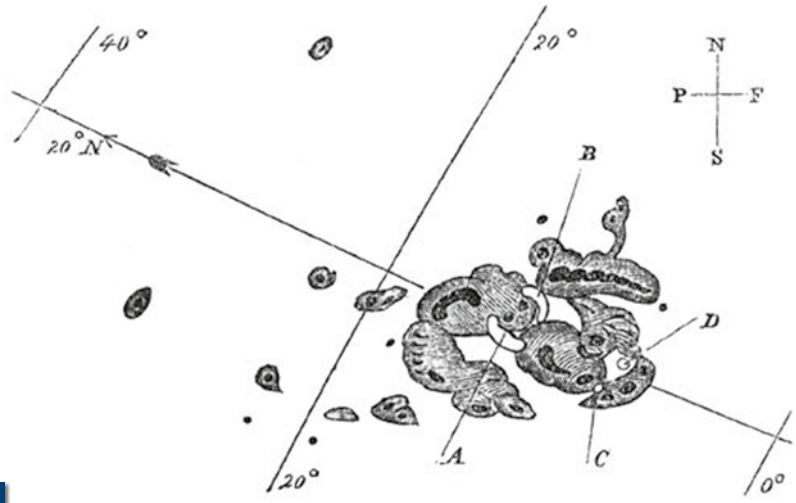


6 **Sonnenflecken und -flares (Letztere markiert mit A-D) am 01.09.1859, gezeichnet von Richard Carrington [4]**

Astrofotograf bin noch über das dafür notwendige Equipment verfüge) und so habe ich später das Internet nach Sonnenaufnahmen durchsucht, die meinen visuellen Eindrücken von der Sonnenfleckengruppe möglichst nahe kamen. Das Netz ist voll von Sonnenaufnahmen, aber – abgesehen von den Satellitenfotos – lassen viele qualitativ zu wünschen übrig. Erst als ich die Fotos von Pedro Ré, einem Meeresbiologen aus Lissabon, entdeckte, sah ich meine Beobachtungen (abgesehen von den zumindest im Weißlicht nicht fotografierten Flares) auch fotografisch bestätigt. Ich habe Pedro Ré noch am gleichen Tage kontaktiert und er hat mir freundlicherweise die Verwendung seiner Bilder für diesen Bericht und auch für astronomische Vorträge, die ich gelegentlich in Volkshochschulen halte, gestattet. Dafür möchte ich ihm herzlich danken und allen Sternfreunden den Besuch seiner tollen Astro-Homepage, auf der im Übrigen nicht nur Sonnenaufnahmen zu finden sind, empfehlen [2].

Während meiner vierstündigen Beobachtungen konnte ich neben den geschilderten Flares deutliche Veränderungen/Verformungen der Lichtbrücken innerhalb des größten Fleckens wahrnehmen. Diese ähnelten am Ende sehr stark einem X. Abgesehen von der noch nicht „X-förmigen“ Lichtbrücke gibt die Abbildung 3 (zwei Tage vorher aufgenommen) die Sonnenfleckengruppe so wieder, wie sie sich mir am 28.10.2014 zeigte. Die Veränderung der Sonnenflecken während ihrer Wanderung über die Sonnenoberfläche bzw. während der Rotation der Sonne zeigen die Abbildungen 4 und 5 im Weißlicht und im Hα-Bereich vom 21. und 26.10.2014.

Mit Hilfe eines geeigneten Sonnenfilters (Mylarfolie/Sonnenfinsternisbrille) sowie in der Dämmerung konnte die Fleckengruppe AR 12192 übrigens sogar mit bloßem Auge beobachtet werden. Dies ist beispielsweise von Mario Weigand [3] durch ein Sonnenuntergangsfoto vom 19.10.2014 dokumentiert.

Die Entdeckung von Sonnenflares erfolgte übrigens auch im Weißlicht, und zwar durch den englischen Astronomen Richard Christopher Carrington (1826-1875) [4-6]. Angeregt durch die Entdeckung der elfjährigen Sonnenfleckenperiode im Jahre 1843 durch den deutschen Botaniker und Astronomen Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875), führte Carrington regelmäßige Sonnenbeobachtungen durch und wurde schließlich am 01.09.1859 der erste Augenzeuge von Sonnenflares, die er auch zeichnerisch festhielt (s. Abb. 6). Die koronalen Massenauswürfe dieses Ereignisses hatten eine Geschwindigkeit von über 2.000 km/s und erreichten 17½ Stunden später die Erde. Der „Sonnensturm von 1859“ wird nach seinem Entdecker auch als „Carrington-Ereignis“ bezeichnet. 1863 entdeckte Carrington übrigens noch die differenzielle Rotation der Sonne.

Quellenhinweise und Weblinks:

[1] www.tesis.lebedev.ru/en/sun_flares.html?m=10&d=28&y=2014
[2] www.astrosurf.com/re/
[3] www.skytrip.de/sonnenor71.htm
[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Carrington-Ereignis
[5] www.scinexx.de/dossier-detail-630-6.html
[6] http://scienceblogs.de/frischer-wind/2009/04/30/wie-gefahrlich-sind-koronale-masseauswurfe-ein-ruckblick-auf-das-carringtonevent-von-1859/

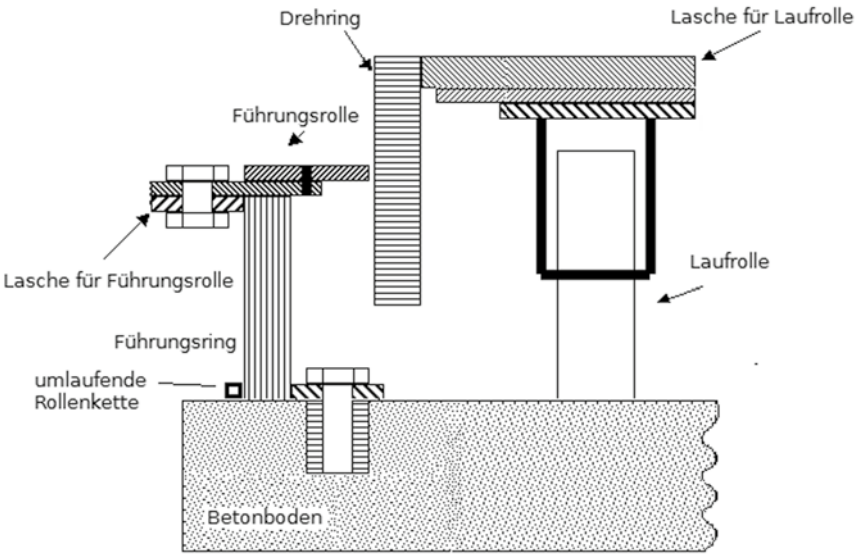
Eine kleine Remote-Sternwarte für die Spektroskopie

von Daniel P. Sablowski

Als ich im Jahr 2008 mein großes Interesse an Physik entdeckte, wurde schnell die Astronomie als Hobby für mich interessant. Zunächst wurden mit einem 10-Zoll-Dobson Erfahrungen in der Fotografie gesammelt, welche mich jedoch auf Grund der geringen quantitativen Aussagekraft über physikalische Vorgänge in den Objekten nicht zufriedenstellten. Daher fiel die Wahl des Betätigungsfeldes letztlich auf die Spektroskopie, da hier die Menge an gewonnener Information in einer CCD-Aufnahme wesentlich höher liegt. Und, wichtiger, gute Daten sind belastbar und enthalten quantitative Aussagekraft.

Insbesondere für die Spektroskopie ist ein fester und stabiler Aufbau wichtig. Ein großer Vorteil ist es auch, wenn das Instrumentarium nicht immer auf- und abgebaut werden muss, damit sichergestellt ist, dass die zueinander justierten Komponenten zuverlässig arbeiten und man vergleichbare Messungen erzielen kann.

1 **Fertig montierte Sternwarte. Die Außenhaut wurde später durch verzinktes Stahlblech verkleidet um das Holz besser gegen die Witterung zu schützen. Die Wetterseite ist rechts.**



2 **Skizze der Drehvorrichtung aus Führungsring (FR) und Drehring (DR)**

Daher musste eine kleine Sternwarte her, welche diese Möglichkeiten realisiert. Da die erhältlichen Kuppeln verglichen mit einem Selbstbau teuer sind, sollte es also eine selbst gefertigte Sternwarte werden. Zugleich sollte sie über eine Motorisierung des Beobachtungsspaltes sowie der Drehung besitzen und die Grundfläche wurde mit 2 x 2 m als ausreichend bemessen. Großer Nachteil solch kleiner Kuppeln ist der geringe Platz nach oben hin am Rande. Dies bewog mich, von der klassischen Form abzuweichen und der Form moderner Großteleskope (z. B. VLT und LBT) zu folgen. Es sollte also ein Kubus mit 2 m Seitenlänge werden. Auf der Bodenplatte soll der Aufbau drehbar gelagert sein und mit einem Motor rotiert werden können. Der Beobachtungsspalt, in Form eines Winkels, sollte dem Teleskop auch zum Horizont hin Freiheit geben, auch wenn dortige Beobachtungen auf Grund hoher Luftmasse nicht empfehlenswert sind. Handwerkliche Fähigkeiten sind auf Grund meiner Ausbildung soweit vorhanden, damit Holz und Metall in Kombination verwendet werden konnte.

Des Weiteren sollte die Sternwarte remotefähig sein, damit sie auch trotz Studiums und beruflicher Aktivität von der Ferne genutzt werden kann. Hierzu sollte die Elektronik via Netzwerk an einem im Wohnhaus platzierten Arbeitsplatz-PC angebunden werden. Auf diesen PC kann dann via Internet zugegriffen und die Beobachtungen von der Ferne gesteuert werden.

