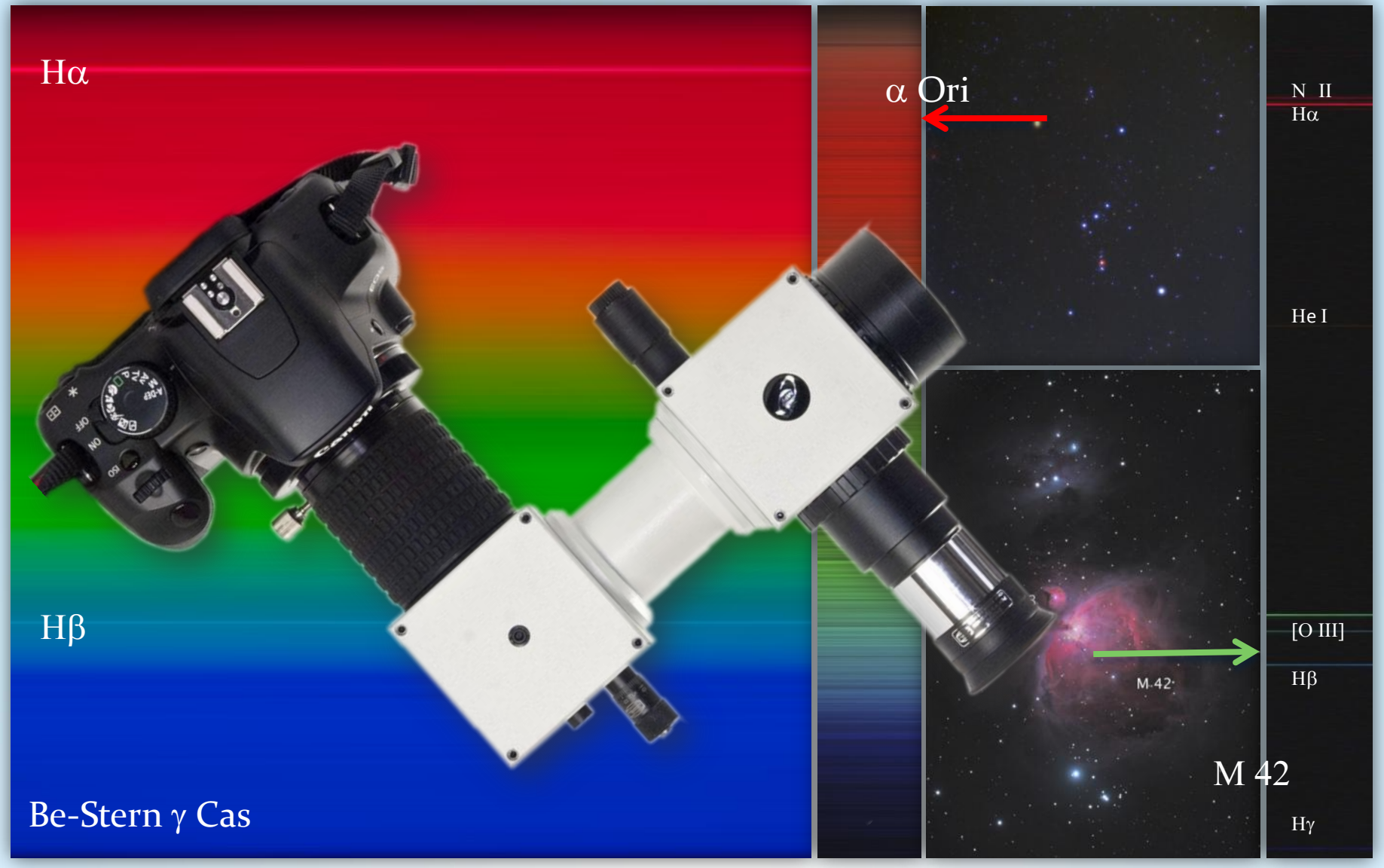
BAADER

DADOS SLIT-SPECTROGRAPH TUTORIAL by Bernd Koch



Inhalt

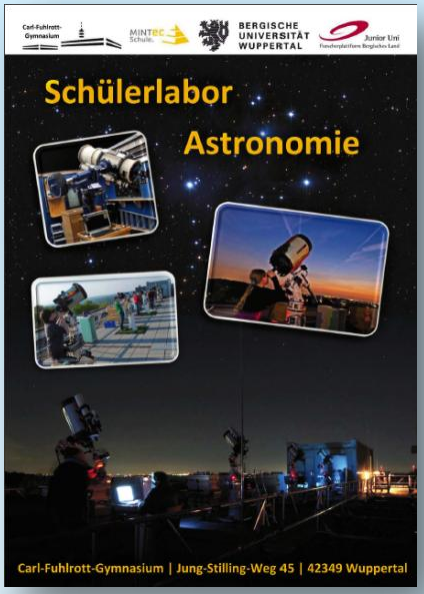
Workshops zur Sternspektroskopie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal	4, 5
Der Kofferinhalt	6
Der Aufbau des Spektrographen	7
Fotografie und visuelle Nachführung auf einen Stern	8
Der Strahlengang im Spektrographen	9
Würfel 1: Das Spaltplättchen und ein Spiegel	10
Würfel 1: Simulierter Blick durch das Nachführokular	11, 12
Würfel 1: Sirius auf dem 25 µm-Spalt (DMK41 - Videokamera)	13
Würfel 1: Spektroskopie des Aristarchus-Plateaus (DMK 41 - Videokamera)	14
Würfel 2: Das Blazegitter	15
Tageslichtspektren der Gitter 900 Linien/mm und 1200 Linien/mm	16, 17
Würfel 2: Wechsel des Blazegitters – Teil 1 bis 4	18-21
Beugung an Spalt und Mehrfachspalt	22
Beugung und Interferenz am Transmissionsgitter	23
Blaze-Transmissionsgitter: Nachteile gegenüber Reflexionsgittern	24
Beugung und Interferenz am „geblazten“ Reflexionsgitter	25
Theorie des Blazegitters	26, 27
Charakteristische Größen eines Spektrographen	28
Beispiel: DADOS mit Blazegitter 200 Linien/mm	29
Energiesparlampe ORMALIGHT 9W- DADOS mit Gitter 200 Linien/mm	30
Spektrum der Energiesparlampe (ESL) ORMALIGHT 9W	31

Inhalt

Stacken und Kalibrieren von Sternspektren	32
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR camera	33-86
Das Sonnenspektrum	87, 88
Kalibrierung von Spektren mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic	89-92
Nova Delphini 2013	93-100
Spektrum des Be-Sterns γ (gamma)Cas	101-103
Spektrum des Be-Sterns ζ (zeta) Tau	104-107
Spektroskopischer Doppelstern β (beta) Aur	108, 109
Emissionsnebel M42	110
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer STF-8300M CCD-Kamera	111, 112
Referenzen und empfohlene Literatur	113, 114
Sicherheits- und Verhaltensregeln	115
Impressum	116

Workshops zur Sternspektroskopie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal

Das **Schülerlabor Astronomie** auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums in Wuppertal ist eine in ihrer Art einzigartige Schul- und Ausbildungssternwarte, die mit sechs identischen Teleskopeinheiten (Beobachtungsinseln) ausgestattet ist, an denen parallel gearbeitet wird. Dort finden Kurse und Beobachtungsabende zur Astronomie und Astrophysik auch für größere Schüler- und Studentengruppen benachbarter Schulen bzw. der Bergischen Universität Wuppertal statt.



Ausstattung jeder Insel: Astro-Physics 900GTO-Montierung, Celestron 11“ EdgeHD-Teleskop, Pentax 75 SDHF-Refraktor, Celestron ED 80/600mm-Refraktor, Canon EOS 450D DSLR-Kamera, SBIG STF-8300M CCD-Kamera, reichhaltiges Zubehör.

Workshops zur Sternspektroskopie mit sechs DADOS-Spektrographen und Gittern mit 200/900/1200 Linien/mm nebst Spektrallampen zur Kalibration.
Tutoren: Michael Winkhaus, Bernd Koch und Ernst Pollmann.

Zur Referenz ein Bericht von Dr. Thomas Schröfl, Wien/Austria, der an einem Workshop vom 21. bis 25. Oktober 2013 teilnahm.
http://www.waa.at/bericht/2013/10/20131021sf100.html
http://www.waa.at/bericht/2013/10/20131022sf117.html

Michael Winkhaus

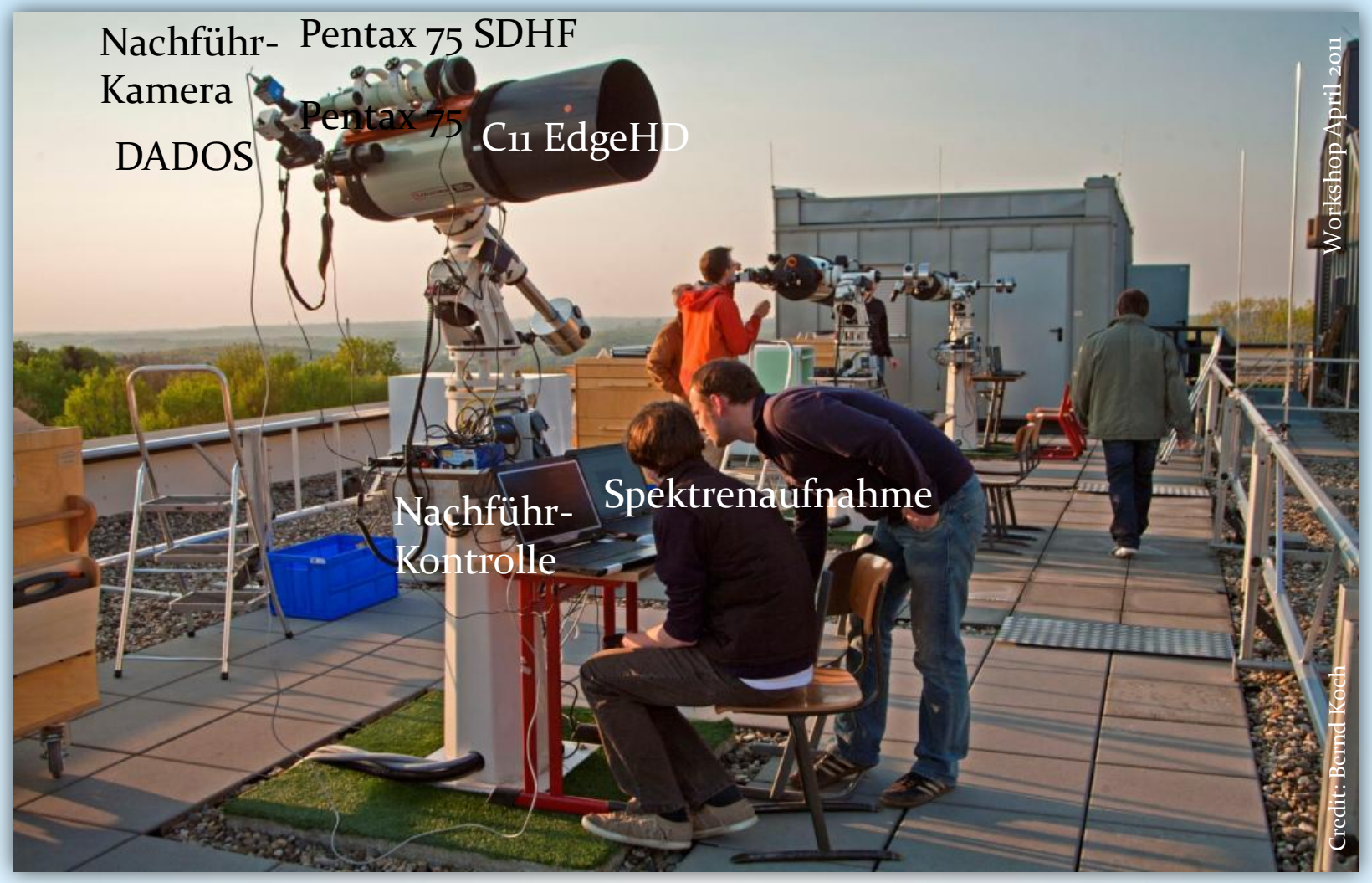
Ernst Pollmann

Bernd Koch

Wenn Sie an einem Workshop interessiert sind, nehmen Sie bitte mit dem Leiter der Sternwarte, Herrn Michael Winkhaus, Kontakt auf:
Michael.Winkhaus@t-online.de

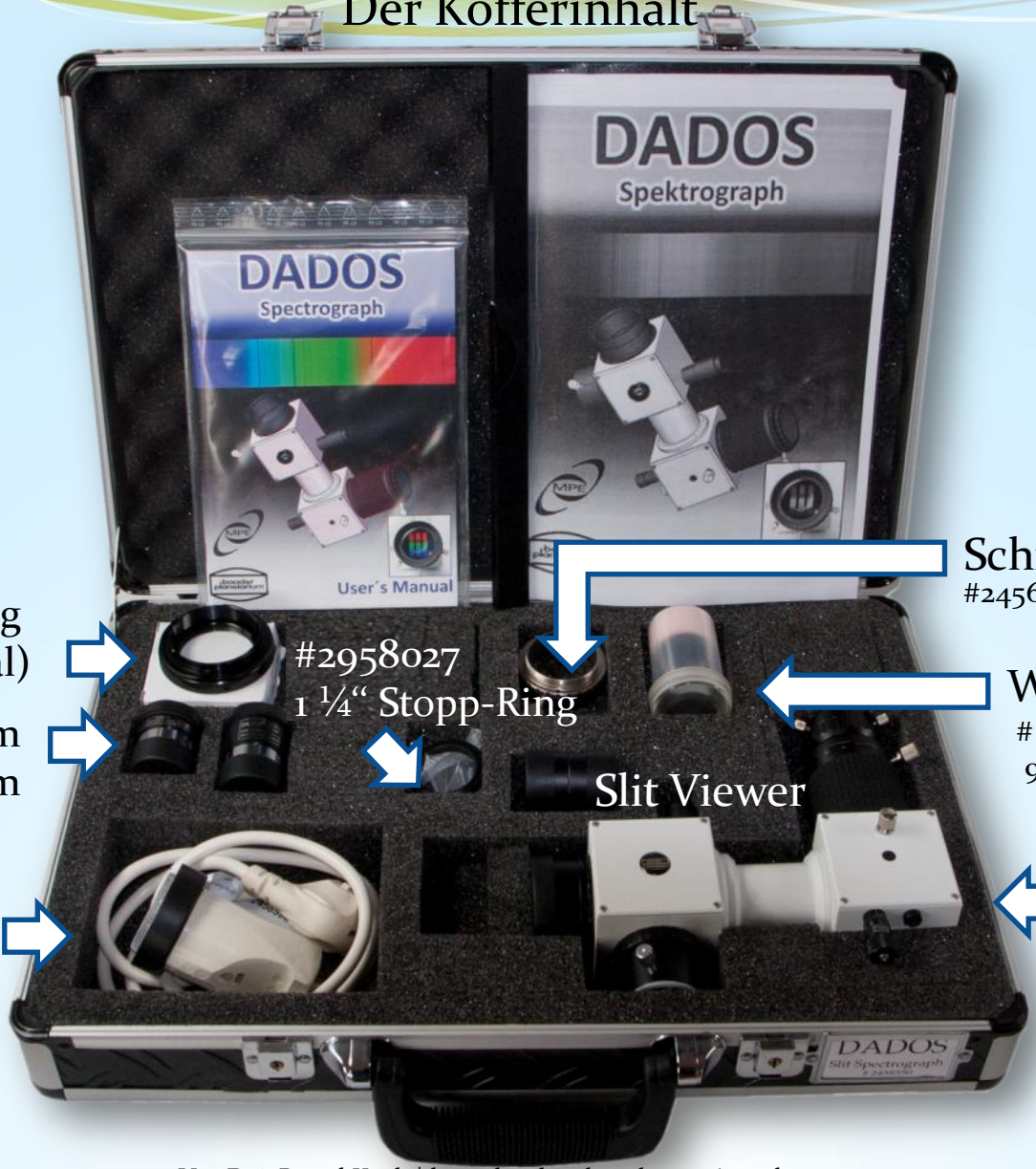
Anfragen zum DADOS-Spektrographen richten Sie bitte direkt an: Bernd Koch, kontakt@baader-planetarium.de

Workshops zur Sternspektroskopie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal



Interessiert an einem Workshop? Kontakt: Michael Winkhaus, Michael.Winkhaus@t-online.de

Der Kofferinhalt



Canon T2-Ring (optional)

Okulare Kellner 10mm und Kellner 20mm

#2458590 Neon-Kalibrierlampe

#2958027
1 ¼“ Stopp-Ring

Slit Viewer

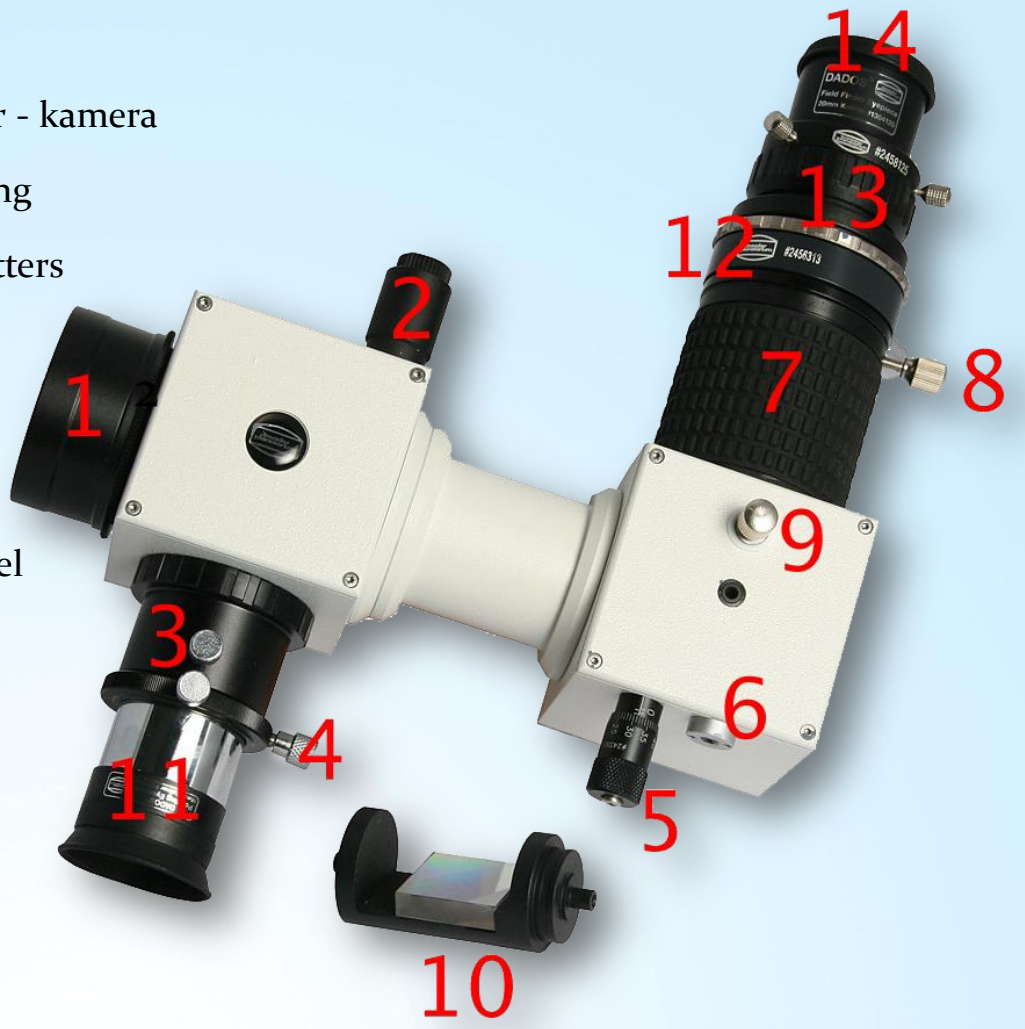
Schnellwechseleinheit
#2456313, #2456320

