

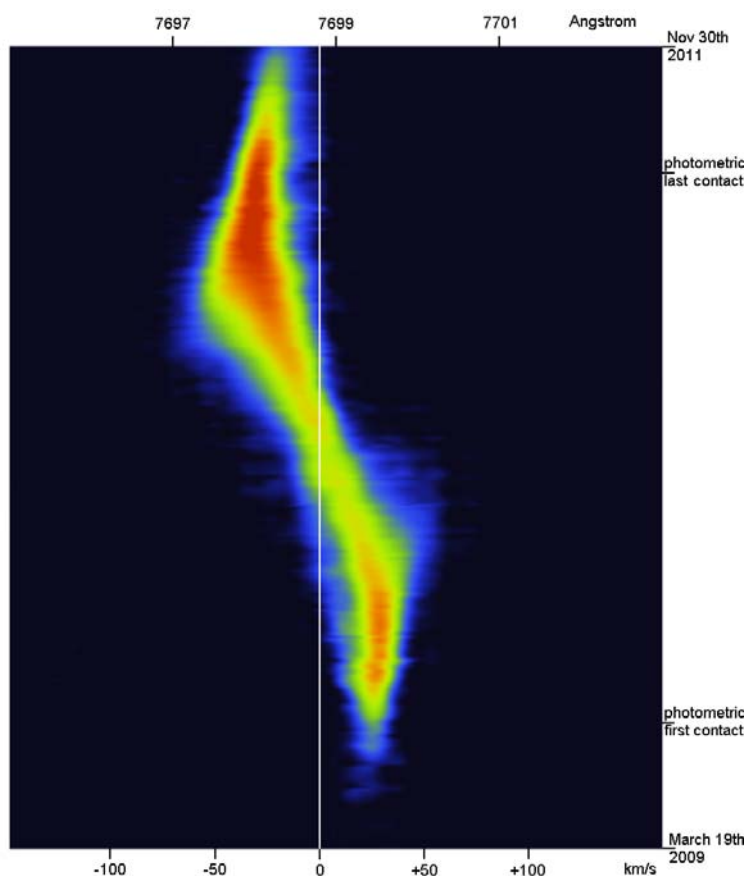
SPEKTRUM

Mitteilungsblatt der Fachgruppe Spektroskopie
in der Vereinigung der Sternfreunde e.V.

NR. 41

INTERNETAUSGABE

2 / 2011



CHEMICAL COMPOSITION OF PLANETARY NEBULA

SPECTROSCOPIC VIEW ON ECLIPSING EPSILON AURIGAE

DESIGN UND JUSTAGE VON SPEKTROGRAPHEN

Spektrum – Mitteilungsblatt der Fachgruppe Spektroskopie in der Vereinigung der Sternfreunde wird herausgegeben von der Fachgruppe Spektroskopie in der Vereinigung der Sternfreunde e.V. Es erscheint halbjährlich als PDF-Ausgabe oder auf Wunsch als Druckversion. Das Journal dient dem überregionalem als auch dem internationalen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Astrospektroskopie besonders für Amateure. Dazu können Beiträge in Deutsch oder English publiziert werden. Senden Sie Ihre Beiträge, Auswertungen, Erfahrungen und Kritiken an **Spektrum** zur Veröffentlichung ein, damit andere Spektroskopiefreunde an Ihren Erkenntnissen teilhaben und davon lernen können.

Spektrum – Mitteilungsblatt der Fachgruppe Spektroskopie in der Vereinigung der Sternfreunde is issued twice a year by Fachgruppe Spektroskopie of Vereinigung der Sternfreunde e.V. (spectroscopy section of the German society for amateur astronomy). The journal is published as a PDF or as a printed version on special request. The aim of the journal is to be a national and international communication especially for amateurs, on topics related to astronomical spectroscopy. Contributions are welcome in German or English. Please send your papers, results, experiences and reviews to **Spektrum** for publication. The community can then benefit from your experience.

Die Fachgruppe Spektroskopie im Internet: spektroskopie.fg-vds.de

Die Vereinigung der Sternfreunde e.V. im Internet: www.vds-astro.de

Kontaktadresse (Redaktion, Bestellung gedruckter Ausgaben, Manuskripte)

Dr. Thomas Hunger
Normannenweg 39
59519 Möhneseesee-Körbecke
fg-spektroskopie@vds-astro.de

Hinweise für Autoren:

Nur durch Ihre Artikel wird Spektrum gefüllt. Die Redaktion behält sich vor, in Rücksprache mit den Autoren Beiträge zu kürzen, anzupassen oder zu ändern. Für die Inhalte der Artikel ist aber allein der Autor verantwortlich. Mit der Einreichung eines Beitrages erklärt der Autor die Bereitschaft zur Publikation auch im Journal der VdS e.V.

Reichen sie Ihren Beitrag bitte elektronisch unter Berücksichtigung folgender Regeln ein:

Form des Textes: Senden sie vorzugsweise als unformatierten ASCII-Text. Tabellen mit Tabulatoren getrennt. Ein zusätzliches PDF des formatierten Gesamttextes ist anzuraten.

Aufbau der Artikel: Die Artikel benötigen einen Titel, eine vollständige Adressangabe des Autors / der Autoren, eine Kurzzusammenfassung, den klar gegliederten Artikel mit Einleitung und Zusammenfassung sowie eine vollständige Literaturangabe.

Abbildungen: Bitte getrennt vom Text senden. Empfehlenswert sind hochauflösende JPG, PNG und TIFF.

Hints for authors:

Your article will be edited to fit the style of Spektrum. The editor is responsible for editing the article in close collaboration with the author. The author is in charge of the content in all cases, however. The author expresses the permission for a further publication of the contribution in the journal of the VdS e.V. right with its transfer to the editor of Spektrum. Please send your contribution via electronic mail considering the following rules:

Text: Prepare it as unformatted text (preferably ASCII). Tables: columns separated by tabs. A PDF printout of the whole document is highly recommended.

Article structure: Each article should include a title, an address line of the author(s), an abstract, a clear text body with introduction and conclusion and complete references.

Figures: Please send them separate from text. High resolution JPG, PNG or TIFF files are recommended.

(Special thanks to Robin Leadbeater for English translations.)

Umschlagfoto: Dynamic contour plot showing the evolution of the 7699A neutral potassium line of eps Aur (Robin Leadbeater).

Inhaltsverzeichnis / Content

<i>Daniel Sablowski:</i> Zum mechanischen Design, zur Justage und Peripherie von Spektrographen	4
<i>Andreas Gerhardus und Peter Stinner:</i> Determining the Chemical Compositions of Planetary Nebula by Spectroscopy	16
<i>Robin Leadbeater:</i> Amateur Spectroscopy during the Eclipse of epsilon Aurigae 2009-2011	21
<i>Rolf-Dieter Schad:</i> VdS-Spektroskopie-Workshop auf der Starkenburgsternwarte in Heppenheim 2011	23
Termine / News	25
Mitgliederverzeichnis (nur Mitglieder)	26

Editorial



Liebe Leser des Spektrums,
liebe Spektroskopiker,
liebe Fachgruppenmitglieder,

mit Freude kann ich Ihnen die neue Ausgabe von Spektrum mit tollen Themen rund um die astronomische Spektroskopie präsentieren. Dank an dieser Stelle vor allem auch den Autoren. Leider gab es bei der Fertigstellung Verzögerungen, so dass diese Ausgabe später als geplant erscheint. Die Redaktion gelobt Besserung.

Vielleicht haben Sie es schon bemerkt: die Fachgruppe feiert in 2012 ihren 20. Geburtstag. Grund genug, einmal innezuhalten und die positive Entwicklung unseres Interessensgebietes zu reflektieren.

Im Mai trifft sich die Fachgruppe zur nunmehr wieder alljährlich stattfindenden Jahrestagung. Die ASpekt 12 wird im süddeutschen Bad Boll stattfinden und damit auch für Teilnehmer aus Österreich, der Schweiz und Frankreich besser zu erreichen sein. Die bisher angemeldeten Vorträge stimmen schon jetzt auf eine spannende Konferenz ein.

Mit sternfreundlichen Grüßen,
Ihr Thomas Hunger

Dear readers of Spektrum,
dear spectroscopists,
dear members of the section,

I am pleased to present you with the latest issue of spectrum with great topics related to astronomical spectroscopy. Especially, thanks to the authors at this stage. Unfortunately, there were delays in completion, so this issue is published later than planned. The editor vows improvement.

Perhaps you have already noticed: the Section celebrates its 20th anniversary in 2012. This should be reason enough to stop and reflect the positive developments in the area of our interest over the times.

In May the section is going to hold its annual meeting. ASpekt 12 will take place in southern Germany's Bad Boll. Thus, participants from Austria, Switzerland and France are expected due to better reachability. The talks registered so far give a good feeling about an exciting conference.

Clear skies.
Yours Thomas Hunger

Zum mechanischen Design, zur Justage und Peripherie von Spektrographen

Daniel Sablowski

Plösen 41, 95490 Mistelgau, www.hobbysternwarteploesen.de
e-mail: dasab2002@yahoo.de

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel behandelt Grundlagen, die bei der Konstruktion von Spektrographen zu berücksichtigen sind. Ferner werden die Justage und Hinweise für die Beobachtungspraxis zusammengestellt. Der Artikel fasst den Vortrag des Autors zum Anfängerworkshop 2010 in Heppenheim zusammen.

Abstact

This article deals with basics which are recommended for consideration during the construction of spectrographs. Furthermore, adjustment issues and hints for observational work are presented. The article contains major parts of the talk given at the beginner's workshop at Heppenheim observatory in 2010.

1. Mechanisches Design

1.1 Materialien

Für die Mechanik (Gehäuse, Halter, Montierungen, ...) des Spektrographen stehen verschiedene Materialien zur Auswahl. In den folgenden Unterpunkten wird auf die Auslegung der einzelnen mechanischen Komponenten eines Spektrographen eingegangen. Hier sollen zunächst einige grundlegende Eigenschaften der am häufigsten verwendeten Materialien dargelegt werden. Die Tabelle 1 im Anhang gibt einige wichtige Eigenschaften dieser Stoffe wieder.

Setzt man die Dichte ρ und den Elastizitätsmodul E (kurz: E-Modul) eines Stoffes i ins Verhältnis,

$$q_i = \frac{\rho_i}{E_i}, \quad (1)$$

so erhält man ein Maß für das Gewicht und die Elastizität des Materials. Vergleicht man diesen Quotienten einmal für Aluminium mit Stahl, erhält man

$$q_{Al} \approx q_{Stahl}. \quad (2)$$

Lässt man also Temperaturschwankungen außer Acht, wird man auf Aluminium als das Material für die mechanischen Komponenten zurückgreifen.

Als Nachteil von Aluminium ist dessen schlechte Schweißbarkeit (nur mit Inertgas Argon), sowie, wegen der geringen Festigkeit, die leichte Beschädigung von Gewinden zu nen-

nen. Stahl ist hingegen wesentlich fester und mit einfacher Ausrüstung zu schweißen. Uns interessieren hier in erster Linie Spektrographen zur direkten Ankopplung, weswegen wir Stahl nicht als Möglichkeit in Betracht ziehen wollen. Jedoch ist die Fertigung von Haltern aus Stahl für optische Komponenten durchaus überlegenswert.