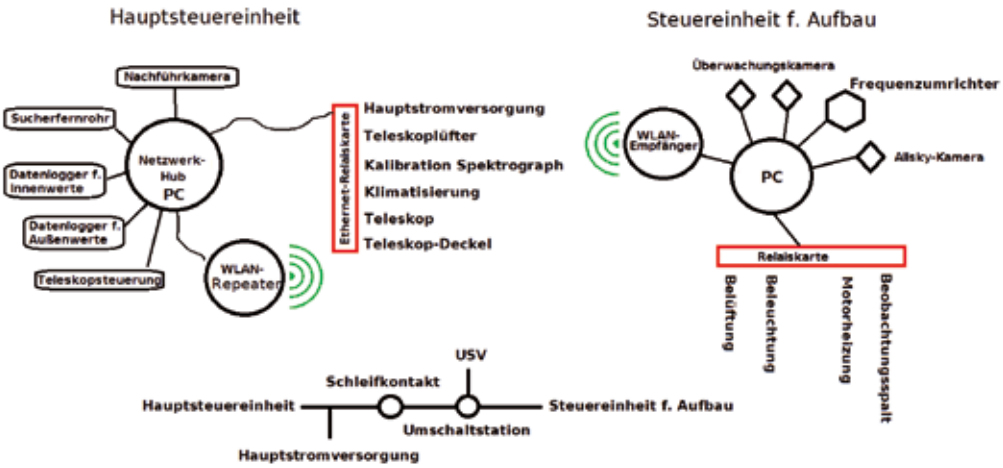
Konstruktion und Realisierung

Erster Schritt war die Planung und Auslegung der Gesamtkonstruktion (auf das Anschreiben von Gleichungen zur Berechnung von Balken etc. sei hier aus Platzgründen verzichtet.). Auf Grund räumlicher Gegebenheiten konnte kein separater Turm für die Sternwarte mit entkoppelter Teleskopsäule gebaut werden. Die Konstruktion musste also auf einem vorhandenen Gebäude mit Flachdach errichtet werden. Der Boden der Sternwarte steht daher auf einem verschweißten Stahlgestell (U- und L-Stahlprofile), welches zum Ausgleich der Dachschräge des Untergebäudes dient. Auf diesem ist dann die Bodenplatte aus dicken OSB-Platten geschraubt. Diese Einheit wird als Unterkonstruktion (UK) bezeichnet. Hierauf wurde ein (Führungs-)Ring (FR) aus Flachstahl 50/8 mit einem Durchmesser von knapp 2 m fest mit der UK verschraubt. Ein weiterer etwas kleinerer (Dreh-)Ring (DR) ist mit mehreren Rollen versehen und kann sich innerhalb des Führungsringes drehen, wobei er durch zusätzliche Rollen und Kugeldruckschrauben in Führung gehalten wird. Außen am FR liegt eine starke Rollenkette fest mit der UK verbunden, welche zur Drehung des Aufbaus benötigt wird. Diese Einheit wird als Drehvorrichtung bezeichnet (DV). Der Aufbau ist auf dem DR montiert und besteht aus Gewichtsgründen aus Kanthölzern und dünnen OSB-Platten. Das Dach wurde aus verzinktem Stahlblech gefertigt und besitzt mittig eine gut über die Hälfte gehende Öffnung zur Beobachtung. An diesem Aufbau ist dann auch das zu einer Seite auffahrende Schiebeelement für den Beobachtungsspalt angebracht.

Die Abbildung 1 zeigt die auf dem Untergebäude fertig montierte Sternwarte. Es sei hier zu bemerken, dass die Sternwarte zunächst vormontiert und getestet wurde, bevor sie dann demontiert und auf dem Untergebäude schließlich montiert wurde. Eine Skizze der Drehvorrichtung ist in der Abbildung 2 gezeigt.

3 **Links: Frequenzumrichter mit Bedienpanel und PC-Schnittstellenkabel. Rechts: Antriebseinheit mit Drehstrommotor, Getrieben und Balgkupplung**

4 **Steuer- und Überwachungselemente innerhalb der Sternwarte. Die Steuerung für den Spektrografen befindet sich im Kontrollraum, im dem sich auch der PC zur Steuerung befindet.**



Ein Drehstrommotor mit angeflanschtem Schneckengetriebe (33:1) wird zur Drehung der Sternwarte verwendet. Dieser Motor ist an einem weiteren Schneckengetriebe (7:1) über eine Metall-Balgkupplung verbunden. Eine solche Kupplung kann u. a. kleine Versätze in axialer Richtung ausgleichen. Am zweiten Getriebe ist abtriebsseitig ein Kettenrad angebracht, welches die Verbindung zur feststehenden Rollenkette herstellt. Der Motor wird über einen Frequenzumrichter angesteuert. Dieser ist für das übliche Einphasen-Netz ausgelegt und stellt die vom Motor benötigten drei Phasen zur Verfügung. Er verfügt weiterhin über eine serielle PC-Schnittstelle, über welche er in das Remotenetzwerk eingebunden werden kann (Abb. 3).

Die Kräfte zwischen Kettenrad und Rollenkette können dazu führen, dass der DR an den FR gedrückt wird und dadurch das Kettenrad über die Kette springt. Um dies zu vermeiden, sind normal zur Tangente dieser Kraft am DR einige Kugeldruckschrauben angebracht, welche beide Ringe immer auf dem erforderlichen Abstand halten.

Das Schiebeelement (SE) ist auf zwei Führungsschienen mittels Rollen gelagert und mit je einem Lineartrieb versehen. Hierbei handelt es sich um 12-VDC-Getriebemotoren, welche über zwei Zahnräder mit dem SE über eine starr verbundene Gewindestange verbunden sind. Das Zahnrad besitzt ein Innengewinde und schraubt dadurch die Gewindestange entlang der Längsachse. An den Endpositionen sind jeweils Endschalter untergebracht. Da die Lastdrehzahl dieser Motoren nicht überwacht wird, muss je Lineartrieb und je Endlage ein Endschalter montiert sein (insgesamt also vier).
Da die Sternwarte auf einer Holzkonstruktion steht, ist sie anfällig für Bewegungen des Beobachters innerhalb der Sternwarte. Wind hat hingegen einen sekundären Einfluss. Auch aus diesem Grunde ist eine Fernsteuerbarkeit notwendig gewesen.

Remote-Technik & Steuerung

Im Gegensatz zu einer wesentlich aufwendigeren robotischen Sternwarte muss für eine Remote-Sternwarte kein kluges Programm zur Beurteilung der Wetterbedingungen geschrieben werden. Alle Daten müssen lediglich zu einem PC transferiert und visuell begutachtet werden. Daher eignen sich Datenlogger idealerweise für diese Aufgabe, welche auch über ihre Schnittstelle mit Strom versorgt werden. Ist die Sternwarte nicht am Netz, werden die Daten weiter gesammelt und können für Langzeitanalysen der Beobachtungsbedingungen und deren Auswirkungen auf die Messdaten genutzt werden. Aufzuzeichnen sind die Temperaturen und rel. Luftfeuchte inner- und außerhalb der Sternwarte. Der Taupunkt ist interessant, muss aber nicht explizit vom Datenlogger erfasst werden, da er über rel. Luftfeuchte und Temperatur bestimmt werden kann. Eine Beurteilung der Bewölkung kann mittels Allsky-Kamera erfolgen. All diese Aufgaben lassen sich auch mit einem Einplatinen-PC realisieren und steuern.

Die vorgestellte Sternwarte besitzt, konstruktiv bedingt, einen Spalt zwischen dem Boden und dem Aufbau, welcher mit einem Gummimantel versehen wurde. Jedoch sorgt dieser für eine gute Belüftung und schnelle Auskühlung. Zusätzlich ist ein Lüfter im oberen Teil des Aufbaus angebracht, um die nach oben steigende warme Luft zirkulieren zu las-

sen, um die Auskühlung bzw. Anpassung an die Außentemperatur zu beschleunigen. Eine kuppelförmige Sternwarte zeigt hier einen kleinen Vorteil, da ein höchster Punkt existiert und die warme Luft von selbst entweichen kann. Bei dem Flachdach ist ein Lüfter notwendig um diesen Luftstrom zu unterstützen. In solch kleinen Sternwarten ist der Beobachter der größte Beitrag zu thermisch getriebenen Strömungen (Konvektion) über den Beobachtungsspalt nach draußen.

Erforderlich ist ein Netzwerkanschluss der Sternwarte. Die zu steuernde Elektronik am Aufbau kann mittels WLAN ins Netz eingebunden werden. Schaltung von Licht, Lüfter, Heizfolie und den Motoren für das SE sind an eine Relaiskarte gebunden, welche es sowohl in der günstigeren Ausführung mit USB- und in der universelleren Ausführung auch mit Ethernet-Anschluss gibt. Diese Variante lässt sich dann direkt mittels Webbrowser und damit auch von der gesamten Welt aus (solange eine Internetverbindung existiert) steuern. Realisiert wurde dies, indem ein Netzwerkkabel direkt in die Sternwarte verlegt wurde. In diesem Leerrohr wurden auch optische Fasern für die Anbindung des Teleskops an das Messgerät verlegt. Ein Netzwerkhub bietet Anschlüsse für die Ethernetrelaiskarte, einen WLAN-Repeater und einen PC. Die Relaiskarte ist mit Dauerstrom versehen und damit immer im Netz. Ein Relais ist für den Hauptstrom reserviert, damit werden alle Geräte in der Sternwarte angeschaltet. Im Aufbau ist ein weiterer PC, welcher die dortigen Steuerkomponenten kabellos in das Netzwerk einbindet. Hierzu gehören die Relaiskarte für die Motoren, Licht und Lüfter sowie zwei Überwachungskameras und die für später noch geplante Allsky-Kamera. Eine Überwachungskamera dient für den Überblick in der Sternwarte, während die zweite den Zustand des Ladegerätes für die USV überwacht, indem sie die Status-LEDs erfasst. Einen Überblick über die gesamte Steuerung gibt die Abbildung 4. Zur Steuerung des SE werden mindestens drei Relais (Öffner/Schließer) benötigt. Zwei, um jeweils die Umpolung zu ermöglichen, unabhängig von dem jeweiligen Endschalter, der sich in der Endlage befindet. Es gibt auch extra Motorumpolrelais, welche mit den Relais der Karte geschaltet werden können. Hierdurch erreicht man eine bessere Isolation der Schaltelektronik und vermindert den Einfluss elektronischer Interferenzen. Hier ist bei der Auswahl der Relaiskarte auf eine galvanische Trennung der Schnittstelle von den Relais zu achten (z. B. Optokoppler). Alternativ kann man auch einen USB-Isolator verwenden, wenn ein über USB angesteuertes Bauteil Störungen hervorruft.

