SPEKTRUM

Mitteilungsblatt
über

Astro-Spektroskopie für Amateure

Herausgeber:
Ernst Pollmann
Emil-Nolde-Str.12
51375 Leverkusen

Ausgabe Nr. 42 (10/2011)
ISSN: 1869-4454

Einzelheft als pdf-Datei: 2,00 €

Impressum
Das Mitteilungsblatt SPEKTRUM erscheint halbjährlich jeweils im April und Oktober in der alleinigen Herausgeberschaft von Ernst Pollmann, 51375 Leverkusen, Emil-Nolde-Straße 12.
Redaktionelle Bearbeitung: Roland Bücke, Ernst Pollmann
Für den Inhalt sind die Autoren selbst verantwortlich.

Kontakt
Ernst Pollmann
Emil Nolde Straße 12
51375 Leverkusen

eMail: ernst-pollmann@t-online.de
Telefon: 0214-91829

Bankverbindung:
Konto Nr. 202029344; Bankleitzahl 37551440;
Sparkasse Leverkusen

Inhalt

		Seite
S. Heß	Wie das Nebulium zu seinem Namen kam - Ein Einblick in die Physik der verbotenen Linien	1
A. Voulgaris	Very strong sodium emission line observed in comet McNaught spectrum	5
Th. Bauer	Über die Möglichkeiten spektral-photometrischer Beobachtungen an P Cygni	8
E. Pollmann	Die internationale Konferenz „Astrospektroskopie für Amateure" im Rahmen des ATT 2011	19
E. Pollmann	Astrospektroskopie-Seminare der besonderen Art	21
P. Otero	Eindrücke und Erfahrungen einer Anfängerin am Spektroskopieseminar in der Haut Provence	23
B. Hanisch	Besonders erwähnenswerte Be-Sterne	24

Wie das Nebulium zu seinem Namen kam - Ein Einblick in die Physik der verbotenen Linien

(Sebastian Heß, Darmstadt)

Sir William Huggins - ein Amateurastronom (!) - richtete im Jahre 1864 als erster ein Spektroskop auf einen Planetarischen Nebel. Seine Begeisterung für seine Beobachtung spricht aus seinen Worten:

„On the evening of the 29th of August 1864 I directed the telescope for the first time to a planetary Nebula in Draco. The reader may now be able to picture himself to some extend the feeling of excited suspense, mingled with a degree of awe, with which, after a few moments of hesitation, I put my eye to the spectroscope. Was I not about to look into a secret place of creation? I looked into the spectroscope. No spectrum such as I expected!
A single bright line only!" *William Huggins (1824 - 1910)*

„Am Abend des 29. August 1864 richtete ich mein Teleskop zum ersten Mal auf einen Planetarischen Nebel im Drachen. Der Leser mag sich eine Vorstellung von der erregten Spannung gemischt mit einem Hauch von Ehrfurcht machen, mit dem ich nach einigen Momenten des Zögerns mein Auge an das Spektroskop setzte. War ich nicht gerade dabei in einen geheimen Platz der Schöpfung zu blicken? Ich sah in das Spektroskop. Kein Spektrum wie ich es erwartet hatte! Eine einzige helle Linie!'' (*Freie Übersetzung)*

Nach Huggins erster erfolgreicher spektroskopischer Beobachtung eines Planetarischen Nebels im Jahre 1864 und der Entdeckung des für ihn überraschenden Emissionsspektrums mit einer „einzigen hellen Linie" begann eine jahrzehntelange Jagd nach der Ursache der von Huggins beobachteten grünen Farbline. Grundsätzlich war bekannt, dass verschiedene Elemente unterschiedliche „Fingerabdrücke" in ihren Spektren hinterlassen.

Als dunkle Absorptionslinien sofern eine helle Hintergrundquelle durch ein kühleres Gas scheint, als helle Emissionslinie, wenn eine Lichtquelle das Gas von der Seite her zum Leuchten anregt, während sich dieses vor einem dunklen Hintergrund befindet. Doch trotz dieser Erkenntnis blieb die Erzeugung der von Huggins beobachteten Linie im Labor erfolglos und es war unmöglich, das beobachtete Spektrum einem bekannten Element zuzuordnen. Seitens der Experten wurde daher die Vermutung geäußert, dass es sich um das Spektrum eines neuen, auf der Erde unbekannten Elementes handeln könnte.

Es war zu Huggins' Zeit (1886), als man während einer Sonnenfinsternis auf der Sonne ein Element auf spektroskopischem Weg nachwies, welches auf der Erde ebenfalls unbekannt war und das man aufgrund seiner Entdeckungshistorie nach dem griechischen Sonnengott Helios benannte. Heute kennen wir dieses Element unter dem Namen Helium und wissen selbstverständlich, dass es – wenn auch nur in verhältnismäßig geringen Spuren - auf der Erde nachzuweisen ist.

So wurde das Huggins'sche Element ''Nebulium'' genannt und dessen Vorkommen im Gegensatz zu Helium nicht auf der Sonne, sondern vor allem in Planetarischen Nebeln postuliert. Hätte man zum damaligen Zeitpunkt bereits ein Spektrum aus einem Polarlicht gefertigt, so hätte es bereits einen deutlichen Hinweis auf die tatsächliche Ursache dieser in irdischen Laboratorien scheinbar „verbotenen" Linie gegeben.

Heute wissen wir, dass es sich bei dem Huggins'schen Spektrum nicht um eine, sondern um zwei nahe beieinander liegende Linien handelt, die durch einen ganz besonderen Übergangsprozess in den Elektronenhüllen von Atomen hervorgebracht werden. Um die Vorgänge dahinter zu verstehen und zu verdeutlichen, warum diese Übergänge der Elektronen zunächst nicht erzeugt und entdeckt werden konnten, müssen wir uns ein wenig näher mit diesen grundlegenden Prozessen auseinandersetzen.

Tatsächlich befinden sich die Elektronen nach dem Bohr-Sommerfeldschen Atommodell auf Kreis- und Ellipsenbahnen um den Atomkern. Während die Hauptquantenzahl n im vereinfachten Modell einer Nummerierung der Kreisbahnen von innen nach außen entspricht, gibt die Quantenzahl l (mit einem kleinen „L") den Drehimpuls und damit, in diesem vereinfachten Mo-

dell, letztlich soetwas wie die Elliptizität der Elektronenbahnen an. Tatsächlich findet man einen Zusammenhang zwischen Elliptizität und Drehimpuls auch in makroskopischen Systemen - etwa dem Planetensystem – weshalb der Begriff „Drehimpulsquantenzahl", also das „kleine L" („l") durchaus sinnvoll ist.

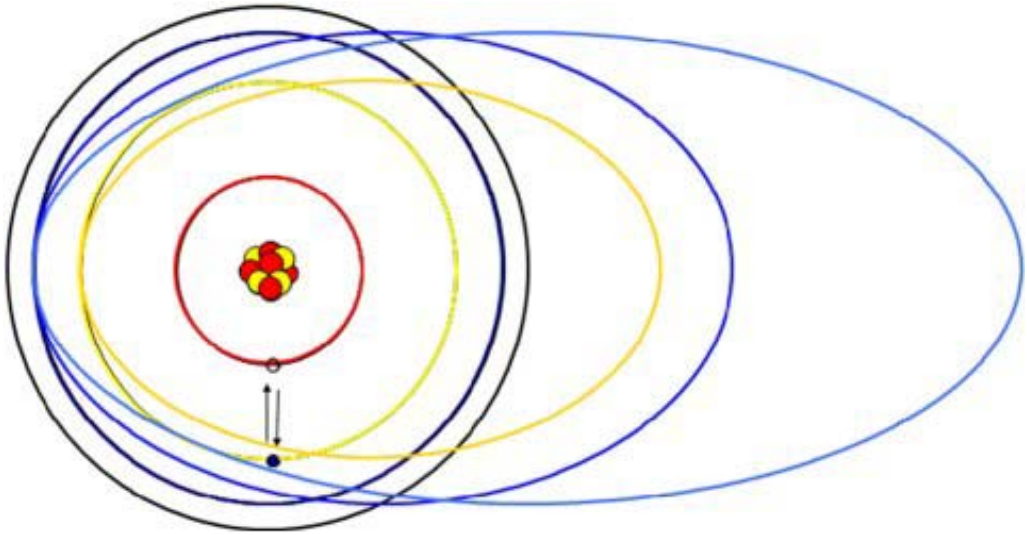


Abb. 1: Elektronenbahnen können nicht nur „kreisrund" sein. Das Bild zeigt schematisch und stark vereinfacht, dass zu jeder Hauptquantenzahl n (rot, gelb und blau) unterschiedlich stark ausgeprägte Ellipsenbahnen gehören. In Kombination mit weiteren Effekten führt dies beim Übergang der für die Absorption und Emission von Licht verantwortlichen Elektronen zur sogenannten „Feinstrukturaufspaltung".

Jeder Hauptquantenzahl n kann man nun genau n-1 Bahnen mit unterschiedlichem Drehimpuls zuordnen und es stellt sich heraus, dass die vorausberechneten Energien der Ellipsenbahnen nicht ganz identisch mit denen der Kreisbahnen sind. Tatsächlich findet man in Spektren immer wieder Linien, die – wenn man nur genau genug hinsieht – aus mehreren einzelnen Linien bestehen. Dies ist die sogenannte „Feinstrukturaufspaltung". Das intensive gelb der Natriumdampflampen der Straßenbeleuchtung ist beispielsweise eine Dublett - Linie. Wir finden sie auch im Spektrum der Sonne:

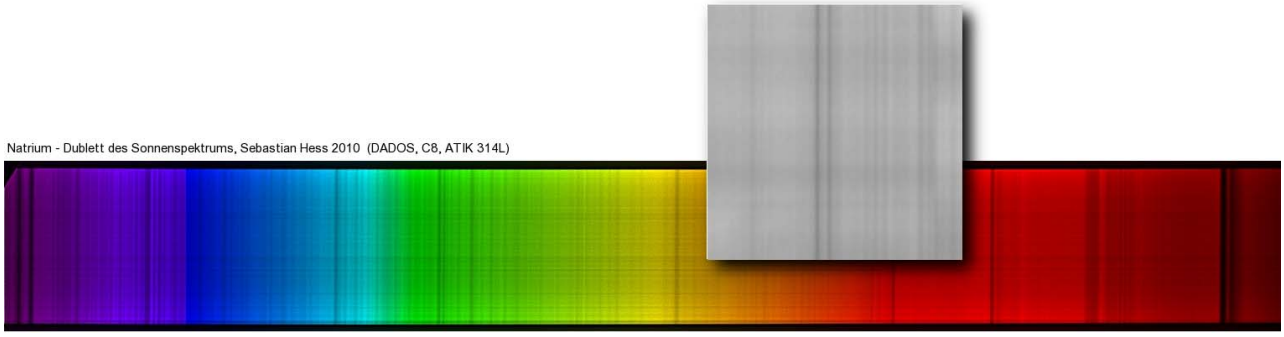
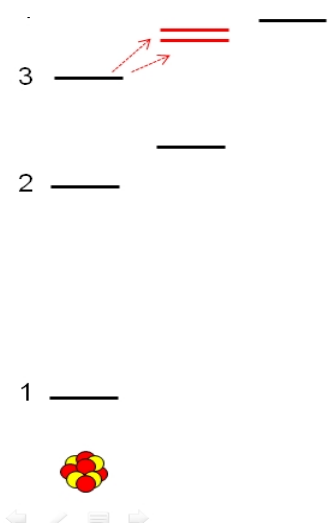


Abb. 2: Die Natrium – Dublett - Linie im Sonnenspektrum ist ein bekanntes Beispiel für die Feinstrukturaufspaltung. Während die im gelben Bereich des visuellen Spektrums markante Linie in niedriger Auflösung wie eine Einzellinie wirkt, zeigt die graue, höherauflösende Aufnahme deutlich die ihre wahre Natur als Doppellinie.

Leider reichen n und l nicht aus, um die Feinstruktur genau zu erklären. Um die Feinstrukturauflösung gemäß der experimentellen Beobachtungen wirklich beschreiben zu können, muss man noch eine dritte Quantenzahl einführen, die man sich im vereinfachten Modell jedoch wieder recht anschaulich machen kann: Der Spin des Elektrons. Im Grunde genommen ist der Spin ähnlich zu der makroskopischen Erfahrung, dass ein Körper eben nicht nur um einen anderen Kreisen kann, sondern auch um seine eigene Achse rotieren kann (nur dass ein Elektron eben kein Körper mit einer wirklich scharf definierten Ausdehnung ist). Der erste, e-

her zufällige experimentellen Hinweis auf den Elektronenspin gelang übrigens durch die Herren Stern und Gerlach im Jahre 1922 im Gebäude des Physikalischen Vereins in Frankfurt. Sie setzten ein Magnetfeld ein, welches die Atome je nach Ausrichtung der Spin-Achsen der Elektronen nach oben oder nach unten ablenkte. Allerdings war man sich darüber zunächst nicht bewusst. (Im Übrigen wird in diesem Zusammenhang auch deutlich dass es neben den drei besprochenen Quantenzahlen noch etwas geben muss, dass in irgendeiner Art und Weise dafür sorgt, dass die Ausrichtung der Spinachsen im Magnetfeld wirklich nur nach „oben" und nach „unten" zeigen kann, und somit wirklich nur diese beiden Ablenkungsrichtungen ermöglicht. Dies ist die sogenannte Raumquantisierung. Entscheidend ist, dass wir den Elektronenspin auf den Bahnen um den Kern zusätzlich berücksichtigen müssen, so dass sich für den beschrieben Natrium-Übergang folgendes Bild ergibt:



Wir sehen, dass es für die Existenz des bekannten Natriumdubletts genau zwei Gründe gibt:

1) Die Tatsache, dass es zusätzlich zu der Hauptquantenzahl unterschiedliche Drehimpulsquantenzahlen (also „Ellipsen") gibt, zwischen denen dieser Übergang stattfindet.

2) dass Spins in genau zwei unterschiedliche Richtungen zeigen und somit zwei Energieniveaus zur Folge haben können, die sich letztlich in den nahe beieinander liegenden Absorptionslinien bemerkbar machen.

Der Leser fragt sich vielleicht, ob der Spin alleine nicht ausreichen würde, um die Aufspaltung zu erklären. Nun – eine generelle Tatsache ist, dass man in der Natur (fast) nur Übergänge beobachtet, die zwischen Bahnen unterschiedlichen Drehimpulses stattfinden. Warum? Es mag zunächst merkwürdig klingen, doch auch Photonen besitzen einen Drehimpuls. Man kann diesen sogar sichtbar machen, indem man entsprechende Photonen auf eine drehbar gelagerte Platte treffen lässt, welche daraufhin in eine kleine, jedoch messbare Drehbewegung versetzt wird.

Bei einem Elektronenübergang von einem höheren auf ein niedrigeres Energieniveau wird also Drehimpuls durch ein Photon abgeführt und dieser wird via „Actio = Reactio" auf das Elektron übertragen. Da der Drehimpuls für uns im Bohr-Sommerfeldschen Atommodell wie beschrieben anschaulich einen Unterschied in der „Elliptizität" ausmacht, muss sich also genau diese ändern. Da dieser Vorgang zwangsweise stattfinden muss, kann es also nur Übergänge geben, die zwischen Zuständen unterschiedlicher Elliptizität, also unterschiedlicher Drehimpulsquantenzahl l stattfinden.