Ein mancher Hobbybastler wird hier den Werkstoff Holz vermissen. Die Dichte von Holz erstreckt sich von $0,5 \text{ kg/dm}^3$ (Fichte) bis $1,1 \text{ kg/dm}^3$ (Azobé) und der E-Modul von 10 kN/mm^2 (Fichte) bis 17 kN/mm^2 (Azobé). Fichte würde sich also durchaus mit Aluminium vergleichen lassen.

Welchen Werkstoff man letztlich auswählt, ist dem Konstrukteur überlassen. Doch sollte der Quotient q nicht überbewertet werden. Es gibt weitere wichtige Eigenschaften von Materialien. Es kommt immer darauf an, was man mit dem Spektrographen messen möchte und natürlich darauf, was man für Werkzeuge zur Verfügung hat.

Die Möglichkeit der (sinnvollen) Kombination von verschiedenen Werkstoffen sollte dabei nicht aus den Augen verloren werden. So ist es zum Beispiel möglich die Seite für Kameraadaptation, Teleskopanschluss und Grundplatte aus Aluminium und den Rest aus Holz herzustellen.

1.2 Gehäuse

Für einen direkt angekoppelten Spektrographen ist die Auslegung des Gehäuses ein sehr wichtiger Schritt. Das Gehäuse muss sowohl mechanischer Verformung durch Drehmomentänderungen, als auch den optischen Komponenten eine solide Basis bilden.

F_G (blauer Pfeil, Abb. 1) steht für die Gravitationskraft und zeigt in Richtung Erdmittelpunkt. Betrachtet man nun F_1 (schwarzer Pfeil): Bei einem Winkel von $\alpha = 0^\circ$ verschwindet diese Kraft, bei $\alpha = 90^\circ$ ist sie maximal groß. Es ergibt sich:

$$F_1 = F_G \sin(\alpha). \quad (3)$$

Die Definition des Drehmomentes

$$\vec{D} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (4)$$

wobei wir für den Fall \underline{r} senkrecht \underline{F} als Wert für D ablesen

$$D = r F, \quad (5)$$

der uns einen Zusammenhang zwischen dem Hebelarm r und der angreifenden Kraft liefert.

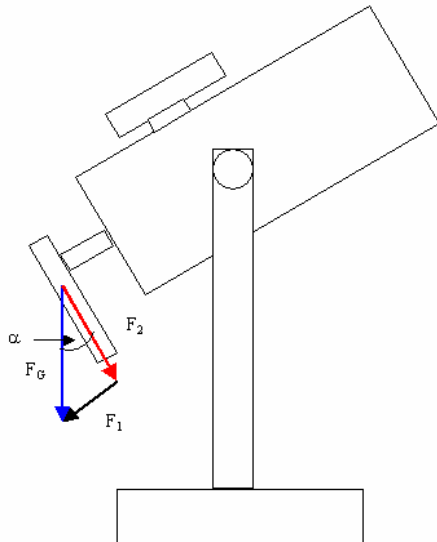


Abb. 1: Drehmomente am Spektrographengehäuse.

Betrachten wir nun in einfacher Weise, welche Drehmomentänderungen während eines Tagesganges auftreten. Bei homogener Massenverteilung (Ankopplung an einer Endseite) im Spektrographen kann $r = \sin(\alpha)L/2$, wobei L die Länge des Spektrographen heißt, angenommen werden. Schreibt man beispielsweise den Ausdruck für die Kraft F_1 aus und bildet die totale zeitliche Ableitung, ergibt sich

$$\dot{D} = \frac{d}{dt} \left[\frac{mgL}{2} (\sin(\omega t))^2 \right] \quad (6)$$

$$\dot{D} = mgL\omega \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

Dies bezeichnet die zeitliche Änderung des Drehmomentes bezogen auf F_1 . Neben dieser Kraft, welche ein Drehmoment erzeugt, existiert noch eine weitere Kraft F_3 . Diese Kraft

erzeugt ebenfalls ein Drehmoment, wobei hier die Spektrographendicke b und bei homogener Massenverteilung eben $b/2$ als Hebelarm fungiert. Da in den meisten Fällen $b \ll L$, kann man diese vernachlässigen. Dennoch erfährt dieses Drehmoment eine zeitliche Änderung.

Weiterhin kann man den Spektrographen noch im Okularstutzen oder eben durch die Nachführung drehen. Was dazu führen würde, dass der Spektrograph noch ein weiteres Drehmoment erfahren würde. Beispielsweise ein Drehmoment, das ihn aus der Papierebene ziehen möchte, wenn wir ihn uns nach innen verdreht vorstellen würden.

Um die Drehmomentänderung während einer Beobachtung zu ermitteln, kann man die Gleichung für die zeitliche Änderung des Drehmomentes integrieren:

$$D = mgL\omega \int_{t_0}^t \sin(\omega t) \cos(\omega t) dt \quad (7)$$

$$= \frac{mgL}{2} \sin^2(\omega t) \Big|_{t_0}^t$$

Setzt man für $\omega = 2\pi/24h$, $t_0 = 0$ und für t die Dauer der Beobachtung in s , kann man die Drehmomentänderung errechnen

$$D = \frac{mgL}{2} \sin^2(2\pi/(24 \cdot 3600) \cdot t). \quad (8)$$

Für t_0 muss man normalerweise jedoch den Startzeitpunkt einsetzen (Anfangsbedingungen). Nun wäre man eigentlich an der Stelle, an der man nach der Biegung des Spektrographen in Abhängigkeit des Winkels α sowie der Zeit t fragen könnte. Um die Biegekurve eines Körpers zu errechnen, bedarf es der Variationsrechnung. Darauf wollen wir hier nicht eingehen. Weiter unten wird eine einfache Formel dafür angegeben. Vielmehr betrachten wir die Kraft F_2 und nehmen an, dass der Spektrograph nur in der in Abb. 1 gezeichneten Lage verdreht ist. Die Kraft F_2 führt zu einer Dehnung des Spektrographen in der zur Kraft parallelen Richtung. Für die mechanische Spannung gilt eine dem Druck ähnliche Beziehung $\sigma = F/A$, die mit dem E-Modul und der relativen Längenänderung $\Delta L/L$ zusammenhängt:

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L} \quad (9)$$

Diese Gleichung sagt uns, dass bei größerem E-Modul und Fläche die Dehnung abnimmt, bei

größerem L und F die Dehnung hingegen zunimmt, was auch für die Durchbiegung gilt. Mit dieser Gleichung kann man auf einfache Weise die Dehnung des Spektrographen bestimmen.

Die Dehnung und Biegung des Spektrographengehäuses hat zur Folge, dass sich die Distanz zwischen den optischen Komponenten ändert. Befindet sich der Spektrograph beispielsweise bei der Justierung in horizontaler Lage, dann sind alle Elemente entsprechend für diese Lage justiert. Hängt er dann vertikal an einem Teleskop, so ändern sich die Fokusebene und auch die Distanz zwischen Spalt und Kollimator. Eine Ausnahme bildet der spaltlose Spektrograph, bei diesem macht sich „nur“ eine Verschiebung der Bildebene bemerkbar. Diese Verformungen können einmal zu unschärferen Spektren und zum anderen zu einer Verschiebung des Spektrums auf dem CCD während der Beobachtung führen.

Machen wir eine Abschätzung der Dehnung, um herauszufinden, ob wir uns darüber Gedanken machen müssen:

Wir nehmen einen rechteckigen Aluminiumkasten ($b = 7 \text{ cm}$, $a = 12 \text{ cm}$, $L = 40 \text{ cm}$) mit einer durchschnittlichen Wandstärke von 4 mm . Die Querschnittsfläche ist dann $14,56 \text{ cm}^2$. Nach Tabelle 1 ist der E-Modul für Aluminium 70 kN/mm^2 . Wir erhalten

$$\Delta L = \frac{FL}{EA} \approx 160 \text{ nm} . \quad (8)$$

Das Ergebnis unterstreicht die Vernachlässigbarkeit der Dehnung. Für Fichtenholz hätte man 270 nm , bei einer Wandstärke von 10 mm . Dabei wurde aber nur das Gewicht des Gehäuses berücksichtigt. Die Biegungen sind also die größte Schwachstelle des Gehäuses.

Daher wollen wir versuchen eine einfache Methode zur Abschätzung dieser herzuleiten. Aus der Statik eines Trägers ist bekannt, dass

$$I = \frac{ql^3}{8} a \quad (9)$$

ist. Dabei bezeichnet I das Flächenträgheitsmoment (zur Berechnung des Trägheitsmomentes siehe Anhang) des Trägers, q die Streckenlast und l die zu überbrückende Länge, also senkrecht zur Gravitationskraft, a den vom Aufliegefall, Material und gewünschter maximaler Durchbiegung abhängigen Sicherheitsfaktor (Anhang). Der Belastungsfall des

Spektrographen wäre die des einseitig eingespannten.

Aus der genauen Berechnung der Biegung findet man nach langer Rechnung:

$$g = \frac{25}{48} \frac{ql^3}{IE} . \quad (10)$$

Aus dieser Gleichung lässt sich die Durchbiegung bei bekanntem I direkt berechnen. Hier bezeichnet I die effektive Länge des Trägers und nicht den effektiven Hebelarm.

Wichtig an dieser Stelle ist der Hinweis, dass diese Rechnung nur für einfache geometrische Träger gilt. Ist die Massenverteilung und der Querschnitt nicht einfach zu bestimmen, dann kann man versuchen Symmetrieannahmen zu treffen, um das Problem zu vereinfachen.

Für kleine Spektrographen empfiehlt sich ein fertiges Aluminiumdruckgussgehäuse, die man beispielsweise im Elektronikhandel bekommen kann. Diese Gehäuse sind sehr stabil und leicht zu bearbeiten.

Neben der Stabilität muss der Spektrograph auch lichtdicht sein. Abb. 2 zeigt, wie das prinzipiell erreicht werden kann.

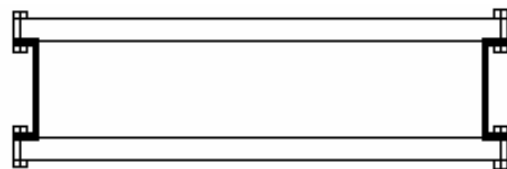


Abb. 2: Schema eines lichtdichten Gehäuses.

Auf die Bodenplatte schraubt man einen Rahmen, dessen Kanten abkantet sind. Diese Abkantung wird zur Verschraubung benutzt, außerdem kann man dort einen Schaumstoff aufbringen, der dann evtl. Lücken schließt. Die Seite, an der die Kamera und die Teleskopan-kopplung platziert werden, sollte aus etwas stärkerem Material und fest mit der Bodenplatte verbunden sein. Weiterhin sollte die Kamera möglichst nahe bei der Ankopplung angebracht sein, sodass sich die Kamera keinem all zu großen Hebelarm bedient.

Spektrographentypen, die diese Anforderungen schon vom optischen Layout erfüllen, sind das Czerny-Turner- oder das Littrow-Design. Daher hilft es, sich an diesen Layouts grob zu orientieren.