Weiteres Gitter
2458556 Blaze-Gitter
900 Linien/mm

Spektrograph
#2458550

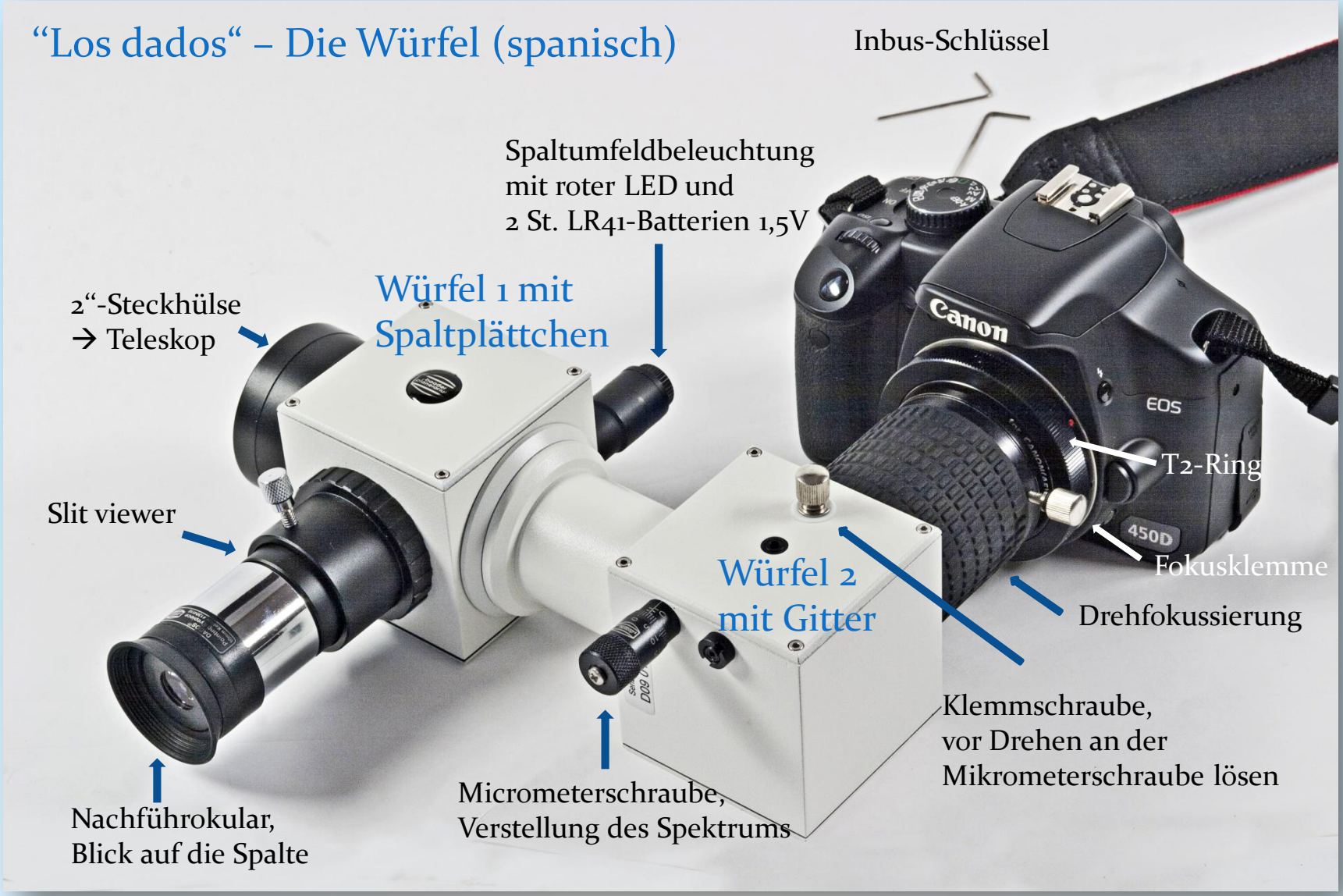
Der Aufbau des Spektrographen

1) 2” Steckhülse (-> Teleskop)
2) Spaltbeleuchtung (rote LED)
3) 1 ¼” Okularstutzen für Nachführokular oder - kamera
4) Klemmschraube der Nachführ-Klemmfassung
5) Mikrometerschraube zur Verstellung des Gitters
6) Rückstellfeder des Gitterhalters (fest)
7) Drehfokussierer (Spektrum scharfstellen)
8) Klemmschraube des Drehfokussierers
9) Klemmschraube für den Gitter-Einstellwinkel
10) Weiteres Gitter mit (200/900/1200 L/mm
11) Nachführokular (Blick auf den Spalt)
12) Schnellwechsel-Vorrichtung (optional)
13) Drehfokussierer 1 ¼”
14) Okular (Betrachtung des Spektrums)

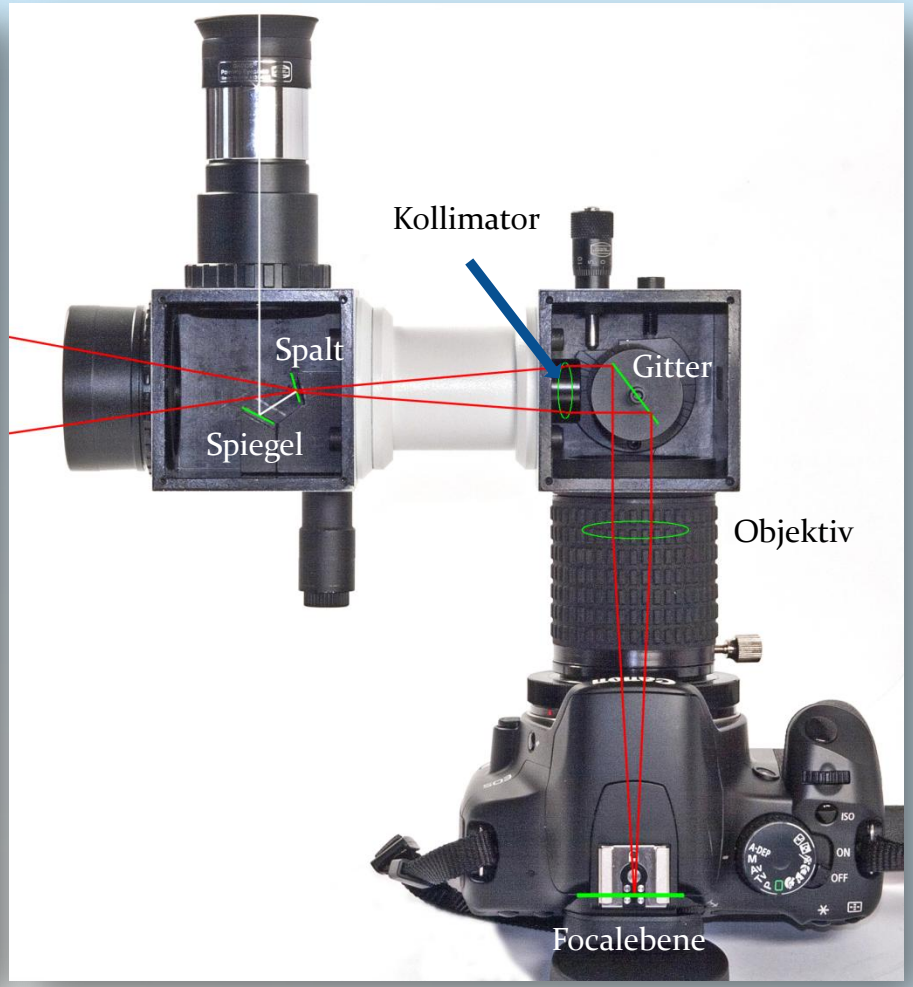


Fotografie und visuelle Nachführung auf einen Stern

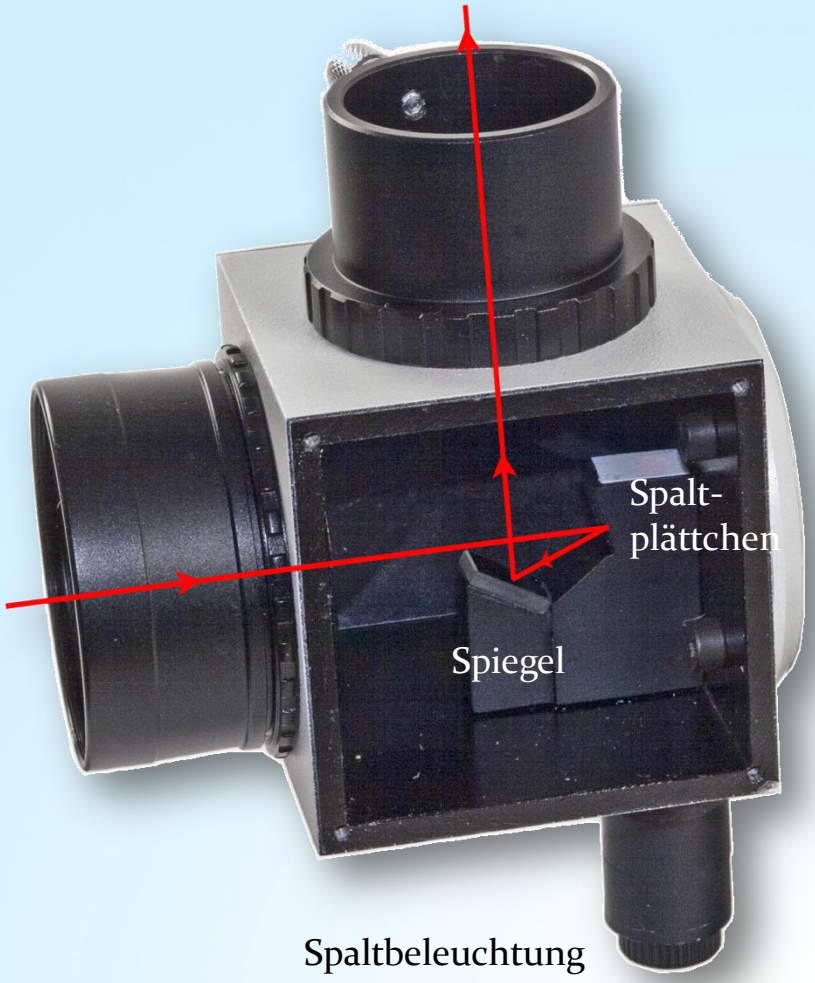
“Los dados“ – Die Würfel (spanisch)



Der Strahlengang im Spektrographen



Würfel 1: Das Spaltplättchen und ein Spiegel



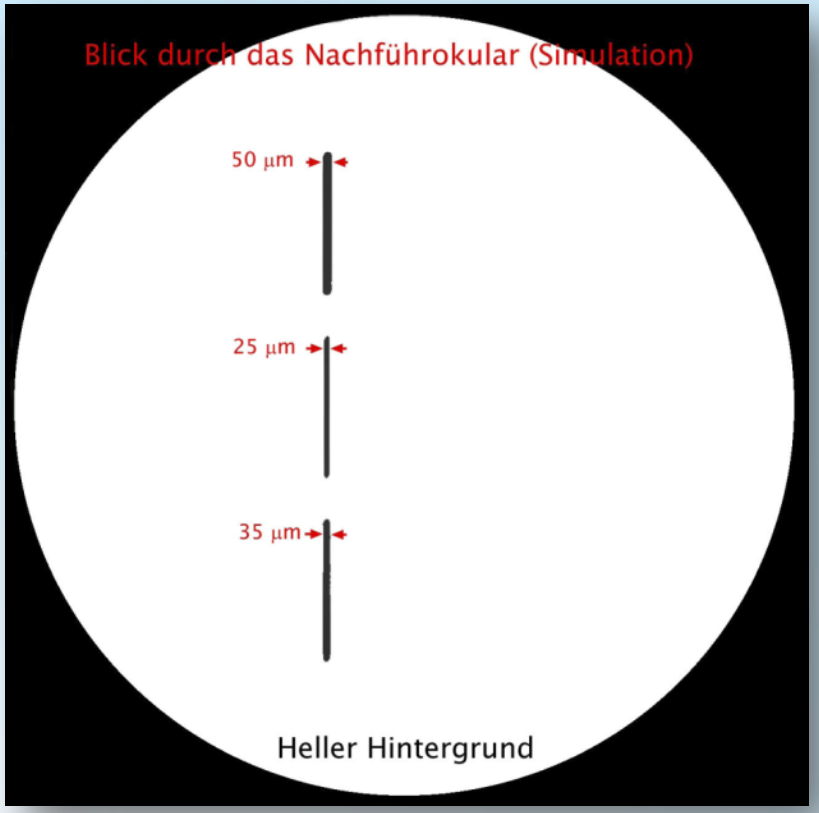
Spalt:
Es ist ein Spaltplättchen, welches drei Spalte mit verschiedenen Spaltbreiten enthält: 25 µm, 35 µm und 50 µm.

Spiegel:
Setzt man oben in den Okularstutzen ein Okular oder einen Autoguider ein, kann man das zu spektroskopierende Objekt exakt auf einen der drei Spalte setzen.

Spaltbeleuchtung:
Mit einer in der Helligkeit regelbaren roten LED kann das Gesichtsfeld beleuchtet werden. Damit kann man die dunklen Spalte vor dem dunklen Himmel erkennen.

Wichtiger Hinweis:
Während der Aufnahme des Spektrums muss die Spaltbeleuchtung ausgeschaltet sein, weil sonst rötliches Streulicht über dem Spektrum liegt und die Aufnahme ruiniert. Zur Schonung der Knopfzellen-Batterien (2 Stück LR41) in dieser Beleuchtung sollte diese bei Nichtgebrauch immer ausgeschaltet sein.

Würfel 1: Simulierter Blick durch das Nachführokular

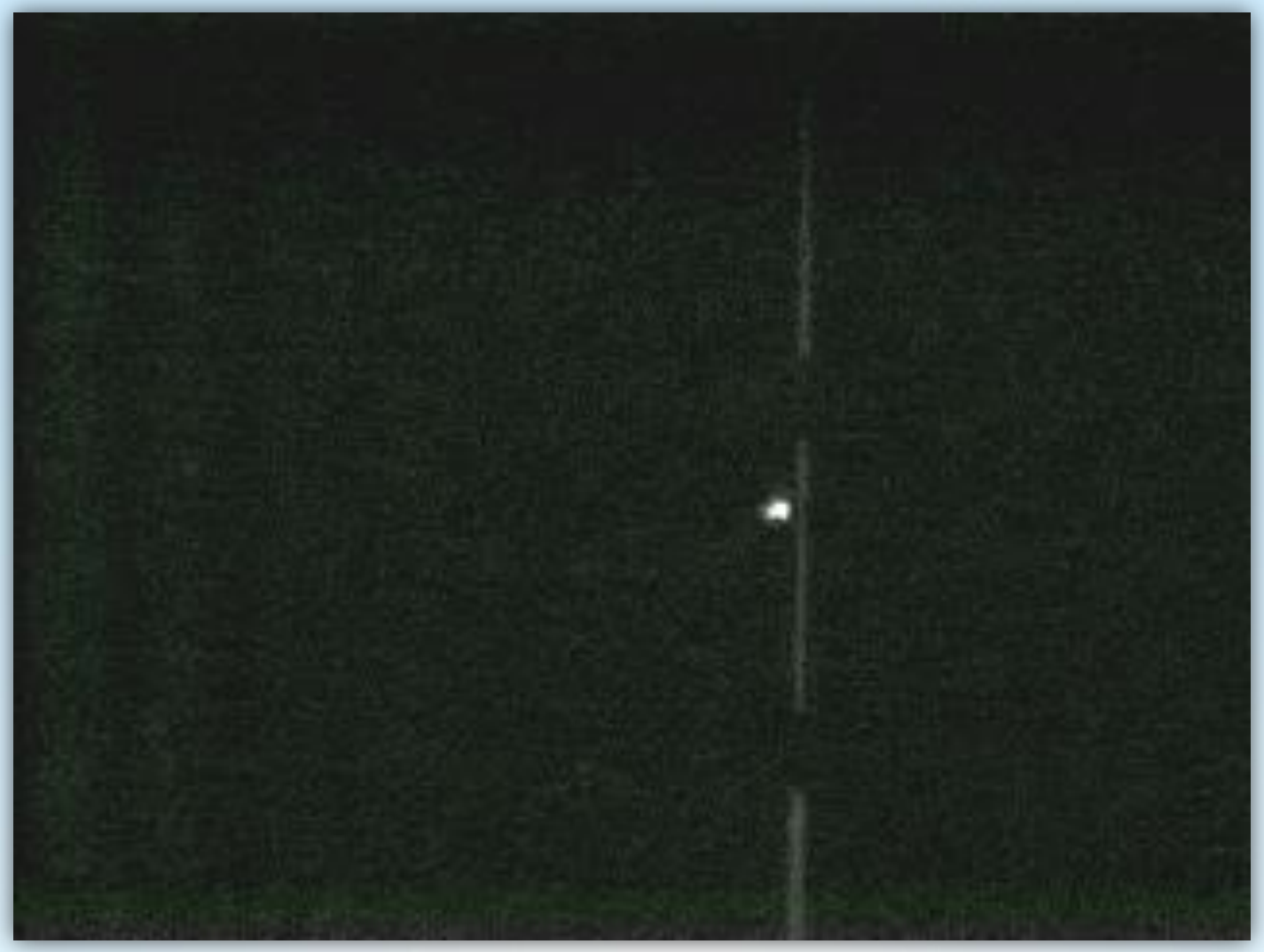


Richtet man den DADOS auf eine hell beleuchtete Fläche und blickt durch das Nachführokular, erkennt man die drei übereinander liegenden, unterschiedlich breiten Spalte. Nur auf die Breite der Spalte kommt es an, nicht auf die Länge! Je schmaler der Spalt, desto schmaler sind die Spektrallinien, die immer ein Beugungsbild des jeweiligen Spaltes sind.