Warum „Fast"? Nun, in ganz seltenen Fällen kann es dazu kommen, dass sich stattdessen die Richtung des Elektronenspins ändert. Auch hier „dreht sich ja etwas um sich selbst" und ist somit geeignet bei einer entsprechenden Änderung, den durch das Photon abgeführten Drehimpuls auszugleichen. Solche Übergänge können auch zwischen Bahnen gleicher „Elliptizität" stattfinden. Es stellt sich heraus, dass ein solcher Spinflip während des Übergangs und in diesem Zusammenhang jedoch unglaublich selten ist und dass ihn fast nur solche Elektronen durchführen, die aufgrund ihrer Lage in den Energieniveaus und den Umgebungsbedingungen gar nicht anders können. So ist es viel öfter der Fall, dass Atome in diesem Zustand ihre Energie durch Zusammenstöße mit anderen Atomen aus ihrer Umgebung abgegeben, als durch einen solchen Übergang mit anschließender Photoemission. Allerdings können Stöße nur dann stattfinden, wenn die Umgebungsdichte ausreichend groß ist. Ist dies nicht der Fall, so bleibt den Atomen nach langer Zeit letztlich der Zerfall über den beschriebenen Spinflip Übergang und die bei normalen Dichten „verbotene Linie" wird sichtbar.

Abb. 4: [OIII] und Hβ. Dieses Spektrum sah Huggins, auch wenn er mit der damaligen Apparatur nicht alle Linien wahrnehmen konnte. Die beiden linken, hellen und blaugrünen [OIII] Linien des zweifach ionisierten Sauerstoffs erstrahlen nur dann, wenn die Umgebungsbedingungen es zulassen.

Damit schließt sich der Kreis: Auch bei den Planetarischen Nebeln beobachteten Linie handelt es sich Lichtemission durch einen Spin–Flip Übergang. Ira Sprague Bowen löste schließlich das Rätsel des Nebuliums : In seiner Apparatur – einer Bogenlampe - zeigte sich im Jahr 1927 die Natur der Nebulium – Linie: Es ist der „verbotene" Spinflip – Übergang des zweifach ionisierten Sauerstoffs [OIII], der die Forscher über viele Jahre an der Nase herumgeführt hat.

Die Tatsache, dass Planetarische Nebel in eben jenem Licht leuchten, zeigt uns, dass es dort größere Mengen an Sauerstoff gibt. Aber eben auch, dass dort die Dichte ausreichend gering sein muß. So gering, dass es nicht zu Stoßabregungen kommen kann. Genau wie in den äußeren Schichten unserer Erdatmosphäre, wo in den Polarlichtern die Anregung und die Ionisation durch den Sonnenwind geschieht, die Abregung unter Photoemission aufgrund der äußerst geringen Dichten durchaus über Spinflip-Übergänge geschehen kann. Die ansonsten verbotene grüne Linie wird sichtbar.

Auf der Erde und - jedem Leser in der Anwendung bekannt - führen die in diesem Artikel im Detail benannten Vorgänge zu technisch relevanten Zuständen in den Atomen von Festkörpern oder Gasen. Es sind genau diese langlebigen (metastabilen) Übergänge, welche die zur Erzeugung von Laserstrahlung wichtigen, invertierten Zustände ermöglichen. Denn damit das Licht in einem Laser zum exakt richtigen Zeitpunkt technisch abgerufen werden kann, müssen sich in den energetisch höheren Niveaus mehr Elektronen befinden, als in den energetisch niedrigeren. Ein Zustand, bei dem die Physik, die auch hinter der Entdeckungsgeschichte des Nebuliums steht, die entscheidende Rolle spielt.

Lieber Leser - Ich hoffe, eine neue Tür einen kleinen Spalt weit geöffnet zu haben. Vielleicht ist es gelungen, bewusst machen, dass hinter den Verbotenen Linien höchst interessante atomphysikalische Prozesse stehen, die nicht zuletzt Aufschluss auf die physikalischen Umgebungsbedingungen in Planetarischen Nebeln und dem Entstehungsgebiet der Polarlichter liefern.

(Ich bitte darum mich zu zitieren falls die möglicherweise neuen gewonnen Erkenntnisse Eingang in eigene Arbeiten - insbesondere Schülerarbeiten - finden sollten).
(www.sebastian-hess.eu))

VERY STRONG SODIUM EMISSION LINE OBSERVED IN COMET MCNAUGHT (C/2006 P1) SPECTRUM

Aristidis Voulgaris, Evrivias 5C, 542 50, Thessaloniki
arisvoulgaris@gmail.com

ABSTRACT

A very strong Sodium (Na I) emission line was recorded in comet McNaught (C/2006 P1) spectrum during the perihelion passage of the comet. Although references of Na line emission in comets spectra can be found in bibliography, this is probably the first time that such a strong Na emission line has been recorded. In this paper, the equipment and the method of recording the comet's spectrum is described, together with the calculation of the relative intensity of the Na emission line to the continuum spectrum.

On January 10, 2007, at 15:50 UT, a strong Sodium (Na I) emission line was recorded in comet McNaught (C/2006 P1) coma, which was then at a perihelion (comet's heliocentric distance 0.206 AU). The observation took place in Livadi (35Km East from Thessaloniki, Greece, latitude 40° 30' 58,26'' N , lognitude 23° 10' 41,93'' E and high 372m above sea level).

A digital SLR camera adapted to a low dispersion spectrograph (hand made by the author), for recording the spectrum, with the following specifications: 100 line/mm transmission grating, 20 μm slit width and a resolution of 8 Å/pixel. A Carl Zeiss telephoto lens (180 mm, f/2.8) was used to project the comet's light at the spectrograph's slit. The setup of the reflecting slit during the recording of the spectrum enabled the simultaneous aiming and driving of the optical system (spectrograph and telephoto lens).

The recording took place in twilight, 30 minutes after sunset. As a result, characteristic Fraunhofer absorption lines from the solar spectrum were also recorded, together with terrestrial absorption lines from water vapor and oxygen in Earth's atmosphere. A continuous (solar) spectrum can be observed in the position corresponding to the bright coma, much brighter than the daylight spectrum, which is generated by the reflection and dispersion of sunlight from the comet's nucleus and coma dust particles, and also a very strong yellow emission line (fig.2,B). Mercury (Hg) and Sodium (Na) vapor lamps were used in daylight for the calibration of the instrument. The analysis showed that at the position of the dark absorption lines of Na (Fraunhofer) in the daylight (solar) spectrum, a strong emission line from Na I was recorded, corresponding to D_1+D_2 D_1= 5890 Å, D_2=5896 Å (the strong yellow emission line was exactly

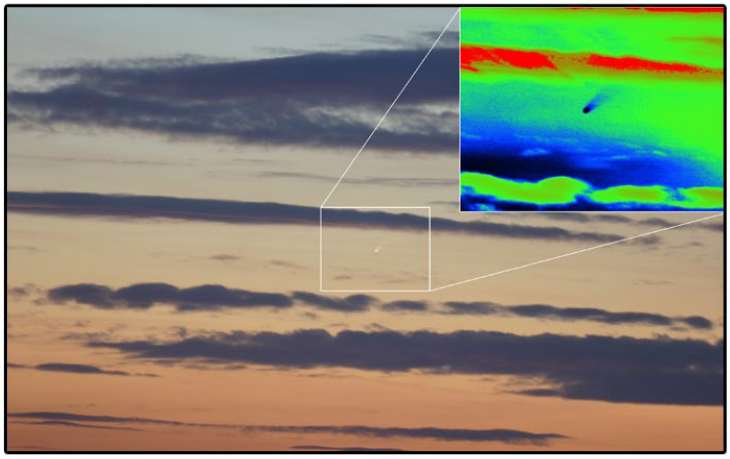


Figure 1: Comet McNaught (C/2006 P1), on January 8, 2007 at 16:55 UT. A bright coma and its tail can be seen. Up right coner the comet McNaught in false color.

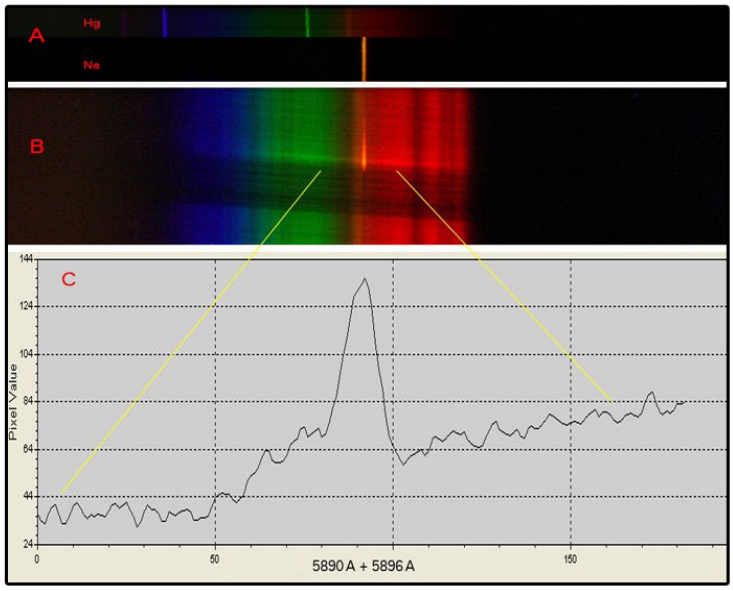


Figure 2: Comet McNaught's spectrum recorded on January 10, 2007, at 15:50 UT. A) Calibration spectrum using Hg and Na vapor lamps. B) The strong Na line emission in the comet's spectrum, together with the daylight spectrum background.
Within the spectrum, a solar continuum can be seen, stemming from reflection and diffusion of solar light in the nucleus and coma. C) A cut through the spectrum of the comet, showing the Na line emission together with the daylight solar spectrum.

coincident with the Na vapor lamp emission).The strength of the emission line (D_1+D_2) from the comet's spectrum is six times (6σ) stronger relative to the background (daylight spectrum + comet's continuum) (fig.2,C). After subtracting the daylight spectrum, the intensity of the Na emission line (fig.3,D) is more than eleven times (11,55σ) stronger than the comet's continuous spectrum (fig.3,E), meaning that the comet is strongly yellow tinted, due to the emission of excited Na atoms.

The same emission line was also recorded (fig.4) on January 11, 2007 at 16:55 UT (comet's heliocentric distance 0,17 AU), using a different spectrograph, also constructed by the author, with a 600-line/mm reflecting grating and a long slit width of 1 mm (1000 μm) i.e. almost slit-less spectrograph.

On January 13, 2007 at 16:43 UT (comet's heliocentric distance 0,18 AU), using the first spectrograph, a medium intensity Na emission line was recorded, which was about 3 times stronger relative to the background (daylight spectrum + comet's continuum) and 7 times (7σ) stronger than the continuum spectrum of the comet (fig.5).

On January 14, 2007, (comet's heliocentric distance 0,19 AU) however, no Na line emission was recorded.

The bibliography gives a reference for the line emission from Na atoms in comet's spectra, but not as strong as the one recorded in comet's McNaught spectrum on January 10 2007. A rich in Na tail was observed in comet Hale - Bopp[1] [2]. A decrease in the relative intensity of the Na emission line to the comet's continuous spectrum was recorded at the time of perihelion passage for Hale - Bopp[3] (as a result of the Swings effect). Furthermore, Na emission was detected in comet Mrkos' head at the time of its perihelion passage[4].

This is clearly also the case for comet McNaught 2006 P1, since the observed Na emission line is connected with its perihelion passage. Absorbing a large amount of solar radiation, Na atoms were excited, either directly by the Sun's heat or by fluorescence[5].On the other hand, no Na line emission showed up in spectroscopic analysis of periodic comet Encke[6]. A possible explanation is that due to the frequent perihelion passages of the comet, most of it sublimated.

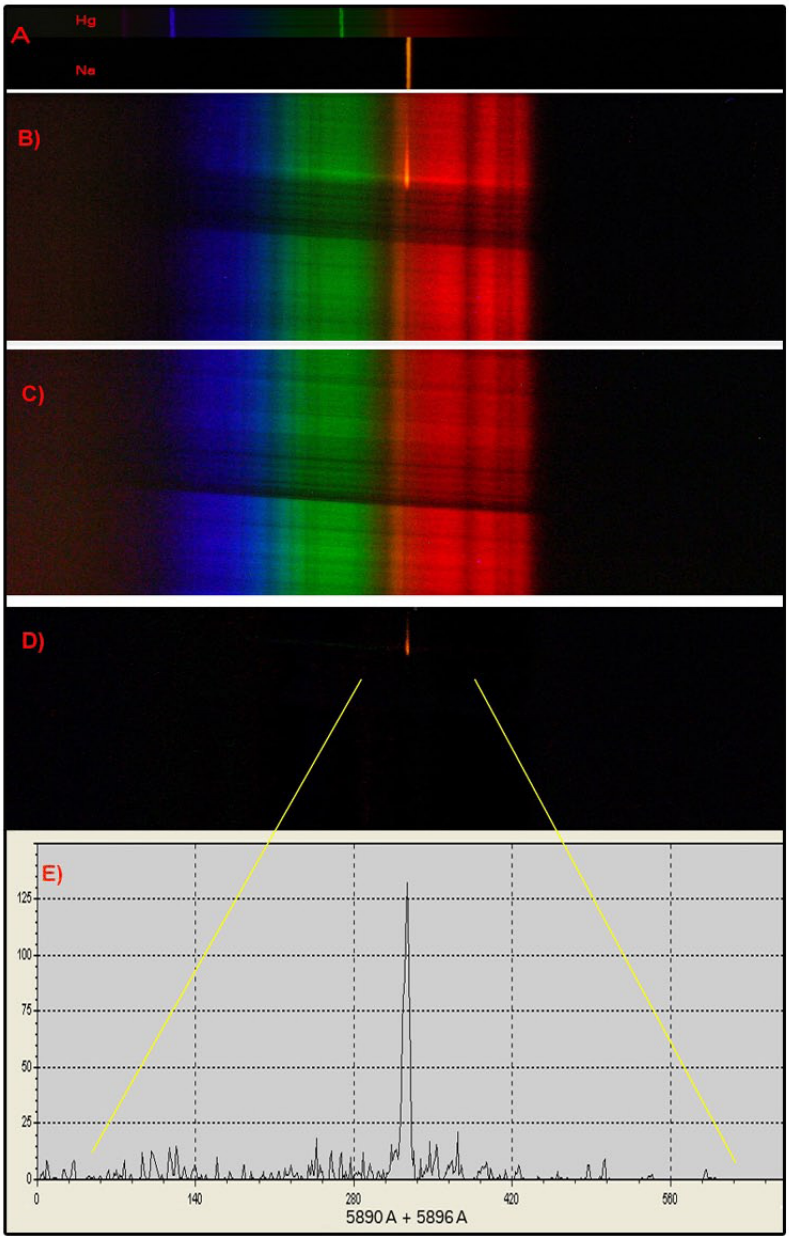


Figure 3: Comet McNaught's spectrum recorded on January 10, 2007, at 15:50 UT A) Calibration spectrum using Hg and Na vapor lamps. B) The strong Na line emission in the comet's spectrum, together with the daylight spectrum background.
Within the spectrum, a continuum can be seen, stemming from reflection and diffusion of solar light in the nucleus and coma. C) Daylight spectrum (solar spectrum) recorded by dispersion of sunlight in the Earth's atmosphere, without projecting the comet in the slit of the spectrograph. D) Digitally subtracting image C from B (B-C) , eliminates the background spectrum. E) A cut through the spectrum, after the subtraction. The emitted light in the Na line emission is more than eleven times stronger than the reflected sunlight in the comet's nucleus and coma.