Die temperaturbedingte Ausdehnung eines Materials lässt sich mit dem linearen Längenausdehnungskoeffizienten α durch

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (11)$$

berechnen. Wobei L die Länge des Körpers bezeichnet.

Wenn man nun das Gehäuse erstellt hat, ist es Zeit, sich über die Halterungen für die optischen Komponenten Gedanken zu machen.

1.3 Halter für die optischen Komponenten

1.3.1 Spiegelhalter und Linsenhalter

Wichtig bei den Halterungen ist deren Justierbarkeit. Daher sagt man auch kinematische Halterung dazu. Außerdem ist eine Belastung der Elemente durch mechanische Kräfte möglichst zu vermeiden. Kleine Optiken (bis ca. 50 mm Durchmesser) können auch auf eine Platte mit Epoxyd geklebt werden.

Es muss auch die Größenänderung durch Temperaturschwankungen berücksichtigt werden, insbesondere Winter-Sommer-Unterschiede. Beim Aufkleben sollte nur ein Punkt (ca. 5 mm Durchmesser) aufgetragen werden. Da durch die Temperaturänderungen sonst eine Verbiegung stattfinden könnte. Größere bzw. auswechselbare Optiken werden in speziell gefertigten Käfigen gefasst.

In den Abbildungen 3-5 sieht man einen solchen kinematischen Spiegelhalter. Im Grunde handelt es sich um ein L. Der vordere runde Schlitz dient zum justieren des Winkels zwischen der optischen Achse des einfallenden Strahls und der optischen Achse des Spiegels. Außerdem ist der Käfig senkrecht dazu durch eine Rändelschraube auf der Rückseite einstellbar. Bei den Verbindungsstreifen zwischen Spiegelkäfig und L handelt es sich um kleine Edelstahlblechstreifen. Diese biegen sich beliebig bei der Justierung.

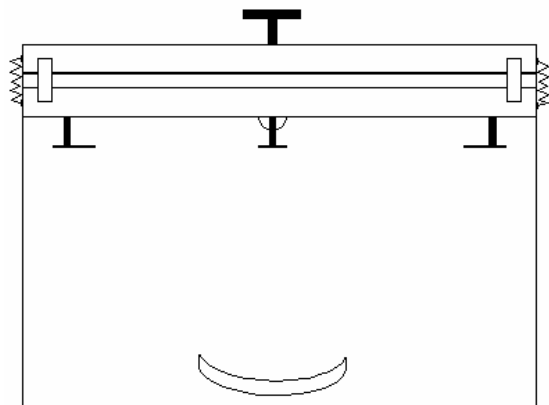


Abb. 3: Spiegelhalter Draufsicht.

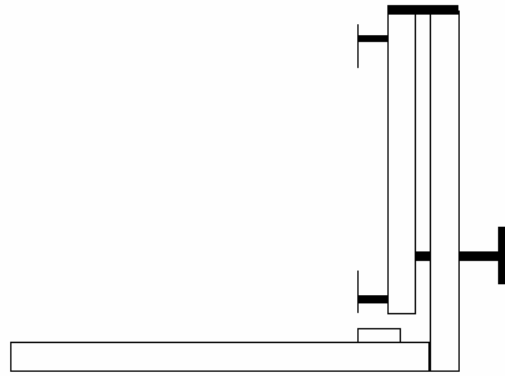


Abb. 4: Spiegelhalter Seitenansicht.

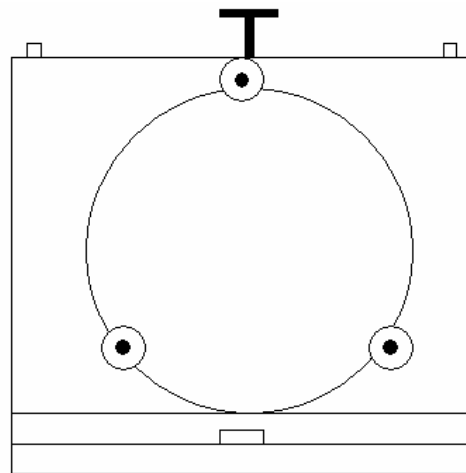


Abb. 5: Spiegelhalter Vorderansicht.

Linsenhalter können analog gefertigt werden. Dabei wird jedoch die Linse in einen Ring eingeklemmt. Den Ring kann man dann wieder in eine L-Halterung einbauen und entsprechend justieren. Natürlich muss der L-Halter ein entsprechendes Loch auf der Rückseite haben. Bei Linsen ist eine leichte Dejustage nicht ganz so schlimm, weswegen sich in vielen Fällen auch starre Halter eignen. Zum Beispiel bieten die Tubussysteme der Optikhändler eine gute Lösung dafür.

In Abbildung 3 ist hinten mittig ein Halbkreis zu sehen. Dabei handelt es sich um eine Schraube. Diese muss mittig unter der Spiegeloberfläche sein, sodass sich der Abstand des Spiegels zum nächsten Element nicht ändert. Dies ist vor allem beim Kollimator zu beachten.

1.3.2 Gitterhalter

Der Halter für das Gitter kann ähnlich der Spiegelhalter angefertigt werden. Grundlage ist wieder der L-Halter, an dem der Gitterkäfig einstellbar angebaut werden kann. Abbildung 6 zeigt einen solchen Käfig.

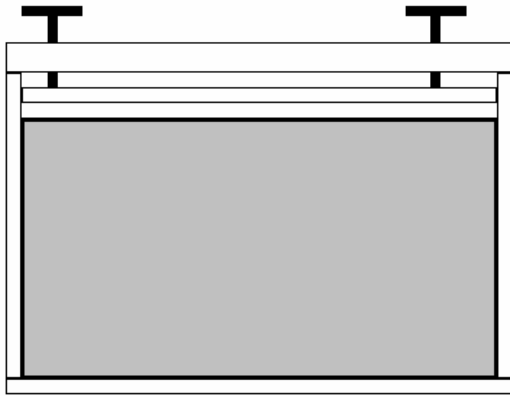


Abb. 6: Gitterhalter.

Mit den beiden oberen Rändelschrauben wird eine Kunststoffleiste auf das Gitter mit leichtem Druck angepresst. An den Rändern ist etwas Schaumstoff zur Kompensierung der temperaturbedingten Ausdehnung. Diese Halterung eignet sich eben dazu, dass Gitter ohne weiteres wieder heraus zu nehmen. Natürlich kann man ein Gitter auch auf einen Wechselträger aufkleben. Sollte das Gitter jedoch mal in einem anderen Spektrographen verwendet werden ist das dann etwas schwierig, wenn nicht die gleiche Gitteraufnahme vorhanden ist.

Beim Gebrauch eines Gitters sollte größte Vorsicht walten. Daher empfiehlt es sich bei größeren Umbauten im Spektrographen, das Gitter heraus zu nehmen oder wenigstens mit einer Kunststoffkappe abzudecken. Dies sollte man mit allen empfindlichen Oberflächen tun. Sollte es dennoch einmal zu Verunreinigungen auf dem Gitter kommen, dann erst einmal nichts daran machen. Die meisten Verschmutzungen führen zu keinerlei bemerkbaren Veränderungen.

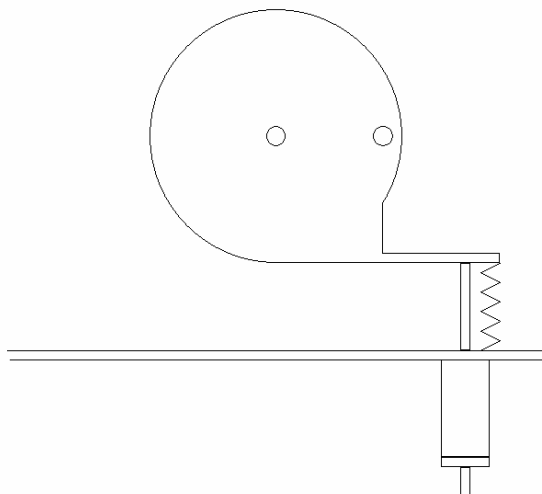


Abb. 7: Rotationsplattform.

Weiterhin ist bei einem Gitter nötig, dass man es drehen kann. Dazu kann man sich eine

Rotationsplattform vom Händler kaufen, oder man baut sich auch dies selbst. Dabei ist eine feine und reproduzierbare Einstellung von Vorteil. Abbildung 7 zeigt einen einfachen Aufbau dazu. Auf der Kreisscheibe wird der L-Halter in die beiden Löcher angeschraubt. Mit der Mikrometerschraube kann das Gitter gedreht werden, die Feder zieht es zurück, und verhindert eine ungewünschte Verdrehung des Gitters. Die Schraube mittig durch den L-Halter und Rundtisch dient auch als Rotationsachse und sollte entsprechend drehgelagert an der Grundplatte angebracht sein.

1.3.3 Spalt

Wir sind jetzt an einem sehr schwierigen Punkt angekommen, dem Spalt. Der Spalt bestimmt das Auflösungsvermögen unseres Spektrographen ganz maßgeblich. Außerdem müssen wir ja dafür sorgen, dass auch wirklich das Licht des Sterns unseres Interesses durch den Spalt fällt. Soll heißen, wir müssen den Stern am Teleskop, also vor dem Spektrographen, beobachten können und ihn sicher auf den Spalt „platzieren“ und dafür sorgen, dass er auch da bleibt.

Es gibt natürlich auch die Möglichkeit ohne Spalt zu arbeiten. Bei einigen Teleskopen ist das Sternscheibchen nicht gerade groß und ein Spalt ist nicht nötig. So hat beispielsweise ein Newton Teleskop 254 x 1200 bei 4"-Seeing ein Sternscheibchen von ca. 25 μm . Vorteilhaft ist dabei, dass man das Gitter bis zur nullten Ordnung drehen kann, sodass man das Sternfeld sieht. Dann kann man den gewünschten Stern auf die Mitte des Gitters bringen. Dabei sollte man bei der Planung des Spektrographen, das durch den Kollimator und Teleskop gegebene beobachtbare Gesichtsfeld beachten und entsprechend berücksichtigen.

Mit einem spaltlosen Spektrographen lässt sich auf diese Weise ein gewinnbringender Einstieg realisieren. Dies wird im Erfahrungsbericht von Lothar Schanne über seine „Mäusevilla“ eindrücklich gezeigt [2].

Das Problem bei einem spaltlosen Spalt ist das kleine Loch, das man irgendwie in den Spiegel bringen muss. Lothar Schanne versuchte, eine winzige Stelle der Reflexionsschicht des Spiegels unter Zuhilfenahme eines Mikroskops abzukratzen und darauf eine Lochblende mit definierter Spaltgröße zu kleben. Beobachtet wird hier von der Rückseite des Spiegels her. Leider verursacht dieses rückseitige einbauen des Spiegels Reflexionen, die neben dem Spektrum ein weiteres produzieren, welche aber in der Intensität nur

wenige Prozent ausmacht. Für einen Echelle-Spektrographen entsteht durchaus aber ein Problem.