Würfel 1: Simulierter nächtlicher Blick durch das Nachführokular

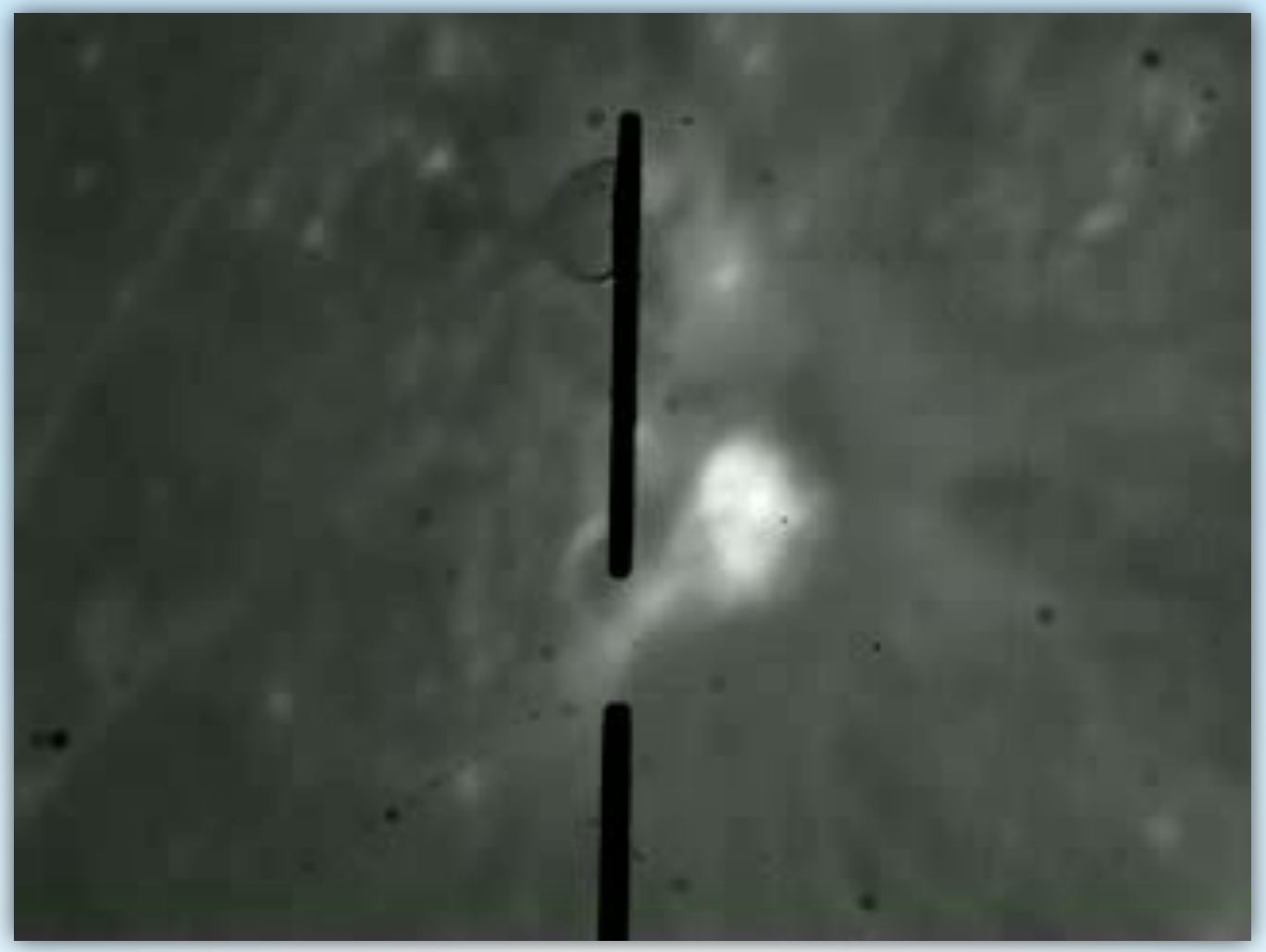
- Mittlerer Spalt (25 µm) für höchste spektrale Auflösung. Im Nachführokular hat man eine hervorragende Übersicht über die zu spektroskopierenden Objekte.
- Die Fokussierung des Teleskops hat keinen Einfluss auf die Schärfe des Spektrums, aber auf dessen Helligkeit, weil es bei Defokussierung dunkler wird
- Ausrichtung des Spalts in Rektaszension α / Deklination δ

Würfel 1: Sirius auf dem 25 µm –Spalt (DMK41-Videokamera)



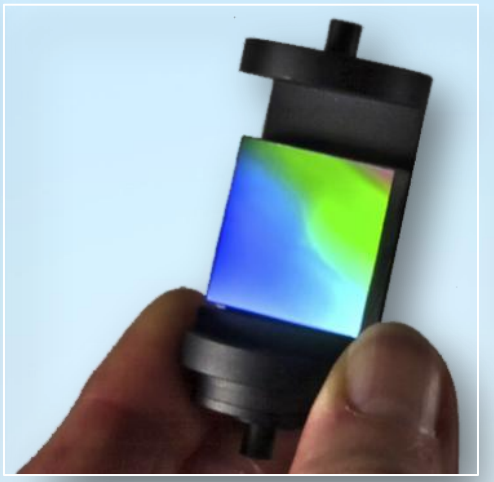
Video: Bernd Koch

Würfel 1: Spektroskopie des Aristarchus-Plateaus (DMK 41)



Video: Jonas Niepmann / Laurenz Sentis / Bernd Koch

Würfel 2: Das Blazegitter



Resolving power λ / Δ λ on camera objective axis and 25 µm slit

Grating of 200 lines/mm

Theoretical	Measured	λ (nm)
396	542	@ 416
606	647	@ 616
668	723	@ 697

Grating of 900 lines/mm

Theoretical	Measured	λ (nm)
2038	2000	@ 371
3910	3000	@ 561
5376	5000	@ 800

Limiting magnitude for a 30 cm Ø telescope with S/N 50 and 20 minutes of exposure time.

For the 200 lines/mm grating :	$m_v = 8$
For the 900 lines/mm grating :	$m_v = 6$

DADOS Spectrograph User Manual

Der Gitterwechsel muss genau gemäß Betriebsanleitung vorgenommen werden!

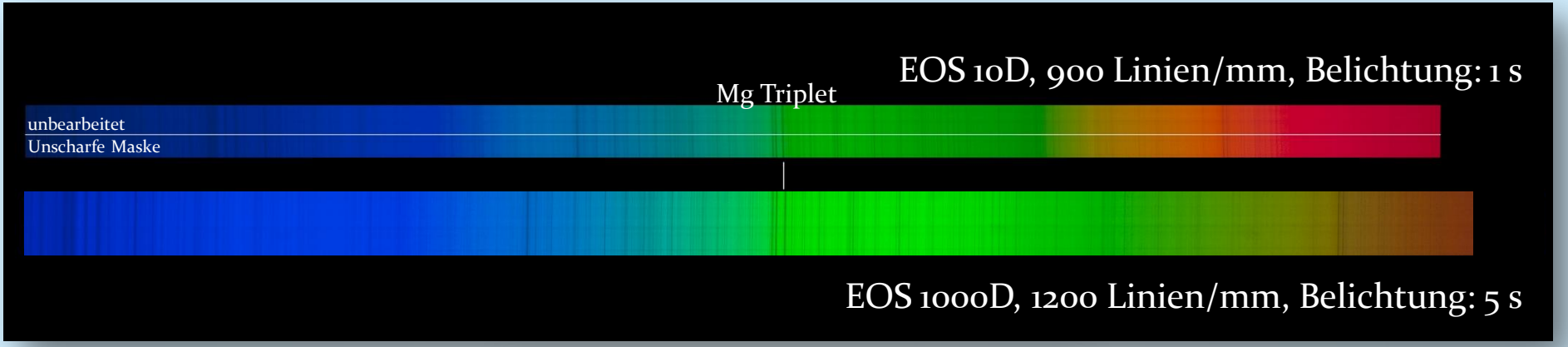
Auflösungsdaten für drei DADOS-Gitter 200/900/1200 Linien/mm bei 6563Å gemäß Simspec:

- 200 L/mm: Niedrige Auflösung, Dispersion. 2,16 Å/px (0.2 nm/px) / 5,4 Micron Pixel / Spektr. Aufl. 13,5Å
- 900 L/mm: Mittlere Auflösung, lineare Dispersion 0,59 Å/px (0,059 nm/px), spektr. Auflösung 2,3Å
- 1200 L/mm: Hohe Auflösung, lineare Dispersion 0,46 Å/px (0,046 nm/px), spektr. Auflösung 1,5Å

Bei einem Bildformat von ca. 18 mm x 22 mm (EOS 450D) ist es nur mit dem Gitter 200 L/mm möglich, das gesamte Spektrum mit einer Aufnahme zu erfassen. Das Spektrum sollte bereits bei der Aufnahme möglichst parallel zu einer Bildkante ausgerichtet sein, um bei späterer Drehung Interpolationsfehler („Aliasing"-Effekte) so gering wie möglich zu halten. Das erreicht man, indem man die Madenschrauben am Canon T2-Ring löst, die Kamera langsam verdreht und die Madenschrauben wieder mit Gefühl anzieht.

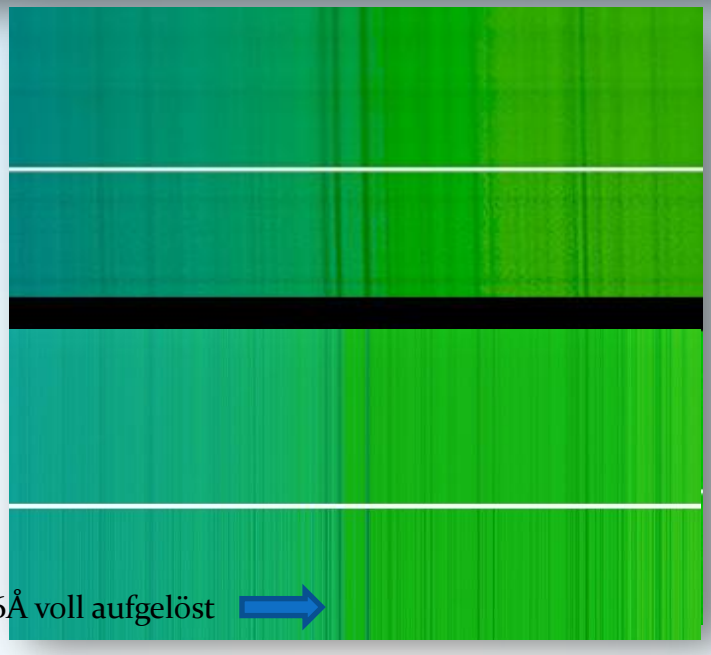
Vorsicht: Köpfe der Madenschrauben nicht beschädigen, Schrauben mit Gefühl drehen !!

Tageslichtspektren der Gitter 900 Linien/mm und 1200 Linien/mm



900 Linien/mm
Belichtung: 1 s

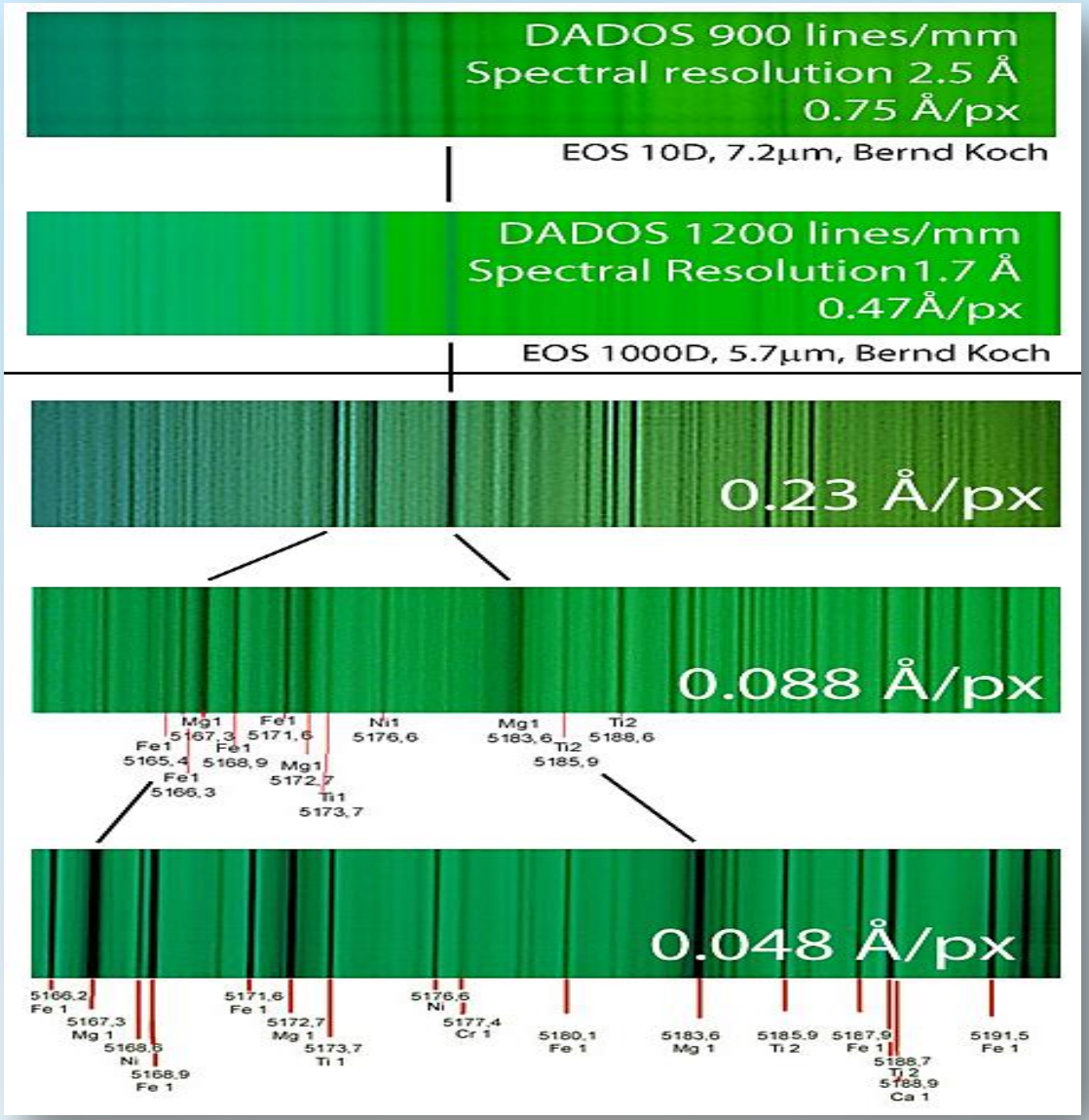
1200 Linien/mm
Belichtung: 5 s



Unscharfe Maske

Unscharfe Maske

Tageslichtspektren der Gitter 900 Linien/mm und 1200 Linien/mm



www.lightfrominfinity.org
/HIRSS/HIRRS.htm

Würfel 2: Wechsel des Blazegitters – Teil 1

A.2 Austausch des Gitters

Warnung

Durch Berühren wird das Gitter irreparabel zerstört!

Versuchen Sie nicht, Staub durch Pusten oder Blasen zu entfernen! Kleine Tropfen von Spucke oder Feuchtigkeit können das Gitter ebenfalls zerstören.

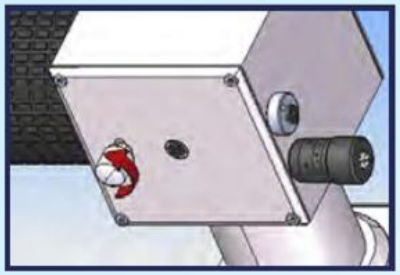
Benutzen Sie ebenfalls keine komprimierte oder in Sprühdosen abgefüllte Druckluft! Diese kann Feuchtigkeit, Öl oder Spuren des Treibmittels auf das Gitter befördern.

Der Austausch der Gitterhalter sollte immer nur in sauberer Umgebung stattfinden, ohne Gefahr durch Staub oder elektrostatische Aufladung.

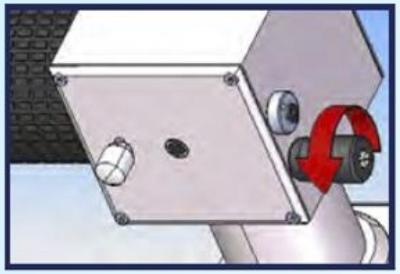
Bereiten Sie Ihren Arbeitsplatz so vor, dass Sie das Gitter schnell und sauber austauschen können.

Würfel 2: Wechsel des Blazegitters – Teil 2

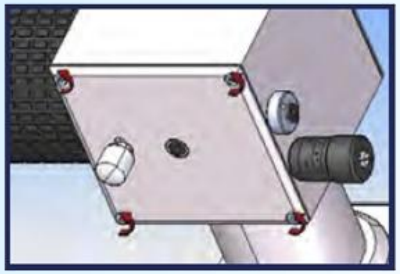
Halten Sie das 900L-Gitter mitsamt Halter griffbereit.



Lösen Sie die Feststellschraube für den Einstellwinkel des Gitters (#9), indem Sie sie nur eine Umdrehung weit drehen.



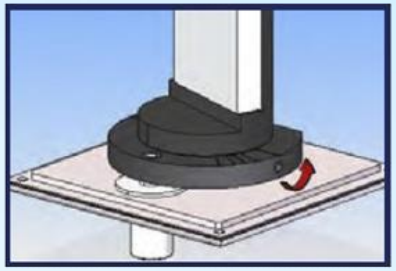
Drehen Sie das Mikrometer bis zur 8mm-Einstellung auf der Nonius- (Vernier-) Skala zurück.



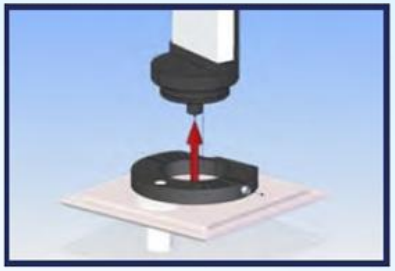
Entfernen Sie die vier Inbus-Schrauben mit dem 1.5 mm Inbusschlüssel.

Nehmen Sie die Seitenwand mit dem kompletten Gitterhalter heraus.

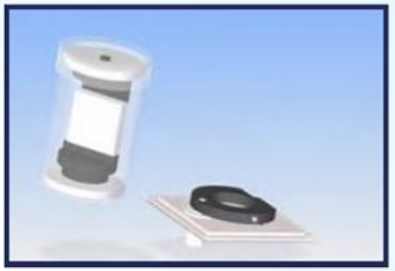
Berühren Sie das Gitter keinesfalls!



Lösen Sie die versenkte Stellschraube in der Andruckplatte, indem Sie sie mit dem 1,5mm-Inbusschlüssel zwei volle Umdrehungen gegen den Uhrzeigersinn drehen.

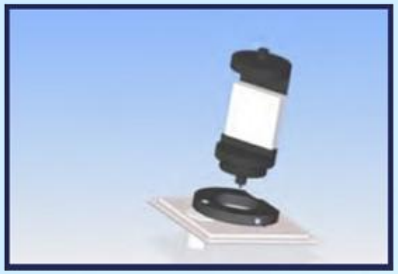


Entfernen Sie den Gitterhalter von der Andruckplatte.



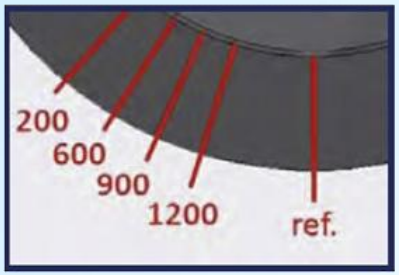
Nehmen Sie das 900L-Gitter aus dem Behälter und verstauen Sie das 200L-Gitter darin.

Würfel 2: Wechsel des Blazegitters – Teil 3



Setzen Sie den Halter des 900L-Gitters in die Andruckplatte.

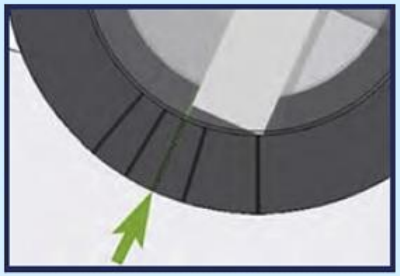
Drehen Sie den Gitterhalter entsprechend den Markierungen auf der Andruckplatte.



Jede Markierung gibt die korrekte Position eines bestimmten Gitters an. Für beste Ergebnisse verwenden Sie die Markierung, die zu Ihrem Gitter passt.

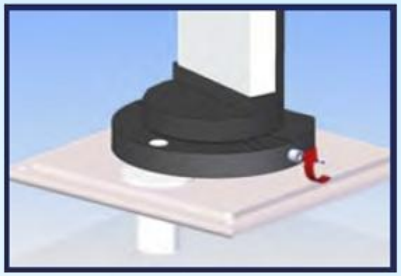
Beispielposition:

Gitter mit 200 Linien/mm



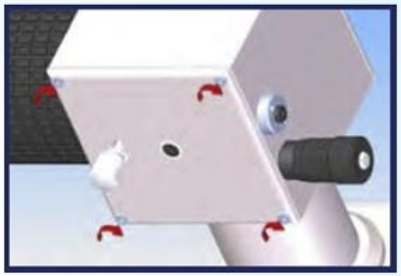
Beispielposition:

Gitter mit 900 Linien/mm



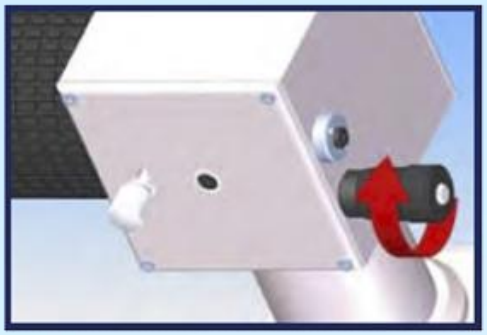
Arretieren Sie die Andruckplatte, indem Sie die Inbusschraube im Uhrzeigersinn anziehen.

Setzen Sie die Seitenwand mit dem neuen Gitter vorsichtig wieder ein.