5 **Foto des Teleskops auf der Gemini 40. Das blaue und schwarze Kabel sind die Lichtleitfasern. Unten sieht man die LF an der Säule und in der gelbgrünen Kunststoffkiste ist einiges der Netzwerktechnik untergebracht.**

Der Strom für den Aufbau wird über einen Schleifkontakt bereitgestellt, wobei hieran direkt eine Umschaltstation angebracht ist. An diese ist weiterhin ein Wechselrichter angeschlossen. Unterbricht die Stromversorgung, aus welchen Gründen auch immer, so wird die Stromversorgung der Teile am Aufbau über den 100-Ah-Akku am Wechselrichter gewährleistet. Dies erlaubt die Weiterführung der Beobachtung oder in Notfällen wenigstens die Schließung des SE der Sternwarte.

All dieser Aufwand muss auch in Relation zum Nutzen stehen. Daher wurde ein Spektrograf [1] entwickelt und als erster Prototyp bereits realisiert. Obwohl dies nicht der erste Spektrograf ist, der von mir entwickelt und hergestellt wurde, ist es doch der komplexeste. Er soll über ein temperaturstabilisiertes Gehäuse und simultane Kalibration verfügen. Die Thermostatisierung wird mittels Peltier-Kühlgerät und PID-Regler realisiert. Etwas

mehr Details können im angegebenen Literaturhinweis [1] nachgelesen werden. Auf einer selbstgefertigten Stahlsäule befindet sich eine Gemini-G40-Montierung, welche wiederum ein 10-Zoll-SC-Teleskop trägt. Ein Vorteil dieser Montierung ist die hohle Achse, in welcher sämtliche Kabel sicher untergebracht werden können. Die einfachen Schrittmotoren wurden durch SECM4-Motoren ersetzt, welche einen wesentlich „gesünderen“ Ton im Betrieb erzeugen. Außerdem wurde die PULSAR1-Steuerung durch eine Little Foot Elegance Photo (LF) ersetzt, da die Reaktionszeit der PULSAR1 in Verbindung mit dem RS232-zu-USB-Adapter und der Software zu langsam reagierte. Außerdem bietet die LF auch einen Extension-Stecker für weiteres Zubehör und einen Anschluss für den Fokusmotor des Teleskops. Eine Foto des Teleskops ist in der Abbildung 5 gezeigt.

Am Teleskop ist weiterhin ein kleines selbstgebautes Übersichtsfernrohr (2 Zoll/ 300 mm) angebracht und mit einer CCD (DSI III) versehen, um die Positionierung des Teleskops zu erleichtern. Die Staubabdeckung besteht aus einem U-förmigen Gestänge, in welches ein Tuch eingespannt ist. Die Rotationsachse dieser Abdeckung ist seitlich am Teleskop angebracht, so dass die Abdeckung frei rotieren kann. Dies spart dann die Umpolung des Motors und die Verwendung von Endschaltern. Die Betriebsspannung dieses Motors ist von 12 VDC auf nur noch 3 VDC reduziert, so dass eine geringere Drehzahl erzeugt wird.

Abschließende Bemerkungen

Wichtig und nicht unterschätzt werden darf die Aufzeichnung und Analyse der Wetterdaten und der Turbulenz an Beobachtungsspalt. Eine Anpassung auf Außenbedingungen ist daher sehr wichtig und sollte mit möglichst geringer Hysterese erfolgen. Dies ist im Sommer eher ein Problem, da hier der Temperaturunterschied am höchsten liegt. In den Übergangsperioden ist auf Kondenswasser in der Sternwarte zu achten, dem durch entsprechende Klimatisierung (Heizung, Luftentfeuchter) entgegengewirkt werden kann.

Als letzter Punkt sei noch auf EMV-Störungen verwiesen. Die Schaltung von Lasten via Relaiskarten kann u. U. zu Rückkopplungen auf die USB-Schnittstelle führen, wenn kein Optokoppler vorhanden ist. Dies kann hierüber dann weiterhin eine Störung von Netzwerkkomponenten verursachen. Entsprechende Endstörfilter und Isolatoren sollten also, wenn immer möglich, verwendet werden. Bevor die PCs in der Sternwarte installiert wurden, fanden USB-Ethernet-Server Anwendung. Auf Grund diverser Probleme mit diesen Geräten, welche isochrone Datenübertragung (notwendig für CCD-Kameras) und „Interrupt Management“ (für manche Mess- und Steuergeräte wichtig) betrafen, wurden diese dann durch die PCs ersetzt. Man bedenke, dass man gebrauchte und aufbereitete PCs im Handel bereits für einen zu dem USB-Ethernet-Server vergleichbaren Preis bekommt.

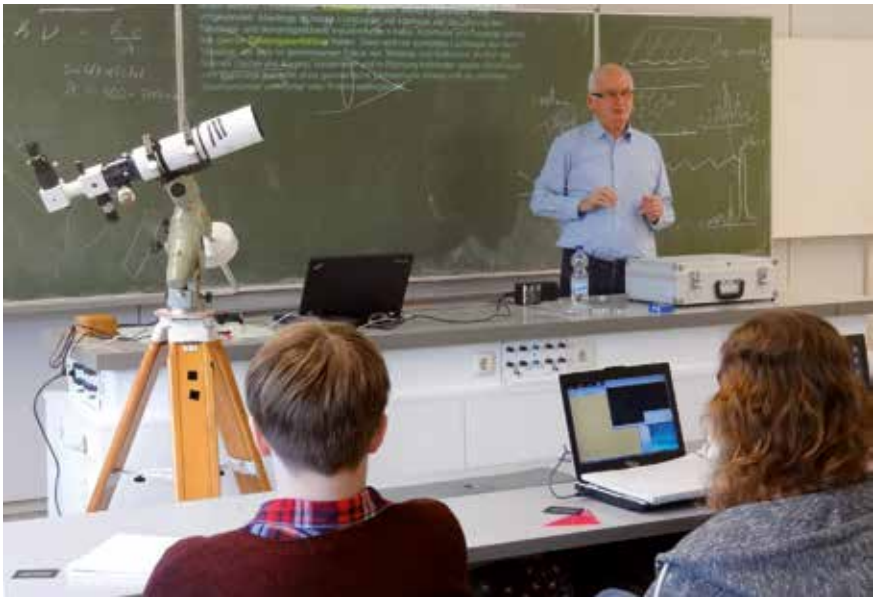
Insgesamt war der Bau dieser Sternwarte doch ein langwieriges Unterfangen und ist noch nicht ganz zufriedenstellend beendet. Dennoch lernt man hierbei einiges über Steuerungstechnik und Elektronik im Allgemeinen. Einige Videos sind auf der Internetseite des Autors zu finden [2]. Bequemer ist es natürlich, eine fertig motorisierte Sternwarte zu kaufen – macht aber nicht ganz so viel Spaß.

Literaturhinweis und Weblink:
[1] D. Sablowski, 2014: “FLISES – Fiber-Linked Image-Sliced Echelle-Spectrograph”, Spektrum 46, 10
[2] www.hobbysternwarteploesen.de

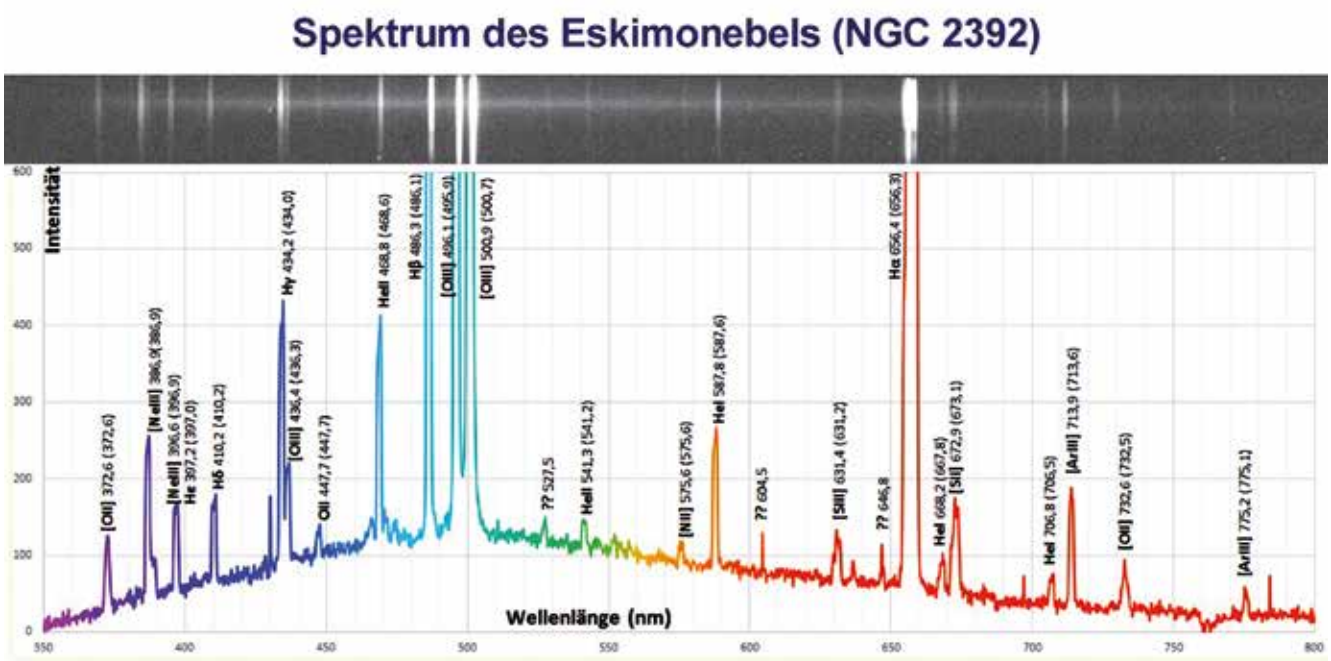
Astrospektroskopie in einer schulischen Arbeitsgemeinschaft

von Steffi Moll und Richard Baumann

Im April 2015 führte die Astronomie-AG des Kopernikus-Gymnasiums Wissen (Rheinland-Pfalz) eine astronomische Exkursion zum Simplonpass in der Südschweiz durch. Einer der fachlichen Schwerpunkte war die Spektroskopie von Sternen und Planetarischen Nebeln. Zur fachlichen Vorbereitung bot uns Dr. Lothar Schanne von der VdS-Fachgruppe Spektroskopie einen zweitägigen Kurs



1 **„Spektroskopie plus“ in der Schule: Aufmerksame Zuhörer verfolgen Lothar Schannes Ausführungen zu Theorie und Praxis der Astrospektroskopie.**



2 **Umsetzen der Kursinhalte in der Praxis: DADOS-Spektrum des Eskimonebels (NGC 2392), aufgenommen am 16-Zoll-Teleskop der Sternwarte Simplon-Adler der Astronomischen Gesellschaft Oberwallis (AGO).**

zur praktischen und theoretischen Einführung in die Technik der Astrospektroskopie an. Eine Gruppe von insgesamt 17 Schülern und Lehrern der Gymnasien aus Wissen und der Nachbarstadt Altenkirchen erlebten in lockerer Atmosphäre zwei informative Tage (Abb. 1).