Außerdem ist das Glas in sich rau. Diese Rauheit liegt in der Größenordnung des Sternscheibchens, somit kann es passieren, dass das Sternscheibchen zu einem „kometenähnlichen“ Fleck wird.

Eine weitere Möglichkeit wird von mir verfolgt. Dabei wird in den Spiegel ein kleines ein Millimeter messendes Loch gebohrt. Darauf wird dann eine kleine reflektierende Lochblende geklebt. Als geeignet haben sich Goldlochblenden von Plano herausgestellt. Bei sehr schwachen Sternen kommt es jedoch auf die Empfindlichkeit der Nachführkamera an. Versuche mit der Alccd5 lassen darauf hoffen, bis 7 mag beobachten zu können. Als wesentlich bessere, aber auch teure Blenden haben sich die Dünnschichtblenden von Plano herausgestellt. Diese sind poliert und haben am Loch eine Dicke, die dem Radius des Loches entspricht.

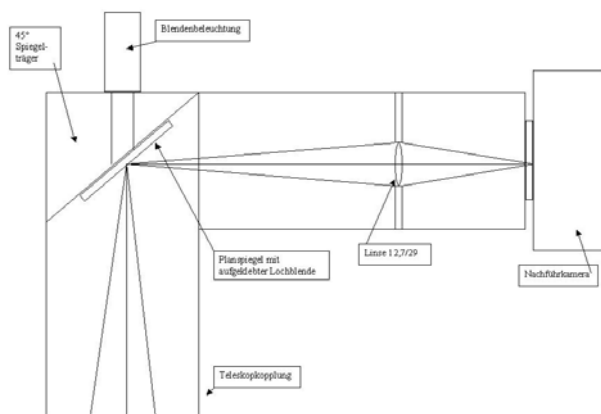


Abb. 8: Rotationsplattform.

Die Abbildung 8 zeigt den ersten von mir hergestellten Prototypen. Hierbei wurde lediglich getestet, ob sich die Idee mit der aufgeklebten Goldlochblende auch in der Praxis bewährt. Außerdem war dies der erste Schritt in Richtung einer Lichtwellenleitereinkopplung.

Bei einer solchen Konstruktion ist auch die Dicke der Blende zu berücksichtigen. Diese schattet das Loch zusätzlich, wegen der Schrägstellung des Spiegels, ab. Aus dem Loch in der Blende wird dabei etwas Ellipsenförmiges. Wenn man es geschickt anstellt, dann kann man die Verengung in Dispersionsrichtung machen und erhält so einen schmalen Spalt. Beispielsweise wird ein Pin Hole mit einem Durchmesser 50 µm und 25 µm Dicke bei 45° Schrägstellung auf eine Breite von

17,5 µm verjüngt. Steht der Spiegel, auf dem die Lochblende mit einem Pin Hole mit Durchmesser d und Dicke D geklebt ist, in einem Winkel α zur optischen Achse, so kann die effektive Öffnung des Pin-Holes durch folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$d_{\text{eff}} = d \cos(\alpha) - D \sin(\alpha) \quad (12)$$

Die Blendenbeleuchtung in Abbildung 8 diente nur zur Hinterleuchtung der Blende, um das Loch in der Nachführkamera zu erkennen. An dieser Stelle wird der Spektrograph angebracht. Meist wird dahinter gleich ein Planspiegel eingebaut, um das Licht in eine günstigere Richtung umzulenken (wie wir in Abschnitt 1.2 besprochen hatten).

In der Herstellung eines ordentlichen Spalts mit einfachen Mitteln und geringem finanziellem Aufwand besteht zurzeit am meisten Entwicklungsbedarf und ist im gleichen Maße interessant und herausfordernd.

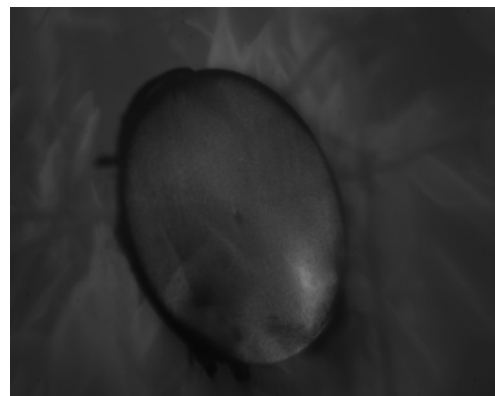


Abb. 9: Lochblende ohne Beleuchtung.



Abb. 10: Lochblende mit Beleuchtung.

Um auch mal eine Linse rechnen zu können wollen wir kurz noch die Gaußsche Linsengleichung anschreiben. Sie lautet:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} - \frac{1}{g} \quad (13)$$

Dabei ist f die Brennweite der Linse, b die Bildweite und g die Gegenstandsweite. Mit dieser einfachen Gleichung kann man beispielsweise eine abbildende Linse wie die in Abbildung 8 gezeigte berechnen. Beachtenswert ist der Fall, wenn g b gegenüberliegt, dann wird das – in Gleichung 13 zu einem +.

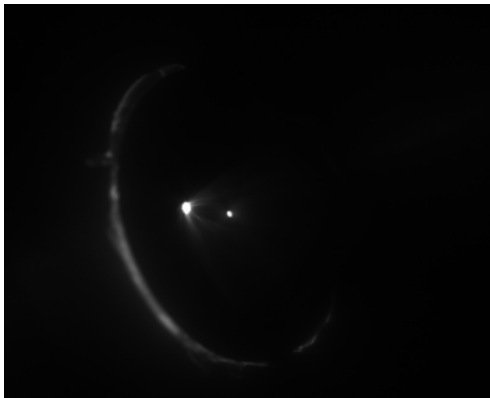


Abb. 11: Lochblende mit Arkturus.

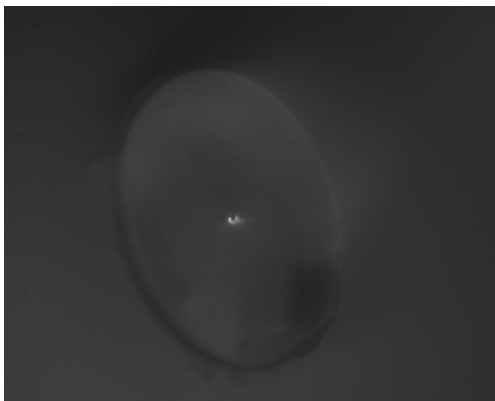


Abb. 12: Lochblende mit Arkturus.

Die Abbildungen 9-12 sind Testaufnahmen mit dem ersten Prototypen in Verbindung mit einer Alccd5 zu sehen. Bei den Hintergrundstrukturen in den Bildern 9 und 10 handelt es sich um einen Kirschbaum, es war mal wieder schlechtes Wetter. Schön sieht man auch die elliptische Form der Blende.

Fertige verspiegelte Spalte werden von der Firma Shelyak vertrieben und stellen die beste Lösung für Langspalt-Spektrographen dar.

2. Justage

Die Justage des Spektrographen ist eine sehr wichtige Sache. Dadurch soll gewährleistet sein, dass alle optischen Komponenten aufeinander abgestimmt sind. Es muss sehr gewissenhaft ausgeführt werden. Ordentliche kinematische Halterungen sind dafür essen-

ziell. Man könnte sich fragen, in welcher Position man die Justierung durchführen sollte. In der Tat werden meistens die Spektrographen in der horizontalen justiert. Aber am Teleskop ist er natürlich in allen Positionen. Daher empfiehlt es sich den Spektrographen nicht in der horizontalen, sondern in einer mittleren Position zu justieren. Außerdem sollte man die Justage von Zeit zu Zeit überprüfen.

Zur Abstimmung der Komponenten eignet sich ein Laser sehr gut. Diesen bringt man auf der optischen Achse an und kontrolliert den Strahl mit einer Lehre, die in Abbildung 13 gezeigt ist.

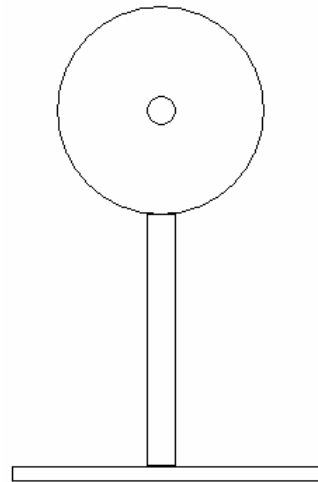


Abb. 13: Justagelehre.

Dabei ist darauf zu achten, dass der Strahl immer schön auf der optischen Achse bleibt. An dieser Stelle muss noch eine wichtige Bemerkung gemacht werden. Die optische Achse ist nicht die mechanische Achse. Soll heißen, dass die optische Achse von dieser abweicht. Das ist zum Beispiel auf Fertigungsgenauigkeiten der Hersteller der optischen Komponenten, zum anderen auf die Genauigkeit der Fertigung der Halterungen zurückzuführen.

Beim Justieren können wir jedoch nur die mechanische Achse als Bezugspunkt hernehmen. Daher sollte diese so genau wie möglich gefertigt sein.

Die Lehre sollte aus Metall hergestellt werden, das Loch ca. einen Millimeter im Durchmesser und genau auf der Höhe der optischen Achse sein. Der Laser wird so am Spalt angebracht, dass der Strahl immer durch das Loch geht, egal wo die Lehre im Spektrographen steht.

Nachdem der Laser parallel eingerichtet ist wird die erste Komponente eingerichtet. Diese ist in den meisten Fällen der Kollimator oder ein Umlenkspiegel. Also setzt man die Lehre nach dieser Komponente und verfolgt den

Strahl bis zur nächsten Komponente. Bei Abweichungen wird an der Halterung eingestellt, solange bis alles passt. So wird bei allen Komponenten vorgegangen. Beim Gitter müssen wir aber auch auf die Rotation achten. Egal in welcher Stellung das Gitter steht, es muss immer genau justiert sein. Also wird auch wieder unsere Lehre nach dem Gitter hingestellt und das Gitter gedreht. In jeder Ordnung sehen wir einen Punkt des Lasers und dieser muss durch das Loch in der Lehre. Also wieder so lange justiere, bis alles passt.

Sicherlich ist das eine zeitaufwändige Tätigkeit. Mit etwas Übung wird es aber zur Routine. Außerdem lernt man so sein Messgerät kennen. Das ist sowieso sehr wichtig, dass man wirklich weiß mit was man da arbeitet.

Den Fokus der Kamera stellt man am besten ein, indem man das Gitter in die nullte Ordnung bringt. Man beleuchtet dann den Spalt und beobachtet diesen durch die Kamera. Man stellt den Fokus so lange ein, bis man die Struktur des Spalts scharf abgebildet hat. Dabei darf sich der Fokus nicht ändern, wenn man das Gitter dreht. Da zeigt es sich, ob man genau genug gearbeitet hat.

Die verbleibende Justage ist die des Kollimators, sodass er den Strahlengang auch wirklich parallel macht. Das ist besonders wichtig, hängt davon doch das Auflösungsvermögen ab. Um diesen einzustellen, beobachtet man den Spalt im parallelen Strahlengang nach dem Kollimator mit einem kleinen Fernrohr (Sucher oder ähnliches). Wichtig dabei ist, dass es auf unendlich gestellt ist. Dazu sucht man sich ein unendlich weit entferntes Objekt (Stern, Fernsehturm etc.) und stellt das Fernrohr scharf. Dann blickt man in den parallelen Strahlengang nach dem Kollimator und stellt den Spalt scharf, indem man den Abstand Spalt – Kollimator verändert, ein.

