohl die ganze Nacht klar bleiben. Gute Bedingungen, um mein mittlerweile voll automatisiertes Teleskop auf die Jagd zu schicken. Um die 200 Galaxien im Sternbild „Drachen“ sollten diesmal das Ziel sein. Um etwa 21:00 Uhr war der Aufbau beendet und das Teleskop begann automatisch Galaxie nach Galaxie abzulichten. Die ersten Bildern sahen gut aus und auch die Positionierung war ordnungsgemäß, so dass ich mich anderen Dingen widmen konnte. Schließlich war der nächste Tag ein Arbeitstag.

Nach Feierabend am Folgetag stand nun das Auswerten der Bilder aus dem Überwachungslauf vom Vortag auf dem Programm. Galaxie für Galaxie „blinkte“ ich mit meinem „SN-FINDER“-Programm durch. Nach etwa 50 Galaxien war es dann soweit. Auf dem Bild von UGC 11603 hüpfte ein Sternchen (Abb. 1).

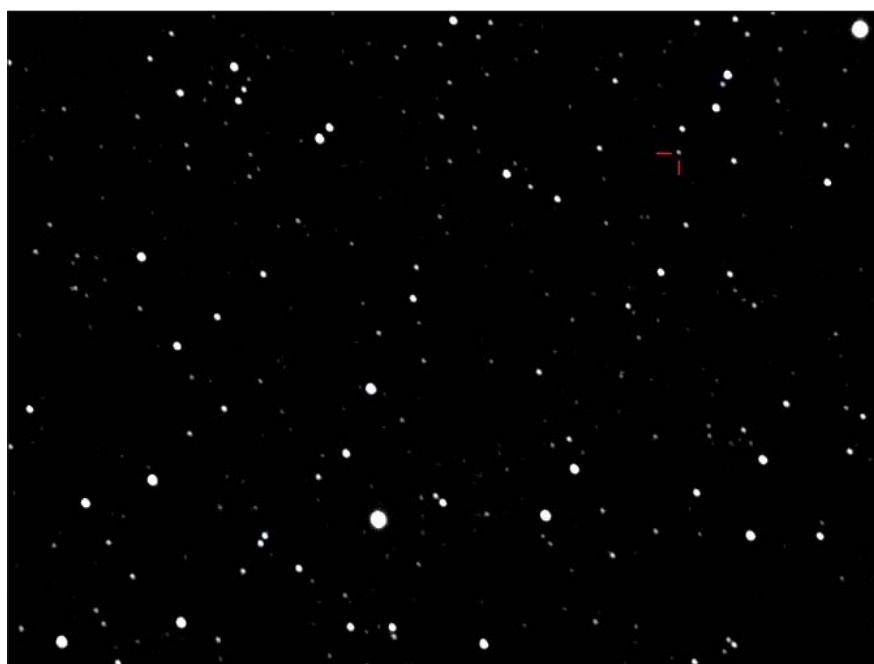
Das neue Objekt hielt der ersten Prüfung stand. Es war auf allen 6 Einzelbildern zu sehen, so dass es sich um kein Artefakt handeln konnte. Auch um einen bekannten Kleinplaneten konnte es sich nicht handeln. Zumindest lieferte der „Minor Planet

Checker“ der CBAT für diese Position/Datum kein Ergebnis. Als Position konnte ich mit Hilfe von Aladin (Überlagerung meines Bildes mit POSSII Aufnahme der Region) die Koordinaten: J2000 20 37 07.75 +63 39 13.9 ermitteln. Auf der POSSII Aufnahme war an dieser Stelle nur ein schwaches Sternchen mit der Bezeichnung USNO-B1.01536-0254951 zu sehen. Dieses war auch nicht als Variabler im GCVS-Katalog registriert. Nun musste mal wieder eine Bestätigung her. Das Glück schien mir hold zu sein, denn das Wetter war am 25.09.2006 ebenfalls gut. Zwei Fragen waren nun zu beantworten: War das Objekt noch da und hatte es sich bewegt?

Und tatsächlich konnte ich das Objekt exakt an der selben Position mit fast gleicher Helligkeit bestätigen und es schien sich tatsächlich um einen Ausbruch von USNO-B1.01536-0254951 zu handeln. Nun hatte ich alles beisammen und einem VSNET-Alert sollte nichts mehr im Wege stehen. Auch Wolfgang Renz informierte ich, der dann auch eine Meldung an die CBAT verfasste und mir weitere Informationen gab, was bei der Entdeckung eines neuen Variablen alles zu tun sei.

Durch den VSNET-Alert am 27.09.2006 auf den neuen Variablen aufmerksam geworden, konnte Prof. T.R. Marsh (University of Warwick) mit einem Spektrum bestätigen, dass es sich um eine bisher unbekannte Zwergnova handelte (Abb. 2).

Nach der Eintragung in den ‚International Variable Star Index‘ bekam sie dann auch einen Namen: VSX J203707.7633913. Bis



**Abb. 1:**  
UGC 11603 aus dem Überwachungslauf vom 24.09.2006 ( Summenbild aus 6 Bildern à 21s)