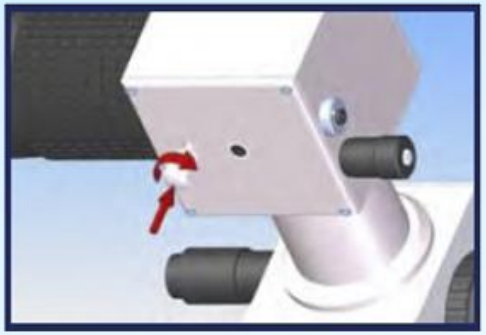


Sichern Sie das Seitenteil wieder mit den vier Schrauben.

Würfel 2: Wechsel des Blazegitters – Teil 4



Stellen Sie das Mikrometer wieder auf eine Position von etwa 2,5 auf der Nonius- (Vernier-) Skala.



Sichern Sie den Neigungswinkel-Mechanismus des Gitters, indem Sie die Schraube im Uhrzeigersinn anziehen.

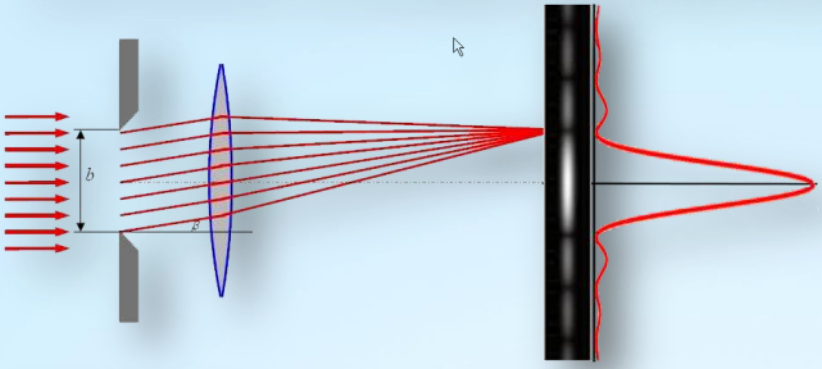
DADOS mit ausgetauschtem Gitter.

Copyright: Betriebsanleitung der Firma Baader Planetarium GmbH

Beugung an Spalt und Mehrfachspalt (Transmission)

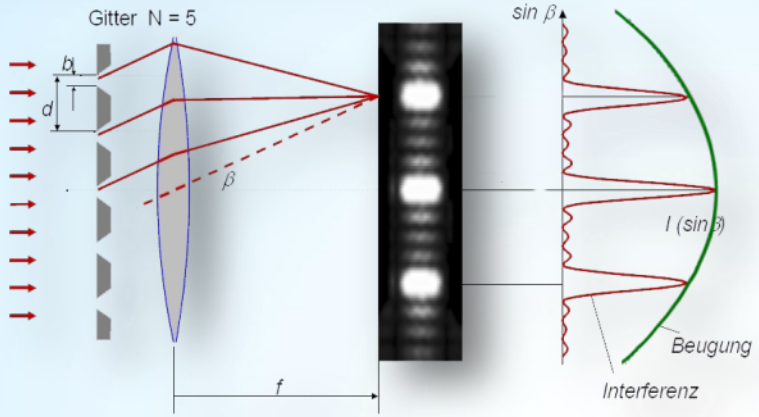
Beugung am Spalt

Nach dem *Huygenschen Prinzip* wird jeder Punkt der Spaltebene zum Ausgangspunkt von elementaren Kugelwellen. Die Elementarwellen werden sich in bestimmten Richtungen verstärken und in anderen abschwächen, so dass man Helligkeitsmaxima und Minima beobachtet.



Beugung am Gitter

Ein **optisches Gitter** besteht aus N äquidistanten Einzelspalten der Breite b mit dem Abstand d. Der Abstand d heißt **Gitterkonstante.** Das Beugungsbild entsteht aus der Interferenz (Überlagerung) der einzelnen Elementarwellen aus den Spalten des Gitters.



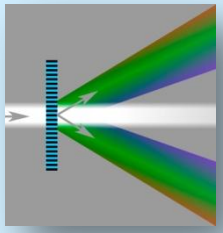
$$I(\sin\beta) = I_0 \underbrace{\left(\frac{\sin(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\beta)}{(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\beta)}\right)^2}_{\text{Spaltfunktion}} \cdot \underbrace{\left(\frac{\sin(\frac{N\pi d}{\lambda}\sin\beta)}{\sin(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\beta)}\right)^2}_{\text{Interferenzfunktion}}$$

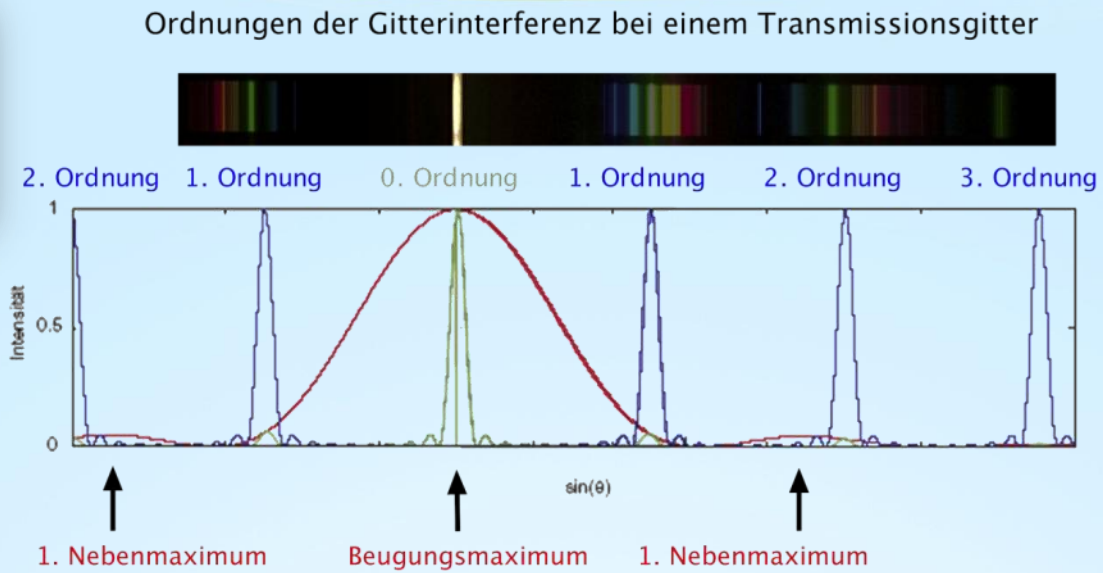
Spaltfunktion
Beugung am Spalt der Breite b

Interferenzfunktion
Interferenz von N Elementar sendern im Abstand d

Quelle: No5_Monochromatoren_d_BAneu.doc - 2/21

Beugung und Interferenz am Transmissionsgitter





Nachteile eines Transmissionsgitters

- Licht verteilt sich auf mehrere Beugungsordnungen. Daher geringe Intensität pro Beugungsordnung
- Wellenlängenselektive Transmissionsverluste im Trägermaterial des Gitters
- Bei der Beugung am Transmissionsgitter hat die Strahlung der o.ten Beugungsordnung stets die größte Intensität, da das Maximum der Interferenzfunktion mit dem Beugungsmaximum an jeder Gitterfurche (Spaltfunktion) zusammenfällt.
- Verbesserung: Blaze-Transmissionsgitter

Blaze-Transmissionsgitter: Nachteile gegenüber Reflexionsgittern

Transmissionsgitter haben gegenüber Reflexionsgittern gewisse Nachteile:

- Der Träger der Gitterstuktur (Glaskörper) weist eine wellenlängenabhängige Transmission auf, was bei Standard-gläsern zu hoher Absorption des UV-Lichts führt. UV-durchlässige Spezialgläser sind teuer

- Reflexionsgitter ermöglichen im Spektrographen ein höheres Auflösungs-vermögen, weil der Gangunterschied benachbarter Lichtstrahlen größer ist. Transmissionsgitter müssen größer sein müssen, um das gleiche Auflösungs-vermögen zu erreichen

- Reflexionsgitter-Spektrographen sind in der Regel kompakter gebaut als kleiner als solche mit Transmissions-gittern

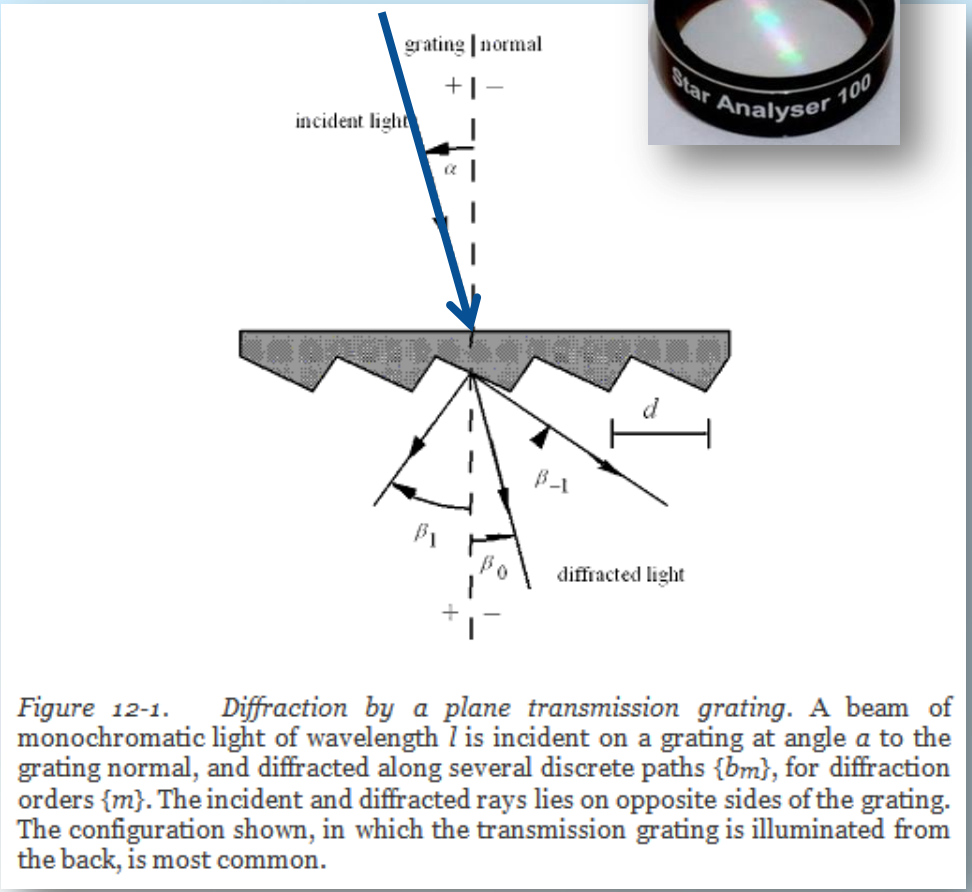
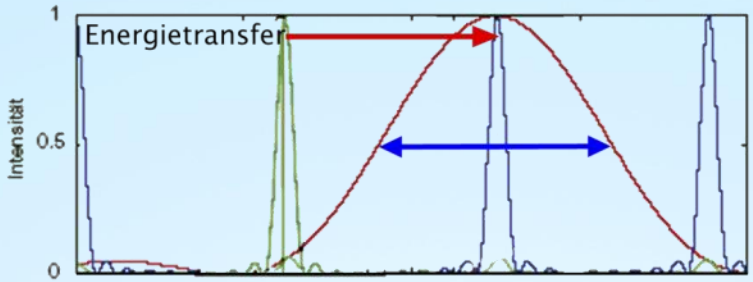


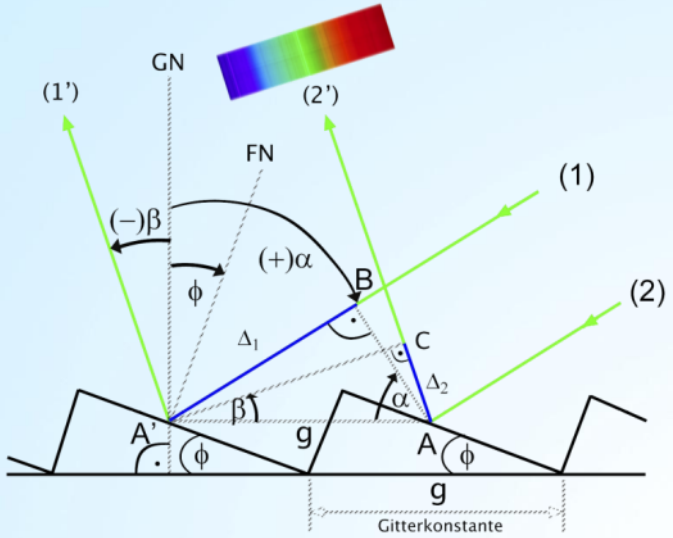
Figure 12-1. Diffraction by a plane transmission grating. A beam of monochromatic light of wavelength l is incident on a grating at angle a to the grating normal, and diffracted along several discrete paths $\{b_m\}$, for diffraction orders $\{m\}$. The incident and diffracted rays lies on opposite sides of the grating. The configuration shown, in which the transmission grating is illuminated from the back, is most common.

Quelle: http://gratings.newport.com/information/handbook/chapter12.asp#12.2

Beugung und Interferenz am „geblazten“ Reflexionsgitter



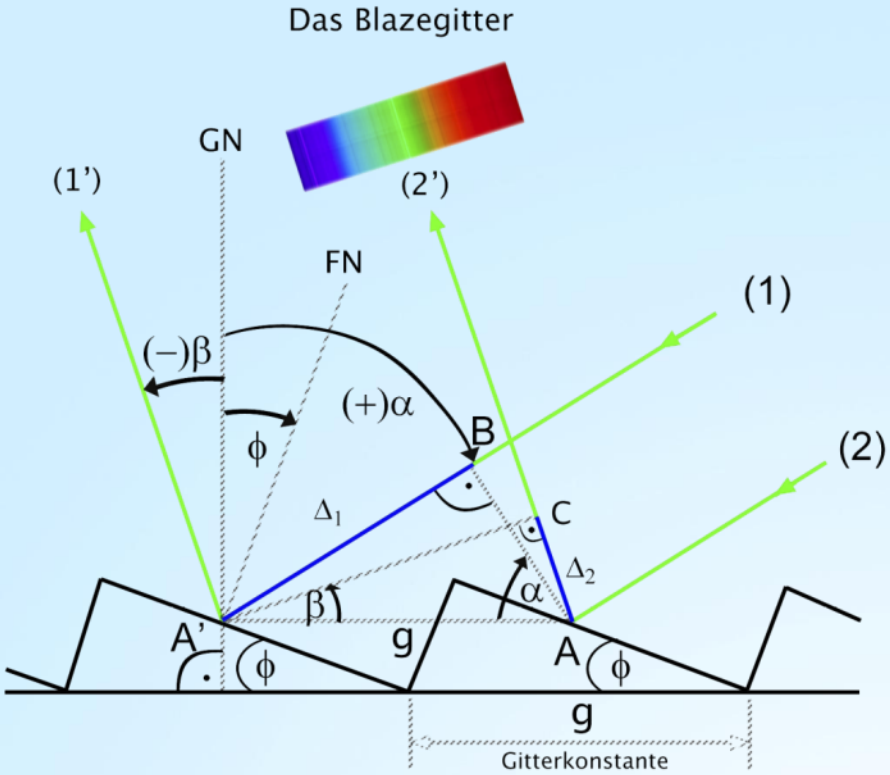
Das Blazegitter



Vorteile des Blaze-Reflexionsgitters

- Licht verteilt sich auf wenige Gitterordnungen
- Höchste Intensität in einer, in der Regel der 1. Gitterordnung
- Hohe Reflektivität der Gitterfurchen
- Das Maximum der Interferenzfunktion 1. Ordnung fällt mit dem Beugungsmaximum an jeder Gitterfurche (Spaltfunktion) zusammen.

Theorie des Blazegitters

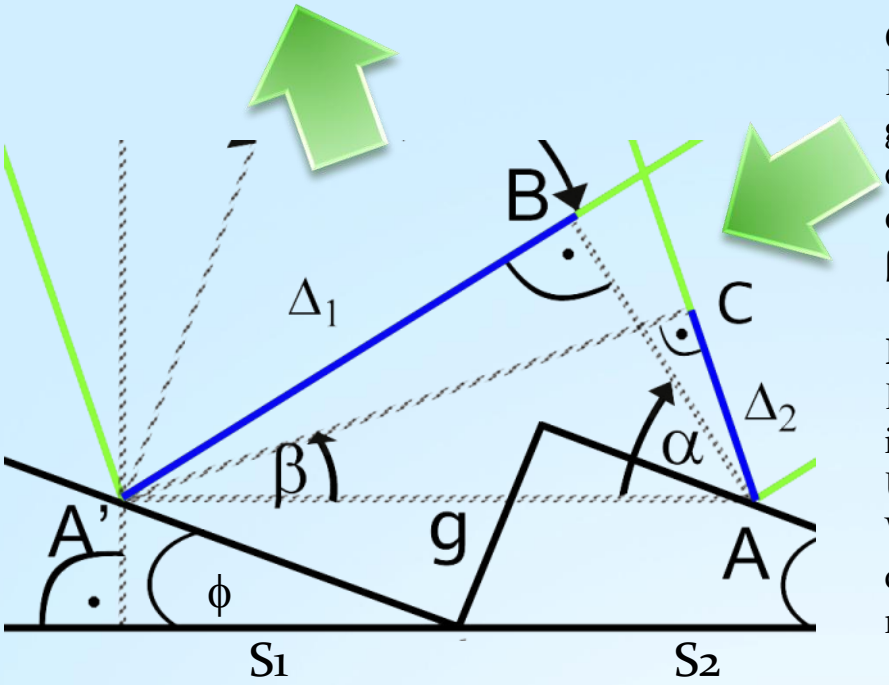


GN: Gitternormale (Senkrechte zur Ebene des Substrats)
FN: Furchennormale (Senkrechte zur geneigten Furche)
g: Gitterkonstante (Furchenabstand)
ϕ: Blazewinkel
α: Betrag des Einfallswinkels
β: Betrag des Ausfallswinkels

Hinweis:
Die Grafik richtet sich nicht nach DIN 1335:2003-12, in der festgelegt ist, dass Winkel entgegen dem Uhrzeigersinn positv angegeben werden. Wir rechnen im folgenden nicht mit richtungs- und damit vorzeichenabhängigen Winkeln sondern nur mit deren Beträgen.

Bedingung für konstruktive, Licht verstärkende Interferenz:
Der Gangunterschied Δ zweier interferierender Strahlen (1) und (2) muss ein ganzzahliges Vielfaches m der Lichtwellenlänge λ sein.

Theorie des Blazegitters



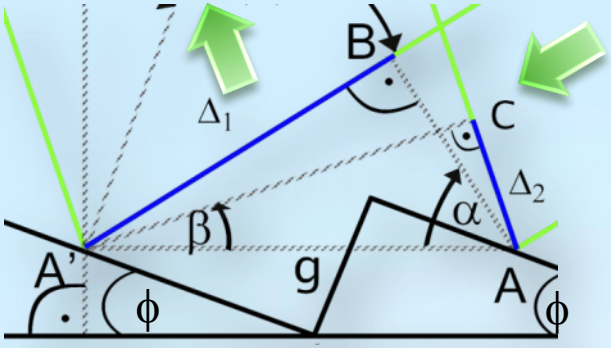
GN: Gitternormale (Senkrechte zur Ebene des Substrats)
FN: Furchennormale (Senkrechte zur geneigten Furche)
g: Gitterkonstante (Furchenabstand)
ϕ: Blazewinkel
α: Betrag des Einfallswinkels
β: Betrag des Ausfallswinkels

Hinweis:
Die Grafik richtet sich nicht nach DIN 1335:2003-12, in der festgelegt ist, dass Winkel entgegen dem Uhrzeigersinn positv angegeben werden.
Wir rechnen im folgenden nicht mit richtungs- und damit vorzeichenabhängigen Winkeln sondern nur mit deren Beträgen.