Nach einem Einführungsvortrag über die Bedeutung der Spektroskopie in der naturwissenschaftlichen Forschung ging es an die Aufnahmetechnik. Zunächst konnten wir durch einen DADOS-Spektrografen an einem 80-mm-Refraktor das Sonnenspektrum und die Spektren diverser Spektrallampen visuell betrachten. Als Grundlage für eine quantitative Analyse wurden dann die genannten Spektren mit einer ATIK383L+-CCD-Kamera in digitaler Form gewonnen.

Wir lernten, dass es mit der Aufnahme eines Spektrums als digitale Datei längst nicht getan ist. Im Rahmen einer Datenreduktion ist z. B. die Korrektur von kamerabedingten Fehlern unabdingbar: Hot- und Kaltpixel-Ausschaltung, Dunkelbildsubtraktion und Kameraflat-Korrektur sind Schlagworte. Dann müssen apparaturbedingte Helligkeitsschwankungen auf dem Kamerasensor und sogenannte „Cosmics“ beachtet werden. Letztere sind die Folge von Teilchen aus der Höhenstrahlung, die ihre Energie im Kamerasensor deponieren und damit Lichteinfall vortäuschen. Zusätzlich müssen die Auswirkungen von Streulichteffekten aufgrund der Umgebungshelligkeit und des künstlich erhellten Nachthimmels ausgeschaltet werden. Den technisch-wissenschaftlichen Hintergrund dieses Vorgehens hat Lothar Schanne in [1] und [2] ausführlich beschrieben.

Zum Kursabschluss konnten wir die praktische Umsetzung des beschriebenen Vorgehens am Spektrum einer Thallium-Spektrallampe selbst praktizieren. Mit diesem Wissen und diesen Erfahrungen im Kopf und im Koffer ging es dann Mitte April zu einer einwöchigen Exkursion in die Südalpen. Unser DADOS-Spektrograf am 16-Zoll-Teleskop der Astronomischen Gesellschaft Oberwallis am Simplonpass diente bei perfekten Bedingungen zur Aufnahme von lang belichteten Spektren der Planetarischen Nebel NGC 2392 (Eskimonebel), NGC 6543 (Katzenaugennebel) und NGC 6826 (Blinking Planetary Nebula). Die Reduktion und Auswertung der Spektren wird im Rahmen der schulischen AG-Arbeit erfolgen. Die Abbildung 2 zeigt ein noch vor Ort im „Schnelldurchgang“ analysiertes Spektrum des Eskimonebels, welches Spektrallinien der Elemente Wasserstoff, Sauerstoff, Helium, Stickstoff und Schwefel zeigt. Eine ausführliche Auswertung wird die hinter den weniger intensiven Spektrallinien verborgenen Elemente ergeben.

Unsere Erwartungen an den Spektroskopiekurs wurden von Lothar Schanne mit seiner lockeren Art, seiner schülergerechten Aufarbeitung der recht komplexen Materie und seiner Geduld im Umgang mit uns und unseren fachlichen Schwierigkeiten voll erfüllt. Wir haben erfahren, dass Lothar Schanne ein hilfsbereiter und begeisterter Astronom ist, der sein Wissen mit viel Motivation mit der nächsten Generation teilt.

Literaturhinweise:

[1] L. Schanne, 2014: „Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen (Prinzipien der Datenreduktion) – Teil 1“, VdS-Journal für Astronomie 50, 90

[2] L. Schanne, 2014: „Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen (Prinzipien der Datenreduktion) – Teil 2“, VdS-Journal für Astronomie 51, 126

Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen (Prinzipien der Datenreduktion)

von Lothar Schanne

– Teil 4 –

Im den ersten drei Teilen [5-7] wurden die Techniken behandelt zur Aufnahme von Objektspektren und die relativ komplexen Datenreduktionsroutinen, die zum Resultat der Bemühungen führen, dem Spektrum des Messobjekts. Nun stammen aber nicht alle Signaturen, die im gemessenen Spektrum sichtbar sind, vom Messobjekt selbst. Es werden auch Einflüsse mit abgebildet, die das Objektlicht auf seinem Weg bis auf unsere CCD erfährt. Dies wird nachfolgend an Hand von Beispielen behandelt.

Wir setzen voraus, dass im Laufe der Datenreduktion Effekte wie Cosmics, heiße und kalte Pixel, Schmutzeffekte und der gewöhnliche diffuse Himmelshintergrund vollständig eliminiert wurden und deshalb im resultierenden 1d-Spektrum nicht mehr feststellbar sind.

Interstellare Materie (ISM)

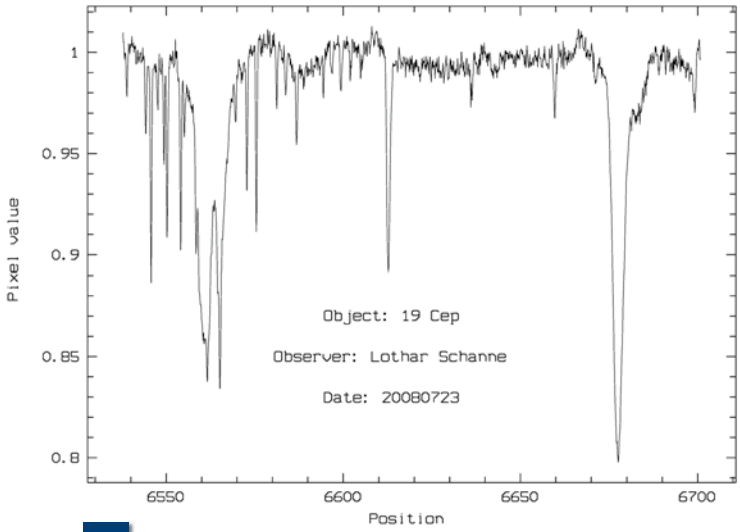
Der interstellare Raum ist nicht leer, sondern enthält in hoher Verdünnung (Hochvakuum) Staubteilchen, Moleküle, neutrale Atome, Ionen und Elektronen, zudem Photonen aller möglichen Wellenlängen, Korpuskularstrahlung, Schwere- und Magnetfelder. Einige davon können – wegen der großen Lichtwege - durchaus mit dem Licht unseres Messobjekts nach vielfältigen Mechanismen wechselwirken und es verändern, mit entsprechend mehr oder weniger deutlichen Effekten in den von uns gemessenen Spektren.

Diffuse Interstellare Banden (DIBs)

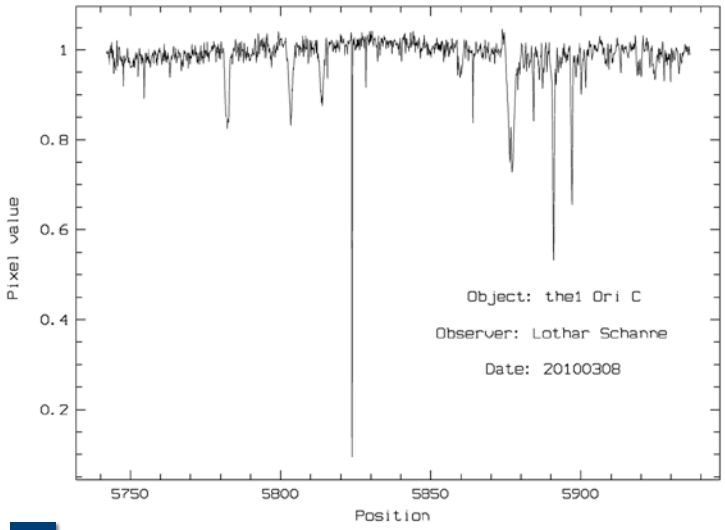
DIBs gibt es in vielen Wellenlängenbereichen, u. a. auch im optischen. Sie sind nach wie vor Objekt der aktuellen Forschung, weil ihre Herkunft nicht ganz geklärt ist. Allgemeine Lehrmeinung ist, dass Staubteilchen mit oberflächlich anhaftenden Großmolekülen, wie Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), dafür verantwortlich sind. Die Äquivalentweiten der DIBs schwanken zwischen 0,01 bis 4 Å, sind also in hoch aufgelösten Spektren deutlich als relativ breite Absorptionslinien sichtbar. Sie sind schwierig zu identifizieren, da sie keinen bekannten Atomübergangslinien oder Molekülspektren zugeordnet werden können und teilweise auch komplexe Feinstruktur besitzen, die auch unverstanden ist. Es gibt einige Kriterien, wie man sie als DIB erkennen kann: Ihre Breite ist anders als die der Objektsterne, man findet sie ohne Zusammenhang mit der Physik des Objektsterns (Spektralklassen). Die bisher vorhandenen Listen der Wellenlängen von DIBs sind vermutlich noch nicht vollständig, allerdings für uns Amateure ausreichend.

In der Abbildung 1 ist das komplexe Spektrum von 19 Cep im Bereich der Hα-Linie zu sehen. Neben den breiten Absorptionslinien des Sterns (Hα bei 6563 Å, HeI bei 6678 Å) findet sich bei 6613 Å eine schmalere, aber starke Absorptionslinie, die ein DIB ist. Die noch schmaleren scharfen Linien im Umfeld der Hα-Linie sind terrestrische Linien, die durch Absorption der Wellenlängen durch Wasser in der Erdatmosphäre entstehen. Die Breite der Wasserlinien zeigt das Auflösungsvermögen des Spektrografen an, denn sie sind physikalisch nur etwa 0,03 Å breit, werden aber in diesem Fall etwa 0,3 Å breit abgebildet (PSM der Optik des Spektrografen Lhires III).