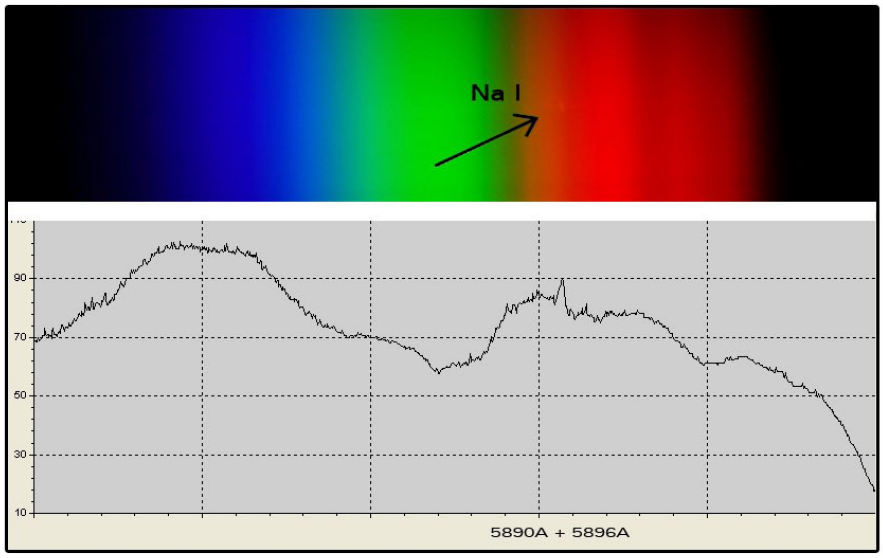


Figure 4: The comet's Na emission (shown with the arrow) on January 11, 2007, at 16:55 UT, recorded with the second spectrograph, having a slit width of 1 mm, shows the strong emission Na line.

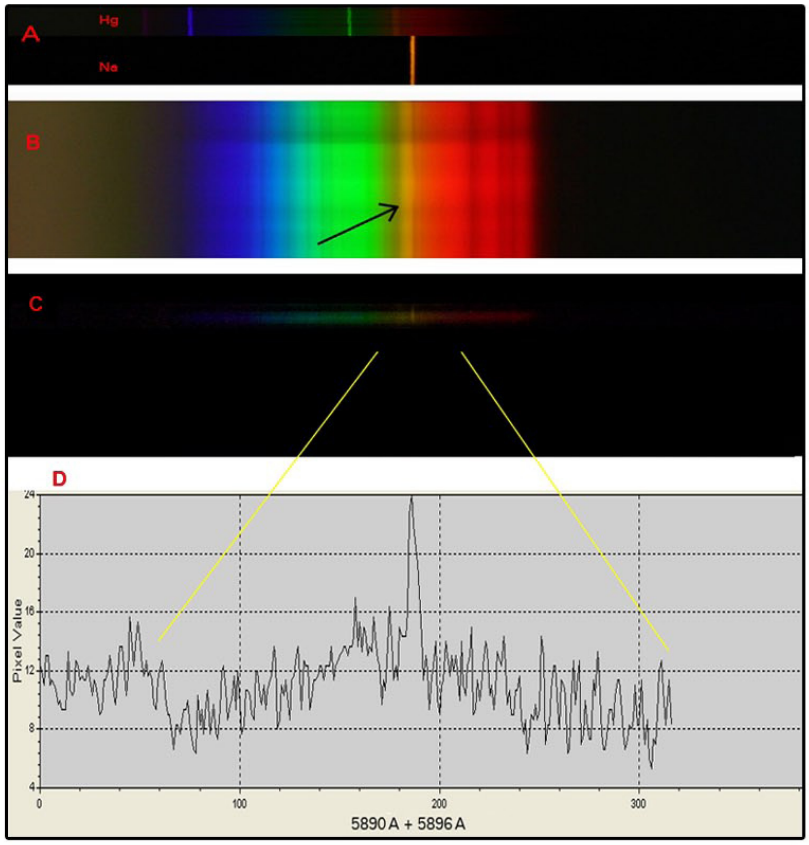


Figure 5: The comet's spectrum on January 13, 2007, at 16:43 UT. A) Calibration spectrum using Hg and Na vapor lamps. B) A medium intensity emission line of Na (interrupting the absorption line $D_{1,2}$ of the Sun spectrum). D) A cut through the spectrum C, (after the digitally subtraction of the daylight solar spectrum). The intensity of the Na line emission is seven times stronger than the comet's continuum spectrum.

REFERENCES

1. Cremonese, G.; Boehnhardt, H.; Crovisier, J.; Rauer, H.; Fitzsimmons, A. A.; Fulle, M.; Licandro, J.; Pollacco, D.; Tozzi, G. P.; West, R. M. (AAS1997ApJ,490L,199C)
2. Cremonese, G.; Boice, D. C.; Huebner, W. F.; Rauer, H. (AAS1999DPS,31,3508C)
3. Furusho, Reiko; Kawakita, Hideyo; Fujii, Mitsugu (2005ApJ,618,543F)
4. Ibadov, S.; Ibodov, F (36 Cospar SA 2006cosp,36,104I)
5. Furusho, Reiko; Kawakita, Hideyo; Watanabe et al (AJ, 2005,ApJ,618,543F)
6. Goraya, P. S.; Rautela, B. S.; Sanwal, B. B.(1987EM&P,37,53G)

Über die Möglichkeiten spektral-photometrischer Beobachtungen von P Cygni

(Thilo Bauer)

Zusammenfassung

Die internationale Beobachtungskampagne von AAVSO, ASPA und dem BAV hat sich das Ziel gesteckt, den LBV Stern P Cygni mit Methoden der Spektroskopie und Photometrie über einen längeren Zeitraum zu untersuchen. Diese Arbeit gibt einen Überblick über spektroskopische und photometrische Methoden sowie Befunde zu P Cygni. Ziel dieser Arbeit ist es Anhaltspunkte zu finden, die bei der Gestaltung von photometrischen und spektroskopischen Beobachtungsprogrammen hilfreich sein können. Es wird insbesondere darauf hingewiesen, dass die Helligkeit des Sterns und auch spektroskopische Details offenbar auf mehreren unterschiedlichen Zeitskalen variieren. Diese Arbeit präsentiert ferner eigene Detailstudien der näheren Umgebung von P Cygni im Licht der Hα Linie. Der Beobachtungsbericht verdeutlicht auch die Schwierigkeiten, mit denen Beobachtungen an P Cygni verbunden sein werden. Präzise photometrische Beobachtungen erfordern eine sorgfältige Wahl der Mittel auch aufgrund des enormen Helligkeitsumfangs. Abschließend werden einige Beobachtungshinweise gegeben.

Einleitung

P Cygni ist gegenwärtig Gegenstand des Interesses im Rahmen einer internationalen Beobachtungskampagne der AAVSO (American Association of Variable Star Observers), ASPA (Active Spectroscopy in Astronomy) und des BAV (Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V.). So sollen insbesondere Zusammenhänge zwischen spektroskopischen und photometrischen Gegebenheiten beobachtet werden. Bei einer Literaturrecherche zu diesem Stern, die ich kürzlich vornahm, ergaben sich einige neue Aspekte, die mein Interesse weckten und mich zu ersten Beobachtungen anregten. Es ist ein Ziel dieser Arbeit, anhand bisheriger wissenschaftlicher Ergebnisse einige Besonderheiten des Sterns herauszustellen, die Aufschluss geben, welche Beobachtungsverfahren eingesetzt werden können, um die Kampagne erfolgreich zu gestalten.

Der Stern P Cygni

Die Bezeichner der hellsten Sterne in den Sternbildern sind meist nach ihrer visuellen Helligkeit sortiert. So verzeichnet man für den Schwan einen Stern, dessen Helligkeit sich um Vmag=4.7 bewegt, mit dem Buchstaben P, kurz *P Cygni*. Er ist auch unter folgenden Synonymen katalogisiert: 34 Cyg, HD 193237 (Cannon & Pickering, 1918), BD+37 3871 (Bonner Durchmusterung), SAO 69773 (Smithsonian Astrophysical Obs.). In den neueren Durchmusterungen mit Satelliten, ist P Cygni unter anderem auch als IRAS 20159+3752 verzeichnet. Genauere Position und Eigenbewegung dieses Sterns wurden mit dem Hipparchos Satelliten ermittelt. So trägt er hier auch die Katalogbezeichnung HIC 100044 bzw. TYC 3151-3442-1 im Tycho Katalog. Einige der älteren Kataloge sind heute in der Astronomie nicht mehr gebräuchlich. Häufiger noch trifft man Henry Drapers (HD) Bezeichnung in der moderneren Literatur an. Obwohl dieser Katalog ebenso als überholt gelten sollte, hat er in der vorwiegend englisch sprachigen Literatur offenbar noch eine gewisse historische Bedeutung. Es empfiehlt sich bei der Beschreibung des Sterns wohl den Namen P Cygni zu verwenden und andere Bezeichner, wie die SAO Katalognummer zu vermeiden. Auch wenn aktuelle digitale Ausgaben des SAO Katalog gelegentlich überarbeitet und inzwischen auch auf die Epoche 2000.0 umgearbeitet wurden, repräsentieren diese Kataloge keine besonders aktuellen Angaben. Der wohl wichtigste Grund für meine generelle Empfehlung ausschließlich den Namens *P Cygni* zu verwenden liegt jedoch in den charakteristischen Eigenarten des Spektrums, das stellvertretend für eine ganze Klasse von Sternen steht. Der Astronomie Service Simbad der Universität Strasbourg listet bereits 951 Arbeiten für P Cygni und ähnliche, nach ihm klassifizierte Sterne (Stand: Januar 2011). Nicht alle Arbeiten vor 1980 sind von den fleißigen Mitarbeitern des Astrophysics Data System, einer Gemeinschaftsarbeit des Smithsonian Astrophysics Observatory und der NASA bereits online verfügbar. So will ich meine Literaturrecherche vorwiegend auf den Astronomy Abstract Service und hier frei verfügbare Ablichtungen älterer Artikel beschränken. Um die Literaturrecherche anderer Beobachter zu fördern und zu unterstützen, habe ich die entsprechenden Web URLs der

Webdienste im Literaturverzeichnis angegeben. Bis auf zwei genannte Bücher, sind die Arbeiten zu P Cygni über die genannten Online Services als PDF Dokument abrufbar.

P Cygni wird heute zu der Gruppe der besonders leuchtkräftigen blauen Veränderlichen gezählt (engl.: Luminous Blue Variable, kurz LBV). So beschreibt ihn *De Groot (1987)* als einen Überriesen (Stern), dessen Beobachtung besonders lohnenswert erscheint. Die blaue Farbe bezieht sich auf die hohe Temperatur der Sternoberfläche, welche heiße Sterne besonders auch im Visuellen und blauen Spektralbereich erscheinen läßt. Das Spektrum des Lichts von P Cygni birgt ferner weitere, recht spezielle Eigenheiten, die die Astronomen veranlasste, diesen Stern einer eigenen Klasse von Sternen zuzuordnen. So wurden von Mitarbeitern der Europäischen Südsternwarte (ESO) auch am Südhimmel Sterne vom P Cygni Typ in den großen Magellanschen Wolken, unseren nächsten Nachbargalaxien, photometrisch untersucht *(Wolf et al., 1987)*. Die eigene Klasse von Sternen ist zum einen den spektroskopischen Besonderheiten, aber auch der Variabilität der P Cygni Sterne geschuldet. Diese leuchtkräftigen Sterne, von denen man auch annimmt, dass sie sehr jung sind, stellen oftmals auch die wenigen Typen von herausragenden Einzelsternen dar, die aufgrund ihrer enormen Helligkeit in fernen Galaxien beobachtet werden können. Mit zunehmender Entfernung nimmt jedoch die Wahrscheinlichkeit zu, dass man keinen einzelnen Vertreter dieser Überriesen in einer Galaxie beobachtet, sondern stattdessen einen ganzen Sternhaufen. So diskutiert man in der Literatur innerhalb der Gruppe der Überriesen mit den Spektralklassen O und B gelegentlich auch auch vermutete *supermassive* Sterne. Doch konnten einige von ihnen zweifelsfrei als Sternhaufen erkannt werden, wie etwa der vermeintlich supermassive Einzelstern HD 32228, dessen Spektrum Elemente eines Wolf-Rayet Stern beinhaltete. HD 32228 wurde von mir früher als junger Sternhaufen aufgelöst und diskutiert *(Bauer et al. 1996)*.

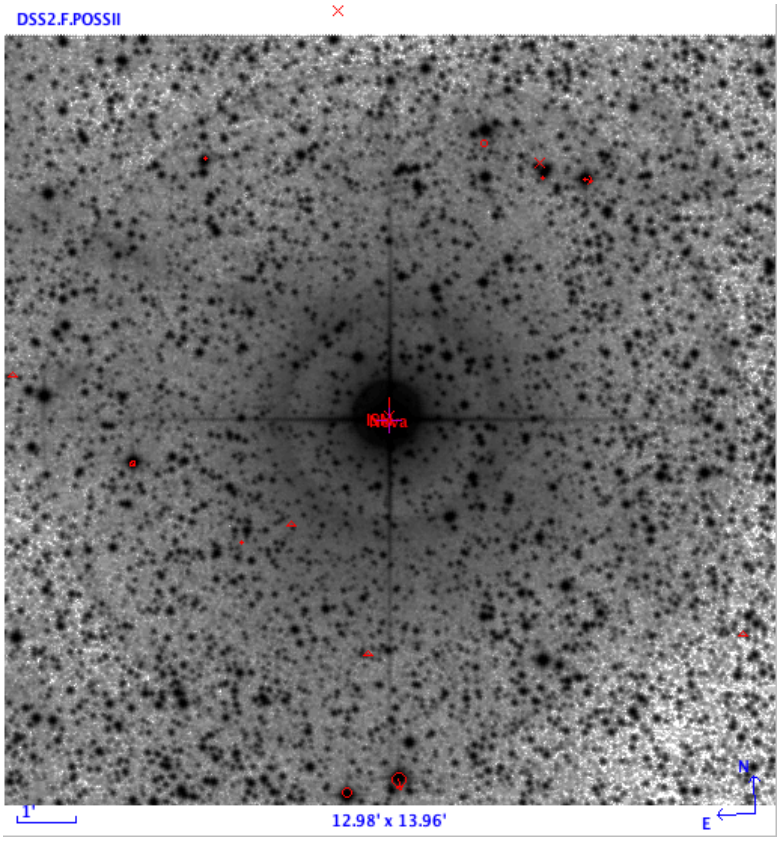


Abb. 1: Die nähere Umgebung um P Cygni beinhaltet viele wesentlich schwächere Einzelsterne und läßt bei hoher Konstrastierung der POSS Plattenaufnahmen schwach leuchtendes, interstellares Gas erahnen. Zunächst könnte man meinen, die diagonale Aufhellung des Untergrunds im linken oberen Bildquadranten wäre auf einen Reflex in der Optik zurückzuführen. Detailausschnitt des Palomar Survey. Quelle: Aladin Software, Centre de Données astronomiques de Strasbourg.