Bedingung für konstruktive, Licht verstärkende Interferenz:
Der Gangunterschied Δ zweier interferierender Strahlen benachbarter Spalte (S1) und (S2) muss ein ganzzahliges Vielfaches m der Lichtwellenlänge λ sein:

Gangunterschied des einfallenden Strahls: $\Delta_1 = BA' = g \sin \alpha$
Gangunterschied des ausfallenden Strahls: $\Delta_2 = AC = g \sin \beta$
Gittergleichung: $\Delta = m \lambda = \Delta_1 - \Delta_2 = g (\sin \alpha - \sin \beta)$ mit m =0, ± 1, ± 2 … („Ordnungen“)

Charakteristische Größen eines Spektrographen



GN: Gitternormale (Senkrechte zur Ebene des Substrats)
FN: Furchennormale (Senkrechte zur geneigten Furche)
g: Gitterkonstante (Furchenabstand)
ϕ: Blazewinkel
α: Betrag des Einfallswinkels
β: Betrag des Ausfallswinkels

Gittergleichung: $m\lambda = g(\sin\alpha - \sin\beta) \rightarrow \lambda = \frac{g}{m}(\sin\alpha - \sin\beta)$

Ableitung nach β: $\frac{d\lambda}{d\beta} = -\frac{g\cos\beta}{m}$

Winkeldispersion: $\left|\frac{d\beta}{d\lambda}\right| = \frac{m}{g\cos\beta}$

Lineare Dispersion: $\left|\frac{dx}{d\lambda}\right| = f\left|\frac{d\beta}{d\lambda}\right| = f\frac{m}{g\cos\beta}$

„f“ ist die Brennweite des Objektivs des DADOS, welches das Spektrum abbildet

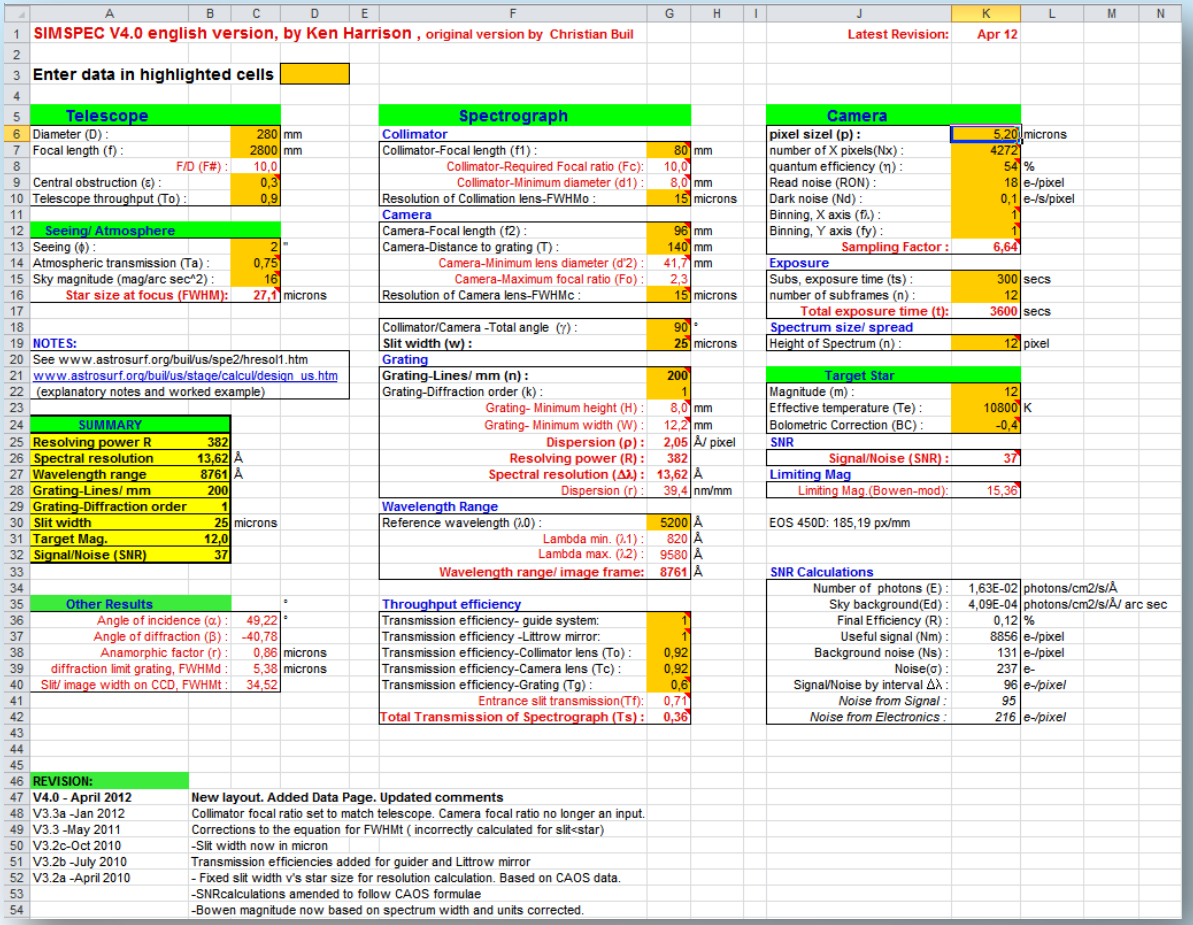
Blaze-Winkel $\phi = \frac{\alpha-\beta}{2} = \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{m\lambda}{g} - \sin\alpha\right)$

Spiegelnde Reflexion an der Gitterstufe in Richtung des Gittermaximums der m-ten Ordnung

Beispiel: DADOS mit Blazegitter 200 Linien/mm

Dateneingaben in SIMSPEC:
Celestron C11
Teleskop-Objektivdurchmesser: 280 mm
Teleskop-Brennweite: 2800 mm
DADOS-Gitter: 200 $Linien/mm$
Gitterkonstante: $g = \frac{1}{200} mm$
Gesamter Ablenkungswinkel: $\alpha + \beta = 90°$
Wellenlänge: $\lambda = 520\ nm = 5200$ Å ($\lambda 5200$)
Gitterordnung: $m = 1$
Spaltbreite: 25 µm
Kamera: EOS 450D

Ergebnisse mit SIMSPEC:
Einfallswinkel: $\alpha = 49{,}2°$
Ausfallswinkel: $|\beta| = 40{,}8°$
Dispersion: 2,05 Å/px
Spektrale Auflösung: 13,62 Å bei 5200 Å
Sonstige Berechnungen:
Blazewinkel: $\varphi = 4{,}22° = 4°\ 13'$
Lineare Dispersion: 394,37 Å/mm
Länge des Spektrums in : ca. 8 mm



SIMSPEC V4.0 english version, by Ken Harrison , original version by Christian Buil — Latest Revision: Apr 12

Enter data in highlighted cells

Telescope

Diameter (D) :	280	mm
Focal length (f) :	2800	mm
F/D (F#) :	10,0	
Central obstruction (ε) :	0,3	
Telescope throughput (To) :	0,9	

Seeing/ Atmosphere

Seeing (ϕ) :	2	"
Atmospheric transmission (Ta) :	0,75	
Sky magnitude (mag/arc sec^2) :	16	
Star size at focus (FWHM):	27,1	microns

NOTES:
See www.astrosurf.org/buil/us/spe2/hresol1.htm
www.astrosurf.org/buil/us/stage/calcul/design_us.htm
(explanatory notes and worked example)

SUMMARY

Resolving power R	382	
Spectral resolution	13,62	Å
Wavelength range	8761	Å
Grating-Lines/ mm	200	
Grating-Diffraction order	1	
Slit width	25	microns
Target Mag.	12,0	
Signal/Noise (SNR)	37	

Other Results

Angle of incidence (α) :	49,22	°
Angle of diffraction (β) :	-40,78	°
Anamorphic factor (r) :	0,86	microns
diffraction limit grating, FWHMd :	5,38	microns
Slit/ image width on CCD, FWHMt :	34,52	

Spectrograph

Collimator

Collimator-Focal length (f1) :	80	mm
Collimator-Required Focal ratio (Fc):	10,0	
Collimator-Minimum diameter (d1) :	8,0	mm
Resolution of Collimation lens-FWHMo :	15	microns

Camera

Camera-Focal length (f2) :	96	mm
Camera-Distance to grating (T) :	140	mm
Camera-Minimum lens diameter (d'2) :	41,7	mm
Camera-Maximum focal ratio (Fo) :	2,3	
Resolution of Camera lens-FWHMc :	15	microns
Collimator/Camera -Total angle (γ) :	90	°
Slit width (w) :	25	microns

Grating

Grating-Lines/ mm (n) :	200	
Grating-Diffraction order (k) :	1	
Grating- Minimum height (H) :	8,0	mm
Grating- Minimum width (W) :	12,2	mm
Dispersion (p) :	2,05	Å/ pixel
Resolving power (R) :	382	
Spectral resolution (Δλ) :	13,62	Å
Dispersion (r) :	39,4	nm/mm

Wavelength Range

Reference wavelength (λ0) :	5200	Å
Lambda min. (λ1) :	820	Å
Lambda max. (λ2) :	9580	Å
Wavelength range/ image frame:	8761	Å

Throughput efficiency

Transmission efficiency- guide system:	1	
Transmission efficiency -Littrow mirror:	1	
Transmission efficiency-Collimator lens (To) :	0,92	
Transmission efficiency-Camera lens (Tc) :	0,92	
Transmission efficiency-Grating (Tg) :	0,6	
Entrance slit transmission(Tf):	0,71	
Total Transmission of Spectrograph (Ts) :	0,36	

Camera

pixel sizel (p) :	5,20	microns
number of X pixels(Nx) :	4272	
quantum efficiency (η) :	54	%
Read noise (RON) :	18	e-/pixel
Dark noise (Nd) :	0,1	e-/s/pixel
Binning, X axis (fλ) :	1	
Binning, Y axis (fy) :	1	
Sampling Factor :	6,64	

Exposure

Subs, exposure time (ts) :	300	secs
number of subframes (n) :	12	
Total exposure time (t):	3600	secs

Spectrum size/ spread

Height of Spectrum (n) :	12	pixel

Target Star

Magnitude (m) :	12	
Effective temperature (Te) :	10800	K
Bolometric Correction (BC) :	-0,4	

SNR

Signal/Noise (SNR) :	37	

Limiting Mag

Limiting Mag.(Bowen-mod):	15,36	

EOS 450D: 185,19 px/mm

SNR Calculations

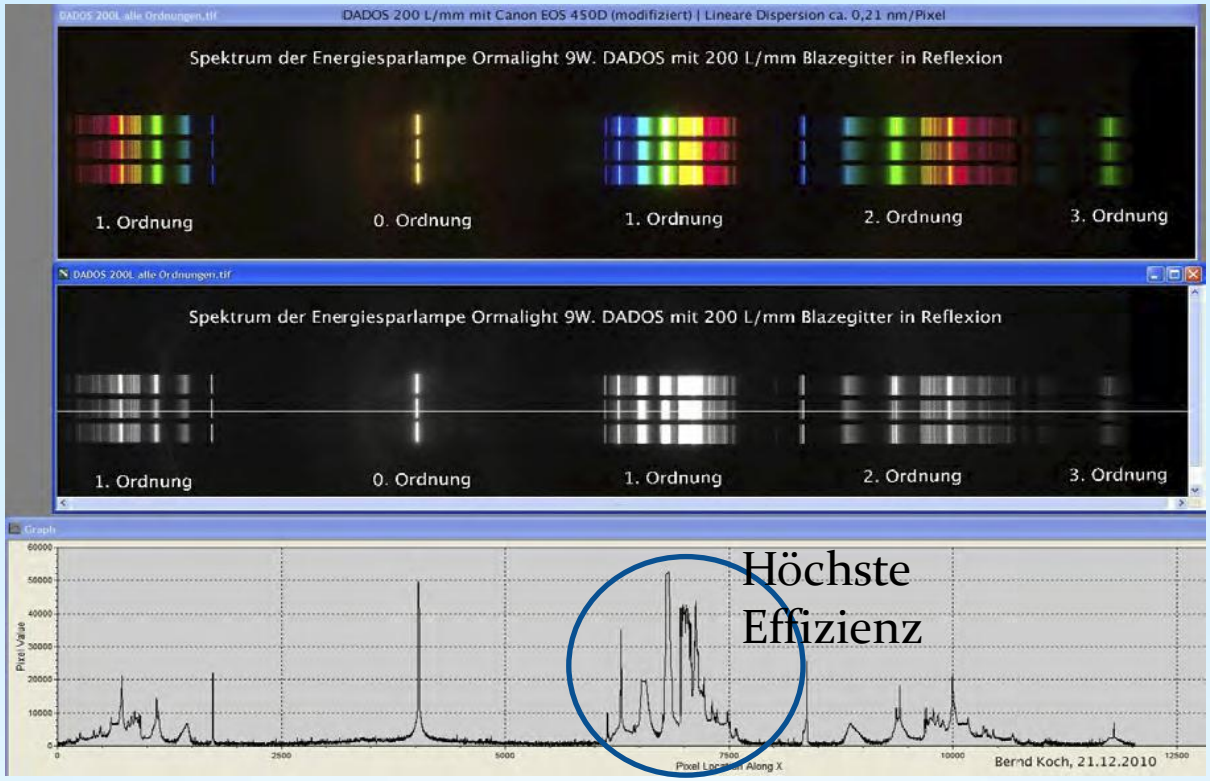
Number of photons (E) :	1,63E-02	photons/cm2/s/Å
Sky background(Ed) :	4,09E-04	photons/cm2/s/Å/ arc sec
Final Efficiency (R) :	0,12	%
Useful signal (Nm) :	8856	e-/pixel
Background noise (Ns) :	131	e-/pixel
Noise(σ) :	237	e-
Signal/Noise by interval Δλ :	96	e-/pixel
Noise from Signal :	*95*	
Noise from Electronics :	*216*	e-/pixel

REVISION:

V4.0 - April 2012	New layout. Added Data Page. Updated comments
V3.3a -Jan 2012	Collimator focal ratio set to match telescope. Camera focal ratio no longer an input.
V3.3 -May 2011	Corrections to the equation for FWHMt (incorrectly calculated for slit<star)
V3.2c-Oct 2010	-Slit width now in micron
V3.2b -July 2010	Transmission efficiencies added for guider and Littrow mirror
V3.2a -April 2010	- Fixed slit width v's star size for resolution calculation. Based on CAOS data.
	-SNRcalculations amended to follow CAOS formulae
	-Bowen magnitude now based on spectrum width and units corrected.

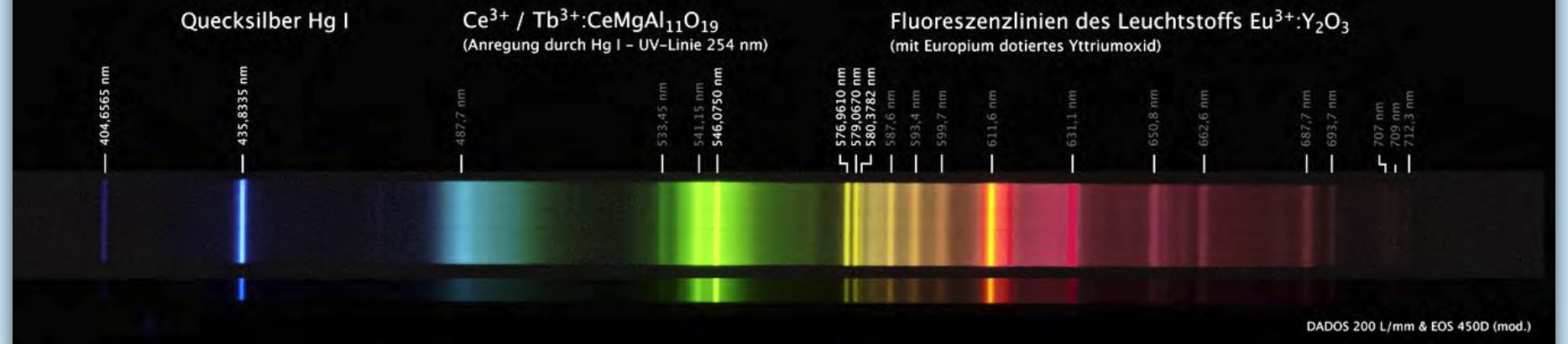
http://www.astrosurf.com/buil/us/compute/SimSpec_V4_0.xls

Energiesparlampe ORMALIGHT 9W - Die Gitterordnungen des DADOS-Gitters mit 200 L/mm



- Die **1. Ordnung** (höchste Intensität) kann von 390 nm bis max. ca. 850 nm genutzt werden. Jenseits von ca. 850 nm überlappt sich die 1. mit der 2. Ordnung (!!). Erkennbar bsp. an einem Sonnenspektrum mit einer im IR empfindlichen Kamera. Die modifizierte EOS 450D ist von 400 nm bis 700 nm lichtempfindlich.
- Die **2. Ordnung** weist eine höhere Auflösung auf als die 1. Ordnung. Das Spektrum ist dunkler. Helle Objekte wie Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, helle Sterne und Laborlichtquellen können in der 2. Ordnung spektroskopiert werden, wegen Überlappung **allerdings nur im grünen Spektralbereich**.
- Das blaue Ende des Spektrums der **3. Ordnung** überlappt sich erheblich mit dem roten Ende der 2. Ordnung. Die 3. Ordnung ist nicht mehr sinnvoll nutzbar.

Spektrum der Energiesparlampe Ormalight 9W



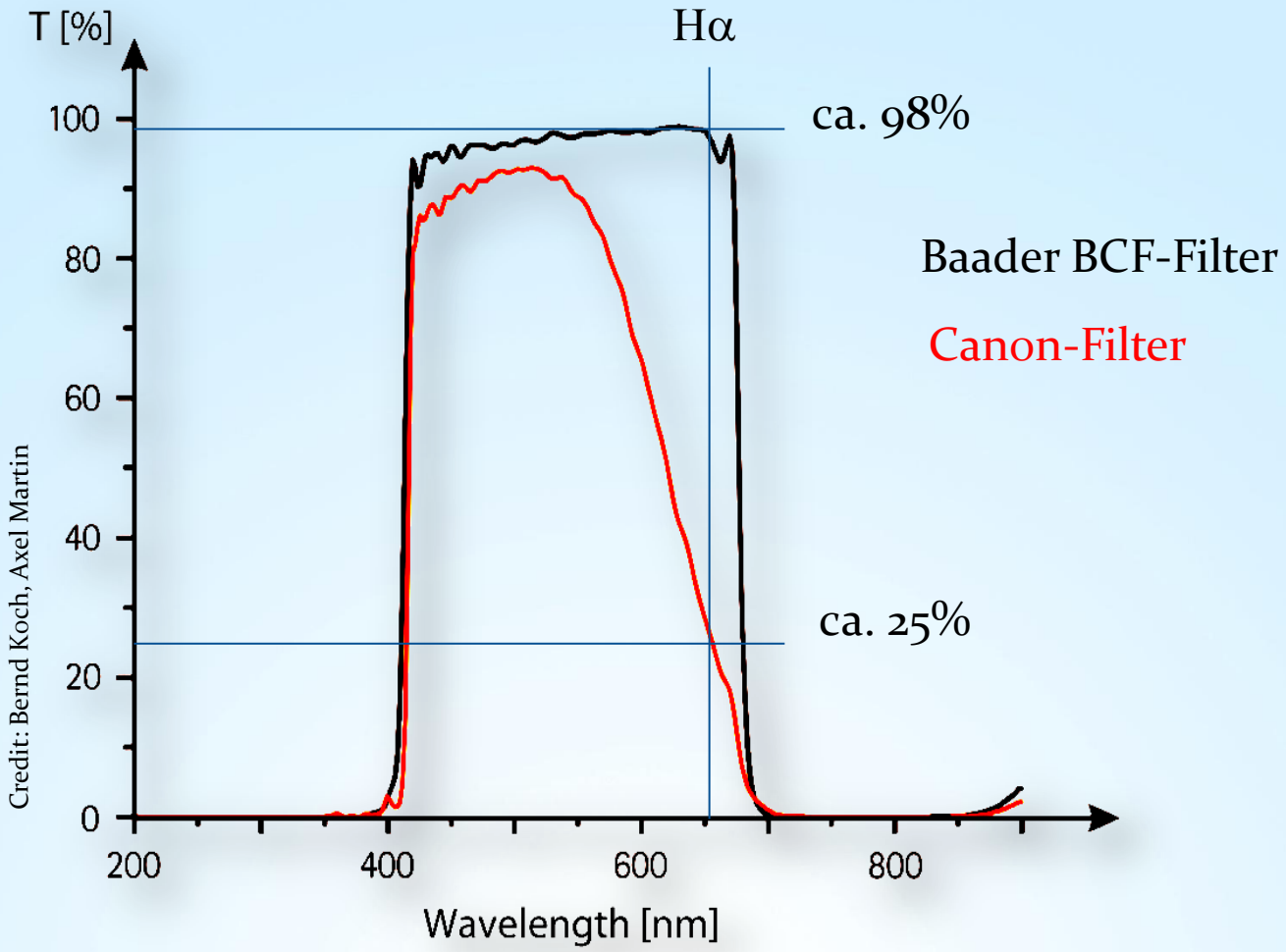
Grundlagenartikel zu aktuellen Fluoreszenzstoffen (2003): http://www.electrochem.org/dl/interface/sum/sum03/IF6-03-Pages48-51.pdf