Die Abbildung 2 zeigt das Spektrum von ϑ_1 Ori C im gelben Wellenlängenbereich. In dem Spektrum sind lediglich 3 Linien des Sterns zu sehen, die restlichen sind ISM und terrestrische Linien. Vom Stern stammen die beiden CIV-Linien bei 5803 und 5814 Å, die Linie bei 5781 Å ist eine



1 Spektrum von 19 Cep mit der starken DIB bei 6013 Å



2 Spektrum von ϑ_1 Ori C mit einer DIB bei 5781 Å

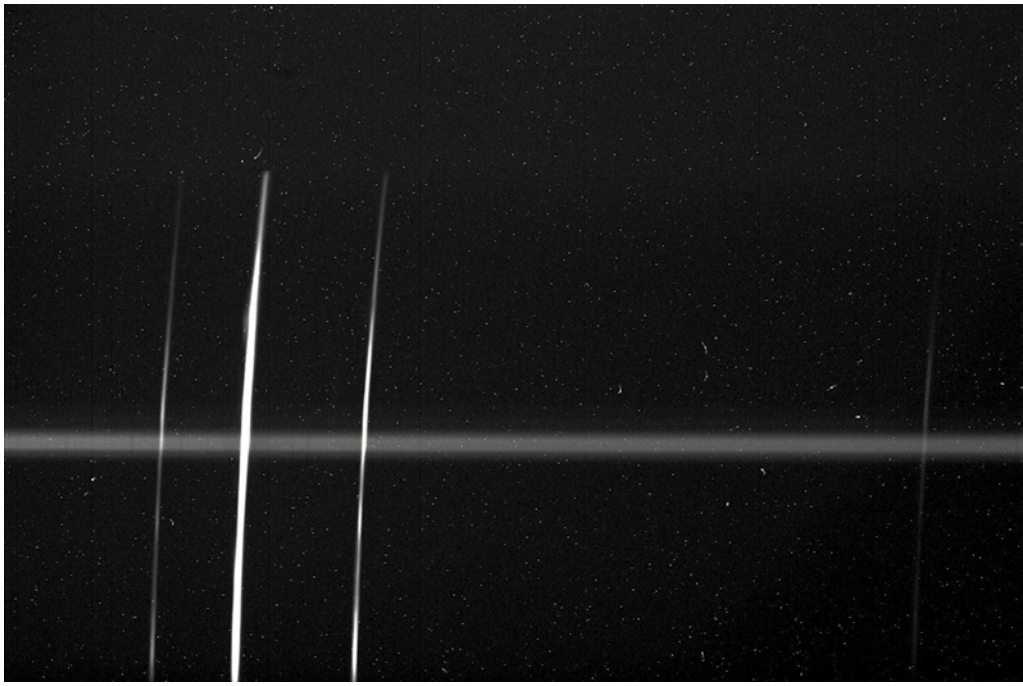
DIB. Der scharfe Einschnitt bei 5823 Å ist ein Artefakt der Datenreduktion. Und die beiden NaI-Linien (NaD) bei 5890 Å und 5896 Å stammen von interstellarem Na. ϑ_1 Ori C ist ein sehr heißer O-Stern, in dessen Photosphäre keine NaI-Atome vorkommen können. Unter diesen Bedingungen sind alle Na-Atome ionisiert. Prompt sind auch diese beiden Linien viel schmaler als die 3 Sternlinien.

Emissionen von HII-Regionen und anderen Nebeln

Werden mit einem Spaltspektrografen Sterne spektroskopiert, die vor, in oder hinter einem Emissionsnebel zu sehen sind, gelangt auch Licht des Nebels durch den Spalt. Der Spalt wird bei den Wellenlängen der Emissionen als solcher abgebildet. Ein Beispiel zeigt eine spaltspektrografische Aufnahme des bereits oben erwähnten ϑ_1 Ori C (Abb. 3).

Die intensivste der senkrechten Spaltabbildungen in der Abbildung 3 entspricht dem Hα-Licht bei 6563 Å, daneben sind Spaltabbildungen zu sehen, die von verbotenen Linien stammen (6548 und 6583 Å von NII) bzw. von HeI (6678 Å, ganz rechts, schwach zu sehen). Der horizontale Streifen ist das etwas zu breit geratene Spektrum von ϑ_1 Ori C.

Solche dem Sternspektrum überlagerten Emissionslinien aus dem Himmelshintergrund lassen sich nicht mit automatischen Routinen eliminieren, weil ihre Intensität über die Spaltlänge unregelmäßig variiert (in der Abbildung 3 deutlich zu sehen). Sie führen in den ausgewerteten Spektren zu Artefakten (Emissionslinien, die nicht dem Objekt zugehörig sind), vgl. Abbildung 4.



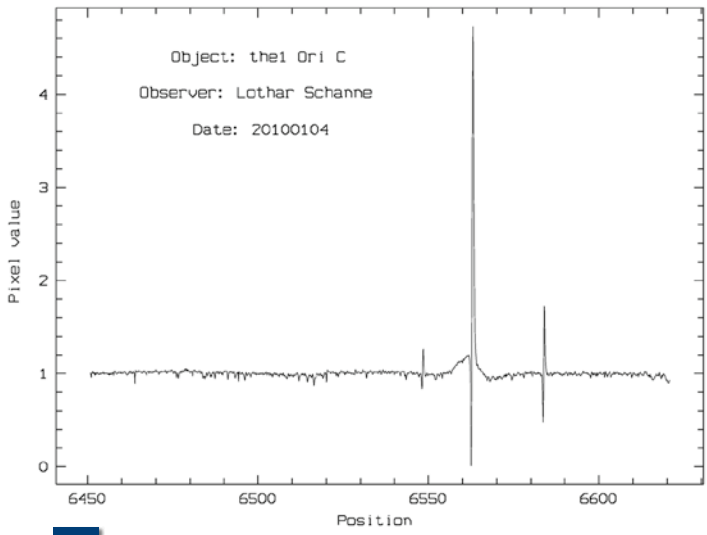
3 Rohaufnahme des Spektrums von ϑ_1 Ori C im Orionnebel mit dem Spektrografen des Autors Lhires III bei hoher Dispersion (0,11 Å/pix)

Einflüsse der Erdatmosphäre

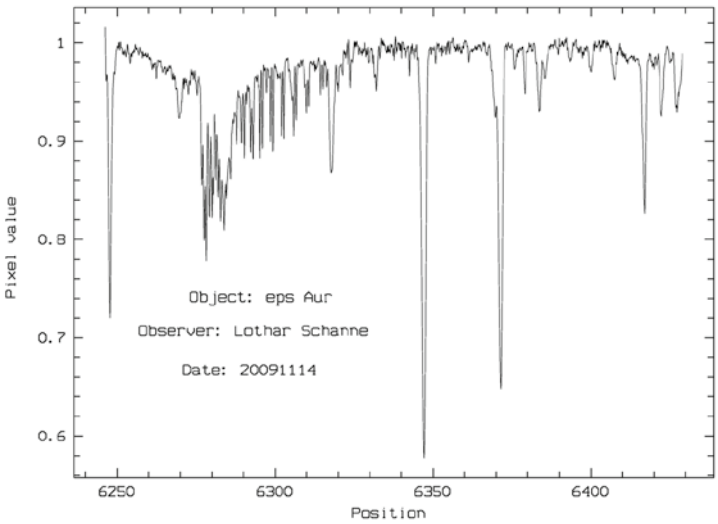
Die Moleküle der Luft wechselwirken ebenfalls mit Licht des optischen Bereichs, beispielsweise werden Photonen gestreut, kurzwelliges stärker als langwelliges, weshalb uns der Himmel am Tag blau erscheint und die Himmelskörper röter erscheinen als ohne diesen Effekt. Insbesondere wenn Himmelsobjekte flach am Himmel stehen, werden sie stark gerötet (Luftmasse).

Wasserlinien

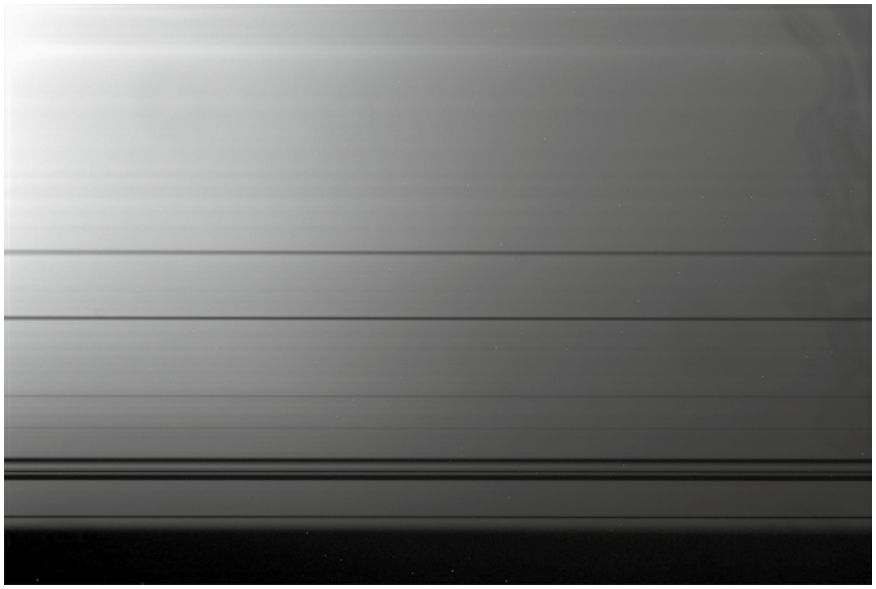
Neben diesem Streulichteffekt, der sich bereits für unser Auge, aber auch in der Fotografie auswirkt, gibt es spezifische, schmalbandige Absorptionen durch Wassermoleküle. Diese sind in den unte-



4 Das aus Abb. 3 gewonnene Spektrum mit den „falschen" Emissionslinien der Nebelemissionen



5 Sauerstoffbande zwischen 6280 bis 6320 Å in einem Spektrum von ε Aurigae



6 Flataufnahme mit diversen Vignettierungen (vgl. Text)

ren Kilometern der Atmosphäre (Troposphäre) besonders häufig, insbesondere in schwülen Sommernächten, weshalb der astronomische Beobachter gerne auf Berge steigt und dort seine Observatorien baut. Die wasserspezifischen Absorptionen sind nur wenige hundertstel Ångström breite Absorptionslinien, die nur in hoch aufgelösten Spektren sichtbar sind. Im linken Teil der Abbildung 1 sind sie uns bereits als scharfe Linien begegnet, welche die Sternspektren empfindlich stören können. Allerdings lassen sie sich mit speziellen Tools aus den Spektren fast vollständig eliminieren. Vgl. den Artikel von Peter Schlatter in [4].