Von P Cygni dürfen wir aufgrund seiner Nähe zum Sonnensystem vorläufig annehmen, dass es sich um einen Einzelstern handelt. Doch gab es Hinweise, dass es sich möglicherweise um

einen Bedeckungsveränderlichen vom W UMa Typ handelt. Dazu mehr im übernächsten Abschnitt. P Cygni ist Mitglied der Cygnus OB 1 Assoziation, einer Ansammlung vieler O und B Sterne welche wiederum in einzelne Haufen zerfällt *(Van Schewick, 1968)*. So besteht aufgrund der Sterndichte in Cygnus OB 1 eine gewisse Gefahr im Sichtfeld auch weitere optische oder gar physische Begleitsterne in der nahen Umgebung zu beobachten. Dies illustriert die Abb. 1, die einen nur etwa 15 Bogenminuten großen Ausschnitt um P Cygni darstellt. Die hellsten Sterne im Feld um P Cygni (V~4,7) liegen unterhalb einer Helligkeit von nur knapp V~10.0 im visuell sichtbaren Licht. Dies entspricht einem Helligkeitsunterschied von fünf Größenklassen oder zwei Zehnerpotenzen (Faktor 100). So möchte ich anmerken, dass aufgrund der Sterndichte Vorsicht geboten ist, photometrische Helligkeiten je nach verwendeter Methode ohne Weiteres zu interpretieren. Insbesondere gilt dies zu beachten, wenn ultra-präzise Methoden der Photometrie angewandt werden, welche voraussetzen, dass der Stern absichtlich defokussiert ist und so mit Umgebungssternen überlappend abgebildet ist.

Spektroskopische Befunde

Schon recht früh fiel Beobachtern auf, dass P Cygni ein charakteristisches Spektrum zeigt, sobald man das Licht mit Hilfe der Spektralanalyse untersucht. *Vogel (1895)* beschrieb die spektroskopischen Untersuchungen an Clèveite, ein Mineral für das man die Linien des Helium in dem austretenden Gas gefunden hat. Dabei trat vor allem die D3 Linie des Helium besonders stark in Erscheinung. Clèveite ist ein Uran haltiges Mineral, welches Helium durch den Kernzerfall erzeugt. *Vogel (1895)* nutzte dieses austretende „Mineralgas" (Helium) damals für die Kalibration von Sternspektren. *Vogel (1895)* verglich die Sternspektren und notiert in seiner Arbeit eine Randbemerkung über den Stern P Cygni: *„It should be mentioned here that, according to Keeler's observations ..., the variable star P Cygni has a double spectrum resembling that of β Lyrae, and that there are present in the spectrum of this star, besides the hydrogen lines Hγ und Hβ and perhaps the D lines, the lines λ 4922, λ 5016 and D3 of the spectrum of the Clèveite gas."*

In der gleichen Ausgabe des Astrophysical Journal ergänzt *Campbell (1895)* für den Stern P Cygni, dass er den Stern in eine Liste von Sternen aufnahm, für die sowohl eine Emissionslinie als auch eine Absorptionslinie des Wasserstoffs im Spektrum zu finden sei. Beide Autoren verweisen hierbei auf eine Beobachtung von *J. E. Keeler*, welche leider nicht online verfügbar ist. Dieser Befund gleichzeitiger Emission und Absorption im Spektrum wird von *Bélopolsky (1899)* noch einmal bestätigt. Mir erscheinen einige andere Arbeiten ebenso interessant. So notiert *Herbig (1962)* er habe herausgefunden, dass die Ni II Linien (Nickel) im Spektrum des Sterns doppelt bzw. verschoben erscheinen und berechnet verschiedene Radialgeschwindigkeiten von Liniendetails. Es findet dies bei Wellenlängen zwischen 337 nm und 377 nm statt. Auch diskutiert *Herbig (1962)* bereits sehr früh die Möglichkeit, dass es sich um Details einer Sternhülle handeln könne. Doch würde er begleitende Linien wie die des Kalzium und Eisen in diesem Spektrum vermissen, welche mit einer Hülle in Zusammenhang stünden. Der angegebene Spektraltyp von P Cygni variiert in der Literatur, war und ist offenbar nicht eindeutig zu bestimmen. Wurde der Spektraltyp 1986 noch als B1 Ia+ angegeben, gibt die Datenbank Simbad (Centre de Donnees de Strasbourg, im Januar 2011) einen Spektraltyp B2pe aus, wobei „pe" für peculiar steht, was ein sehr spezielles Spektrum meint. Neuerdings ergeben sich bestimmte Perioden, die spektroskopisch auf großen Zeitskalen beobachtet wurden (Pollmann und Bauer, 2010).

Photometrische Variabilität

Vogel (1895) beschrieb den Stern in seiner Arbeit bereits als einen veränderlichen Stern, verweist auf einen anderen Beobachter. *Kharadse und Mahalashvili (1967)* ergänzten eine Periodizität des Sterns über den relativ kurzen Zeitraum von 0.500656 Tagen. Solche Perioden sind in einer Nacht beobachtbar. Die Amplitude dieser Schwankung wird mit 0.1 mag angegeben und wurde photo-elektrisch vermessen. Die Autoren beschreiben die Lichtkurve als typisch für einen Veränderlichen vom W UMa Typ. Die abgebildete Lichtkurve läßt in der Tat eindeutig eine Periodizität erkennen. So könnte sich für P Cygni der Befund ergeben, dass es sich nicht um einen Einzelstern handelt oder zumindest Material vorhanden ist, dass gewisse zyklische Verdunklungen bewirkte. Noch im gleichen Jahr berichten *Alexander & Wallerstein (1967)*, keine Periode gefunden zu haben. *Fernie (1969)* bestätigt, dass er diese Variabilität auch über einen längeren Beobachtungszeitraum nicht finden könne und legt eine 40 tägige Periode mit kleiner

Amplitude nahe (0.04 mag). *Mattei (1974)* notiert für P Cygni: *„This nova-like star was nearly constant with observations scattered between 4.5 und 5.4 magnitude.*" Leider ergibt sich aus dieser Veröffentlichung nicht die gewählte Beobachtungsmethode. Es kann jedoch vermutet werden, dass es sich um visuelle Beobachtungen handelt, da im Rahmen dieser enormen Helligkeitsschwankung von einer Streuung die Rede ist. *Percy et al. (1996)* präsentieren photometrische UBV Messungen aus den Jahren 1985-1993. Die Autoren beschränken sich bei der Abbildung der Lichtkurven jedoch auf die V Helligkeiten und diskutieren Perioden auf Zeitskalen von 40, 120 und 160 Tagen. Schließlich sei auch noch auf die Möglichkeit hingewiesen P Cygni in Hα photometrisch zu verfolgen, wie es von *Cester et al. (1977)* vorgeschlagen und methodisch beschrieben wurde.

Alle bisherigen Ergebnisse erscheinen untereinander völlig inkonsistent hinsichtlich der Variabilität, einer angenommenen Periodizität, bestimmten Perioden und Amplituden der Helligkeitsschwankungen. Auch erscheinen alle bisherigen Ergebnisse insofern bemerkenswert, als neuere spektroskopische Untersuchungen offenbar noch längere Zeiträume einer Variabilität ergeben. So berichtet Ernst Pollmann bereits über eine lange Periode von knapp 1278 Tagen, welche von Beobachtern auf spektroskopischem Wege aus der Variabilität der Hα Linie ermittelt werden konnte *(Pollmann und Bauer, 2010)*. Ich darf anmerken, dass wir es möglicherweise bei diesem Stern P Cygni mit einigen weiteren Kuriositäten zu tun haben.

So darf durchaus auch vermutet werden, dass es sich um einen irregulär Veränderlichen handelt mit Variationen der Helligkeit auf verschiedenen Zeitskalen. Periodische Helligkeitsschwankungen auf kleinen Zeit- und Helligkeitsskalen können zudem auch auf Sonnenflecken oder andere Ereignisse hinweisen. Inwieweit nun spektroskopische Befunde mit den photometrischen Variationen korrelieren, darf durchaus als eine spannende Aufgabe betrachtet werden, die die Aktivitäten dieses Sterns beschreiben kann.

Sternatmosphäre und interstellare Materie

Neuere Ergebnisse für diesen Stern liegen vor, die sich mit seiner Atmosphäre und der interstellaren Materie beschäftigen, die P Cygni umgeben. Will man näheres über die Umgebung des Sterns in Erfahrung bringen, so könnte es von Interesse sein die mit den Mitteln der Spektroskopie behaupteten Materieauswürfe nachzuweisen. Sofern sich diese als leuchtendes Gas zeigen, würde man diese eventuell mit speziell gestalteten Stern-Koronografen nachweisen können. Vermutlich hat der Stern im Verlauf seiner Ausbrüche bereits eine Gasblase erzeugt, die getrieben von stellaren Winden nach außen driftet. So genügt in diesem Fall die Beobachtung in schmal-bandigen Interferenzfiltern, falls die Materie in erheblicher Menge vorliegt, wie dies bei P Cygni vermutet wird. *Chesneau et al. (2000)* zeigen erste Beobachtungen mit adaptiver Optik im Licht der Hα Linie.

Die Bildrekonstruktionen legen unregelmäßig verteilte Materieansammlungen um P Cygni nahe. Ob es sich um Gas oder stellare Komponenten handelt, kann freilich anhand der einzelnen Aufnahme in einem einzigen Wellenlängenbereich nicht zweifelsfrei geklärt werden. Die von den Autoren gezeigten Abbildungen entsprechen einem Bildfeld von knapp 2 Bogensekunden und der Auflösung eines beugungsbegrenzt arbeitenden 1,5m Spiegels. Dies läßt erahnen, welchen Aufwand man in der Amateurastronomie treiben müsste, um solche Beobachtungen nachzuempfinden oder die Ergebnisse gar zu bestätigen. Obwohl ich es nicht gänzlich für unmöglich halte, hohe Auflösung mit Amateurmitteln zu erzielen, etwa mit Verfahren der Super-Resolution. Anhand der Bilder kann vermutet werden, dass zumindest ein gewisser Lichthof in Hα oder anderen typischen Emissionslinien vorhanden sein könnte, der im Bereich von einer Bogensekunde oder mehr um den Zentralstern verteilt ist. Die Arbeit liefert jedoch praktisch kaum verwertbare Informationen für größere Bildwinkel.

Während man einerseits Interesse an der optischen Umgebung und Atmosphäre des Sterns selbst hat, gibt es hin zu größeren Bildfeldern, ebensolches Interesse an bildgebenden und spektroskopischen Untersuchungen. Eine neuere Arbeit betrachtet etwa das interstellare Gas in der Cygnus Region und hier insbesondere um P Cygni. Bereits aus *Abbildung 1* der Palomar Durchmusterung läßt sich andeutungsweise eine Aufhellung im Bilduntergrund erkennen, die bei starkem Bildkontrast mehr oder weniger deutlich erkennbar wird. Zunächst könnte man vermuten, es handle sich um einen Plattenfehler oder einen Reflex um den recht hellen Stern

selbst. Hingegen demonstrieren *Meaburn et al. (1999)* mit Weitfeldaufnahmen und einem Echelle-Spektrografen, wie sie aus der Linienverschiebung der Stickstofflinien verschiedene Radialgeschwindigkeiten des bewegten, interstellaren Mediums ermitteln konnten. Es ist eine eindrucksvolle Arbeit, aus der sich die Bildentsprechung der Spaltlage des Spektrographen sehr schön entnehmen läßt.

Das interstellare Medium besteht hier aus sehr schwach leuchtendem Gas, welches offenbar über ein großes Himmelsareal im Cygnus II Komplex verteilt ist. Insbesondere um P Cygni herum existiert in nordöstlicher Richtung also eine Art Schweif, ein *giant lobe*. Ob er mit dem Stern verbunden ist, oder gar vom Stern ausgeworfenes Material darstellen könnte, ist eine interessante Fragestellung. In einer neueren Arbeit geben *Meaburn et al. (2004)* auch Hinweise auf die erforderlichen Belichtungszeiten für die photografische Abbildung des *giant lobe*. Es handelt sich um Aufnahmen, die im Licht von Hα sowie O III mit einem 30 cm Cassegrain gewonnen wurden. Die Belichtungszeiten betrugen 4800s für Hα und 7200 s für O III. Solche Experimente wären für Amateure durchaus nachvollziehbar.

Eigene Experimente

Die bisherigen Untersuchungen an P Cygni sind sehr widersprüchlich. So meine ich, dass hier noch Raum für neuere Untersuchungen und Erkenntnisse existiert, die der Aufklärung der wahren Natur von P Cygni dienen. So habe ich im vergangenen Herbst (2010) ebenfalls erste Versuche mit dem Stern P Cygni unternommen. Meine einzige Erwartung bestand lediglich darin ein Gefühl zu erhalten, welchen Beobachtungsaufwand man betreiben müsse, um die nähere Umgebung des Sterns mit den Mitteln der Spektralphotometrie zu erkunden. Es bestanden bereits einige Erfahrungen, welche Belichtungszeiten man für eine Abbildung des interstellaren Gases benötigt. Dies sind Objekte zwischen dem bekannten Ringnebel in der Leier, NGC 6888 einer H-II Region um einen Wolf-Rayet Stern im Cygnus oder dem lichtschwachen Bubble Nebel (NGC 7635) in der Cassiopeia. Da insbesondere der Ringnebel sehr gut untersucht ist, kann er sogar als geeignete Eichlichtquelle zur Kalibrierung von Aufnahmen im Wasserstoff dienen. Insbesondere habe ich mich nun gefragt, ob sich die Ergebnisse der professionellen Sternwarten mit den Mitteln eines einigermaßen gut ausgestatteten Amateurs nachstellen lassen.

Als Teleskop diente ein Vixen VC200L Cassegrain mit Fokalreduktor, mit dem ich über die letzten Jahre recht gute Erfahrungen machen konnte. Als Aufnahmekamera diente eine Canon EOS 40D, welche astro-modifiziert ist. So ist anstelle des originalen UV/IR Blockfilters nun ein einfaches Klarglas vor dem lichtempfindlichen Sensor montiert. Damit ist diese Kamera als RGB Mehrfarben-Photometer verwendbar aber auch wie ein klassisches CCD-System mit Interferenzfiltern im gesamten Empfindlichkeitsbereich vom nahen UV bis ins IR. In den Nächten des 9. und 10. Oktober 2010 unternahm ich erste Belichtungen für die Himmelsregion um P Cygni im Visuellen (RGB) mit einem UV/IR Blockfilter aber auch mit einem Hα Filter mit 13 nm Durchlassbreite. Es sind EOS Clipfilter der Firma Astronomik, die inzwischen auch in der Variante „CCD" mit Blockfilter für das IR für solchermaßen umgebaute Kameras angeboten werden. Insgesamt wurden für P Cygni und 22 Cygni jeweils 50 Aufnahmen in Hα bei einer Belichtungszeit von 30 Sekunden pro Nacht aufgenommen und mit entsprechender Anzahl von Sky-Flatfields und Dunkelstromaufnahmen kalibriert. Die Einzelbilder wurden mit sub-pixel genauen Bildpositionen zu einem Komposit addiert.