3. Peripherie

Hier soll etwas darauf eingegangen werden, was prinzipiell bei den peripheren Tätigkeiten zu beachten ist. Genaueres dazu sollte in den Vorträgen über die Reduktionsprogramme ersichtlich werden.

3.1 Darks (Dunkelbilder)

Darkframes dienen dazu, das thermische Rauschen und die Hotpixel aus den Aufnahmen zu entfernen. Die meisten CCD Kameras haben eine thermoelektrische Kühlung (Peltierelement und Lüfter). Dadurch wird das thermische Rauschen schon erheblich reduziert. Die Kurve des thermischen Rauschens ist eine abfallen-

de e-Funktion und geht asymptotisch gegen einen kleinsten Wert. Dieser ist bei den CCD Chips etwa bei $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Also bei dieser Temperatur ist eine noch stärkere Abkühlung kaum gewinnbringend für unsere Tätigkeiten. Was im Sommer ja meist nicht zu erreichen ist. Außerdem ist bei Langzeitbelichtungen dieses Rauschen erhöht, da natürlich auch Wärme durch den Widerstand der elektronischen Bauteile der Kamera entsteht. Das Dark muss bei gleicher Belichtungszeit und Temperatur, wie das Bild gemacht werden.

Viele Aufnahmeprogramme fertigen schon automatisch ein Dark, vor der eigentlichen Aufnahme. Dies erfordert natürlich einen eingebauten Shutter in der Kamera. Wenn kein solcher eingebaut ist, dann muss das Teleskop vor der Aufnahme eines Darks abgedeckt werden mit den Staubschutzdeckeln und jegliches Streulicht vermieden werden. Darks sind für jede Temperatur, Belichtungszeit und Chip unterschiedlich. Daher empfiehlt es sich ein Archiv, vor allem für Langzeitbelichtungen anzulegen. Also für etwa alle drei Grad und jede Minute. Bei dem thermischen Rauschen handelt es sich um einen stochastischen Effekt. Jedes Dark, sei es auch unter gleichen Bedingungen entstanden, ist also anders. Es empfiehlt sich also mehrere Darks zu mitteln. Jeder entwickelt hier im Laufe der Zeit seine eigene Technik und das ist auch von der Kamera abhängig. Wichtig ist, dass man von jedem Bild das thermische Rauschen entfernt, bevor man Einzelbilder addiert. An dieser Stelle verweise ich auch auf Bücher der Astrofotographie, die diese Techniken oft sehr ausführlich behandeln.

3.1 Flats (Hellfeldbilder)

Ein Flatfield dient dazu, das Spektrum zu glätten, sowie Schmutzpartikel und Vignettierung zu korrigieren. Man erkennt in einem Plot des Spektrums, dass es zu den Rändern hin an Intensität verliert. In der Astrofotographie werden Flataufnahmen meist dazu verwendet, um evtl. Vignettierung (Abschattung) zu beheben. Dabei wird eine weise homogene Lichtquelle aufgenommen und anschließend das Bild mit dem Flat korrigiert. Es ist auch bei Echelle-Spektrographen besonders wichtig. Oder auch, wenn man die Temperatur eines Sterns bestimmen möchte, wobei man hier noch die Wellenlängenfunktion des gesamten Instruments berücksichtigen muss.

Abbildungen 14 und 15 zeigen Flataufnahmen mit BACHES (Echelle-Prototyp von Bader Planetarium GmbH). Dabei wurde eine kleine 3,6 V-Xenonlampe als Kontinuumslichtquelle verwendet. Man sieht, dass es oft problema-

tisch ist, im Roten (oben) nicht zu überbelichten und im Blauen noch genügend Signal zu haben. Die gleichzeitige Aufnahme verschiedener Spektralbereiche ist eine Herausforderung, die bei einem Langspaltspektrographen nicht, sondern nur speziell beim Echelle auftritt. Abbildung 15 zeigt ein Flat in Verbindung mit einem Blaufilter. Außerdem sieht man links eine Verschmutzung auf dem Chip-Fenster der CCD.



Abb. 14: Echelle-Flat ohne Filter, Belichtungszeit 30 s.



Abb. 15: Echelle-Flat mit Filter, Belichtungszeit 120 s.

3.3 (Wellenlängen-)Kalibration

Um die Linien im Sternspektrum zu identifizieren, also einer Wellenlänge zuordnen zu können, braucht man eine Vergleichslichtquelle. Für Spektrographen mit mäßigem Auflösungsvermögen ($R = \lambda/\Delta\lambda < 15.000$) eignet sich eine Neonquelle. Neon hat jedoch die meisten Linien im roten Spektralbereich. Beobachtet man im blauen, muss man länger belichten, um die schwächeren blauen Linien zu erkennen.

Neonglühlämpchen befinden sich in Nachtorientierungslampen. Das Licht dieser Lampen muss man in den Spektrographen einkoppeln. Das macht man am besten mit einer Abbildungslinse. Spaltlose Spektrographen können so nicht kalibriert werden. Hier identifiziert man viel mehr bekannte Linien im Spektrum selbst.

Für Spektrographen mit hohem Auflösungsvermögen ($R > 15.000$) ist eine Hohlkathodenlampe mit Thorium hervorragend geeignet. Diese Lampen sind leider recht teuer. Abbildung 16 zeigt ein solches Spektrum einer Thoriumlampe mit Argon, mit BACHES aufgenommen. Abbildung 17 zeigt das Spektrum einer Nickellampe mit Neon, ebenfalls mit BACHES aufgenommen.

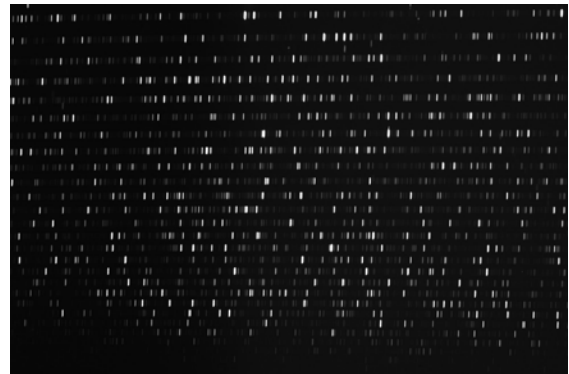


Abb. 16: Spektrum einer Thorium/Argon HKL.

Hier wird sofort ein Problem der mit Neon gefüllten Lampen klar. Neon hat sehr starke Emission im roten Spektralbereich. Um die schwachen blauen Linien im Nickelspektrum sichtbar machen zu können muss man die roten Linien stark überbelichten. Dem kann man entgegen, indem man einen Filter anbringt, der im Roten abschwächt und im Blauen möglichst alles durchlässt (siehe 3.2).

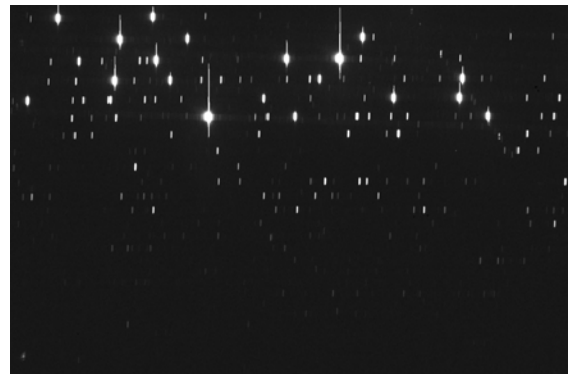


Abb. 17: Spektrum einer Nickel/Neon HKL.

Bei den beiden obigen Spektren handelt es sich um Spektren durch einen Echellespektrographen (BACHES). Bei den Langspaltspektrographen ist die stark unterschiedliche Intensität der Linien nicht so schlimm, da man hier ja nur einen kleinen Bereich des Spektrums aufnimmt. Dennoch müssen bei Spektrographen mit hohem R genügend viele Linien (mindestens zwei, je mehr, desto besser) im Ausschnitt liegen, um eine ordentliche Kalibration vornehmen zu können.

4. Schlussbemerkung

Abschließend möchte ich noch festhalten, dass dieses Skript als grobe Übersicht zu verstehen ist und keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit hat. Ich hoffe damit ein wenig Begeisterung und Motivation zum Selbstbau unter den Lesern verbreitet zu haben.

Vielleicht mag es etwas kompliziert klingen, diese Geschichte über Spektrographen und ist daher eher abschreckend. Diesen Gedanken sollte man einfach mal beiseite legen. Das Excelsheet auf der Seite der FG-Spektroskopie durchlesen und mit den Werten zu spielen [3]. Rat im Forum zu suchen, wenn etwas unklar ist. Und dann einfach mit der Konstruktion eines Spektrographen beginnen. Dabei lernt

man am meisten und nach eigener Erfahrung kann ich nur sagen, dass es eine schöne Schlechtwetterbeschäftigung ist.

Abschließend bleibt mir nur noch Ihnen einen immer wolkenfreien Himmel und den Mut zum Spektren machen zu wünschen.

Literatur und Bezugsquellen

- [1] J. Hohnstein et al., Tabellenbuch der Metallbautechnik
- [2] L. Schanne, www.astrospectroscopy.eu
- [3] Webseite der Fachgruppe Spektroskopie:
spektroskopie.fg-vds.de

Anhang

Tabelle 1: Einige Materialeigenschaften [1]

Stoff	Dichte [kg/dm ³]	Längenausdehnungskoeffizient [1/K]	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C [K/W/m]	Elastizitätsmodul bei 20 °C [kN/mm ²]
Aluminium	2,7	2,38 · 10 ⁻⁵	204	70
CuSn-Legierung	7,4 ... 8,9	1,75 · 10 ⁻⁵	46	
CuZn-Legierung	8,4 ... 8,7	1,85 · 10 ⁻⁵	105	
Eisen	7,87	1,2 · 10 ⁻⁵	81	
Stahl legiert	7,9	1,6 · 10 ⁻⁵	14	190 ... 215
Stahl unlegiert	7,85	1,15 · 10 ⁻⁵	48 ... 58	190 ... 215
Glas (Quarz)	2,4 ... 2,7	5 · 10 ⁻⁶	0,81	
Kupfer	8,96	1,68 · 10 ⁻⁵	384	100 ... 130
Titan	4,5	4,5 · 10 ⁻⁶	15,5	105
HT Kohlenstofffaser	1,8			230
UMS Kohlenstofffaser	1,8			395

Tabelle 2: Sicherheitsfaktoren

Belastungsfall	1/200	1/300	1/500
Frei aufliegend	9,91 208	14,9 313	24,8 520
Auf einer Seite eingespannt, auf der anderen frei aufliegend	4,12 86,5	6,19 130	10,3 216
Beidseitig eingespannt	2,98 62,5	4,47 93,8	7,45 156
Einseitig eingespannt	23,8 300	35,7 750	59,5 1250

A1. Das Trägheitsmoment

Das Trägheitsmoment ist definiert als die Summe

$$I = \sum_i m_i r_i^2 \quad (A1)$$

aller Massenteile und zugehörigen senkrechten Abständen zu einer Achse. Diese Rechnung wäre höchstens etwas für den PC, also gehen wir von der Summe über in ein Integral und definieren uns das Trägheitsmoment so:

$$I = \int r^2 dA \quad (A2)$$

Dabei haben wir die Masse in Fläche mal Länge mal Dichte aufgeteilt und interessieren uns nur für die Querschnittsfläche, um das Flächenträgheitsmoment zu erhalten. Es folgen

nun zwei einfache Beispiele, bei denen die y-Richtung die Belastungsrichtung ist.