Sauerstoffbanden

Auch die Sauerstoffmoleküle hinterlassen spezifische Absorptionslinien, die meist in Form von komplexen Banden erscheinen (vgl. Abbildung 5). Auch sie sind erst in hoch aufgelösten Spektren im Detail erkennbar. In niedrig aufgelösten Spektren bilden sie störende breitere Tröge.

Schmutzeffekte (Vignettierungen)

Schmutz, Fasern oder Kondensate (Eis auf der CCD) können sich durch Schatten so auswirken, dass im Bild auf der CCD lokal Licht fehlt (dunkle Stellen). Diese Artefakte kann man bereits in einer Flataufnahme erkennen und sie theoretisch auch durch eine Flatkorrektur eliminieren. Dies ist aber in der Praxis gar nicht so einfach, wie es erst einmal erscheint. Vgl. dazu die detaillierteren Ausführungen in [1]. In der Abbildung 6 ist eine Flataufnahme zu sehen, in der gleich mehrere solcher vermeidbaren Störungen zu finden sind.

Der helle breite Streifen über fast die ganze Breite der CCD-Aufnahme ist der lange Spalt des Lhires III, der durch das kontinuierliche (Schwarzkörper-) Flatlicht beleuchtet ist. Die schwarzen horizontalen Streifen werden durch Staubkörner im Spalt verursacht, die ein Teil des Flatlichtes abschatten. Dazu gibt es noch entlang des rechten Bildrands wellenförmige Schatten. Das ist ein recht außergewöhnlicher Artefakt. In der warmen Sommernacht ist ein Teil der Wärmeleitpaste zwischen CCD-Chip und Peltierkühlplatte aufgeschmolzen und das Öl ist über die CCD-Oberfläche gekrochen. Zudem sieht man bei genauer Betrachtung auch runde, ringförmige Schatten, welche durch Staub auf der Abdeckplatte des CCD-Chips verursacht werden. Der aufmerksame Spektroskopiker muss offensichtlich mit vielen, auch überraschenden, Effekten leben und diese erkennen und berücksichtigen.

Das Problem mit den Flats und den darin offenbarten Artefakten habe ich in meiner Praxis meistens damit umschifft, dass ich zu Beginn der abendlichen Aufnahmen erst einmal ein Flat gemacht habe und dann den Objektstern auf eine Stelle des Langspalts gesetzt habe, der keine Verschmutzungseffekte zeigt. Keine Artefakte zu haben ist besser als sie nachträglich korrigieren zu müssen.

Soweit ist meine Serie der Artikel über die Datenreduktion hiermit abgeschlossen. Vielleicht werde ich für eines der nächsten Hefte noch einen Artikel schreiben, in dem Beispiele von Spektren mit besonders interessanten Effekten und Erkenntnissen vorgestellt und diskutiert werden. Zur Motivierung der Leser, vielleicht doch mit Spektroskopie beginnen zu wollen.

Literaturhinweise und Weblinks:

[1] L. Schanne: www.astrospectroscopy.eu/Einsteiger/Flats/flats.htm, Stand Januar 2014.

[2] http://spektroskopie.fg-vds.de/

[3] http://spektroskopieforum.vdsastro.de/index.php

[4] http://spektroskopie.fg-vds.de/pdf/Spektrum43.pdf

[5] L. Schanne, 2014: „Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen – Prinzipien der Datenreduktion, Teil 1“, VdS-Journal für Astronomie 50, 90

[6] L. Schanne, 2014: „Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen – Prinzipien der Datenreduktion, Teil 2“, VdS-Journal für Astronomie 51, 126

[7] L. Schanne, 2014: „Die Auswertung spektroskopischer CCD-Aufnahmen – Prinzipien der Datenreduktion, Teil 3“, VdS-Journal für Astronomie 52, 113

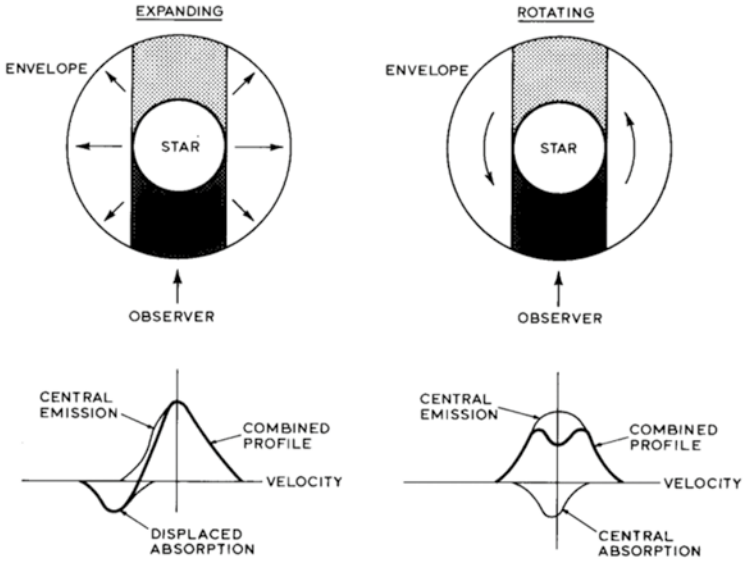
Variationen in den Winden von Deneb und Rigel

von Siegfried Hold

Sterne verlieren stets Masse durch Abstrahlung in den Raum. Man unterscheidet bei den Sternwinden unter:
1. strahlungsdruckgetriebene,
2. staubgetriebene und koronale (Sonne) Winde.

Winde heißer Sterne wie Deneb und Rigel sind strahlungsdruckgetrieben. Wie groß dieser Massenverlust ist, hängt vom Spektraltyp und der Masse bzw. Größe ab. Späte B-Sterne (z. B. β Ori, B8 Iae) und frühe A-Sterne (z. B. α Cyg, A2 Iae), auch BA-Überriesen genannt, sind leuchtkräftige (typisch 10^5 Sonnenleuchtkräfte) und massereiche (typisch 20 Sonnenmassen) Sterne. Hα ist eine sehr windsensitive Linie, weshalb sie sich für diese Untersuchung besonders gut eignet und Schwerpunkt dieses Berichtes ist.

Anmerkung zu den dargestellten Profilen: Um eine Vorstellung über die Windgeschwindigkeiten zu bekommen, wurden alle Profile in km/s dargestellt. Aus Konvention wird der blaue Teil negativ dargestellt. Diese Geschwindigkeiten werden aus den Verschiebungen der Wellenlänge nach dem Dopplereffekt ermittelt.



1 **Zur Entstehung und der Form von P-Cygni-Profilen. Bei expandierender Hülle (links) zeigt sich eine blauverschobene Absorption, überlagert mit der Emission aus der Hülle. Bei einer statischen Hülle zeigt sich ein Profil mit verschobenen Emissionen, die durch die Rotation hervorgerufen werden. (Abb. entnommen aus [2])**

Wie kommen Winde zustande?

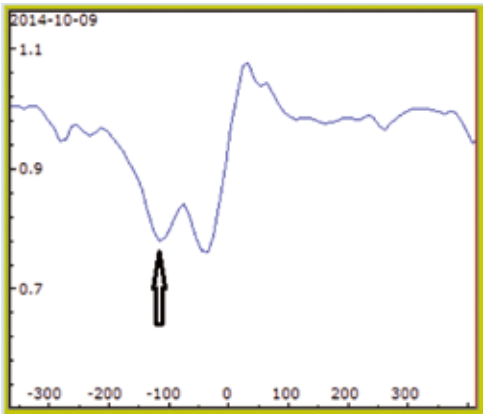
Riesen bzw. Überriesen weisen auf Grund ihrer Größe eine geringe Schwerkraft auf, wodurch es zu großem Massenverlust kommt. Dieser Massenverlust ist zum Teil kontinuierlich, es kann aber auch zu lokalen massiven Auswürfen kommen. Diese können, sofern an ein Magnetfeld gekoppelt, wieder zurück auf den Stern fallen. Solche Vorfälle zeigen sich durch eine „blaue“ Variation im Profil, aufsteigende Masse mit Geschwindigkeitskomponente zum Beobachter, und einer „roten“ Komponente, wieder auf den Stern fallende Massen mit Geschwindigkeitskomponente vom Beobachter weg. Die rote Komponente ist allerdings schwer erkennbar, da diese bei Sternen mit massiven Winden meist durch Emissionen, welche von der Hülle stammen können, überlagert sind. Überhaupt ist die Bewertung eines Hα-Profils schwierig, da dieses durch mehrere Geschwindigkeitsfelder überlagert ist. Bei den hier beschriebenen Variationen handelt es sich jedoch um massive Verluste von Massen, welche sich mit hoher Geschwindigkeit vom Stern entfernen. Diese Vorgänge lassen sich daher als zeitlich begrenzte und unregelmäßig auftretende Änderungen in den Linienprofilen erkennen. Das Linienprofil, welches von einer expandierenden Hülle oder einer statisch rotierenden Hülle um den Stern erzeugt wird, ist als P-Cygni-Profil bekannt (nach dem Prototyp P Cygni). Dies zeigt die Abbildung 1, wobei weitere Details hierzu in der Dissertationsschrift [1] nachgelesen werden können.

Massenverluste und ihre Auswirkung auf die galaktische Entwicklung

Den Verlust an Masse pro Zeiteinheit, den der Stern aufgrund des Windes erleidet, nennt man Massenverlustrate. Diese kann bei heißen Riesen 1/3 bis 30 Erdmassen pro Jahr betragen. Im Vergleich dazu sind es bei unserer Sonne 3,3 · 10^{-9} Erdmassen pro Jahr. Diese heftigen Sternwinde verdichten die Materie in ihrer Umgebung, reichern sie mit Elementen an und bilden mitunter Stoßfronten. Eindrucksvolle HST-Bilder vom Adlernebel zeigen, welche Dynamik im Gange ist.

Warum fiel die Wahl auf Deneb (α Cyg) und Rigel (β Ori)?

