



Peter Stoffer,
**Spektroskopie als Bereicherung der
amateurastronomischen Tätigkeit, Teil 2**

Artikel erschienen im
Journal für Astronomie Nr. 18,
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

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

Referenz:
A. Mester, VdS-Journal Nr. 18 (2005) 99ff

Verkippen des Blockfilters (nicht der Fassung) kompensiert werden.

Komplettfernrohre für die H α -Beobachtung

Es gibt die neuen H α -Filter auch in Form von Komplettfernrohren. Sie sind alle mit einem Objektivrotfilter mit Wärmeschutzschichten IR/AR, einem „Etalon“ und Okularseitig mit einem Blockfiltersystem ausgestattet. Sie sind einfach und sicher in der Handhabung, schnell aufgebaut und eignen sich auch als Reisesonnenfernrohr. Es kann nichts abgeschraubt oder vergessen angeschraubt zu werden (wichtig für den Schul- und Volksternwarteneinsatz). Denn man sollte nie vergessen, dass die Beobachtung der Sonne auch Gefahren in sich birgt – ein vergessener Filter schädigt das Augenlicht dauerhaft.

Es gibt inzwischen zwei Bauarten: Erstens,

die schon genannte Variante, bei der sich das „Etalon“ vor dem Objektiv befindet und zweitens, bei der sich das „Etalon“ im Strahlengang des Fernrohres befindet (zwischen zwei Linsen; für den achsnahen parallelen Strahlengang) und somit kleiner sein kann. Diese Komplettfernrohre gibt es in unterschiedlichen Größen (40 bis 100 mm Objektivdurchmesser).

Mit allen Systemen kann man sehr gut die Gesamtsonne im H α -Licht beobachten. Neben den Oberflächendetails (Flecken, Fackeln, Filamente, Flares u. a.) sind auch sehr schön die Randprotuberanzen zu sehen, die damit zwar nicht so hell wie im Protuberanzenansatz, aber trotzdem recht gut herauskommen.

Bei der analogen Fotografie kann die Belichtungszeiten für Randprotuberanzen (z. B. auf Kodak TP 2415) auf ca. 1/30 Sekunde verkürzt werden. Für die

Oberfläche reichen sogar 1/125 bis 1/250 Sekunde (umgerechnet auf einen f/30-Strahlengang). Je kürzer die Belichtungszeit um so weniger kann das Bild an Schärfe verlieren.

Zum Vergleich: Beim DayStar-Filter werden bei f/30-Öffnungsverhältnis 1/8 Sekunde für die Oberfläche benötigt. Durch die extrem hohe Oberflächengenauigkeit der „Etalons“ ergeben sich recht gleichmäßig gedeckte Negative.

Die neuen H α -Filter bieten interessante neue Varianten für die Sonnenbeobachtung. Fotografisch wird die Anwendung der Digitaltechnik immer wichtiger. Beides gibt neue Impulse für uns Sonnenfotografen. Hier sind sicherlich noch nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Weitere Information zum Thema Sonnenbeobachtung im H α -Licht erhalten

Spektroskopie als Bereicherung der amateurastronomischen Tätigkeit

von Peter Stoffer

– Teil 2 –

Im ersten Teil dieses Berichtes (VdS-Journal für Astronomie Nr. 17, II/2005, S. 111ff) wurden das verwendete Instrumentarium, die Auswertungsmethoden und schließlich Aufnahmen heller Sterne präsentiert. In diesem zweiten Teil möchte ich zeigen, dass trotz der Einschränkungen, der die verwendete Gerätekombination unterliegt, auch speziellere Objekte untersucht und deren spannende physikalische Eigenheiten nachgewiesen werden können. Im Verlauf meiner Maturaarbeit habe ich den Veränderlichen δ Cep, Wolf-Rayet-Sterne und Planetarische Nebel untersucht.