Ich verwende diese Technik schon seit längerem für die Astrofotografie *(Bauer, 2008* und *Bauer, 2009)*. Nach früheren Erfahrungen lassen sich mit solchen Belichtungszeiten schwächere Gebiete in H-II Regionen, wie im Bubble Nebel zumindest darstellen, wenn auch die Helligkeiten bei solch kurzen Belichtungszeiten noch nicht ausreichen, um sie photometrisch gut vermessen zu können.

Die Grenzhelligkeiten solch kurz belichteter Aufnahmen mit einer DSLR liegen typisch in der Größenordnung von 18 bis 19 Vmag, je nach Witterung, Aufhellung durch den Mond oder vom Menschen gemachter Himmelsaufhellung. Mit einem Hα Interferenzfilter gewonnene Aufnahmen sind hingegen kaum durch den Mond beeinflußt, da der aufgehellte Himmel vom Rauschen her in den Hintergrund tritt. In meiner eigenen Hα Aufnahme läßt sich der *„giant lobe"* neben P Cygni jedoch nicht zweifelsfrei nachweisen, da hier praktisch nur Restrauschen mit

angedeuteter Aufhellung erkennbar blieb, was auf eine äußerst geringe Flächenhelligkeit schließen läßt.

Der *giant lobe* sollte in meinem Bild im rechten unteren Quadranten erscheinen. *Meaburn et al. (2004)* behoben diesem Umstand mit einiger Bildverarbeitung. Detailausschnitte um den Stern herum ergeben im Komposit lediglich das Vorhandensein der in der Palomar Aufnahme bereits abgebildeten schwachen Sterne im Feld. Die gewählte Belichtungszeit blieb also zu kurz.

Im Vergleich mit einer ähnlichen Belichtung um den Einzelstern 22 Cygni könnte man einen Lichthof um P Cygni vermuten. Jedoch behaupte ich hier, einen solchen Lichthof nicht mit Sicherheit nachweisen zu können, da verschiedene Effekte wie Seeing Variationen und Einfluss von Cirren hier ebenfalls als Erklärung dienen können. Gründe sind auch in einer bislang nicht durchgeführten Kalibration der Helligkeitswiedergabe für meine Kamera zu suchen.

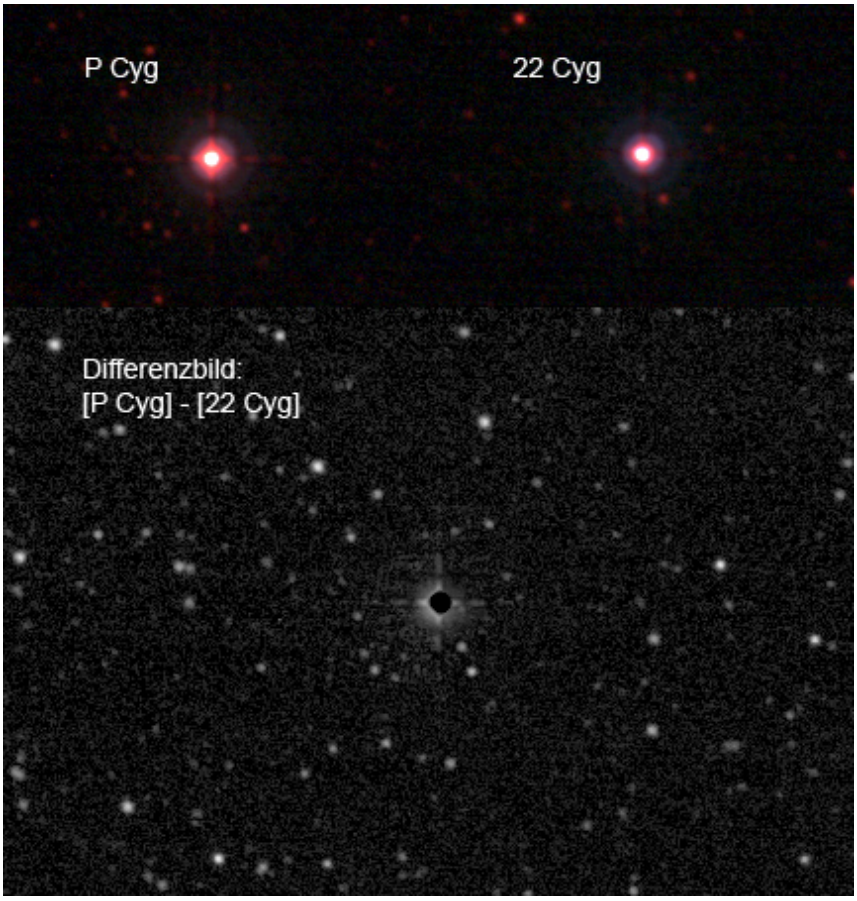


Abbildung 2: Detailstudie an P Cygni im Licht der Hα Linie. Als Referenzstern diente 22 Cygni. Das einfach subtrahierte Bild des normierten Referenzsterns ist unten dargestellt. Da die Linearität der Kamera unkalibriert blieb und Interferenzfilter bestimmte Eigenarten aufweisen, muss bezweifelt werden, dass dieses vorläufige Ergebnis korrekt interpretiert werden kann. Norden ist im Bild unten. Die bläuliche eher rotviolette Farbe in den Sternen stellt keinen Fehler des Hα Filters dar, sondern ist auf eine gewisse Empfindlichkeit der grünen und blauen Pixel der Canon EOS 40D für das rote Licht der Wasserstofflinie zurückzuführen. Dies konnte mit Hilfe der Spektroskopie geklärt werden (vgl. Abb. 3).

Ein weiteres Problem, das ich experimentell erkannte, ist auch den Interferenzfiltern selbst geschuldet. Positioniert man die Sterne P Cygni und einen ähnlich hellen Referenzstern nicht exakt an der gleichen Stelle auf der Kamera, so wandern bereits die durch das Filter erzeugten Bildreflexe abhängig von der Lage des Sterns im Bild. Es sind dies typische Eigenheiten die grundsätzlich bei Interferenzfiltern auftreten. So läßt sich gegenwärtig kein Befund behaupten,

ob man in meinen Aufnahmen einen Wasserstoffnebel geringer Ausdehnung um P Cygni herum im Teleskop nachweisen konnte.

Erste Probebelichtungen des Sterns P Cygni mit einem Breitbandfilter in RGB ergaben extrem kurze Belichtungszeiten die eine Sekunde für einen Stern mit der Helligkeit 4.5 Vmag besser nicht überschreiten sollten. Andernfalls befindet sich das Sternlicht auf dem Photodetektor bereits deutlich in der Sättigung.

Eine weitere Beobachtung musste ich in diesen Mondnächten machen, die einen lehrt, dass man besser auf Cirrusbewölkung in der Dämmerung achten sollte, welche selbst vom Mond angestrahlt für das Auge in der Dunkelheit scheinbar unsichtbar werden. Doch läßt sich in meinen Aufnahmen zweifelsfrei erkennen, dass solche unsichtbaren Wolken photo-elektrisch gewonnene Messungen erheblich stören. Am Ende der Nacht erschienen die Sterne ohne ersichtlichen Grund für das bloße Auge plötzlich zu verschwinden, was ich zunächst auf Ermüdung meiner Augen zurückführte. Der Effekt konnte dann aber auch in Aufnahmen von Messier 33 gefunden werden, die in der gleichen Nacht gewonnen wurden. Insofern stellt jene Beobachtungsnacht ein extremes Beispiel dar, aus dem man gut lernen konnte, was man besser beachten sollte, wenn man ultra-genaue Spektral-Photometrie betreiben wollte.

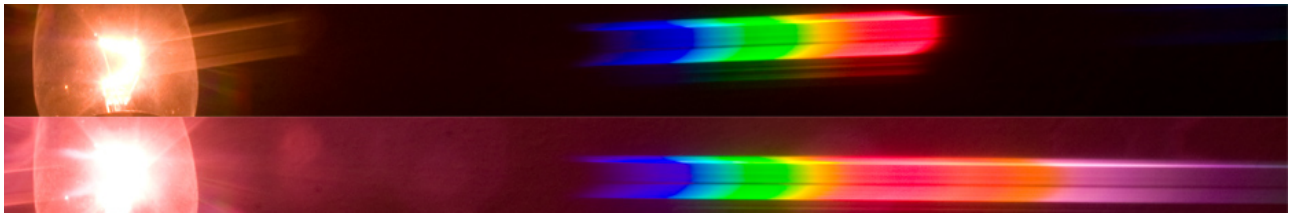


Abbildung 3: Die erweiterte spektrale Empfindlichkeit einer modifizierten Canon EOS 40D anhand des Spektrums einer Glühlampe erklärt. Die obere Abbildung zeigt die Wirkung des Astronomik L-Filters (UV/IR Blockfilter) für Fotografie im visuell sichtbaren Bereich (RGB mit verbesserter Empfindlichkeit für Hα). Die Kamera wurde derart modifiziert, dass nun auch Aufnahmen im nahen UV und IR möglich sind (unteres Bild). Die Hα Linie liegt etwa in der Mitte des dargestellten, roten Spektrabereichs (oben) der rechts beginnende, rot-orange Anteil markiert den Beginn des infraroten Spektrums hin zum rosafarbenen Bild. Links unten ist der erweiterte UV Bereich sichbar, der bei einer Glühlampe aufgrund ihrer niedrigen (Farb-) Temperatur nicht so deutlich ausfällt.

Diskussion

Aufgrund der enormen Helligkeit ist P Cygni in einer dunklen Nacht bereits mit dem bloßen Auge sichtbar. Ein interessanter Befund erscheint mir gefundene Helligkeitsschwankungen von nur 0.1 mag über kleine und mittlere Perioden. Wollte man dies überprüfen, erscheint mir der Einsatz üblicher Breitbandfilter für die UBVRI Photometrie und die Verwendung größerer astronomischer Fernrohre mit CCD oder DSLRs kontraproduktiv. Der erfolgreiche Nachweis von kleinsten Helligkeitsschwankungen stellt sehr hohe Anforderungen an die Beobachtungsmethode. Erforderliche Belichtungszeiten liegen nach eigenen Experimenten bei Bruchteilen einer Sekunde für ein Teleskop, das 20 cm Öffnung besitzt. Andernfalls ist der helle Stern bereits übersättigt abgebildet. Für solche Belichtungszeiten möchte ich anmerken, dass die mechanischen Verschlusszeiten einer Kamera mitunter nicht genau genug reproduzierbar sein können, um zwischen einzelnen Aufnahmen des Sterns und der Referenz immer gleiche Bedingungen zu schaffen.

Dies gilt umso mehr für einen Zentralverschluss, welcher mechanisch träge ist und einen Randabfall über das Feld erzeugen wird. In solchen Fällen kann die Photometrie daher ortsabhängig im Bild vom Verschluss gestört sein. Mit schmalbandigen Interferenzfiltern, die Beobachtungen in Hα, Hβ oder O III ermöglichen, liegen die Belichtungszeiten wiederum im Bereich vieler Sekunden mit größeren Teleskopen. Wollte man Variationen der Leuchtdichte von Hα gegenüber dem Kontinuumslicht (rot) ohne Spektroskop mit Filtern messen, könnte dies auch eine interessante Aufgabe sein. Auf alle Aspekte der elektrischen Photometrie mit Kame-

ras einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit in diesem Kontext jedoch sprengen So verweise ich für weitere Informationen auf *Berry & Burnell, 2006* oder *Budding & Demircan, 2007*. Weitere Gründe, die den Einsatz von Teleskopen ungeeignet erscheinen lassen liegen in dem erforderlichen Wechsel zwischen P Cygni und einer Referenz.

Die Zeit zur Ausrichtung des Teleskops oder erforderliche Filterwechsel stellt verlorene Beobachtungszeit dar. Zudem ist die elektrische Photometrie nicht per se eine sehr genaue Methode. Witterungseinflüsse sind selbst ohne die Anwesenheit von Wolken schwer aus den Aufnahmen heraus zu rechnen. Hohe photometrische Anforderungen lassen sich besser in den Griff bekommen, wenn man den zu messenden Stern und einen Referenzstern gleichzeitig in den Aufnahmen hat. Somit sind kurzbrennweitige Optiken für die photografische Vermessung von P Cygni wohl aus diversen Gründen eher zu empfehlen. *Percy et al. (1988)* nennen für P Cygni die beiden Sterne 22 Cygni und 36 Cygni als Vergleichssterne.

Diese drei Sterne stehen innerhalb eines Feldes von weniger als 5° Bildwinkel am Himmel. Hieraus ergibt sich, dass je nach verwendeter Größe des lichtempfindlichen Detektors eine Teleoptik 100 mm Brennweite optimal erscheint, um alle drei Sterne gleichzeitig abzulichten. Erforderliche Belichtungszeiten wären hier neu zu ermitteln. Für die Mehrfarben-Photometrie bietet sich statt der Verwendung eines CCDs besser eine digitale Spiegelreflexkameras (DSLR) an, welche als RGB Mehrfarben-Photometer verwendet wird. Einzig die Kalibration der Linearität der Kamera und die Eichung der spektralen Empfindlichkeiten an astronomische Standardsysteme gilt es noch zu lösen. Doch sind entsprechende Lösungsvorschläge für CCDs gut dokumentiert, etwa die von *Berry & Burnell (2006)* vorgeschlagene Methode, die Linearität über Rauschanalysen zu ermitteln, was der gängigen Praxis entspricht einen astronomisch verwendeten Detektor zu kalibrieren.

RGB Farbkameras haben andere Filtertransmission, als beispielsweise das traditionell in der Astronomie verwendete Johnson UBVRI Farbsystem. Doch sollte dies mit vertretbarem Aufwand lösbar sein. An sich muss man sich nicht einmal stoisch an das Johnson System anlehnen. Denn man darf auch erwarten, dass man die Helligkeitskurven interpretieren könnte, ohne sie an Standards anzulehnen. So sei erwähnt, dass sich die Astronomie zwar mit komplizierten Verfahren versucht auf das UBVRI System zu reduzieren, im Grunde jedoch jedes Observatorium und jedes neue Space Teleskop abweichende lichtempfindliche Detektoren einsetzt. So sind die Fehler selbst bei kalibrierten Aufnahmen mitunter enorm. Daneben gibt es ferner andere photometrische Filtersysteme in der Astronomie. Für die Beobachtung der interstellaren Materie um P Cygni bleibt mir nur anzumerken, dass die Belichtungszeiten, erwartungsgemäß im Bereich jenseits von einer Stunde liegen werden, was sich mit den Literaturangaben deckt. Hier wird der Autor noch weitere Versuche unternehmen.

Den widrigen Witterungsverhältnissen zum Trotz, gelang es noch vor dem Erscheinen dieser Ausgabe des Spektrum, die neue Wide Field Photometric Camera in Betrieb zu nehmen. Sie besteht nun aus der astromodifizierten Canon EOS 40D mit einem Canon EF 100 mm Teleobjektiv. Erste Testbelichtungen erfolgten im Abstand von 1 Minute mit jeweils 10 Sekunden über einen Zeitraum von knapp zwei Stunden. Je nach Zustand der Fokussierung des Objektivs kann diese Belichtungszeit bereits zu lang ausfallen. Die gemessene Peakintensität liegt in meinen Aufnahmen bei leicht defokussierter Optik schon über der Hälfte der maximalen Intensität des Sensors. So erscheint mir eine Belichtungszeit von 5 Sekunden sicher, um die Sterne nicht in die Sättigung zu treiben.