Stacken und Kalibrieren von Sternspektren

- **Stacken & Kalibrieren von Spektren einer DSLR-Kamera**
  + Üben Sie am Tageslichtspektrum (Sonnenspektrum, Spektraltyp G2V) mit einer DSLR-Kamera, sofern Sie bereits eine besitzen
  + Eine DSLR (APS-C-Format) ist preiswerter als eine CCD-Kamera mit ähnlich großem Sensor
  + Einfachere Handhabung gegenüber einer CCD-Kamera
  + Einfaches Fokussieren im LiveView-Modus, bsp. mit einer ESL-Fokussierlampe
  + Einfaches Zurechtfinden im Spektrum (Blau -> Grün -> Rot)
  + Spektrallinien wegen der Farbe leichter zu identifizieren
  + Autodark verbessert das Signalrauschverhältnis, aber auf Kosten der Bel.-Zeit
  - Schlechteres Signalrauschverhältnis im Vergleich mit einer gekühlten CCD-Kamera
  - Eine niedrige Empfindlichkeit unter 4000Å bedeutet, dass die wichtigen Ca II - Linien H und K nur schwach abgebildet werden.
  - Nicht modifizierte DSLR-Kameras sind kaum lichtempfindlich über 6000Å

- **Stacken & Kalibrieren von Spektren einer gekühlten s/w CCD-Kamera**
  + Lichtempfindlich von ca. 3500Å (“Balmersprung“ bei 3646Å) bis etwa 10000Å (IR)
  + Relativ rauscharme Spektren
  + Eine Dunkelbildbibliothek kann angelegt werden
  + Farbkamera überflüssig. Synthetische Farbspektren werden mit Vspec erzeugt
  - Schwierige Handhabung für Anfänger in der Astrofotografie und Spektroskopie

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR camera



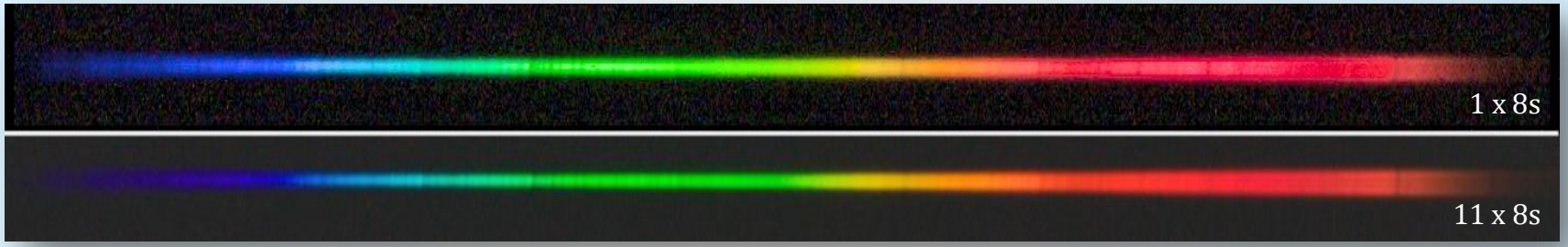
http://www.baader-planetarium.de/sektion/s45/canon_astroupgrade-english.htm

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

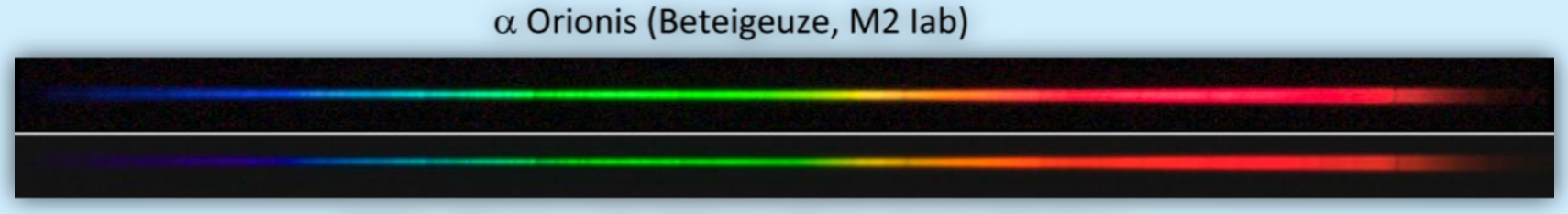
Übung 1: α Orionis (Beteigeuze)

Datum: 15.12.2010
Optik: Pentax 75 SDHF
Kamera: EOS 450D (modifiziert, Baader BCF-Filter)
Empfindlichkeit: ISO 800
Spektrograph: DADOS
Gitter: 200 Linien/Millimeter
Spektrale Auflösung: ca. 12 Å bei 5500 Å
Abbildungsmaßstab : ca. 2,1 Å/Pixel
Beteigeuze: Spektraltyp M2 Iab
Helligkeit: ca. 0,7 mag
11 Einzelspektren, jeweils 8 s belichtet
Keine Darkframes, keine Flatflields

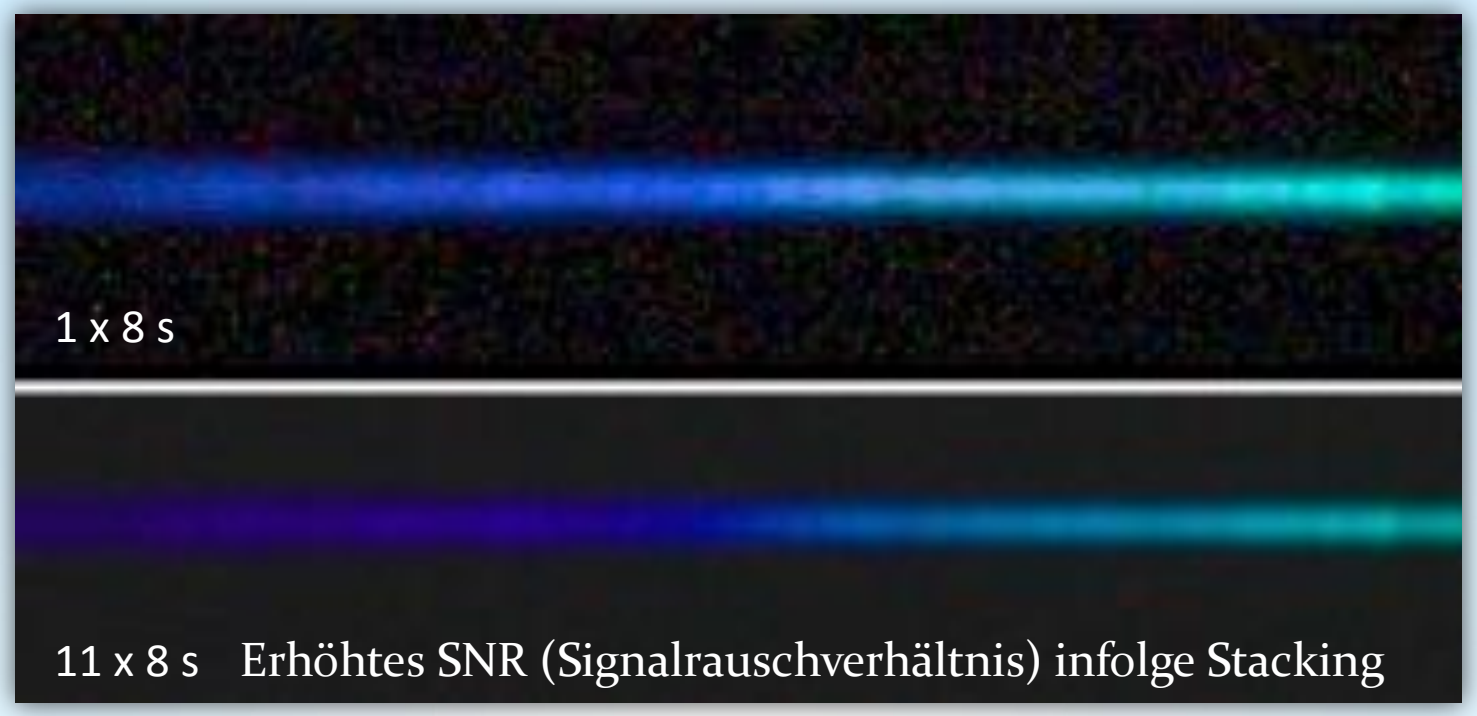
Datensatz: .../Beteigeuze_200L_2010-12-15/



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera



DADOS, 200 L/mm, EOS 450D (modifiziert, Baader BCF-Filter)



Erhöhtes SNR (Signalrauschverhältnis) infolge Stacking

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 1: Image Browser - Qualität der Spektren prüfen

Schritt 2: Fitswork - Download and Einstellungen prüfen

Schritt 3: Fitswork – Das Stacking: Erzeugung eines gemittelten Farbspektrums

Schritt 4: Fitswork – Drehen, ausschneiden, in s/w-Spektrum wandeln und speichern

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung (ohne Instrumentenfunktion)

Schritt 6: Visual Spec (VSpec) – Erzeugung eines synthetischen Farbspektrums

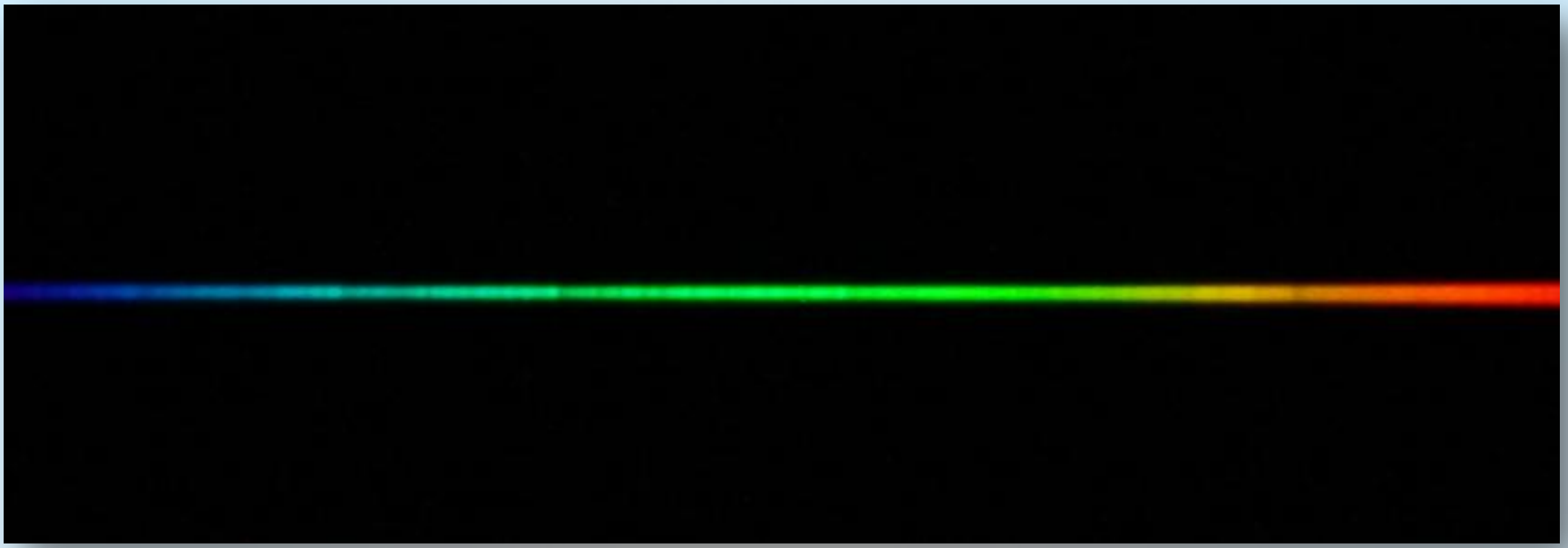
Schritt 7: VisualSpec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion und Bestimmung der Effektivtemperatur von Beteigeuze

Schritt 8: Visual Spec (VSpec) - Erzeugung eines synthetischen Farbspektrums

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 1: Image Browser – Qualität der Spektren prüfen
Datensatz: …/Betelgeuse_200L_2010-12-15/**1_Spectra_JPG**/

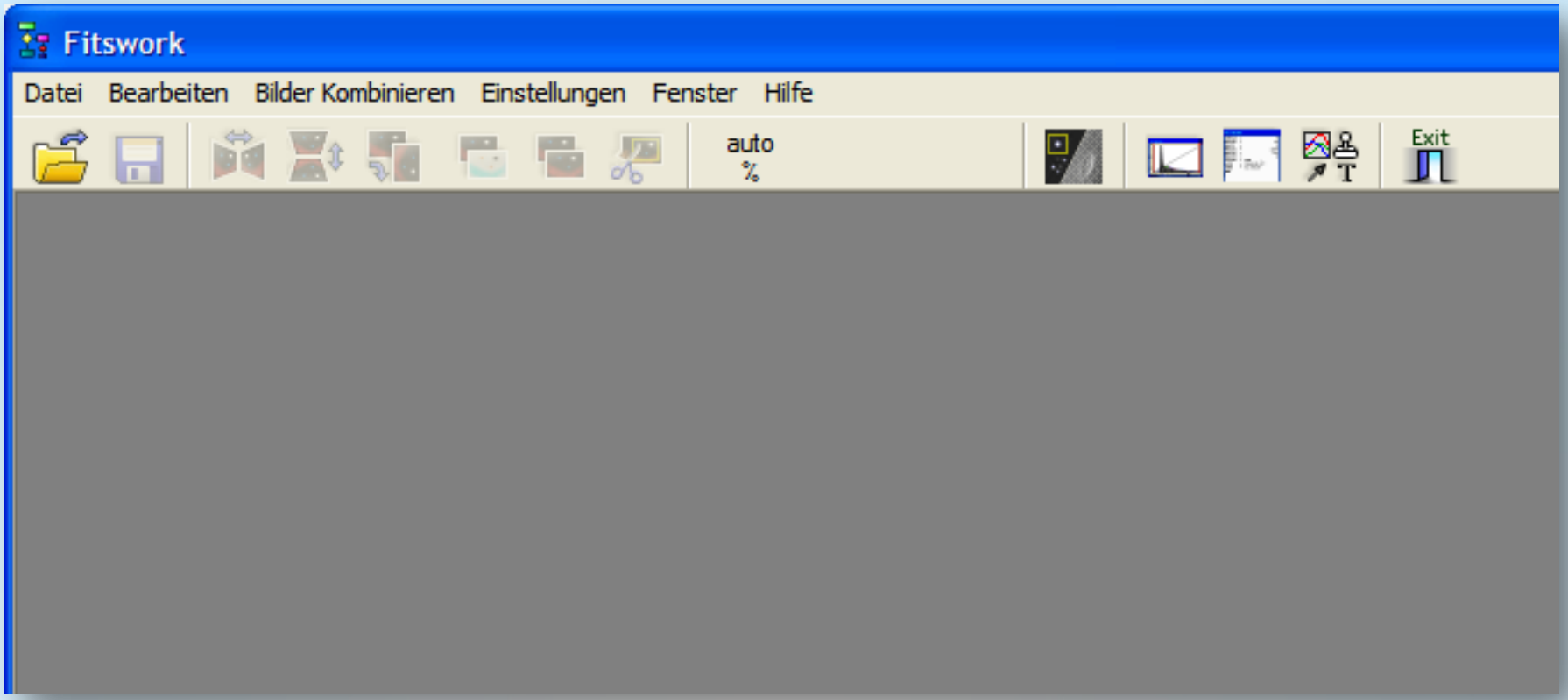
→ Notiere die Bildnummern derjenigen Spektren, die ausreichend belichtet und gut scharfgestellt sind. Ignoriere alle anderen Spektren.



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

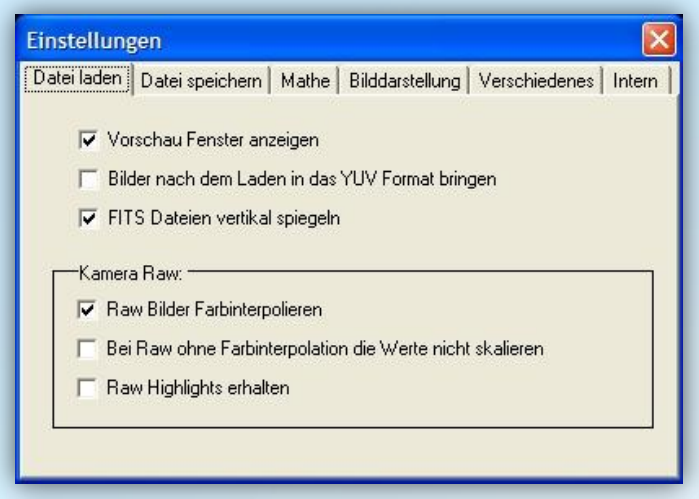
Schritt 2: Fitswork - Download

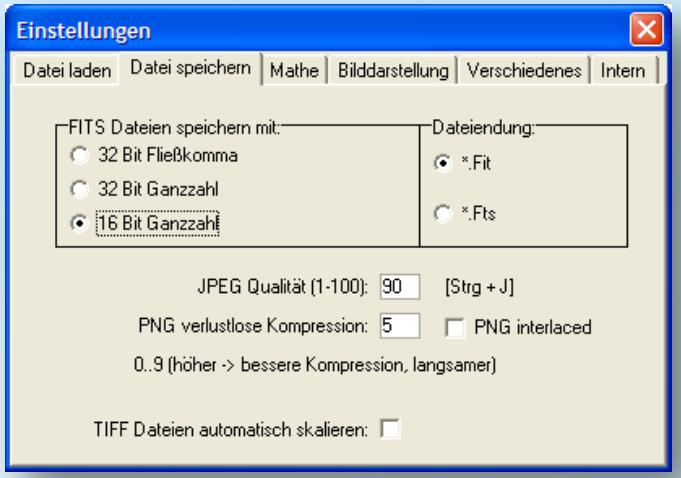
- Download Fitswork: http://www.fitswork.de/software/index.php
- Starte Fitswork

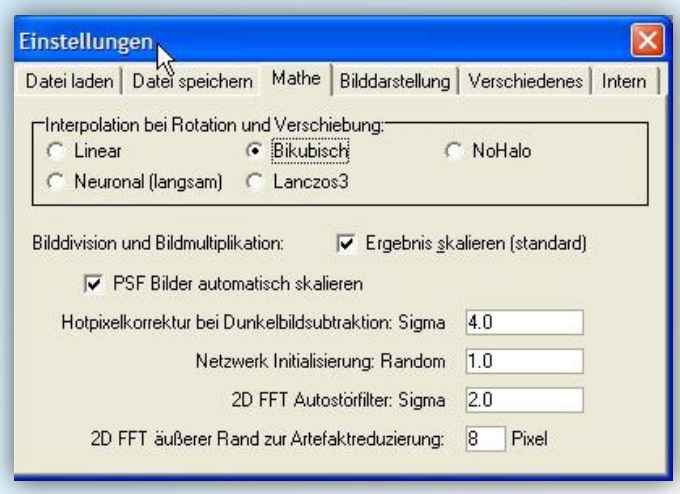


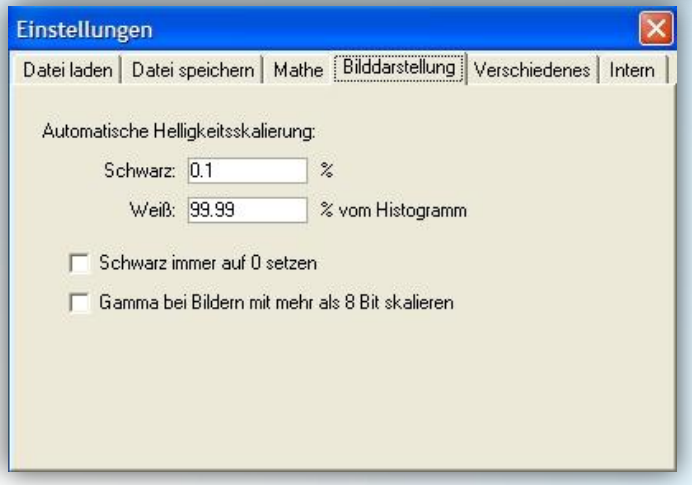
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 2: Fitswork - Einstellungen prüfen