Die Beobachtung von δ Cep

Während einer Schönwetterperiode (Ende Juli / Anfang August 2004) beobachtete ich den Veränderlichen δ Cep, den Prototyp der Cepheiden. Diese gehören zu den physikalischen Veränderlichen und weisen Leuchtkraftvariationen auf, die durch Änderungen des Radius und der Temperatur verursacht werden. Damit verbunden sind Variationen in ihrem Spektrum: Die Intensität bestimmter Linien oder gar der Spektraltyp selbst kann einer Schwankung unterworfen sein. Diese Tatsache ist faszin-

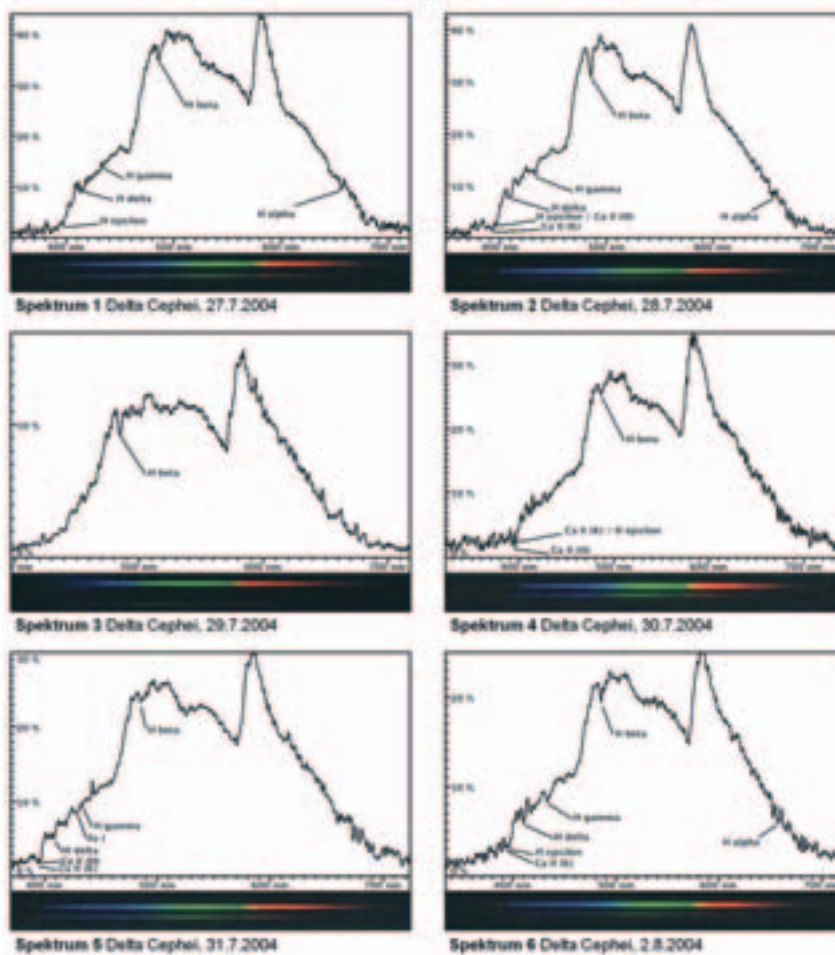


Abb. 1: Spektren von δ Cep während eines Zyklus.

Nr.	Stern/Nebel	Spektraltyp	Datum	Uhrzeit [MEZ]	Belichtungszeit [s]	Beobachtungsbedingung
1	δ Cep	F5 - G3	27.07.2004	23:21	10	Seeing 2, klar
2	"	"	28.07.2004	22:43	5	Seeing 3, klar
3	"	"	29.07.2004	23:03	2	Seeing 3, Dunst
4	"	"	30.07.2004	22:19	10	Seeing 3, klar
5	"	"	31.07.2004	22:08	10	Seeing 3, Schleierwolken
6	"	"	02.08.2004	22:49	8	Seeing 2, klar
7	V1770 Cyg	WN6	30.07.2004	23:18	60	Seeing 3, klar
8	V1042 Cyg	WC8	31.07.2004	00:25	42	Seeing 2, klar
9	V1679 Cyg	WC7	31.07.2004	00:28	33	Seeing 2, klar
10	M 57	PN	27.07.2004	23:47	240	Seeing 3, klar
11	NGC 6826	PN	03.10.2004	20:51	180	Seeing 2, etwas Dunst
12	NGC 6210	PN	05.10.2004	21:14	300	Seeing 2, klar
13	NGC 6543	PN	06.09.2004	21:48	300	Seeing 3, klar
14	NGC 7027	PN	08.09.2004	21:34	180	Seeing 2, klar
15	NGC 7662	PN	04.10.2004	22:30	240	Seeing 2, wenig Dunst

Tab. 1:

Zusammenstellung der Aufnahmedaten der Spektren

nierend und regte mich an, solche Veränderungen selbst nachzuweisen.