Es erscheint mir hier noch wichtig darauf hinzuweisen, dass die Kalibrierung der Vignettierung (Flatfield) mit solchen kurzbrennweitigen Optiken generell ein Problem darstellt. So wird man kein Sky-Flatfield ohne einen Gradienten erhalten, was zu Fehlern in der Kalibration der Vignettierung führen wird, welche sich in die photometrischen Resultate weiter fortpflanzen werden. Das reflektierte Himmelsblau ist nämlich durch die Rayleigh Streuung über den Himmel ungleichmäßig verteilt und abhängig vom aktuellen Sonnenstand. Daher wird man mit solchen Optiken kein Flatfield ohne Gradienten erhalten. Das wiederum bedeutet, dass das Kalibration des Flatfield in unserem Falle sicherlich schlimmere Messfehler einführen würde, als es nutzen würde.

Der Trick besteht nun darin, einen Feldstern so zu suchen, dass sich die drei Sterne P Cyg, 22 Cyg und 36 Cyg etwa auf in einem Kreis um die Bildmitte anordnen. So kann man in erster Näherung das Flatfield ignorieren, denn die Sterne sollten nun auf einem konzentrischen Ring mit ähnlichen Isophoten der Vignettierung liegen. Daher bietet es sich an, den Stern 27 Cyg in die Bildmitte zu platzieren (siehe Abb. 4). Nun sollte man allerdings die so gewonnen Beobachtungen ohne Flatfield Kalibration reduzieren!

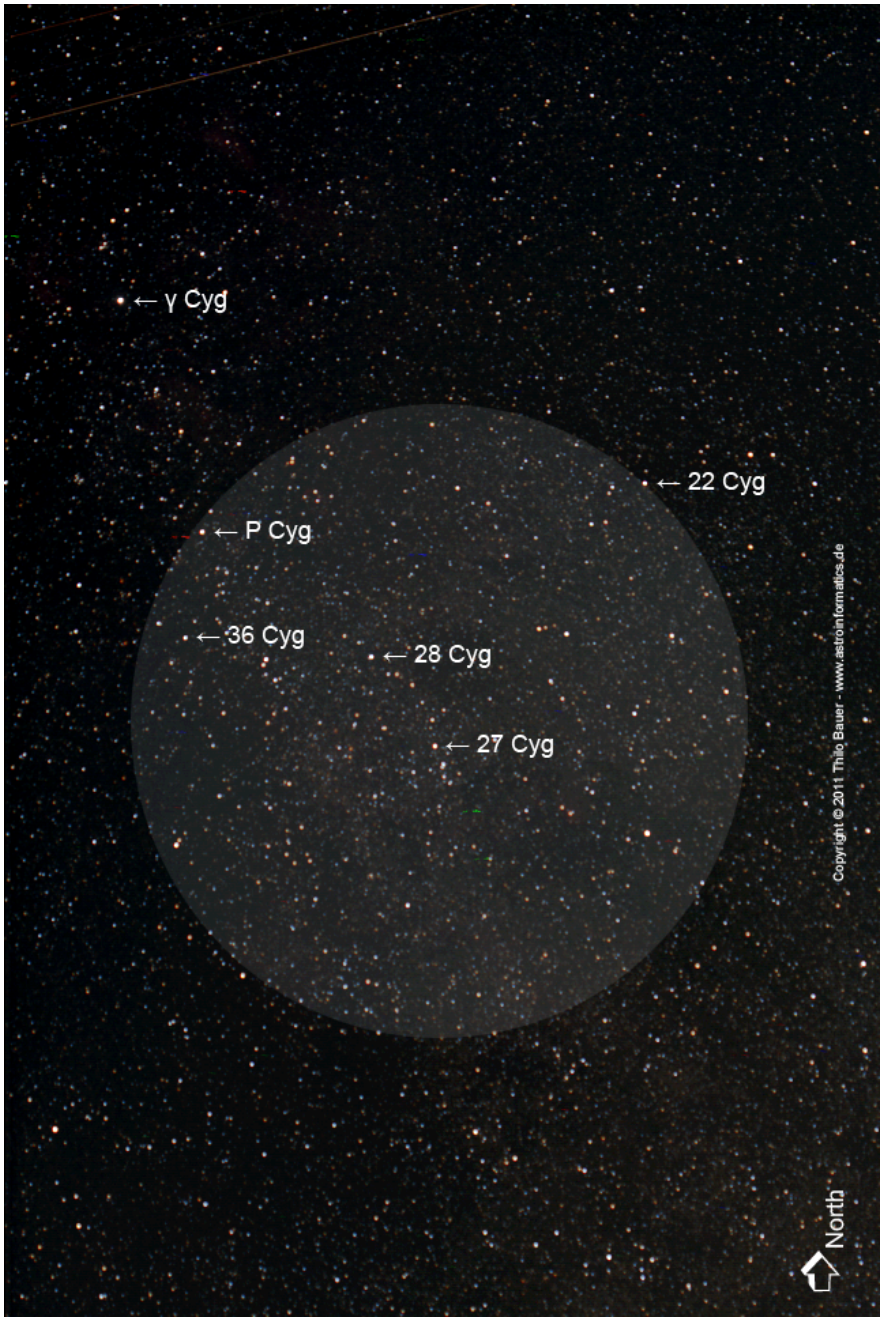


Abbildung 4: Feldaufnahme mit der Bornheim Wide Field Photometric Camera (WFPC). Für eine 100mm Optik mit f/2.8 sollten Belichtungszeiten bei 5 s liegen. Bei Photometrie mit defokussierter Optik dürfen die Belichtungszeiten bis 10 s betragen. Aus gutem Grund wurden P Cyg und die beiden Referenzsterne auf einem Kreis um die Bildmitte angeordnet. Als Orientierung dient hierbei der Stern 27 Cygni. Nun liegen die zu messenden Sterne auf einer Isophote der Vignettierung, so dass Unterschiede durch Vignettierung keine gravierenden Auswirkungen mehr haben.

Schlussfolgerungen

Anhand der eigenen Ergebnisse und nach Sichtung der verfügbaren Literatur möchte ich einige Anmerkungen formulieren. So hat sich überraschend ergeben, dass die photometrische Variabilität von P Cygni ein interessantes Kapitel für sich genommen darstellt. Es scheinen sowohl kurzzeitige, mittlere, als auch langfristige Perioden plausibel. Ebenso muss man bis zum heutigen Tage auch eine irreguläre Variabilität unterstellen. Vieles hängt zudem von der Beobachtungsmethode ab.

Damit würden neue Ergebnisse den bisherigen nicht notwendigerweise widersprechen. Die gefundene Variabilität des Spektraltypus im historischen Kontext wäre durchaus auch so einzuschätzen, dass er aufgrund der Variabilität über lange Zeiträume nicht festzulegen sein kann. Eventuell lassen sich die Schwankungen des Spektrums und der Photometrie noch anders erklären. Dennoch bleiben die speziellen Eigenschaften der Spektren dieser Sterne wohl typisch. Die Festlegung bestimmter Beobachtungsmethoden würde unter Umständen die Betrachtung unnötig einschränken. Sowohl langfristige, als auch kurzzeitige Variabilität kann auch für die Spektroskopie von Interesse sein. Daher dürfte die zeit-aufgelöste Spektroskopie zunehmend eine wichtige Rolle spielen. So sollte man Beobachtungsintervalle nicht nur auf große Zeitskalen beschränken, sondern eine höhere Zeitauflösung und viele Messungen pro Nacht unternehmen. Eine interessante Idee wäre die Spektroskopie der drei Sterne mit Objektivprismen, da sie entsprechend hell sind. Ebenso von Bedeutung werden Befunde sein, inwieweit eine gefundene photometrische Variabilität auf entsprechenden Zeitskalen mit den spektroskopischen Befunden korrelieren.

Da der Stern vergleichsweise hell ist, ist er ein geeignetes Studienobjekt selbst für eher bescheiden ausgerüstete Amateure. Er bietet ein gewisses Potential Neues über ihn herauszufinden. Manche Beobachtungsversuche werden aufgrund der enormen Helligkeitsunterschiede zwischen dem Stern und dem umgebenden interstellaren Material eine Herausforderung bleiben. Der Helligkeitsumfang zwischen dem Stern und dem dünn verteilten, interstellaren Gas umfasst nach meiner Schätzung mehr als 16 Größenklassen. Dies ist im wahrsten Sinne des Wortes astronomisch und weitaus mehr, als der Helligkeitsumfang den selbst die besten verfügbaren elektronischen Kameras wiedergeben können. So finde ich für NGC 6888 erheblich geringere Helligkeitsunterschiede zwischen der H-II Region und dem eingebetteten Wolf-Rayet Stern. Auch wenn es im Moment rein spekulativ erscheinen mag: Sollte man für P Cygni tatsächlich eine oder mehrere Perioden finden, könnte man allerlei Gründe hierfür nennen: die Wahrscheinlichkeit eines Mehrfachsystems, Sonnenflecken oder periodische Materieumwälzungen anderer Art. Gegen die Theorie der Sonnenflecken sprechen eventuell die bisherigen Befunde von gefundenen Perioden, die zum Teil über fast zehn Jahre stabil schienen. So könnte eine Bestätigung solcher Perioden bedeuten, dass man die bisher erhaltenen hochaufgelösten Bilder und spektroskopischen Ergebnisse eventuell neu bewerten kann. Es wird vor allem von der Wahl der Beobachtungsmethoden abhängen.

Literatur

Alexander, T. and Wallerstein, G., 1967. On the variability of P Cygni. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, Vol. 79, No. 470, p.500

Bauer, T., 2009. Improving the Accuracy of Position Detection of Point Light Sources on Digital Images, *Proceedings of the IADIS Multiconference, Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing*, Algarve, Portugal June 20-22, p. 3-15, ISBN 978-972-8924-84-3

Bauer, T., 2008. Astroinformatics - A Study about Constraints and Requirements for Next Generation Astronomical Image Processing, *Proc. of the IADIS Multiconference on Computer Science and Information Systems*, p. 83-90, ISBN 978-972-8924-63-8

Bauer, T. et al., 1996. The young star cluster R64 in the Large Magellanic Cloud resolved with ground-based CCD observations, *Astronomy & Astrophysics*, v.305, p.135

Bélopolsky, 1899. Note on the spectrum of P Cygni. *Astrophysical Journal*, vol. 10, p. 319-320

Berry, R. and Burnell, J., 2006. The Handbook of Astronomical Image Processing. 2nd. english ed., *Wilmann-Bell*, Inc., Richmond, VA, USA

Budding, E. and Demircan, O., 2007. Introduction to Astronomical Photometry. *Cambridge University Press*. ISBN 978-0-521-84711-7

Campbell, W. W., 1895. Stars whose spectra contain both bright and dark hydrogen lines. *Astrophysical Journal*, vol. 2, p. 177-183

Cannon A.J., and Pickering E. C., *Ann. Astron. Obs. Harvard Coll*., 91, 0 (1918).

Cester, B. et al., 1977. Photoelectric H-alpha line photometry of early-type stars. *Astron Astrophys. Suppl. Ser.*, vol. 30, Oct. 1977, p. 1-10

Chesneau, O. et al., 2000. Adaptive optics imaging of P Cygni in Hα. *Astron Astrophys. Suppl. Ser.*, vol. 144, p. 523-532.

De Groot M., 1987. P Cygni: a hypergiant well worth watching. *J. Am. Assoc. Variable star obs.*, 16, 12-18

Fernie, J. D., 1969. UBV Observations of P Cygni. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 81, no. 479, p.168

Herbig, G. H., 1962. Displaced Lines of NI II in P Cygni. *Astrophysical Journal, vol. 135, p. 965-968*

Kharadse, E. K., Mahalashvili, N. L., 1967. P CYG - a W UMa variable, *The Observatory*, Vol. 87, p. 295-296

Mattei, J. A., 1974. Variable Star Notes- Notes on Peculiarities on AAVSO Light Curves in 1973. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, Vol. 68, p.112

Meaburn, J. et al., 2004. Candidates for giant lobes projecting from the LBV stars P Cygni and R 143. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 422, no.603-608

Meaburn, J. et al., 1999. The Kinematical Association of a Giant Lobe with the Luminous Blue Variable Star P Cygni.. *Astrophysical Journal*, vol. 516, issue 1, pp. L29-L32.

Percy, J. R. et al., 1996. Photometric variability of P Cygni: 1985-1993. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, vol. 117, p. 255-259.

Percy, J. R. et al., 1988. Photoelectric and visual photometry of P Cygni. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 191, p. 248-252.

Pollmann, E. and Bauer, T., 2010. *BAV Rundbrief*, Nr. 4/2010

Van Schewick, H., 1968. Eigenbewegung und absolute Helligkeit des Hüllensterns P Cygni. *Zeitschr. für Astrophysik*, Vol. 68, p.229

Vogel, H. C., 1895. On the occurance in stellar spectra of the lines of clèveite gas, and on the classification of stars of the first spectral type. *Astrophysical Journal*, Vol. 2, p. 333-346

Wolf, B. et al., 1987. Long-term photometric campaign at ESO and the new eclipsing P Cygni star R 81 in the LMC. *ESO Messenger* (ISSN 0722-6691), vol. 47, p. 10-13

The SAO/NASA Astrophysics Data System, zuletzt besucht am 23. Januar 2011, http://adsabs.harvard.edu/

Centre de Données astronomiques de Strasbourg, zuletzt besucht am 23. Januar 2011: http://cdsads.u-strasbg.fr/

Die internationale Konferenz „Astrospektroskopie für Amateure“ im Rahmen des ATT 2011 in Essen

(Ernst Pollmann, Leverkusen)

Christian Buil, Referent aus Toulouse (Frankreich) brachte es zum Abschluss der Konferenz auf den Punkt: „dies war eine gigantische Veranstaltung“. Aus Sicht des Veranstalters freut es natürlich, wenn Teilnehmer derart positiv geprägte Eindrücke heimwärts tragen, wenngleich eine bescheidenere, weniger superlativ formulierte Beschreibungsvariante nicht minder dem ausgezeichneten Charakter der Konferenz Rechnung getragen hätte. Mit mehr als 50 spektroskopisch interessierten Teilnehmern, auch aus unseren unmittelbaren europäischen Nachbarländern, zählte diese internationale Veranstaltung zu einer best besuchtesten Astrospektroskopiekonferenzen, die von „ASPA-Aktive Spektroskopie in der Astronomie“ seit 1992 veranstaltet wurden.

Gewiss kann davon ausgegangen werden, dass die hochkarätige Besetzung der Konferenzreferenten, wie etwa Dr. Anatoly Miroshnichenko als renommierter Be- Sternforscher von der University of North Carolina (USA), oder der inzwischen weltweite geschätzte Amateurwissenschaftler von hohem Rang Christian Buil, sowie die bekannt professionellen Präsentationen von Olivier Thizy (Firma SHEKIAK, Frankreich) dazu beigetragen hat, ein hohes Maß an Interesse und Neugier in der spektroskopisch orientierten Astroszene geweckt zu haben. Umso erfreulicher kann im Nachhinein festgestellt werden, dass deren Beiträge diesem Interesse über alle Maßen gerecht wurden.

Bild 1: Eröffnung der Tagung

Nach meiner Begrüßung und Eröffnung der Spektroskopie-konferenz (Bild 1), leitete Olivier Thizy (Bild 2) mit seinem Beitrag über„Amateurspektroskopische Aussichten in der Zukunft und Möglichkeiten der Kooperation mit der professionellen Astronomie“ das Vortragprogramm ein.