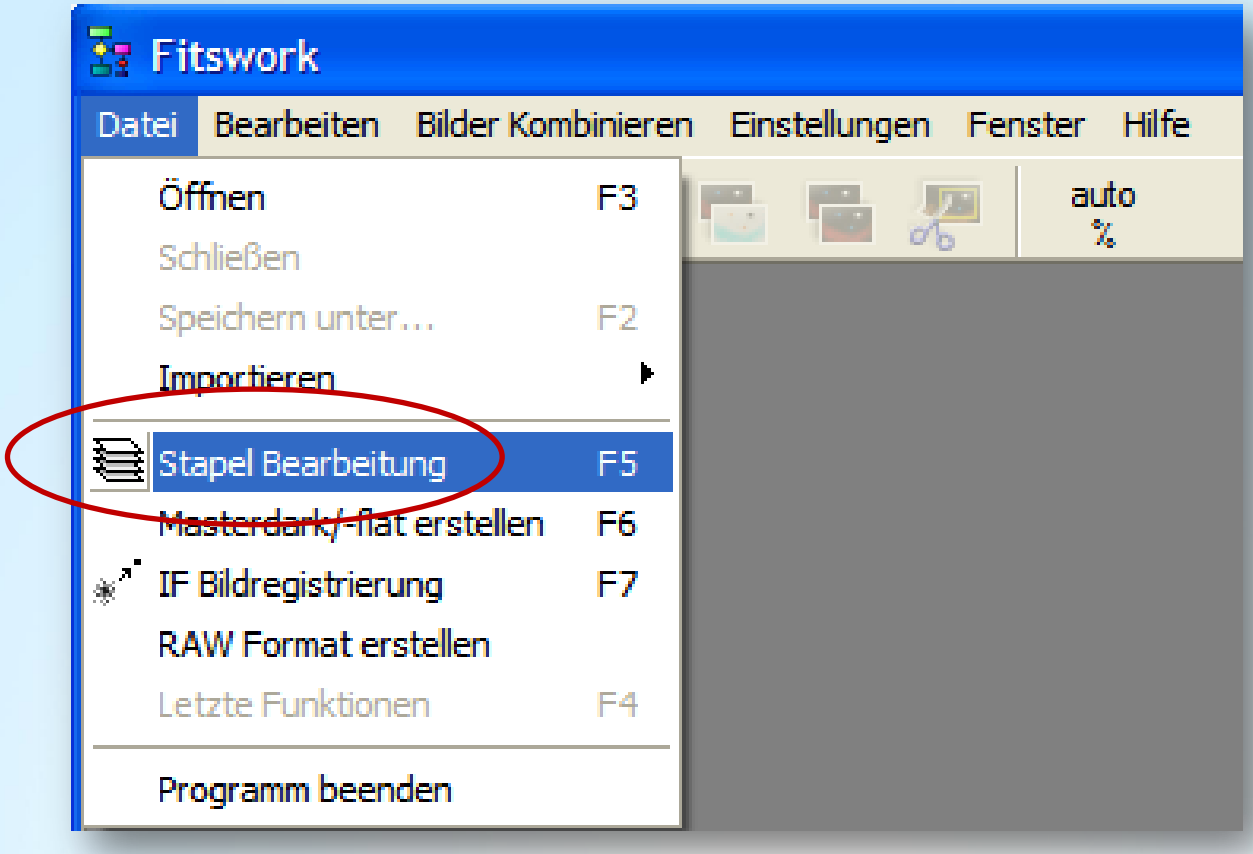


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 3: Fitswork – Das Stacking: Erzeugung eines gemittelten Farbspektrums

Datensatz: .../Betelgeuse_200L_2010-12-15/**2_Spectra_raw_images_CR2**

Datei → Stapel-Bearbeitung



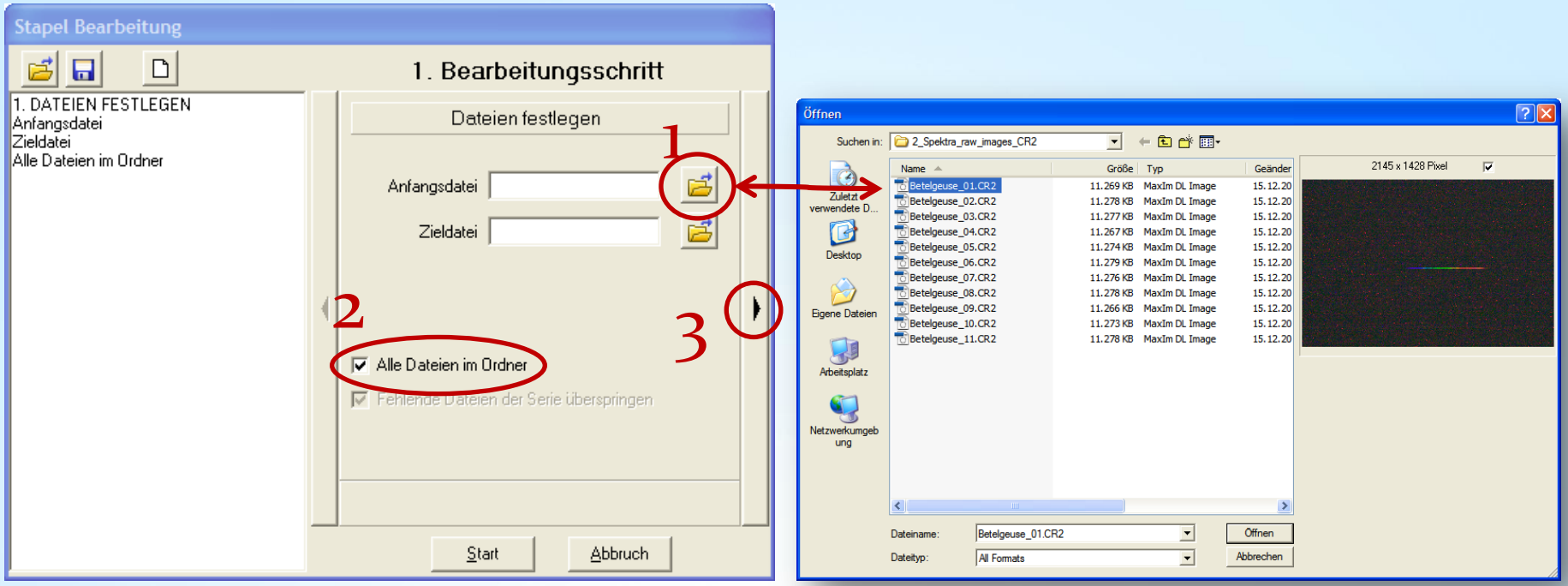
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 3: Fitswork – Das Stacking: Erzeugung eines gemittelten Farbspektrums

Datensatz: .../Betelgeuse_200L_2010-12-15/**2_Spectra_raw_images_CR2**

1. Dateien festlegen → Wähle erstes Raw Image
2. Alle Dateien im Ordner
3. Drücke auf rechten Pfeil, um fortzufahren

1. Bearbeitungsschritt

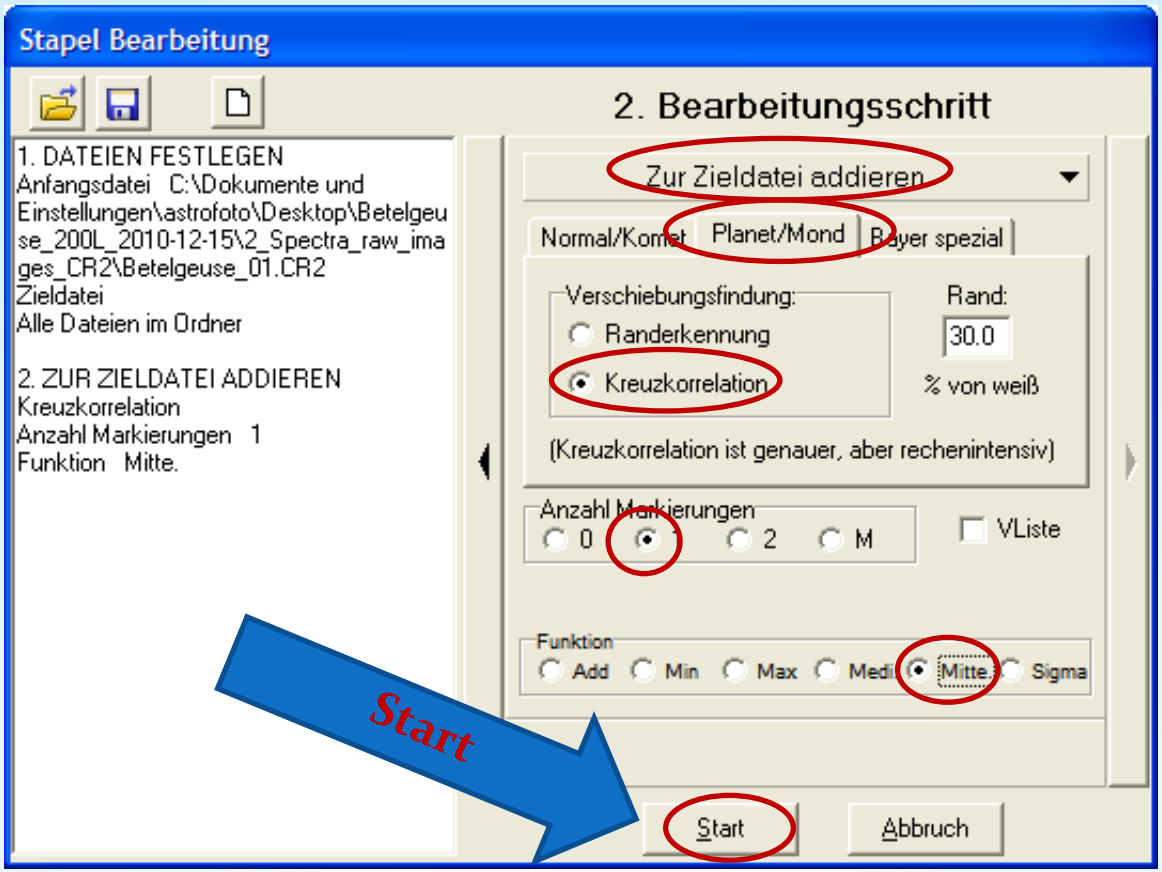


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 3: Fitswork – Das Stacking: Erzeugung eines gemittelten Farbspektrums

Datensatz: .../Betelgeuse_200L_2010-12-15/**2_Spectra_raw_images_CR2**

2. Bearbeitungsschritt→ Zur Zieldatei addieren → Planet/Mond → Kreuzkorrelation → Anzahl der Markierungen → Funktion: Mitte. (Mittelwert) → Start



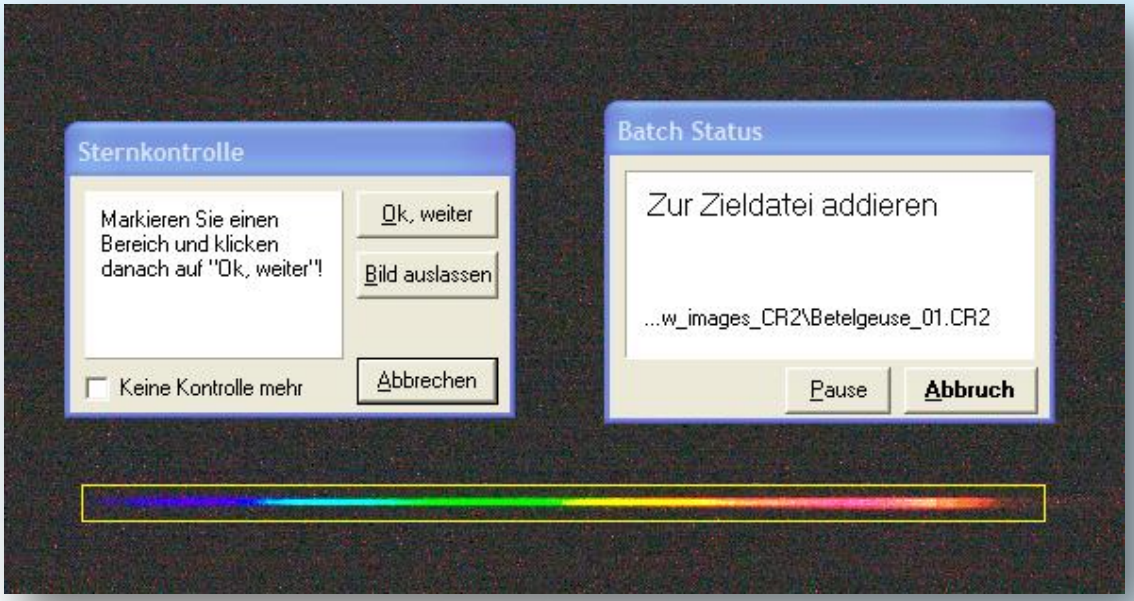
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 3: Fitswork – Das Stacking: Erzeugung eines gemittelten Farbspektrums

Datensatz: .../Betelgeuse_200L_2010-12-15/**2_Spectra_raw_images_CR2**

1. Ziehe einen engen gelben Rahmen um das erste Spektrum
2. Überspringe Bilder, die nicht richtig belichtet oder nicht scharfgestellt sind („Bild auslassen“)
3. Öffne nächstes Bild („Ok, weiter“)
4. Prüfe, ob immer noch ein gelber Rahmen um das Spektrum gezogen ist
5. Gehe durch alle Bilder mit oder ohne Bildkontrolle („Keine Kontrolle mehr“)
6. Das fertig gestackte Bild wird nach einiger Wartezeit gespeichert als “Zielbild.fit“
7. Erstelle einen neuen Ordner “3_Results“ und speichere eine Kopie als “Result_image.fit“ ab
8. “3_Results“ is nun das neue Arbeitsverzeichnis

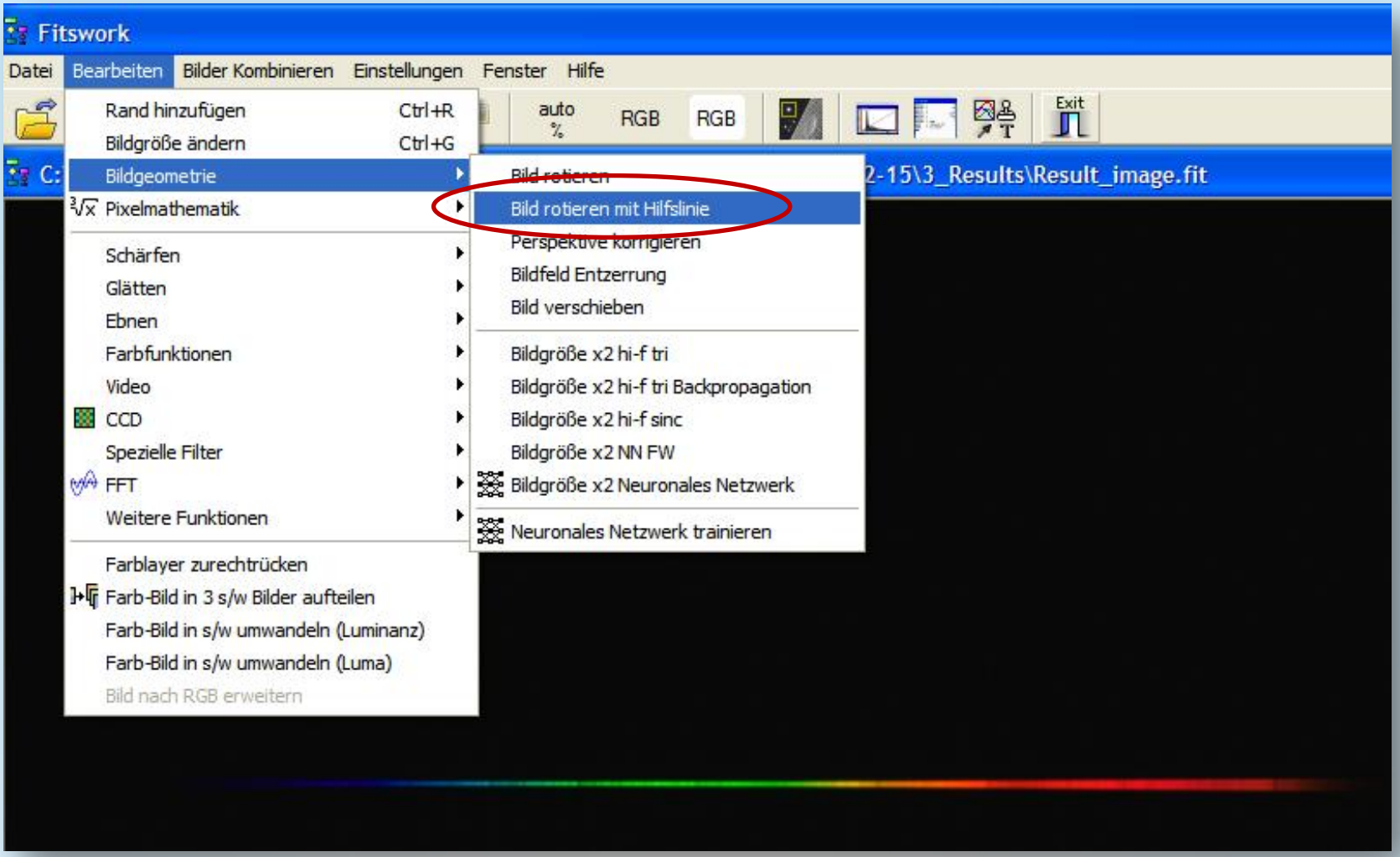
Wichtiger Hinweis!
Die Qualität, also die Schärfe der Spektrallinien im fertig gestackten Bild hängt davon ab, wie gut die Spektrallinien in jedem Einzelbild als Muster erkannt wurden. Spektren mit zu schlechtem Kontrast, in denen sich die Spektrallinien nicht vom Kontinuum abheben, können nicht korrekt erkannt werden. In diesem Fall probiere man das Stacken ganz ohne eine Registrierung aus.