δ Cep besitzt eine Periodenlänge von nur 5,4 Tagen, daher ist die Beobachtung einer vollen Periode bei mitteleuropäischen Wetterverhältnissen mit etwas Glück möglich. Die Spektren 1 bis 6 in der Abbildung 1 zeigen einen Pulsationszyklus, das Spektrum 6 ist dabei zwischen den Spektren 1 und 2 einzuordnen.

Das Strahlungsmaximum von δ Cep wurde am 29. Juli um ein Uhr erreicht, also kurz nach der Aufnahme des Spektrums 2. Der Spektraltyp sollte sich zwischen den Spektren 2 und 5 von F nach G ändern, die Spektren 1 und 6 sollten den raschen Wechsel zurück zu F zeigen.

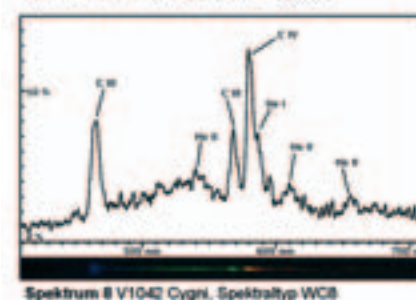
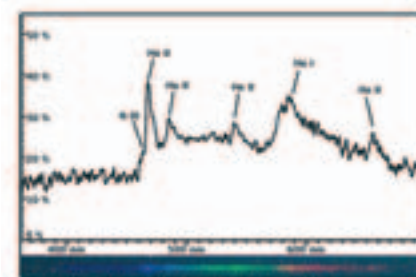
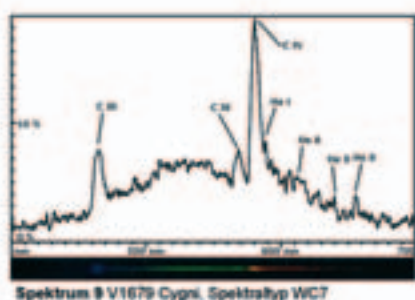
Wenn nun die aufgenommenen Spektren genau betrachtet werden, so sind tatsächlich Veränderungen feststellbar, die mit obigen Forderungen vereinbar sind. Die deutlichsten Veränderungen zeigen sich in der Intensität der H β -Linie und im Erscheinen der Kalzium-Doppellinie: Die am 28. Juli noch sehr deutliche Wasserstofflinie wird bis zum 31. Juli immer schwächer, wohingegen die Kalziumlinien an Intensität gewinnen. Der Vergleich der verschiedenen Spektren von δ Cep mit denjenigen aus Teil I erlaubt eine ungefähre Zuordnung zu den Spektralklassen. δ Cep weist eine Variation des Spektraltyps zwischen F und G auf.

Wolf-Rayet-Sterne

Wolf-Rayet-Sterne zeichnen sich dadurch aus, dass sie sehr breite Emissionslinien in ihrem Spektrum besitzen. Ihnen zugeordnet ist die Spektralklasse W. Diese ist in die Untertypen WN und WC aufgeteilt, je nachdem, ob das Spektrum von Stickstoff- oder von Kohlenstoffemissionen dominiert

wird. Wolf-Rayet-Sterne sind äußerst leuchtkräftige Sterne, die die höchsten bekannten Effektivtemperaturen aufweisen, nämlich 20.000 bis 80.000 Kelvin. Sie besitzen eine sehr hohe Massenverlustrate, ihre Gashüllen expandieren dabei mit Geschwindigkeiten von bis zu 2.500 km/s. Der hohe Massenverlust führt dazu, dass der Stern während kurzer Zeit einen großen Teil seiner äußeren Schichten verliert und dadurch der Blick auf tiefere Schichten freigegeben wird. Bei den WN-Sternen können wir Sternregionen sehen, die mit Helium und Stickstoff, den Produkten des Wasserstoffbrennens, angereichert sind. Bei den WC-Sternen führte der noch höhere Massenverlust dazu, dass wir in Regionen hineinschauen, die ursprünglich tiefer im Stern lagen und größere Mengen an Kohlenstoff, dem Endprodukt des Heliumbrennens, enthalten.