Bild 2: O. Thizy bei seinem im Text genannten Vortrag

Bild 3: A. Miroshnichenko bei seinem Vortrag zur Periastriopassage des Sterns δ Scorpii

Das mit großer Spannung zu erwartende diesjährige Ereignis der Periastronpassage im Be-Doppelsternsystem delta Scorpii stand schwerpunktmäßig im Vordergrund des gewohnt professionellen Vortrages von Dr. Anatoly Miroshnichenko (Bild 3). Die Bedeutung dieses Ereignisses für die Be-Sternforschung kam in seinen Ausführungen v. a. auch in der Darlegung der internationalen professionellen Beobachtungskampagne mit ausdrücklich gewünschter Beteiligung der Amateurastronomie zum Ausdruck. Letzteres belegt eindrücklich das inzwischen erreichte hohe Leistungspotential der heutigen Amateur- Astrospektroskopie.

Der anschließend ausschließlich theoretisch gehaltene Beitrag von Dr. Christian Netzel aus Aachen behandelte die Ursachen der Entstehung von Absorptionslinien in Sternspektren u. a. auf Basis der sog. Einstein-Koeffizienten (Bild 4).

Ganz zweifelsfrei konnte der Beitrag von Christian Buil, dessen weltweite Reputation in mannigfacher Weise bekannt ist, als Höhepunkt der internationalen Spektroskopiekonferenz betrachtet werden (Bild 5). Seine Bereitschaft, zum Thema „Möglichkeiten wissenschaftlicher Spektroskopie mit dem neu von ihm entwickelten, niedrigdispersiven Spektrographen LISA" im Rahmen seines allerersten Aufenthaltes in Deutschland vorzutragen, kann nicht hoch genug wertgeschätzt werden.

Es war geradezu atemberaubend, über die von ihm vorgestellten Anwendungen zu erfahren, welche großartigen Möglichkeiten sich mit LISA vor allem in der spektroskopischen Beobachtung von Veränderlichen Sternen eröffnen.

Bild 4: Ch. Netzel auf dem ATT-Gelände

Bild 5: Ch. Buil mit seiner Partnerin Valerie Denoux in der Funktion der Simultanübersetzerin Französisch>Englisch

Die internationale, von ASPA in 2008 ins Leben gerufene Kampagne in Zusammenarbeit mit der amerikanischen Organisation für veränderliche Sterne AAVSO und der Bundesdeutschen Beobachtungsgemeinschaft für Veränderliche Sterne BAV „Photometrie und Spektroskopie am LBV-Stern P Cygni" war Gegenstand meines Konferenzbeitrages. Zu den Inhalten und bisherigen Ergebnissen der Kampagne sei hier auf die ASPA- Webseite http://astrospectroscopy.de/P Cyg report AAVSO Newsletter.pdf verwiesen.

Bild 6: R. D. Schad stellt das Programm R-Spec vor

Dr. Rolf-Dieter Schad aus Zweibrücken präsentierte (Bild 6) in würdiger Vertretung den ursprünglich avisierten Referenten Tom Field aus den USA mit dessen entwickeltem Programm R-Spec zur online-Betrachtung und zur Schreibtischauswertung von Sternspektren, die mit dem sog. „Star-Analyser" gewonnen werden bzw. wurden. Die Vorstellung dieses Programms im Rahmen der Spektroskopiekonferenz erschien durchaus sinnvoll, zumal dieser Spektrographentyp sich inzwischen weltweiter Beliebtheit in Anfängerkreisen erfreut.

Zu meiner großen Freude bekundeten bereits in 2010 drei Konferenzteilnehmer aus Griechenland ihr Teilnahmeinteresse, von denen Aristides Voulgaris mit seinem Vortrag „Spektroskopische Beobachtungen der totalen Sonnenfinsternisse 2006/08/09/10 und Veränderungen der Koronatemperatur" abschließend das Vortragsprogramm bereicherte. Mit einem selbstgebauten, hochauflö-

Bild 7: A. Voulgaris berichtet über spektroskopische Beobachtungen verschiedener Sonnenfinsternisse

sendem Spektrographen ist es ihm durch Vergleich v. a. an hochionisierten Eisenlinien im Koronaspektrum gelungen, Koronatemperatur- unterschiede zwischen den jeweiligen Sonnen- finsternissen in der Größenordnung von einigen 100000 K nachzuweisen.

Mit diesem Beitrag fand dann auch eine bereits zum zweiten Mal in den Veranstaltungs-rahmen der ATT-Messe eingebundene Spektroskopiekonferenz ihr (auch aus Sicht des Veranstalters) äußerst zufrieden stellendes Ende, so dass ich zum Schluss dieses Berichtes noch ganz herzlich den ATT- Organisatoren und hier insbesondere Frau Claudia Henkel und Herrn Peter Vorberg für ihre überaus freundliche Betreuung und Unterstützung zu danken habe.

Astrospektroskopie-Seminare der besonderen Art

(Ernst Pollmann, Leverkusen)

Spektroskopisch interessierten Astroamateuren boten sich in der Vergangenheit in Bezug auf Weiterbildung und fortgeschrittener Wissensvermittlung lediglich die Angebote zur Teilnahme an Wochenendworkshops, die nahezu ausschließlich von einigen amateurastronomischen Organisationen veranstaltet wurden. Von universitären Möglichkeiten einmal abgesehen.

Gleichwohl zeichnete sich in den zurückliegenden Jahren ein deutliches Interesse dahingehend ab, Weiterbildungsveranstaltungen über einen Zeitraum von mindestens 3- 4 Tagen zu bevorzugen. So waren etwa in der Sternwarte Heppenheim in der Vergangenheit 1 mal jährlich von der Astrospektroskopiegruppe ASPA veranstaltete Seminare dieser Art bis 2010 anzutreffen.

Seit Anfang 2011 eröffnet nun die astronomische Bildungseinrichtung des Carl-Fuhlrott- Gymnasiums in Wuppertal Weiterbildungsmöglichkeiten für interessierte Amateurastronomen und Schüler einer ganz besonderen Art. Einerseits ist in Sternzeit 2/2011 bereits darüber berichtet worden, andererseits hat jüngst in den Osterferien diesen Jahres zum zweiten Mal ein fast einwöchiges Seminar über Amateurastrospektroskopie stattgefunden.

Die einzigartige instrumentelle Ausstattung der Sternwarte des CFG, sowie die traumhaften Wetterbedingungen (Bild 1) während der gesamten Veranstaltungsdauer ließen das Seminar tagsüber wie auch bei der nächtlichen Spektrengewinnung an den 6 Beobachtungsstationen für die Teilnehmer zu einem unvergesslichen Erlebnis werden.

Bild 1: Traumhafter Abendhimmel über Wuppertal

Bild 2: Die Vorbereitung zur nächtlichen Beobachtung

Im Vordergrund des mit 14 Teilnehmern völlig ausgebuchten Seminars standen die Vermittlung der Prinzipien der Astrospektroskopie sowie die eigene praktische Arbeit der Spektrengewinnung an den jeweiligen Beobachtungsstationen (Bild 2).

Begünstigt durch die ausgezeichnete Wetterlage konnte besonders die praktische Arbeit in zwei kompletten Nächten ausgiebig zur Wissensvermittlung auf dem Weg zur erfolgreichen Spektrengewinnung genutzt werden. Als ausgesprochen sinnvoll erwies sich die vorausgegangenen Einweisung in den Umgang mit dem Teleskop, dem Spaltspektrographen DADOS und den Kameras tagsüber durch keinen geringeren als dem bekannten Astrophotographen Bernd Koch (Bild 3), wobei die nächtliche Betreuung der Teilnehmer bei ihrer eigentlichen praktischen Arbeit ebenfalls durch ihn, und zusätzlich noch durch Michael Winkhaus und Ernst Pollmann erfolgte.

Bild 3: Bernd Koch bei der aufwändigen Arbeit der Instrumenteneinweisung tagsüber im Seminarraum

Das von den Teilnehmern gewonnene Beobachtungs- material diente tagsüber in den folgenden Tagen der ausführlichen Spektrenreduktion und Interpretation nach allen Gesichtpunkten der professio- nellen Astronomie durch Ernst Pollmann in Anlehnung an Darlegungen zur Bedeutung der erhaltenen Beobachtungs- ergebnisse in der wissen- schaftlichen Astrospektroskopie. Eine ausgiebige Abschlussbesprechung zum Seminarende im Sinne eines Teilnehmerfeedback vermittelte dem Veranstalter und dem Dozententeam eine wertvolle Übersicht über Maßnahmen zur Optimierung bei den künftigen bereits geplanten Seminaren.

Eindrücke und Erfahrungen einer Anfängerin am Spektroskopieseminar in der Haut Provence.

(Patricia Otero, Zürich)

Vom 31. Juli bis am 5. August 2011 fand am astronomischen Institut der Haut Provence in Frankreich das Seminar für Spektroamateure statt. Für mich war es die erste richtige „Starparty" überhaupt. So war ich natürlich auch etwas gespannt, was so alles auf mich zukam.

Die Tagesabläufe waren intensiv, aber im positiven Sinne. Von morgens bis abends waren wir mit der Auswertung der Spektren, mit Vorträgen oder mit Software- oder sonstigen technischen Problemen beschäftigt. Aber auf jeden Fall war es insgesamt eine lehrreiche und sehr interessante Woche.

Vor Ort wurde es mir als noch nicht sehr erfahrene Amateurin klar, wie wichtig eine rechtzeitige und genaue Vorbereitung der Ausrüstung ist. Die Überprüfung der Montierung und die Kompatibilität der Kameras mit der zu gebrauchenden Software ist unerlässlich, damit dann beim Spektroskopieren keine Pannen auftreten. So stellten wir am Anfang fest, dass bei mir das Autoguiding nicht funktionierte, was sich dann als ein Treiberkonfklikt entpuppte. Dafür lernte ich das Teleskop von Hand nachzuführen, was mir zeigte, dass es auch auf diese Art schöne Aufnahmen gelingen können.

Grosses Glück hatten wir mit dem Wetter, das während der ganzen Woche ziemlich stabil blieb, und uns ermöglichte nachts Spektren aufzunehmen.

Erfreulich waren die Hilfsbereitschaft und die Offenheit zwischen den Teilnehmern. Sei es beim Übersetzen von Vorträgen, bei technischen Fragen oder einfach nur zum etwas plaudern standen die Leute gerne zur Verfügung, und dies verschaffte eine lockere und gemütliche Atmosphäre.

Zum Schluss noch ein grosses Dankeschön an Peter Schlatter, der die technische Unterstützung meiner Ausrüstung mit viel Geduld übernahm, an Ernst Pollmann, der mein Interesse für seine DeltaSco-Kampagne und allgemein für BeSterne erweckte und an Hugo Kalbermatten für die organisatorischen Angelegenheiten.

Besonders erwähnenswerte Be-Sterne
Langzeitbeobachtung der Hα-Emission
(Bernd Hanisch, Lebus)

Be-Sterne sind Sterne der Spektralklasse B auf oder nahe der Hauptreihe (Leuchtkraftklassen III-V), in deren Spektrum irgendwann einmal Emissionslinien aufgetreten sind bzw. gegenwärtig noch auftreten. Diese Emissionslinien deuten auf eine den Stern umgebende ausgedehnte Gashülle oder Gaswolke hin. Die stärksten Emissionslinien in den Spektren der Be-Sterne sind die Balmer-Linien des Wasserstoffs: Hα, Hβ, Hγ etc., des ionisierten Eisens, aber mitunter auch Linien des neutralen Heliums. Die Stärke und die Form der Emissionslinien und auch die Helligkeit der Sterne sind zeitlich in oft unvorhersehbarer Weise veränderlich. Ihre Beobachtung über längere Zeiträume ist deshalb spannend und interessant und mit den heutigen technischen Hilfsmitteln auch für den Amateur eine lohnende Aufgabe. Eine möglichst große Beobachtungsdichte kann dazu beitragen, zu einem besseren Verständnis der physikalischen und chemischen Prozesse in diesen Sternen zu gelangen. Ein typisches Be-Spektrum ist in Abb. 1 am Beispiel des Sterns β Psc dargestellt.

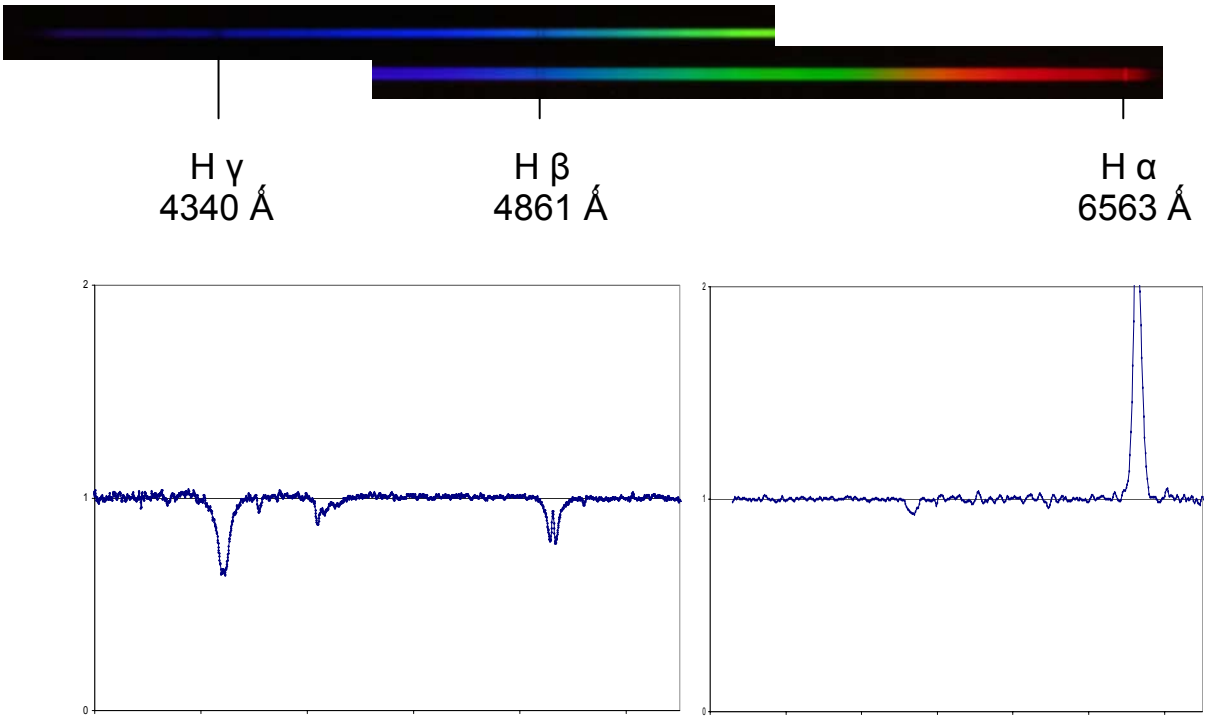


Abb. 1: Spektrum des Be-Sterns β Psc

Seit etwa 14 Jahren beobachte ich ausgewählte Programmsterne (siehe Tabelle 1) hinsichtlich ihrer Hα-Emissionslinienintensität mit einem Objektivprismenspektrografen. Der Objektivprismenspektrograf ist in Abb. 2 abgebildet. Er besteht aus einem Zeiss Meniscas 180/1800 mit einem 45 ° BK2 -Prisma (110 mm x 110 mm Kantenlänge). Die Detektion erfolgte bis zum Jahr 2005 auf verschiedenen schwarz-weiß-Emulsionen und danach mit einer DSLR 20 D von Canon mit 3504 x 2336 Pixel (Pixelgröße: 6,4 µm x 6,4 µm). Die Dispersion beträgt bei Hα 188Å/mm (1,2 Å/Pixel), bei Hβ 81 Å/mm (0,52 Å/Pixel) sowie bei Hγ 56 Å/mm (0,36 Å/Pixel).