A) Balken

Der Balken habe die Abmessungen a und b. Es ergibt sich:

$$I_{\text{Balken}} = \int_{-a/2}^{a/2} dx \int_{-b/2}^{b/2} y^2 dy = a \frac{b^3}{12} \quad (A3)$$

B) Vierkantrohr

Es seien A und B die Außenmaße, a und b die Innenmaße. Aus Gleichung A3 ergibt sich durch Subtraktion

$$I_{\text{Vierkantrohr}} = \frac{1}{12} (A^3 B - a^3 b) \quad (A4)$$

A2. MiniSPEC

Technische Daten:

Gitter:

Reflexionsgitter 1500 l/mm, 25x25 mm²
(wechselbar)

Kollimator:

Achromat, D = 12,5 mm, f = 50 mm

Kameralinse:

Achromat, D = 25,4 mm, f = 75 mm

Detektor:

Atik 383L+ (im Bild ALccd5)

Auflösungsvermögen:

bis zu 2.400

(abhängig vom Seeingscheibchen)

Dispersion:

ca. 1 Å/Pixel



Abb. A1: Bild des geöffneten MiniSPEC. Rechts erfolgt die Ankopplung an das Teleskop.

Die Bauanleitung ist auf der Internetseite des Fachgruppe zu finden.

Determining the Chemical Compositions of Planetary Nebula by Spectroscopy

Andreas Gerhardus

Alsenthal 4, 57581 Katzwinkel

Peter Stinner

Kopernikus-Gymnasium, Pirzenthalerstraße 43, 57537 Wissen

e-mail: peter.stinner@gymnasium-wissen.de

Abstract

As part of a school spectroscopy project by the astronomy team at Kopernikus-Gymnasium Wissen (Rhineland-Palatinate, Germany) spectra of the Cat's-Eye planetary Nebula (NGC 6543), Eskimo Nebula (NGC 2392), and Ring Nebula (M 57) were obtained using a DADOS-spectrograph attached to the 8"-SC-telescope of the Betzdorf school observatory. The spectra were analyzed with respect to the chemical compositions of the various nebulae and the temperature distribution in the Ring Nebula.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines schulischen Spektroskopieprojekts der Astronomie-AG am Kopernikus-Gymnasium in Wissen (Rheinland-Pfalz) wurden Spektren des Katzenaugen-Nebels (NGC 6543), des Eskimo-Nebels (NGC 2392) und des Ring-Nebels (M 57) mittels DADOS-Spektrograph am 8"-SC-Teleskop der Schulsternwarte in Betzdorf aufgenommen. Die Spektren wurden hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der planetarischen Nebel und der Temperaturverteilung im Ring-Nebel ausgewertet.

1. Introduction

In the sky there are many different kinds of objects, which are explored by astronomy. Generally less popular, however not less interesting, are Planetary Nebulae. Only seen by telescope they offer much more than a beautiful shape.

We obtained spectra of the Cat's-Eye Nebula, the Eskimo Nebula, and the Ring Nebula using the DADOS spectrograph belonging to the astronomy team at Kopernikus-Gymnasium Wissen (<http://gymnasium-wissen.de/>). By analyzing these images we aimed to determine the nebulae chemical compositions.

2. Planetary Nebulae

The first Planetary Nebula was discovered by Charles Messier in 1764 [1]. In contrast to its name, such nebulae are the final stage of a Main Sequence star between one and five solar masses [2]. After most of the helium is used up the hydrostatical balance can no longer stabilize the star and it swells up into a Red Giant. Finally the greater part of the matter is blown away, forming a diffuse nebula that is ionized by the White Dwarf in its center.

The typical emission spectrum is dominated by Hydrogen, Oxygen and Helium. There is also Nitrogen, Neon, Sulfur and Argon [2]. Their appearance is an important step within the galaxy's chemical evolution, due to the fact

that stars of the following generations are partly formed out of these heavy elements [3].

In general Planetary Nebulae are not exactly spherical, but have complex structures, that may be effected by magnetic fields or external gravitation. A typical nebula has a radius of 0.1 pc [2] and can be observed for some 10,000 years [4]. Scientists suggest that there are between 10,000 – 50,000 Planetary Nebulae in the Milky Way [2].

Another fundamental attribute is the appearance of so called forbidden lines, for example from the doubly ionized O[III]. These can only be observed in very low density nebulae but not on earth [5].

3. Obtaining Spectra

The spectra were taken with the 20 cm reflector telescope at Betzdorf school-observatory (<http://www.sternwarte-betzdorf.de>) by members of our school astronomy team. Because of the faintness of Planetary Nebula the exposure times had to be about one hour. That's why we had some long cold, but very enjoyable nights at the observatory. The experimental setup is shown in figure 1.

In order to obtain the emission spectra the spectrograph was mounted on the telescope. Data acquisition was performed by a DSLR camera. Due to the low intensity of the observed objects, we used a large spectrograph slit width of 50 μm .

Unfortunately the telescope's tracking system was not able to keep the image on the slit perfectly. Therefore we used a ST-4 camera at the 80 mm refractor (guiding scope). It was linked to an autoguider, which automatically corrected the tracking.

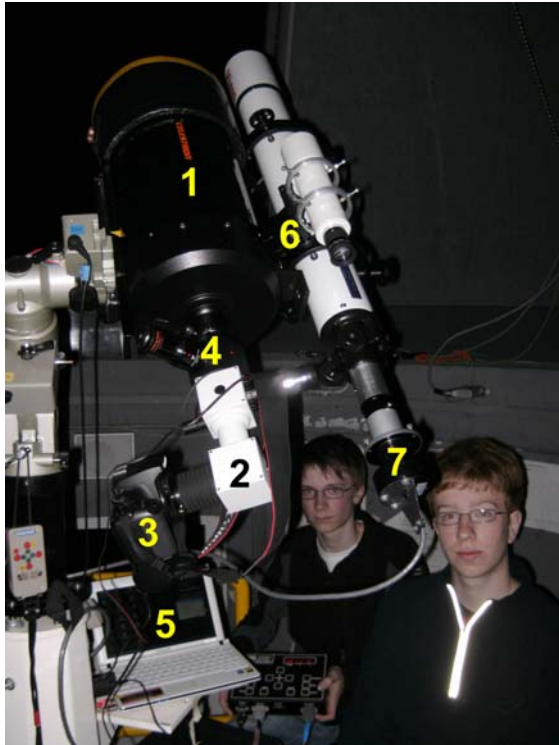


Fig. 1: Steffen Urban (left) and Andreas Gerhardus (right) with the experimental setup for spectroscopy in Betzdorf school observatory: 1: C8-SC-Telescope; 2: DADOS-Spectrograph; 3: DSLR camera Canon EOS 1000Da; 4: Flip mirror; 5: Notebook for controlling the camera; 6: Guiding scope; 7: ST-4 Autoguider.

4. Calibrating the spectrograph

The upper part of figure 2 shows a typical Planetary Nebula spectrum produced with our setup. In the next step the wavelengths of the emission lines in all obtained spectra had to be determined. Hence a function had to be found, that correlates the line positions in the photographic spectrum to the corresponding wavelengths. This procedure is called calibration.

The calibration procedure was as follows: After taking the photographic spectrum of the planetary nebula, the spectrum of a calibration light source was taken without any mechanical change with respect to the setup. This guaranteed that pixels at the same locations represent the same wavelengths in both photographic spectra. Using AstroArt, lines between identical coordinates were created. Along these profile lines the intensity distribution was plotted.

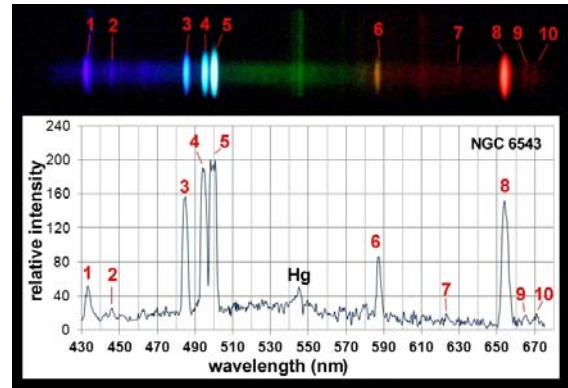


Fig. 2: Spectrum of the Cat's-Eye Nebula NGC 6543 with ten emission lines. The upper part shows the corresponding photographic spectrum.

Columns A and B in the screenshot shown in figure 3 show the corresponding data for our calibration light source (energy saving lamp), whose spectrum had been measured with great accuracy [6, 7]. The upper graphic in columns C to H illustrates the related spectrum. Here the intensity of the calibration light source still is displayed as a function of the pixel number. The underlying data for the spectrum of NGC 6543 are to be found in columns J and K, the related graphic in the upper part of columns N to R.

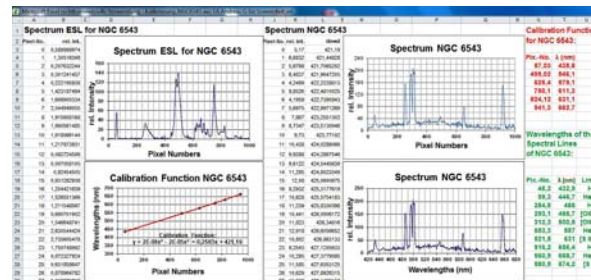


Fig. 3: Screenshot of the calibration of the cat's-eye-nebula NGC 6543.

Then the wavelengths are calculated out of the pixel numbers: In the energy saving lamp's spectrum the positions of six intensity maxima with well known wavelength [6; 7] were determined (table "Calibration Function for NGC 6543" in columns S, T and U). These values are fitted to a polynomial of third degree, which is our calibration function. This function calculates wavelengths corresponding to the pixel numbers in both upper spectra in columns C to H respectively N to R. The lower figure in columns C to H displays the nearly linear calibration function. By substituting the pixel numbers in column J for the wavelengths (column L) with the calibration function the final spectrum of NGC 6543 is received. The corresponding diagram in columns N to R shows the finally calibrated spectrum of NGC 6543, which is also the lower part of figure 2.

5. Analysis of the observed spectra

5.1 The Cat's-Eye Nebula

Discovered in 1786 by Wilhelm Herschel, the nebula NGC 6543 was named Cat's-Eye Nebula, because of its optical appearance. It is located in the Draco constellation near to the north celestial pole, hence it is circumpolar. Its distance is about 3,000 light years, the age is dated up to 1,000 years and the temperature of its central star is about 60,000K [8].