Die meisten Wolf-Rayet-Sterne befinden sich in recht großer Entfernung zu uns. Daher besitzen sie eine geringe scheinbare Helligkeit (ab ca. 7 mag). Diese Sterne mit der vorhandenen Ausstattung zu fotografieren, stellt eine etwas größere Herausforderung dar. Dank der hohen Lichtausbeute digitaler Kameras sind die Belichtungszeiten aber nicht allzu lange. Das Spektrum 7 in der Abbildung 2 zeigt einen WN-Stern. Gut erkennbar sind einige Emissionslinien von Helium und eine Stickstofflinie. Die zwei anderen Spektren gehören zur Klasse WC. Sie lassen sich klar vom WN-Spektrum unterscheiden. Die drei stärksten Emissionslinien stammen vom zwei- bzw. dreifach ionisiertem Kohlenstoff (C III und C IV). Heliumlinien sind auch hier wieder vorhanden. Interessant ist die Tatsache, dass sich die hellsten Wolf-Rayet-Sterne des Nord-

Abb. 2:
Spektren verschiedener Wolf-Rayet-Sterne.

himmels alle im Sternbild Schwan befinden. Die optimale Beobachtungszeit ist also während des Sommers.

Planetarische Nebel

Bei dieser Objektklasse handelt es sich um relativ regelmäßige, kleine Gasnebel, die durch den Ausstoß von Materie durch einen in seiner Entwicklungsphase fortgeschrittenen Stern entstehen. Die Gase der Planetarischen Nebel werden von ihren Zentralsternen hoch angeregt und ionisiert. Bei diesen handelt es sich meistens um einen O-Stern, der energiereiche Strahlung aussendet.

Typisch für die Spektren der Planetarischen Nebel sind die große Intensität so genannter verbotener Linien (z. B. [O III] und [N II]), Wasserstoffemissionen und außerdem Emissionslinien des einfach ionisierten Heliums (He II). Der Vergleich der [O III]-Linien mit der H β -Linie liefert einen Hinweis auf den Anregungszustand des Nebels, denn die Ionisationsenergie von Sauerstoff ist relativ hoch und so deutet das Vorhandensein der [O III]-Linien auf sehr energiereiche Anregungsstrahlung hin.

Das Spektrum 10 in der Abbildung 3 zeigt deutlich, dass der Ringnebel in der Leier (M 57) vorwiegend bei zwei Wellenlängen leuchtet: Im roten Spektralbereich liegt die H α -Linie, im Blaubereich die [O III]-Doppellinie. Das Spektrum lässt außerdem eine schwache H β -Emission erahnen.

Beim Vergleich der Bilder der zwei hellsten Emissionen erkennt man, dass die rote Wasserstoffemission vor allem im Randbereich zu finden ist, wohingegen die Sauerstoffemission eher in den inneren Bereichen entsteht. Dies ist plausibel, da in den zentraleren Regionen die Strahlungswirkung des Zentralsterns am größten ist.

Bemerkenswert sind die Spektren von NGC 7027 und NGC 7662. Die ziemlich lang gezogenen Emissionen im roten Bereich sind als Überlagerungen der H α -Linie mit den zwei [N II]-Linien zu verstehen. Zusammen mit der auffallenden Intensität der [O III]-Linien und vor allem dem Vorhandensein der He II-Linie bei 468,6 nm ist dies ein Hinweis auf die besonders hohe Anregung der beiden Nebel.

Fazit und Ausblick

Mit meiner Maturaarbeit wollte ich aufzeigen, worin für den Amateurastronom die Möglichkeiten einer Beschäftigung mit der Spektroskopie bestehen. Ich stellte dabei fest, dass sich mir trotz der anfangs als sehr beschränkt betrachteten Ausrüstung eine ganze Reihe spezieller Beobachtungsmöglichkeiten eröffneten. Die Tatsache, dass ich das Potenzial meines Instrumentariums während meiner Arbeit noch nicht ausgeschöpft habe, regt mich natürlich dazu an, weiter in der Spektroskopie tätig zu sein und einige Gebiete genauer unter die Lupe zu nehmen. Als Beispiel wäre die Beobachtung Planetarischer Nebel zu nennen, die trotz erhöhter Ansprüche an die Genauigkeit viele interessante Rückschlüsse auf die Physik dieser Objekte zulässt.