Abb. 2: Objektivprismenspektrograf

Stern	Spektralklasse	Helligkeit vis
δ Sco	B 0,2 V	2,33
γ Cas	B0,5IV	2,47
φ Per	B1V	4,07
59 Cyg	B1ne	4,74
π Aqu	B1V	4,66
ζ Tau	B2 III	3,00
66 Cyg	B2V	4,43
66 Oph	B2V	4,64
χ Oph	B2V	4,43
47 Ori	B3 III	4,57
16 Peg	B3V	5,08
o Cas	B5 III	4,54
o And	B6 III	3,62
v Gem	B6 III	4,15
β Psc	B6 III	4,53
φ And	B7 III	4,25
48 Lib	B8Ia	4,87
β CMi	B8V	2,90

Tabelle 1: Programmsterne
Quelle: [1], Angaben zu χ Oph 48 Lib und δ Sco aus [3]

Beobachtungsergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen 3-6 zeigen den zeitlichen Verlauf der Äquivalentbreite (EW) der Hα-Linie ausgewählter Programmsterne zwischen Oktober 2005 und November 2010. Der Messfehler der EW beträgt je nach dem erreichten S/N etwa 5-10 % und ist hier in der graphischen Darstellung (Fehlerbalken) mit 10 % dargestellt.

Auffällig ist insbesondere die starke und offensichtlich größeren Schwankungen unterworfene Hα-Emission bei χ Oph (siehe Abb.5). Dieser Stern besitzt damit die stärkste Hα-Emission von allen hier untersuchten Programmsternen. Hier ist eine weitere Überwachung sehr empfehlenswert. Bemerkenswert ist ferner auch das Emissionsverhalten der Hα-Linie des Sterns 66 Oph. Abb. 7 zeigt ein am 31.08.1997 (JD 2450692,4) auf einer schwarz-weiß-Fotoemulsion aufgenommenes Spektrum des Sterns mit einer deutlich sichtbaren und starken Hα-Emission. In den letzten Jahren hat dieser Stern seine Hα-Emission allerdings verloren (siehe Abb. 6). Dies deutet auf einen möglichen Verlust, zumindest aber auf einen merklichen Abbau der zirkumstellaren Gashülle hin. In einem ähnlichen Zustand dürften sich derzeit auch die anderen in Abb. 6 dargestellten Sterne befinden. Allgemein zeigen die bisher durchgeführten Beobachtungen, dass es einerseits Sterne mit einer kurzfristig größeren Dynamik im Emissionsverhalten von Hα (und damit bezüglich der Veränderlichkeit der zirkumstellaren Gashülle) gibt, wie z.B. 66 Oph, φ Per, ζ Tau, δ Sco und andererseits solche, die zumindest im betrachteten Zeitraum relativ geringe Änderungen zeigten (π Aqr, 59 Cyg, γ Cas).

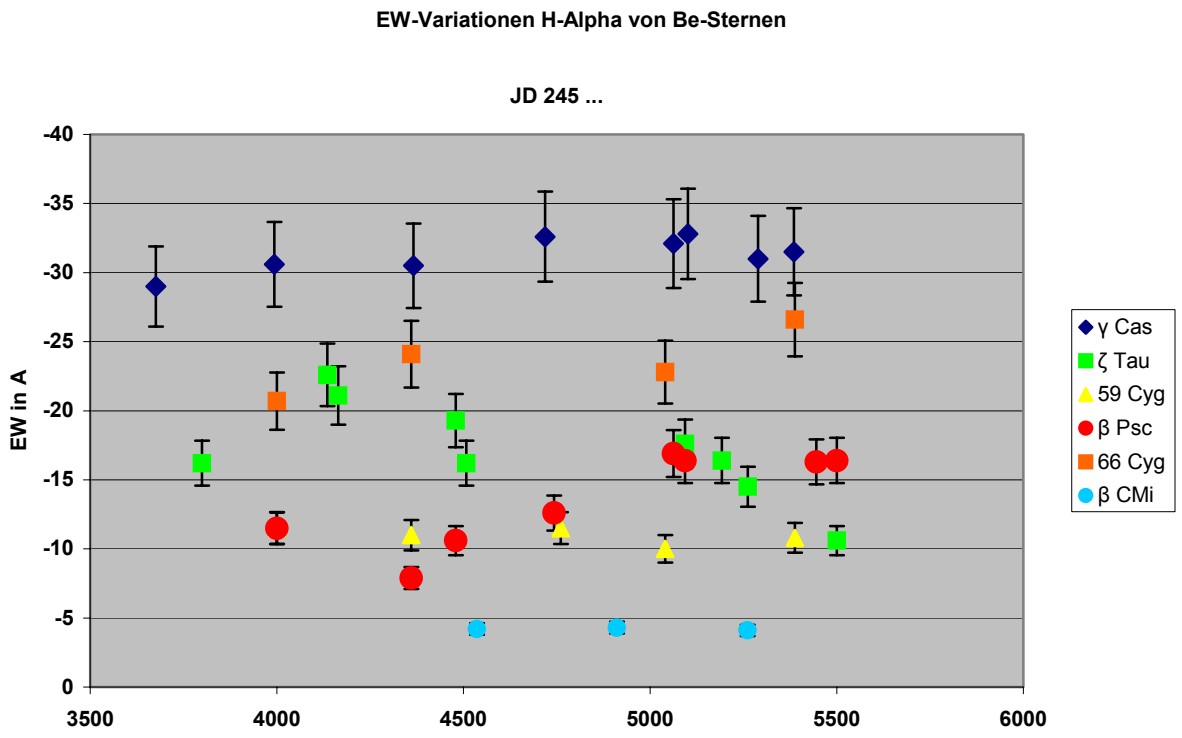


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Äquivalentbreiten ausgewählter Programmsterne

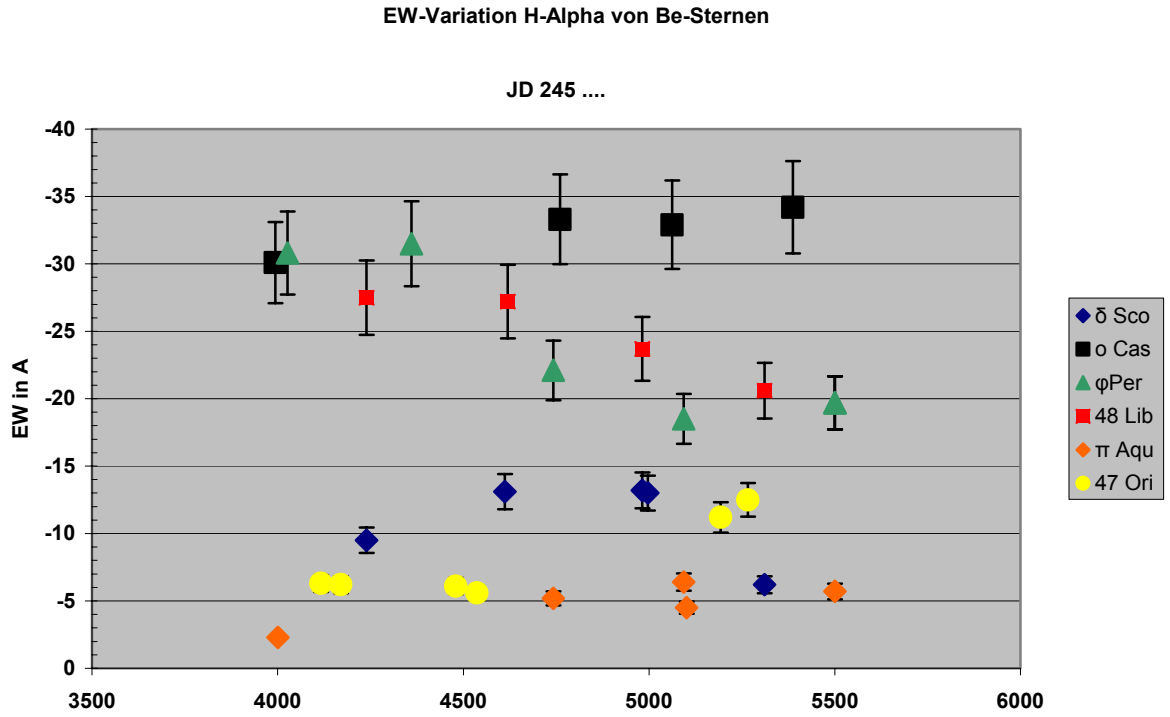


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Äquivalentbreiten ausgewählter Programmsterne

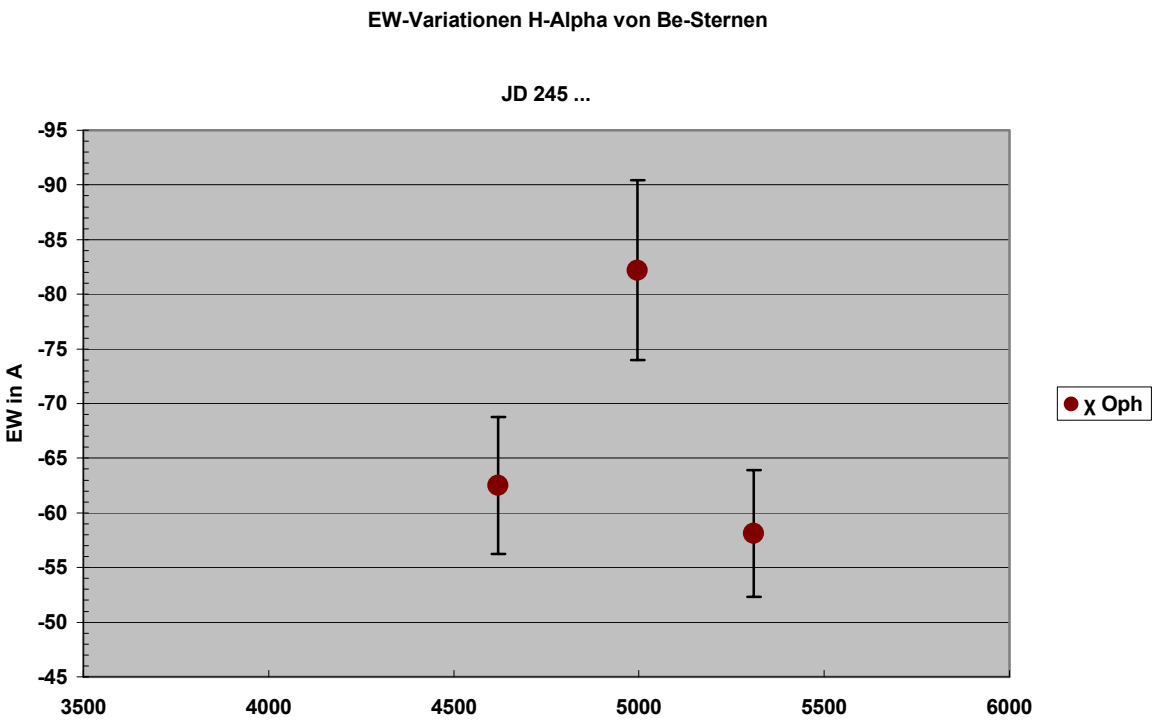


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf der Äquivalentbreiten ausgewählter Programmsterne

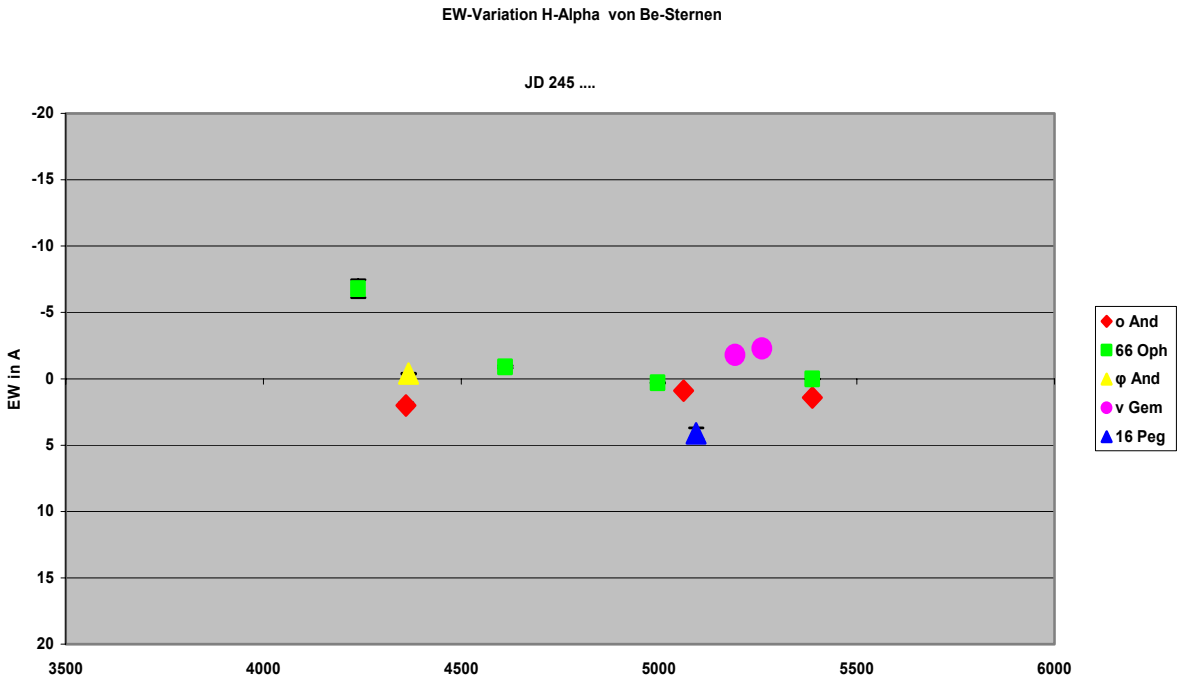


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Äquivalentbreiten ausgewählter Programmsterne

Abb. 7: Fotografisches Spektrum von 66 Oph
mit ausgeprägter Hα-Emission vom 31.08.1997 (JD: 245 0692,4)

Fazit: Die Beobachtung der Emissionslinienstärke von Be-Sternen über einen längeren Zeitraum erfordert etwas Geduld, ist aber spannend und aufschlussreich und trägt zur Vervollkommnung des Wissens über die komplexen Prozesse in zirkumstellaren Gashüllen der Be-Sterne bei.

Literatur

[1] A. Kaufer, Th. Rivinius: Liste von 109 hellen Be-Sternen; Table: Be_north_bright.tbl, übergeben an die FG Spektroskopie mit e-mail vom 30.09.1996
[2] J. Dachs: Kühle Gasringe um heiße Sterne; Sterne und Weltraum 11/1995 und 12/1995
[3] The Arizona-Tonantzintla Catalogue- Magnitudes and Colors of 1325 Bright Stars, in Sky and Telescope, July 1965