Figure 2 displays the nebula's spectrum, in which every line important for our task is indicated. Detailed data may be found in figure 3, column S to U lower part. The other, not labeled lines are not caused by the nebula. They are an effect of light pollution and are emitted by artificial light sources. Additionally, one can see the low-intensity continuum emitted by the central White Dwarf. Its intensity declines to the red end, since the maximum is located in the UV. By making a more detailed analysis of the spectrum in comparison to the laboratory data of [9] and [10] the corresponding elements were identified. Table 1 (see appendix) shows the results.

Typical for every galactic nebula are the Hydrogen Balmer lines (1, 3, 8). In addition three Helium lines (2, 6, 9) were observed. This gas is not ionized (Hel), and so a relatively low temperature of the central star is indicated. The appearance of – also very characteristic – forbidden lines of double ionized Oxygen ([O III]) shows, that the particle density in the nebula is lower than in the best vacuum on earth. In addition, the detection of Sulphur is a pleasant success.

5.2 The Eskimo Nebula

The object NGC 2392, better known as the Eskimo Nebula, is a Planetary Nebula in the Gemini constellation. It was discovered 1787 by Wilhelm Herschel and is about 10,000 years old. Its distance is 3,000 light years and the central star is 40 more luminous than the sun [11, 12].

The upper part of figure 4 shows the photographic spectrum of the Eskimo Nebula. It contains few emission lines and the central star's spectrum. The decrease of intensity to the red end this time is even more obvious. The lower part displays the resulting spectrum that is clearly dominated by the two forbidden lines of Oxygen ([O III]) at 496 nm and 501 nm. Moreover there are the Hydrogen Balmer-Lines ($H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$), which are already known from the Cat's-Eye Nebula. In addition, ionized

Helium is detected. The latter indicates the relatively high temperature of the central White Dwarf.

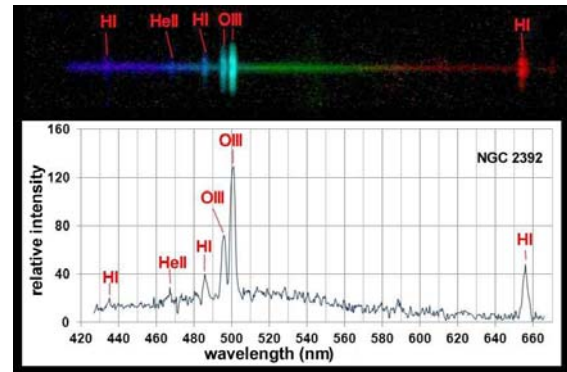


Fig. 4: Spectrum of the Eskimo Nebula with emission lines of Hydrogen, Helium, and Oxygen.

5.3 The Ring Nebula

The Ring Nebula was discovered by Antoine Darquier in 1779 and is also known as M 57. It is located in the Lyra constellation and its distance is 2,300 light years. Its age is estimated to be 7,000 years, and the White Dwarf's temperature is about 100,000-120,000K [13, 14]

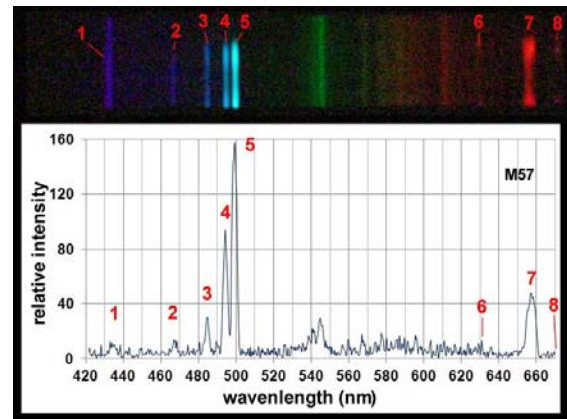


Fig. 5: Spectrum of the Ring Nebula. The upper part shows the corresponding photographic spectrum.

Figure 5 shows several emission lines and – once more – the effects of light pollution. However there is no continuous spectrum of a central star, probably since the star was not placed on the spectrograph slit during the exposure.

In the same way as described before, the following lines could be identified (table 2 in the appendix). The lines 1, 3 and 7 (Hydrogen), 4 and 5 (Oxygen) and 6 (Sulphur) are already known from the Cat's-Eye Nebula. The appearance of ionized Helium (line 2) requires highly energetic photons. Hence the central star must have a relatively high temperature.

The spectrum of the Ring Nebula shows a special feature: The widths of the spectral lines in figure 6 are not constant. They appear to be narrower in the middle. This observation provides information concerning the temperature in different regions of the nebula.

During the complete exposure time the Ring Nebula's image was positioned on the spectrograph slit as shown in figure 6. The visible "ring" shape of the nebula resulted in an inhomogeneous illumination of the slit. The two profiles in figure 6 obtained alongside the brightest spectral lines of Hydrogen and Oxygen lead to the following conclusions: The Hydrogen in the central region is almost completely ionized (ionization energy: 13.6 eV). Little light from Balmer lines can be observed here, because Hydrogen with only one electron emits these lines only when it is in a neutral state. The visible outer edge of the Ring Nebula, where the intensity is decreasing at the outer flanks, does not describe the limit of the three-dimensional hydrogen distribution, but the region where the temperature is below about 5,000K. The higher energy levels for Balmer Lines can no longer be filled by electrons [15].

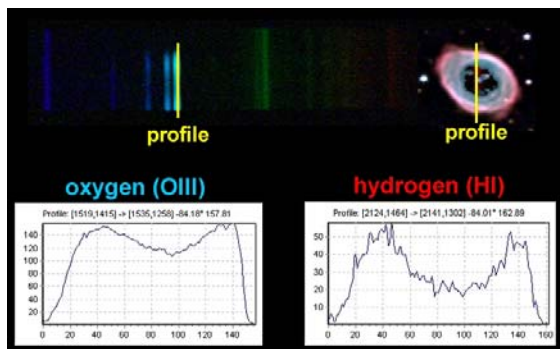


Fig. 6: The shapes of the spectral lines of the Ring Nebula.

The mechanisms involved in the development of the forbidden [O III]-Lines are much more complicated. The forbidden [O III] lines at 495,9nm and 500,7nm are the results of at least five processes (two ionization, excitation, two emissions) [15]. Therefore it is not possible to draw simple conclusions from figure 6.

6. Error Analysis and Future Prospects

The differences between measured and laboratory wavelengths are probably the result of the applied calibration method. This is why the calibration functions [6, 7] are considered to require some improvement in order to receive better results. One possibility is the use of a grating with a smaller grating constant. Thus the same number of pixels in the picture will

cover a shorter part of the spectrum. The position of the emission lines could be determined more exactly, which would automatically produce a more exact calibration function. Additionally, one could use a narrower spectrograph slit. This would sharpen the lines and their profiles. However, to gain a comparable signal-to-noise ratio, the exposure time would have to be increased in this case.

Spectral lines at the detection limit, for example line 6 in figure 5, suffer from their small signal-to-noise ratio. In order to reduce this problem without increasing the exposure time, the following statistical method can be applied: From the photographic spectrum not just one intensity profile is taken, but several more alongside parallel slices. After that these profiles are added pixel by pixel. Because the noise behaves statistically and the true emission lines have the same position in every profile, the signal-to-noise will be increased.

7. Conclusion

We consider the project described above as a success, since it displays the great possibilities to do science with basic school equipment and knowledge. Besides – and that is a very important point – the project was much fun for everyone involved.

Acknowledgements: We thank the students and teachers of the school astronomy team of the Kopernikus-Gymnasium Wissen for supporting our Planetary Nebula project. We also thank Prof. Dr. Stefan Kimeswenger (Innsbruck University). He called our attention to a wrong conclusion out of the curve progressions in figure 6 and delivered the correct interpretation.

We also thank Robin Leadnater for proofreading the article.

References

- [1] <http://www.maa.clell.de/Messier/E/m027.html>
- [2] Zimmermann, H.; Weigert, A.; Lexikon der Astronomie, Heidelberg/Berlin, 1999, 303
- [3] Giesecking, F.; Planetarische Nebel Teil 1, Sterne und Weltraum, 2/1983, 72
- [4] Unsöld, A.; Bascheck, B.; Der neue Kosmos. Einführung in die Astronomie und Astrophysik, Berlin, 1999, 355
- [5] Giesecking, F.; Planetarische Nebel Teil 2, Sterne und Weltraum, 5/1983, 224
- [6] Urban, S.; Stinner, P.; to be published
- [7] Urban, S.; Eichung einer Energiesparlampe und einer Neonlampe als Kalibrier-Lichtquellen für den DADOS-Spaltenspektrographen, Facharbeit, Kopernikus-Gymnasium Wissen, 2009, not published
- [8] http://www.jens-bohle.de/ngc_6543.htm; 08.04.2009, 11:00
- [9] <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/2000MNRAS...318..77H>
- [10] <http://laserstars.org/data/nebula/identification.html>
- [11] <http://www.starobserver.org/ap090503.html>

[12] Gerhardus, A.; Küsters, D.; Stinner, P.; Spektroskopie an galaktischen Gasnebeln, <http://www.lehrer-online.de/spektroskopie-gasnebel.php>
 [13] <http://www.maa.clell.de/Messier/E/m057.html>

[14] <http://jumk.de/astronomie/sterne-3/ringnebel.shtml>; 08.04.2009, 11:30
 [15] Kimenswenger, S.: Private communication

Appendix

Table 1: Identified emissions lines of the Cat's-Eye Nebula; laboratory wavelengths from [9,10]

Number	Wavelength measured [nm]	Wavelength laboratory [nm]	Difference [nm]	Element
1	432.85	434.04	-1.19	HI (H γ)
2	446.66	447.15	-0.49	HeI
3	485.99	486.13	-0.14	HI (H β)
4	495.68	495.89	-0.21	[OIII]
5	500.52	500.68	-0.16	[OIII]
6	586.98	587.56	-0.58	HeI
7	630.97	631.2	-0.23	[SIII]
8	656.44	656.28	0.16	HI (H α)
9	668.67	667.81	0.86	HeI
10	674.19	673.08	1.11	[SII]

Table 2: Identified emission lines of the Ring Nebula; laboratory wavelengths from [9,10]

Number	Wavelength measured [nm]	Wavelength laboratory [nm]	Difference [nm]	Element
1	434.3	434.04	0.26	HI (H γ)
2	467.11	468.55	-1.44	HeII
3	484.8	486.13	-1.23	HI (H β)
4	494.59	495.89	-1.3	[OIII]
5	499.24	500.68	-1.44	[OIII]
6	628.69	631.2	-2.51	[SIII]
7	655.13	656.28	-1.15	HI (H α)
8	670.39	671.63	-1.24	[SII]

Amateur Spectroscopy during the Eclipse of epsilon Aurigae 2009-2011

Robin Leadbeater

Three Hills Observatory, Cumbria, England,

e-mail: robin@threehillsobservatory.co.uk

Abstract

In this report I briefly summarize the recent observational work on the behaviour of the 7699 Å Potassium line during the eclipse of eps Aur in 2009-11.