Ebenso wäre zu den Wolf-Rayet-Sternen noch manches genauer zu untersuchen. Faszinierend ist, dass diese Sterne, die noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen sind, auch schon dem Amateur eine Reihe von Besonderheiten zeigen. Die Möglichkeiten bei der spektroskopischen Beobachtung veränderlicher Sterne erachte ich bei meinem Instrumentarium eher als beschränkt.

Es würde mich freuen, wenn dieser Artikel einige Sternfreunde dazu ermutigen würde, sich an die Spektroskopie heranzuwagen. Wer bereit ist, die nötige Zeit und Geduld aufzuwenden, wird sicher erfolgreich sein und in der Spektroskopie ein faszinierendes neues Hobby finden.

Dank

Ich danke ganz herzlich allen Personen, die mir bei der Erstellung meiner Maturaarbeit und dieses Artikels behilflich waren. Mein besonderer Dank geht an Kurt Niklaus, den Betreuer der Sternwarte Uecht, und die sehr hilfsbereiten Mitglieder der VdS-Fachgruppe Spektroskopie: Bernd Hanisch unterstützte mich bei der Auswertung der Spektren von Wolf-Rayet-Sternen und Planetarischen Nebeln. Ernst Pollmann, Leiter der Fachgruppe, sandte mir Informationen zum Baader-Blazegitter und beriet und ermutigte mich während meiner ersten Versuche.

Literaturhinweise

- [1] P. Stoffer: „Maturaarbeit“ und Auswertungssoftware „Spektralanalyse“, Download, <http://www.peter.stoffer.ch/Spektroskopie>

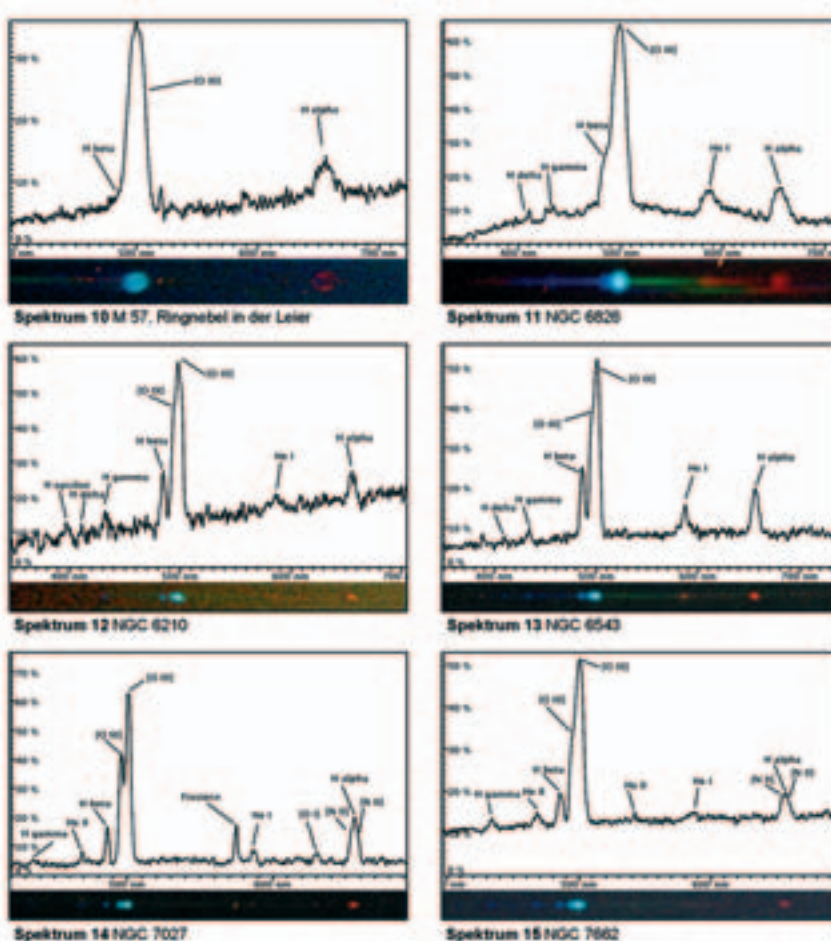


Abb. 3: Spektren ausgewählter Planetarischer Nebel.