β Ori wurde von mir schon seit einigen Jahren beobachtet. Variationen, welche in wenigen Tagen im Profil erkennbar waren, lenkten die Aufmerksamkeit verstärkt auf diese Objekte. Zunächst waren es Änderungen in Absorption und Emission, auch das typische P-Cygni-Profil konnte erkannt werden. Mit Verbesserung der Aufnahmetechnik, zunächst ein



2 **Deneb 2014, das Profil von Hα, dargestellt im Geschwindigkeitsraum (km/s)**

Umbau von der direkten Einkoppelung auf eine Fasereinkoppelung mit der Easy Fiber [3] und dem optischen Redesign im Sommer 2014 konnte das Signal weiter verbessert werden, so dass Strukturen, wie weit auslaufende Flügel im Profil der Hα-Linie, erkannt werden konnten. Im September 2014 tauchte eine Variation im Hα-Profil von α Cyg auf (vgl. Abb. 2), wobei zunächst vermutet wurde, es könnte sich um ein Artefakt handeln. Eine genaue Überprüfung der Daten und ein erneutes Reduzieren der Rohdaten brachten Gewissheit. Es handelte sich um ein seltenes Ereignis. Eine Durchsicht der Daten von 02/2014 zeigte, dass auch Rigel diese Variation im Profil aufwies.

Auf den ersten Blick sieht es aus, als wäre der Absorption eine zentrale Emission überlagert. Diese Komponente im Wind von Deneb wurde jedoch markant stärker und wurde, soweit es die Witterungsverhältnisse zuließen, regelmäßig beobachtet. Dazu Weiteres unten.

Aufnahmetechnik/Instrumente

Als Aufnahmeinstrument dient ein Schiefspiegler mit 300-mm-Öffnung und 6 Meter Brennweite. Der Spektrograf vom Typ Czerny-Turner hat für Kollimator und Kamera je 320 mm Brennweite und ist mit einem Reflexionsgitter (2.400 Linien/mm) ausgestattet. Teleskopseitig wird das Signal über die EasyFiber [3] in die Faser geleitet. EasyFiber [4] ist eine kompakte Einheit, in welcher das Öffnungsverhältnis vom Teleskop an die Faser angepasst und in die Faser eingespeist wird. Ein Redesign der Optik ermöglichte eine verbesserte Kontrolle des Sterns auf der Faser. Auch das Streulicht wurde erheblich reduziert. Die Abbildung 3 zeigt die Einkopplung, montiert am Okularstutzen. Ergebnis dieser Änderung sind Spektren mit sehr gutem Signal-zu-Rausch-Verhältnis. Dies ist besonders bei den weit auslaufenden Flügeln in den Profilen wichtig.

Daten zu den Objekten

Die Objektdaten [1] sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Die Tabelle 2 mit den stellaren Parametern ist der Arbeit von A. Kaufer [1] entnommen. Die Objekte in diesem Bericht, Deneb und Rigel, sind rot umrandet. Für die meisten Parameter ist es erforderlich, Linien über den gesamten spektralen Bereich zu untersuchen.

3

Die Einkopplung in die Faser am Teleskop

Tabelle 1: Helligkeiten und Koordinaten der beobachteten Sterne

Objekt	Spektraltyp	Rektasz. (2000.0)	Dekl. (2000.0)	V
HD 34085 (β Ori, Rigel)	B8 Iae	05^h 15' 16''	-08° 11' 25''	0,12 mag
HD 194375 (α Cyg, Deneb)	A2 Iae	20^h 41' 56''	45° 19' 58''	1,25 mag

Da hier nur die Hα-Linie untersucht wird, werden nur einige Parameter beschrieben:

v – Die Windendgeschwindigkeit, tatsächlich wurden an β Ori temporär Geschwindigkeiten bis 400 km/s gemessen, vgl. [1].

v_{SYS} – Die Systemgeschwindigkeit ist unverzichtbar für alle absolut zu bestimmenden Geschwindigkeiten.

„High-velocity absorptions" (HVA) von Rigel 2014

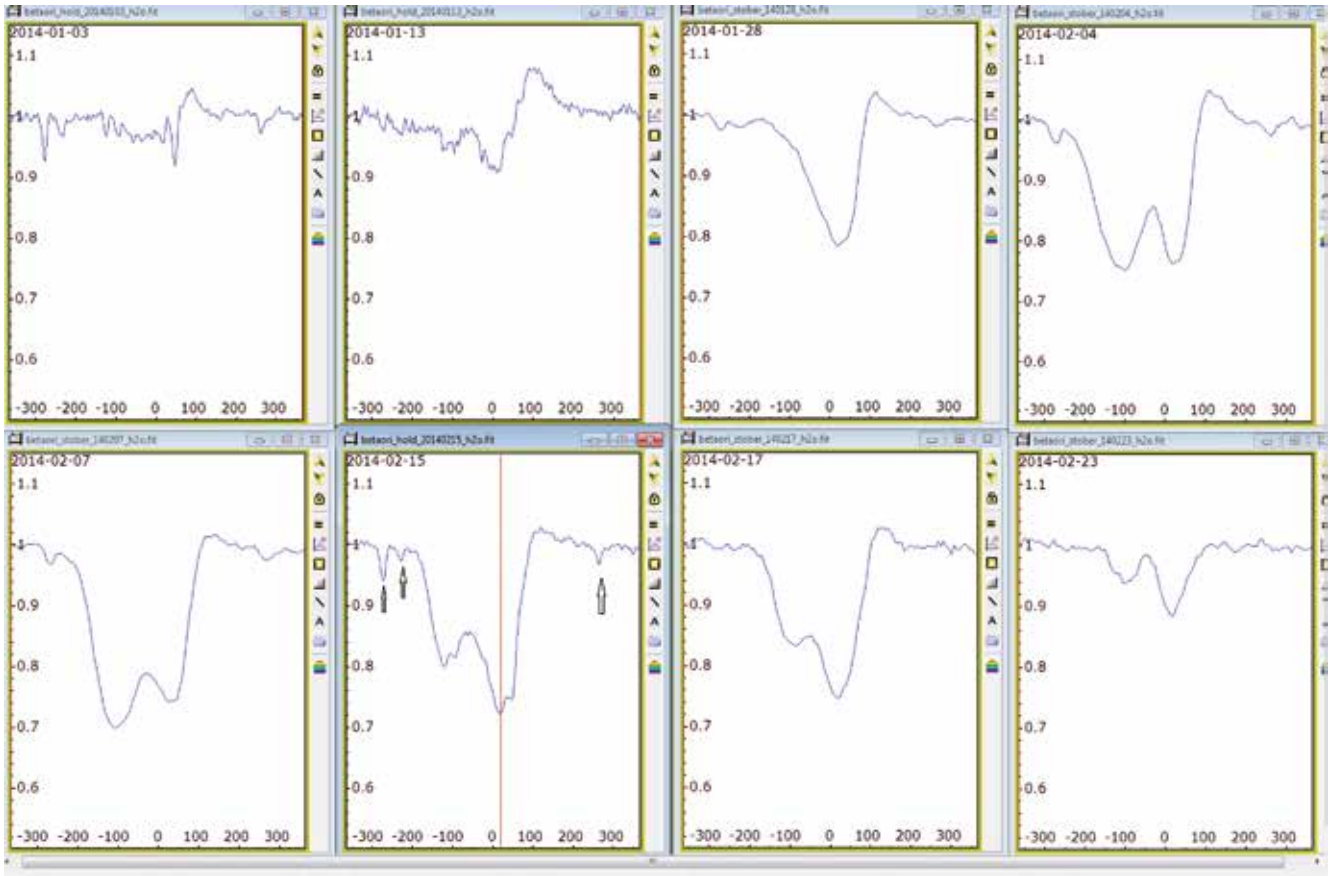
Die Durchsicht älterer Daten, jene vom 15.02.2014, brachte einen Schatz zum Vorschein: Zuvor nicht beachtet, zeigten die Daten eindeutig ein HVA-Ereignis. Dr. Berthold Stober, auch an diesem Objekt interessiert, hat glücklicherweise auch zu diesem Zeitpunkt Rigel spektroskopiert. Freundlicherweise hat er seine Daten zur Verfügung gestellt, womit eine kurze Zeitserie möglich wurde. Immerhin handelt es sich hier um ein unregelmäßiges und eher seltenes Ereignis.

Bei diesen HVAs handelt es sich um massive Massenauswürfe wie sie nur bei BA-Überriesen beobachtet werden. Diese Verdichtung im Wind in Korotation mit dem Stern ist über mehrere Rotationen

Tabelle 2: Stellare Parameter der Programm-Sterne, entnommen aus [1]

Objekt	sp	W_λ(Mg4481)/ W_λ(He4471)	W_λ(Hγ) [Å]	M_V	$B.C.$	M_{bol}	$\log L/L_\odot$	T_{eff} [K]	$R/R_\odot$	$M/M_\odot$	$\log g$
HD 91619	B7	0.8	1.43	−7.99	−0.78	−8.77	5.42	12 200	114	27	1.75
HD 34085	B8	1.2	1.64	−7.77	−0.66	−8.43	5.28	11 200	116	23	1.67
HD 96919	B9	2.5	1.56	−7.97	−0.52	−8.49	5.30	10 300	141	23	1.50
HD 92207	A0	4.6	1.34	−8.29	−0.41	−8.70	5.39	9 730	174	23	1.32
HD 100262	A2	5.9	2.60	−7.50	−0.28	−7.78	5.02	9 080	131	18	1.46
HD 197345	A2	6.3	2.80	−7.30	−0.28	−7.58	4.94	9 080	119	18	1.54

Objekt	v_{break} [km/s]	$P_{rot,break}$ [d]	$\sqrt{1-\Gamma}$	v_{esc} [km/s]	v_∞ [km/s]	$v \sin i$ [km/s]	$P_{rot}/\sin i$ [d]	$P_{rad,fund}$ [d]	v_{sys} [km/s]
HD 91619	212	27	0.87	261	–	60	96	9	−6
HD 34085	195	30	0.89	244	< −229(−187)	55	107	10	+18
HD 96919	176	40	0.88	220	< −249(−186)	60	119	14	−24
HD 92207	159	55	0.85	192	−263(−242)	55	160	19	−17
HD 100262	162	41	0.92	212	−287(−262)	50	132	14	−17
HD 197345	170	36	0.94	225	−262(−254)	50	121	12	−1



4 Das HVA-Ereignis von Rigel 2014

sichtbar, was wiederum bedeutet, dass der Wind rotiert. Infolge der Rotation zieht sich die Verdichtung mit größer werdender Entfernung vom Stern wie ein Schweif in die Länge.