Zusammenfassung

In diesem Bericht fasse ich die aktuellen Beobachtungsergebnisse über das Verhalten der 7699 Å Natriumlinie während der Bedeckung von eps Aur im Zeitraum 2009-11 zusammen.

Epsilon Aurigae is a naked eye eclipsing binary system with a period of 27.1 years and a primary eclipse of about two years. It consists of an F type star which is partially eclipsed by an extended object that gives out no visible light. Despite having been studied for almost two centuries, our understanding of the exact nature of the system, the primary star and its unseen companion is far from complete. Each eclipse a new generation of astronomers equipped with the latest technology tackle the problem.

Although the changes in brightness define the extent of the eclipsing object and during this eclipse, interferometry has allowed us to see its cigar shaped silhouette, its internal structure and the physical properties of the material it is made of remain hidden. The opaque region however is surrounded by a translucent atmosphere which leaves its spectral signature on the light from the companion star during eclipse. By measuring the spectrum repeatedly during the eclipse it is possible to build up a detailed picture of this outer material slice by slice as it glides slowly past the star.

Since the last eclipse there have been significant advances in the technology available to the amateur spectroscopist. The past 25 years has seen film replaced by more sensitive electronic imagers and more recently amateurs have developed spectrographs capable of the sub-Angstrom resolution needed for Pro-Am campaigns such as this. As a result over 800 spectra were contributed to the campaign during this eclipse. A full list of spectra can be found at:

www.threehillsobservatory.co.uk/epsaur_spectrum.htm.

While some observers covered the complete optical spectrum, others concentrated on mea-

measuring the evolution of specific lines at the highest resolutions. For this project, I modified my LHIRES III spectrograph to extend its range into the far red to cover an absorption line at 7699 Å due to Potassium. This line is absent from the companion star spectrum so any changes seen can be directly attributed to the eclipsing object.



Fig. 1: The author and LHIRES III spectrograph at Three Hills Observatory.

The aim was to take spectra at 0.3 Å resolution at weekly intervals throughout the eclipse (a sixfold increase in time resolution compared with previous observation campaigns during the eclipses). Although my observatory is located in the wettest corner of England, over 250 spectra were recorded. Even a potential gap in the data following a storm which put the observatory temporarily out of action was plugged by shipping the modified instrument to

Germany where amateur Lothar Schanne continued the measurements.

Fig. 2 shows the evolution of the 7699 Å line throughout the eclipse. (Warmer colours signify higher absorption.) Note how the wavelength of the line moves from above to below where it would be when the material is at rest (red shifted to blue shifted). These shifts in wavelength are caused by the Doppler effect and tell us that the material in the leading half of the object is moving away from us and towards us in the trailing half. This implies that we are looking at a rotating disc almost edge on. Note also how the absorption line appeared some time before the brightness started to drop. Indeed the appearance of this line was the first evidence that the eclipse was imminent. The Potassium absorbing region also extends well beyond the egress edge of the opaque region. At the time of writing (January 2012) the absorption line is still detectable some 7 months after the brightness returned to normal levels and it is likely that this lingering absorption from Potassium will be the last sight we get of the eclipsing object until its return in 2036. The detailed changes in the shape and intensity of the line also contain information on the speed of rotation and density in different parts of the disc, which, together with similar data collected by amateurs for other lines, should allow the nature of the eclipsing disc to be defined more precisely.

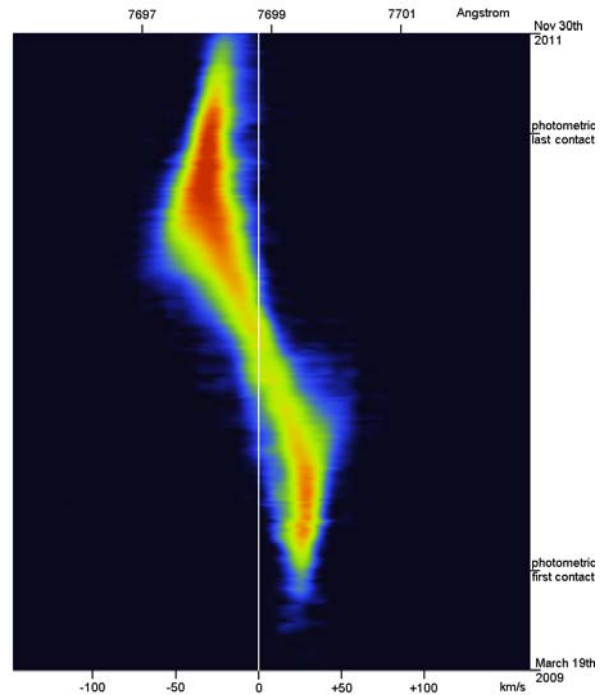


Fig. 2: Dynamic contour plot showing the evolution of the 7699Å neutral potassium line after removal of the interstellar component (produced using Christian Buil's ISIS software package).

VdS-Spektroskopie-Workshop auf der Starkenburgsternwarte in Heppenheim 2011

Rolf-Dieter Schad

xxx, yyy, e-mail: zzz

Zusammenfassung

Im November 2011 fand an der Starkenburg-Sternwarte in Heppenheim wieder ein Spektroskopie-Workshop statt. In diesem Beitrag wird darüber berichtet.

Abstract

In November 2011 a spectroscopy workshop at Starkenburg observatory in Heppenheim, Germany, was held. This short report summarizes the activities.

Die Herbst-Workshops der VdS-Fachgruppe Spektroskopie sind mittlerweile schon gute Tradition. So war auch für den November vergangenen Jahres wieder einer von Lothar Schanne geplant worden. Im Vorfeld wurden über das Forum verschiedene Themenwünsche von den potentiellen Teilnehmern gesammelt und mögliche Schwerpunkte diskutiert. Am ersten Novemberwochenende trafen sich dann alle Teilnehmer wieder auf der Starkenburgsternwarte in Heppenheim, welche aufgrund der guten Infrastruktur sehr gut für Workshops dieser Art geeignet ist.

Ein Großteil der Teilnehmer fand sich schon am Freitag in Heppenheim ein. Das Zusammentreffen begann mit gemeinsamen Abendessen im Gasthof Jäger. Da der bedeckte Himmel keine Beobachtungen zuließ, wurde der Rest des Abends zum „Spektr-In“ mit Gesprächen und Informationsaustausch genutzt.

Um 9 Uhr am folgenden Samstag konnte Lothar Schanne 17 Teilnehmer zum Workshop begrüßen und den Programmablauf vorstellen. Im Laufe des weiteren Vormittags zeigte Daniel Sablowski eine ausführliche und sehr fachkundige Präsentation deren erster Teil sich mit „Ausrüstung und Aufnahmetechnik“ beschäftigte. Der zweite Teil behandelte den „Kompromiss zwischen Auflösung und Signal-Rausch-Verhältnis“.

Zum Mittagessen mussten wir in die schöne Heppheimer Altstadt hinunterfahren (die Stoßdämpferhersteller wird es freuen!), da um diese Jahreszeit das nahe gelegene und leicht zu Fuß erreichbare Burgrestaurant geschlossen war. Im gemütlichen Restaurant „A – Z“ war es aber lecker und es ging auch ganz zügig.

Nach der Mittagspause referierte Lothar Schanne über „das Vorgehen bei der Datenreduktion“. Anschließend demonstrierte Urs Flükiger die Bearbeitung von Spektren mit den Freeware-Programmen IRIS und VSpec, zu denen je ein von ihm bearbeitetes Skript zur Verfügung steht.

Da es im Laufe des Nachmittags aufgeklart hatte, entschlossen wir uns gleich ab 18 Uhr zu beobachten. Dankenswerterweise wurde uns dazu ein privates 10-Zoll-Newton-Teleskop zur Verfügung gestellt. Mit Daniel Sablowski's MiniSpec konnten mittels Fasereinkopplung Spektren von γ Cas und P Cyg gewonnen werden.

Nach dem Abendessen im Gasthof Jäger wurde noch lange über astronomische Themen diskutiert.

Am Sonntagmorgen der Workshop um 9 Uhr mit einem Vortrag von Daniel Sablowski über „Optimierung von Genauigkeit und Definitionen der Spektren“ fortgesetzt. Anschließend referierte Lothar Schanne über die „Interpretation von Objektspektren inkl. Artefakte-Erkennung“. Danach gab es abschließend ein kurzes Resümee mit Aussprache und einem Blick auf zukünftige Veranstaltungen.

Ein gelungener Spektroskopie-Workshop fand seinen Ausklang beim Mittagessen im Gasthof Jäger wobei noch gegebenenfalls offene Fragen diskutiert wurden. Ein großer Dank gilt den Referenten und der Starkenburg-Sternwarte, von welcher wir mit Getränken und Knabbereien optimal in Form gehalten wurden, wobei eine leckere Kuchenspende besonders zu erwähnen wäre.

Tagungen



Abb. 1: Teilnehmerfoto (Fotoautor: Peter Geffert).



Abb. 2: Blick in den Seminarraum während des Workshops. (Fotoautor: Peter Geffert).

Terminvorschau

ASpekt 12 – Jahrestagung der Fachgruppe 2012

Am **4. - 6. Mai 2012** veranstaltet die VdS-Fachgruppe SPEKTROSKOPIE ihre Jahreskonferenz, diesmal in der Evangelischen Akademie in Bad Boll in Süddeutschland.

Zu dieser Tagung laden wir alle spektroskopisch interessierten Astronomen ein, insbesondere auch Einsteiger und Jugendliche. Mit Vorträgen und einer Poster- und Gerätesession tauschen wir uns aus und besprechen offene Fragen und Probleme. Frühreisende und alle anderen Interessenten treffen sich zu spannenden Diskussionen schon am Freitagabend in der Akademie. Dabei werden Spaß und Geselligkeit nicht zu kurz kommen. Das offizielle Tagungsprogramm beginnt Samstagvormittag, die Konferenz endet Sonntag gegen Mittag.

On **4th – 6th May 2012** the VdS section SPECTROSCOPY will have its annual meeting at the Evangelische Akademie in Bad Boll in southern Germany.

We invite all interested spectroscopy astronomers, especially newcomers and young colleagues. With oral presentations and a poster and equipment session we talk to each other and discuss open problems. Early birds meet together on Friday evening. Exciting discussions are expected. Fun and conviviality will be of great importance. The official program starts Saturday morning. The conference will end at Sunday round noon.

Anmeldeschluss / Deadline for registration: 20.02.2012

Die Kosten belaufen sich auf (Vollpension):

Einzelzimmer ab Freitag mit Abendessen: 173,- Euro/Person

Doppelzimmer ab Freitag mit Abendessen: 142,20 Euro/Person

Einzelzimmer ab Samstag nach dem Frühstück: 101,60 Euro/Person

Doppelzimmer ab Samstag nach dem Frühstück: 86,20 Euro/Person

Unterstützung für Jugendliche ist über einen privaten Hilfsfond möglich. Nähere Informationen sind bei den Organisatoren nachfragbar.

Aktuelle Informationen zum Programm und zur Registrierung:

Up-to-date information regarding the program and registration:

www.spektralklasse.de

Nur für Mitglieder der Fachgruppe Spektroskopie
Only for member of the section Spectroscopy