Betrachten wir nun die Abbildung 4 etwas näher: Der unerfahrene Rigel-Beobachter wird bei einem Ergebnis wie jenem vom 03.01.2014 an seinen Daten zweifeln. Da ist nicht viel zu sehen außer einem seichten Trog und einer schwachen Emission. Ein Blick auf das Bild zeigt aber, welch unglaubliche Dynamik hier im Gange ist, und das in nur wenigen Tagen. Das Ereignis muss zwischen dem 28.01. und dem 04.02.2014 stattgefunden haben. Mit dem Maximum am 07.02. kann eine Anstiegszeit der blauseitig verschobenen Komponente von weniger als 10 Tagen angenommen werden. Die Geschwindigkeit ist während Anstieg und Abstieg gleich, bei über 100 km/s. Die rote Linie (15.02.2014) entspricht der Systemgeschwindigkeit, und die Pfeile markieren Linien, welche atmosphärischen Ursprung haben und entfernt werden sollten. Dies ist allerdings eine sehr heikle Prozedur, da hierbei der blaue, flach auslaufende Flügel verfälscht werden kann, wodurch es zu Fehlmessungen der Windgeschwindigkeit kommt.

In der Abbildung 5 ist vom HVA-Ereignis 2014 nichts mehr zu sehen. Die Serie von 2015 ist geprägt von einseitigen und doppelten Emissionen. Bei genauerer Betrachtung von Abbildung 5 ist eine Periode in der Doppelemission erkennbar, etwa 10 Tage. Rechts in der Abbildung 5 ist die maximale Amplitude in Emission dargestellt, wobei beobachtet wurde, dass die rote Seite stets stärker ausgeprägt ist. Doppelte Hα-Emission ist eine typische Erscheinung der Variabilität der BA-Überriesen und wurde der Modulation durch Oberflächenstrukturen des Sterns zugeschrieben [1].

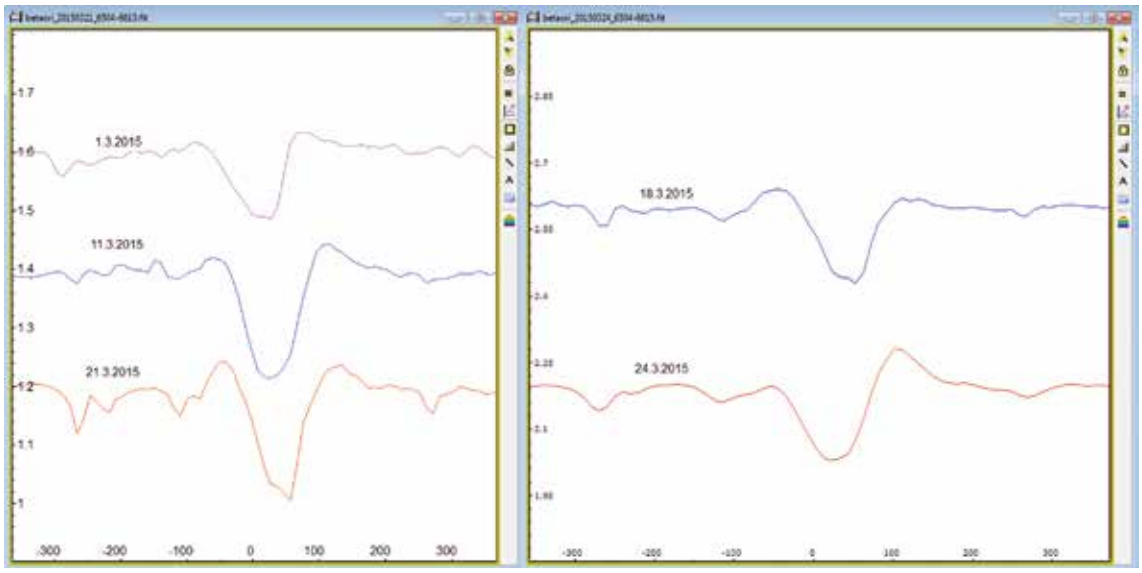
Variationen im Hα-Profil von Deneb

Da zwischen dem 25.08 und dem 07.10.2014 für Deneb keine Spektren vorliegen, ist es schwierig zu beurteilen, ob sich das HVA im Anstieg oder Abstieg befindet.

In der unteren Reihe der Abbildung 6 ist gut abzulesen, dass der blaue Flügel bis -300 km/s reicht. Anzumerken wäre noch der fehlende Einfluss der HVAs auf die Windendgeschwindigkeit. Die auslaufenden Profilflügel sind nicht immer zu erkennen, weil einerseits die Profile bis etwa 150 km/s von den HVAs überlagert sind und andererseits das S/N zu niedrig ist. Dazu mehr unter dem folgendem Abschnitt.

Ausblick

Zwei beobachtbare HVA-Ereignisse in einem Jahr sind ein wahrer Glücksfall, noch dazu bei diesen Witterungsverhältnissen in Mitteleuropa. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, das Spektrum über den gesamten (erreichbaren) optischen Wellenlängenbereich aufzunehmen. Sind es einerseits die Balmerlinien, dann ist das Balmerdekrement von Interesse, aber auch andere von der Photosphäre stammende Linien. Zum Abgabetermin des Berichtes befand sich ein Échelle-Spektrograf bereits im Bau, und dieser sollte bis zur nächsten Beobachtungsperiode im Einsatz sein. Motiviert von den Ergebnissen und den Aussichten, wieder einmal so ein HVA-Ereignis mit einem Échelle-Spektrografen vermessen zu können, verbleibt, auf gutes Wetter zur rechten Zeit zu hoffen.



5 Profilvariationen von Rigel 2015

Danksagung

Dankenswerterweise hat mir Dr. Andreas Kaufer seine Dissertationsschrift zur Verfügung gestellt. Damit konnte ein Einblick in die Forschung getätigt werden und ein Verständnis für Profilvariationen entwickelt werden. Dr. Otmar Stahl hat die Spektren kommentiert und mich auf Fehlinterpretationen hingewiesen. Ohne professionelle Unterstützung ist es wohl kaum möglich, über ein so komplexes Thema wie „Variationen in Sternwinden“ zu berichten. Gedankt sei auch Dr. Berthold Stober für die bereitgestellten Profile.

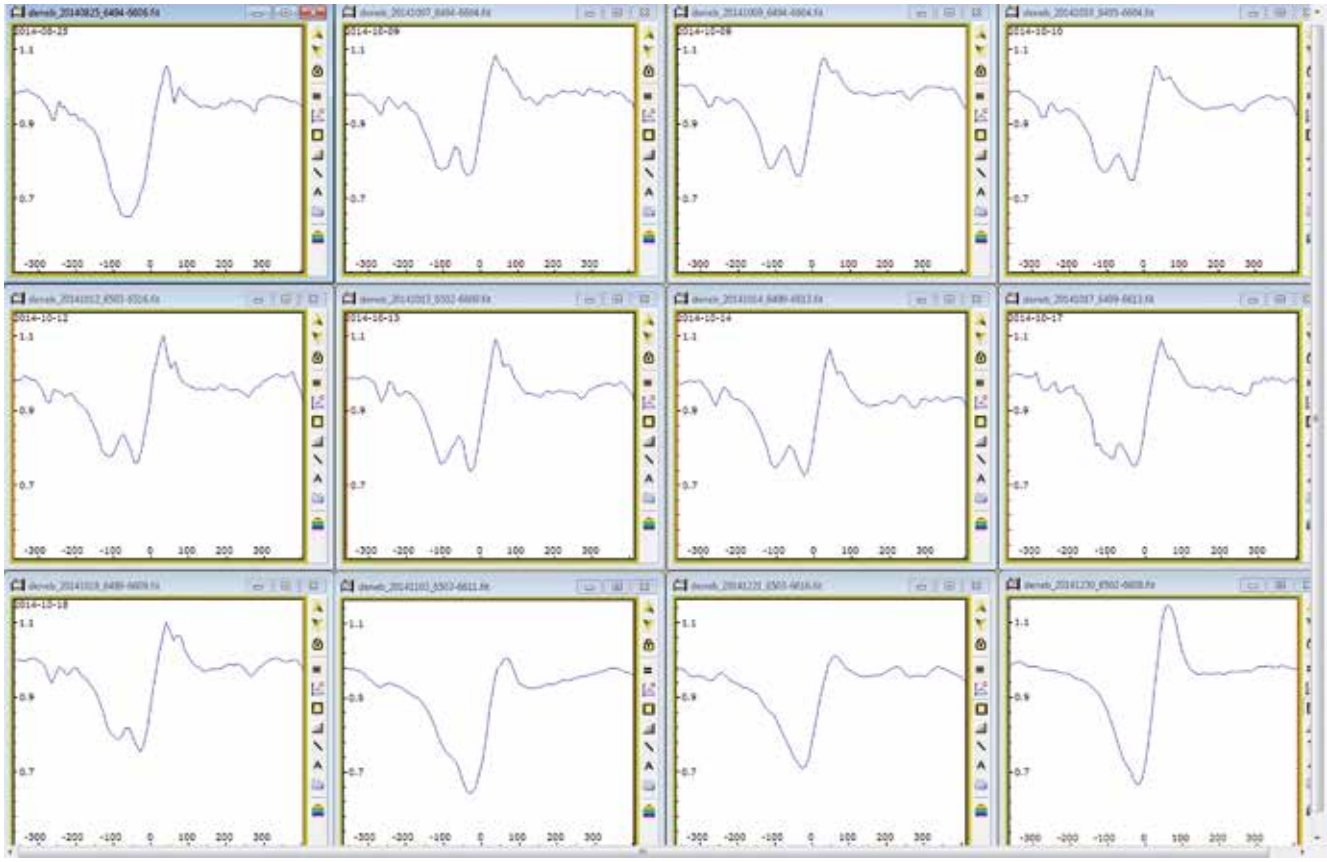
Quellen- und Literaturhinweise:

[1] A. Kaufer: Dissertationsschrift, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, 1996

[2] P. S. Conti, E. M. Leep, 1974: Astrophys. J. 193, 113

[3] astro-spec.com

[4] S. Hold, 2014: „EasyFiber – Erfahrungsbericht zur Fiber-Einkopplung in den Spektrografen“, VdS-Journal für Astronomie 51, 131



6 Das HVA-Ereignis von Deneb 2014