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 4: Fitswork – Spektrum drehen und speichern als „Result_image.fit“

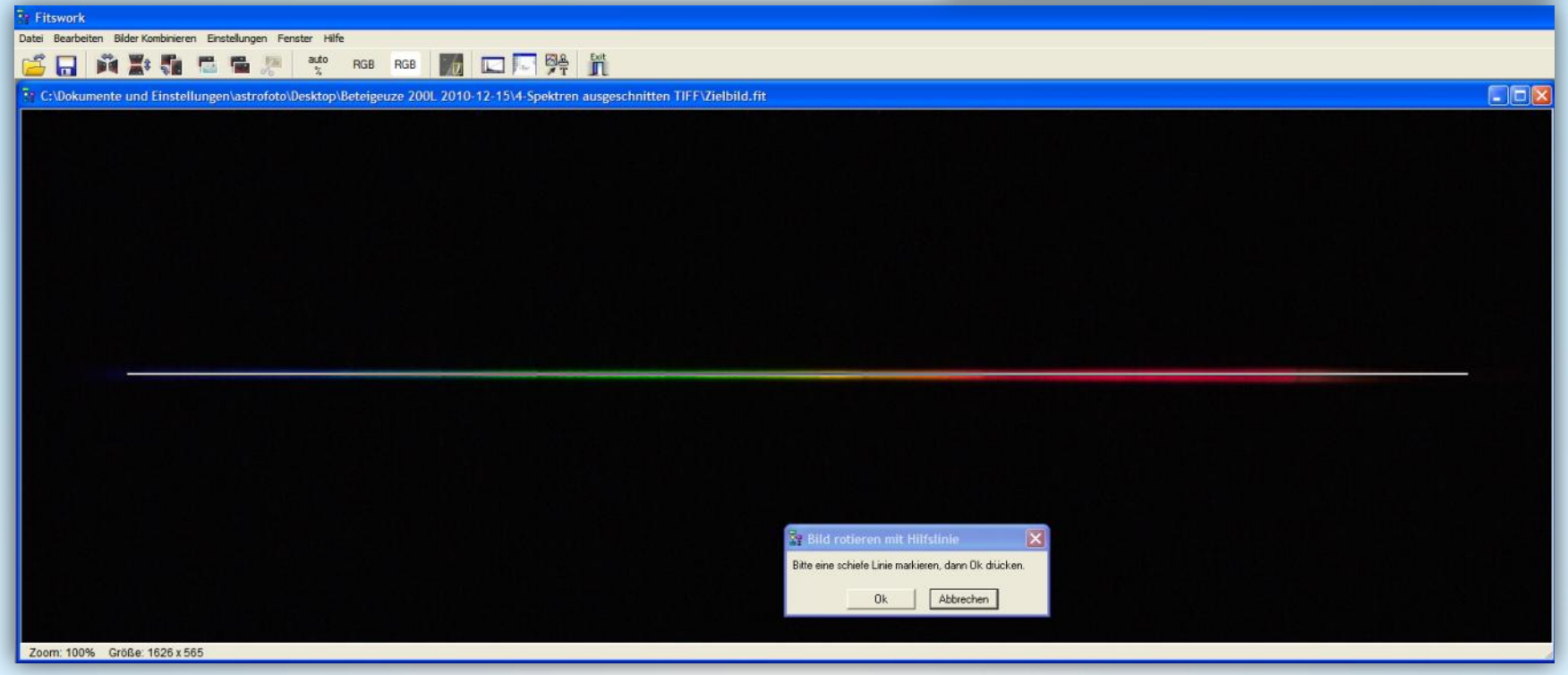
Spektrum exakt horizontal ausrichten: Bearbeiten → Bildgeometrie → Bild rotieren mit Hilfslinie



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 4: Fitswork – Spektrum drehen und speichern als „Result_image.fit“

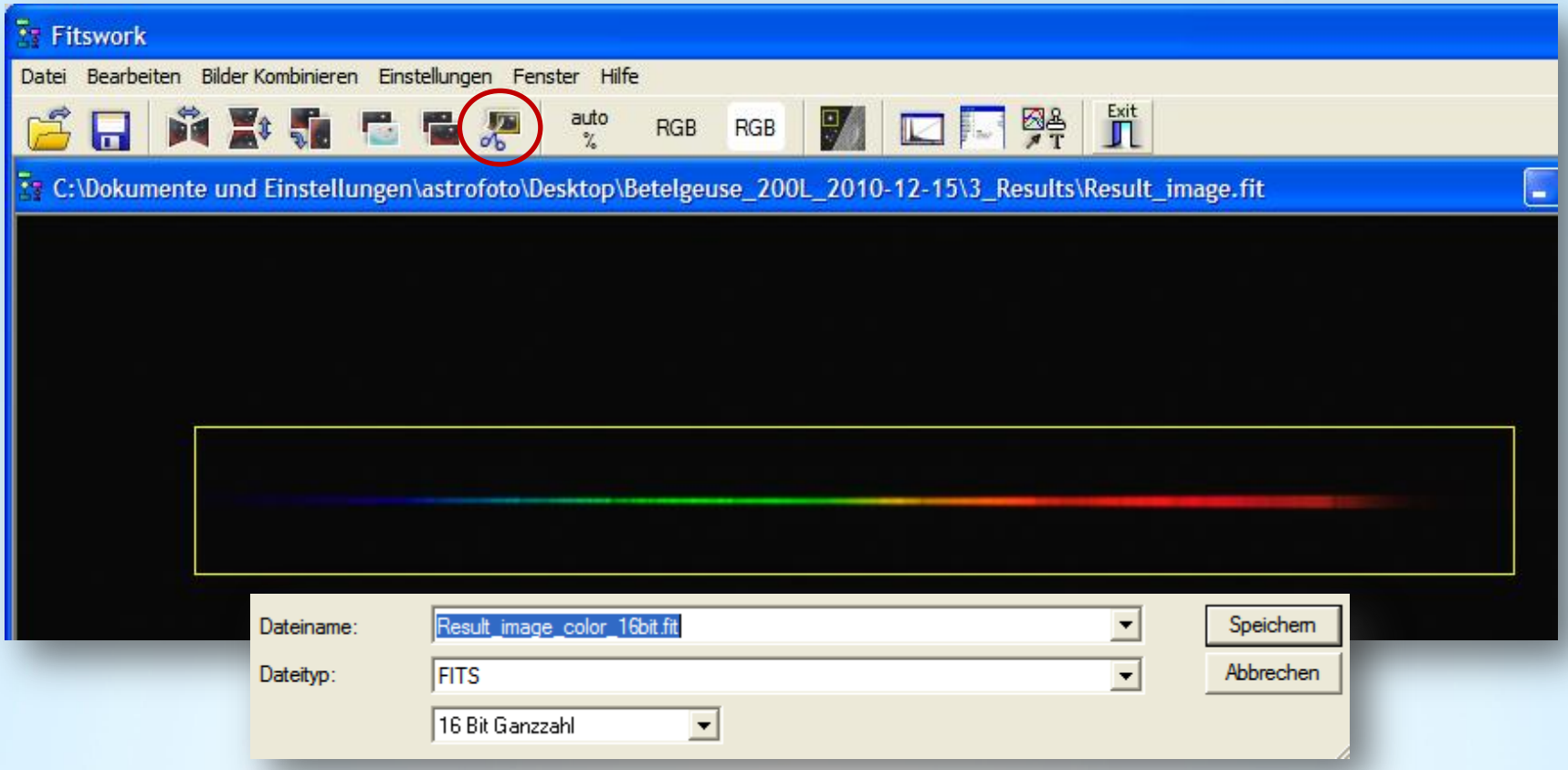
- Linie exakt durch die Mitte des Spektrums ziehen → Ok → Volles Bild



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 4: Fitswork – Spektrum ausschneiden und speichern als „Result_image_color_16bit.fit“

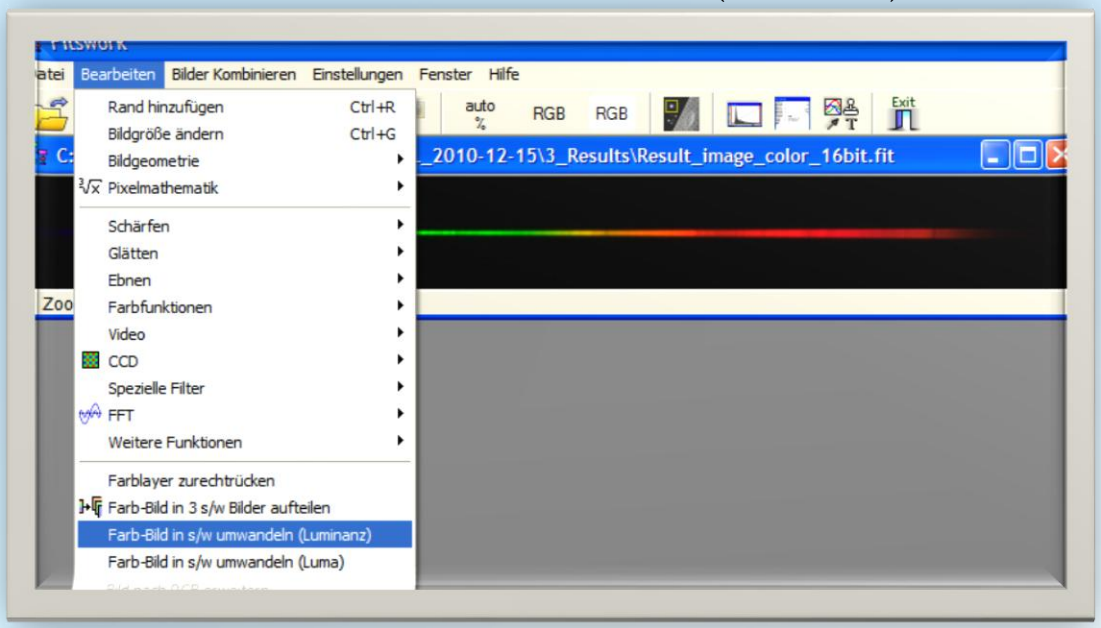
- Ziehe einen weitläufigen gelben Rahmen um das Spektrum
- Ausschnitt → Datei → Speichern unter „**Result_image_color_16bit.fit**“

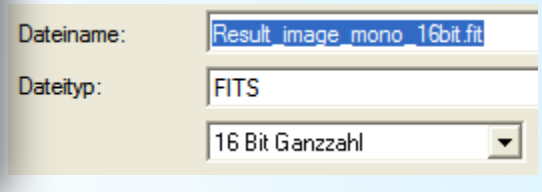


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Step 4: Fitswork – Farbbild in Schwarzweißbild umwandeln und speichern

Bearbeiten → Farbbild in s/w umwandeln (Luminanz)



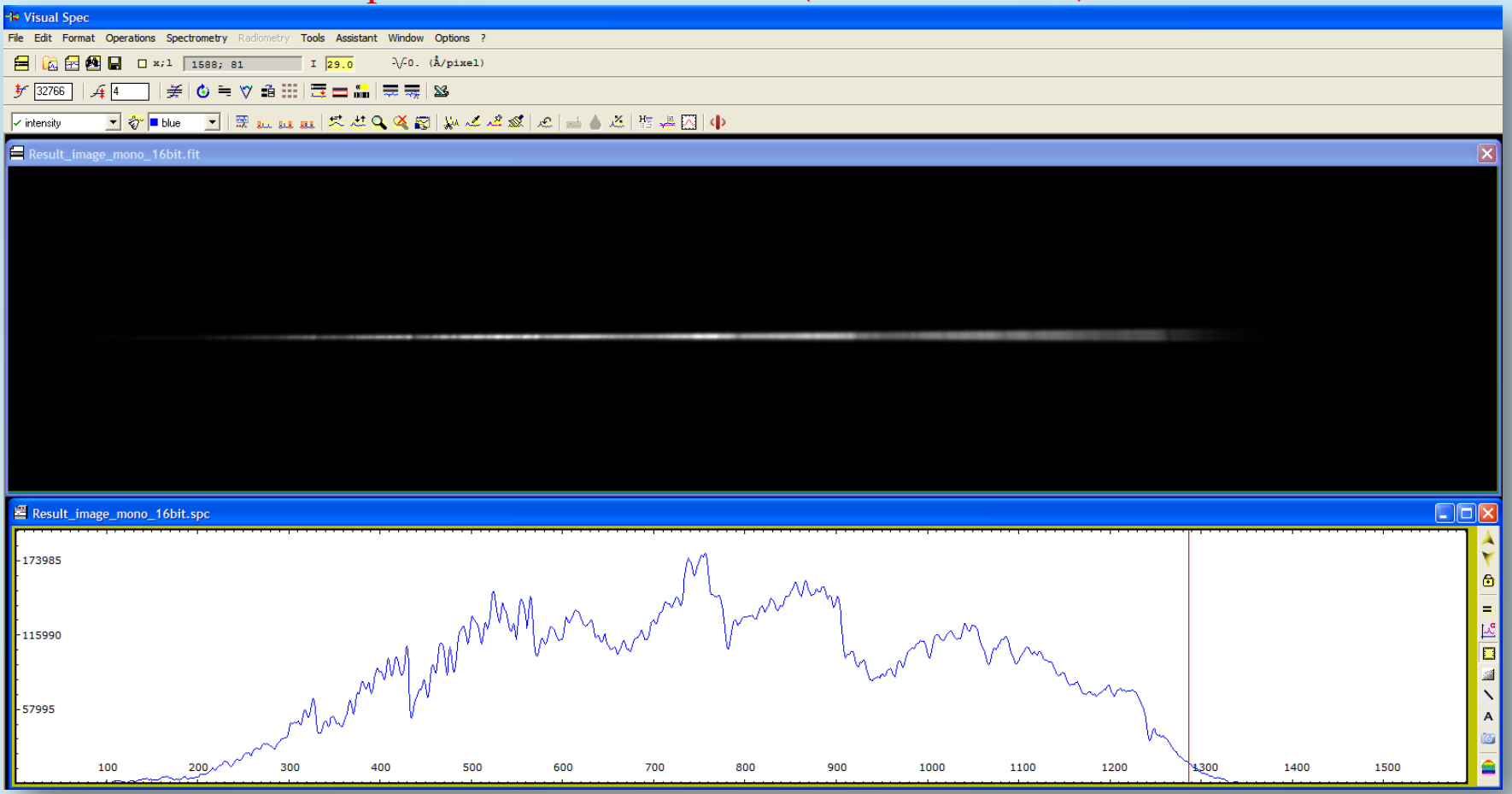


Speichern unter → "Result_image_mono_16bit"

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Step 5: VisualSpec (VSpec) – Kalibrierung eines Spektrums

- VSpec Software Download: http://valerie.desnoux.free.fr/
- Hinweis: VisualSpec arbeitet nur mit s/w (monochromen) 16 bit-Dateien

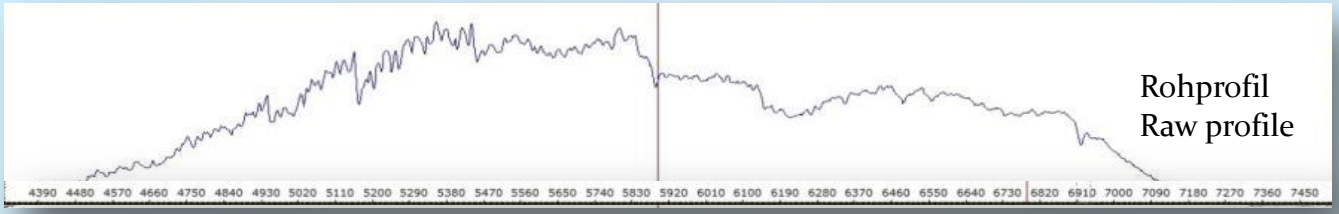


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

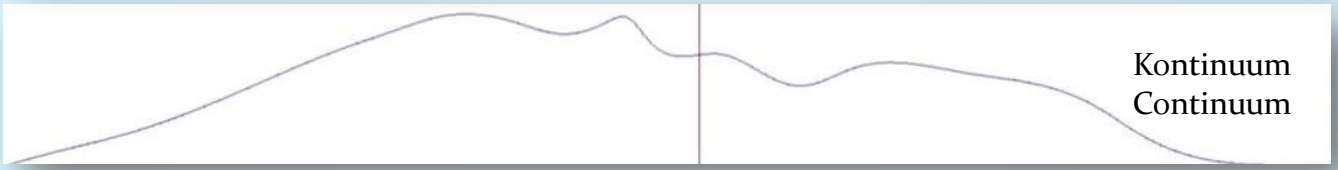
Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung (ohne Instrumentenfunktion)

Betelgeuse: Result_image_mono_16bit

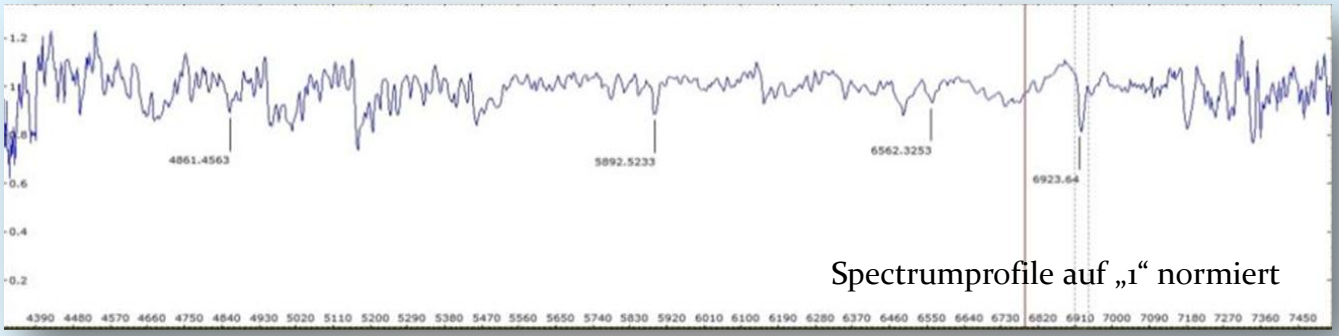
Erstelle ein Spektrumprofil → Identifiziere Spektrallinien → Kalibriere die Wellenlänge



Dividiere durch ein Kontinuumsprofil, welches aus dem Rohprofil extrahiert wurde



Normiere Intensität auf "1". Messe Dopplerverschiebungen oder Äquivalentbreiten (EW)

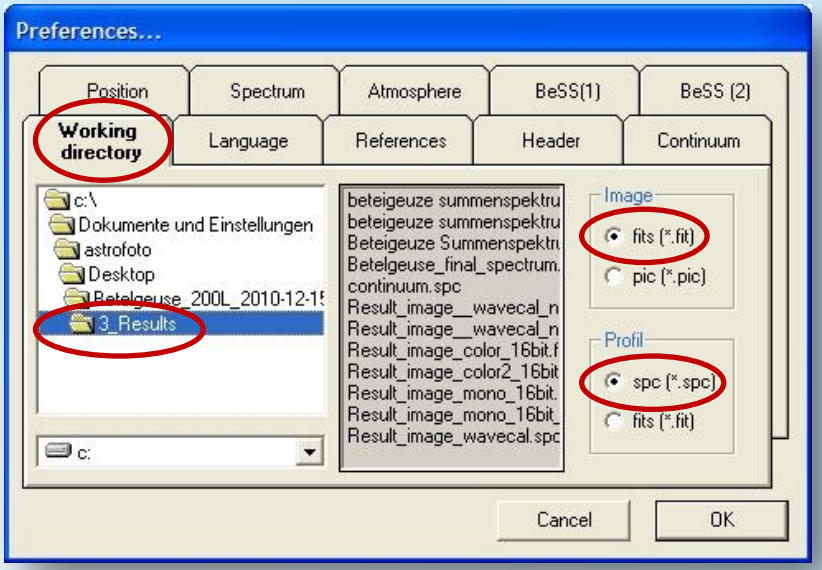


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

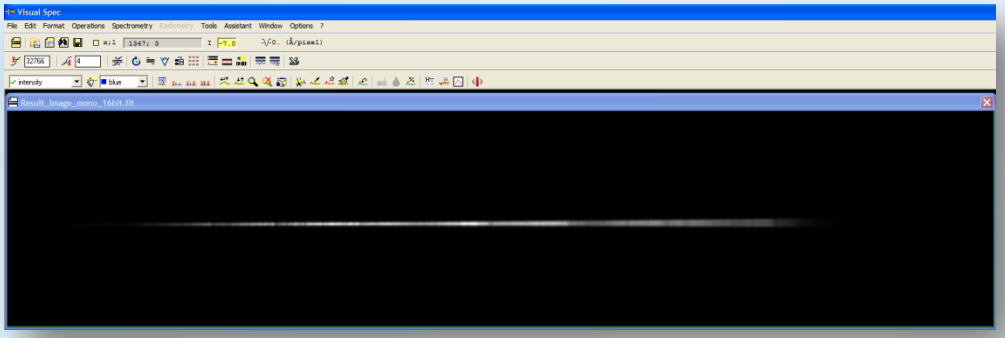
Schritt 5: VisualSpec (VSpec) - Preferences

5.1 Starte VSpec

5.2 Options → Preferences →
Working directory "3_Results"
Image → .fits and Profile → .spc



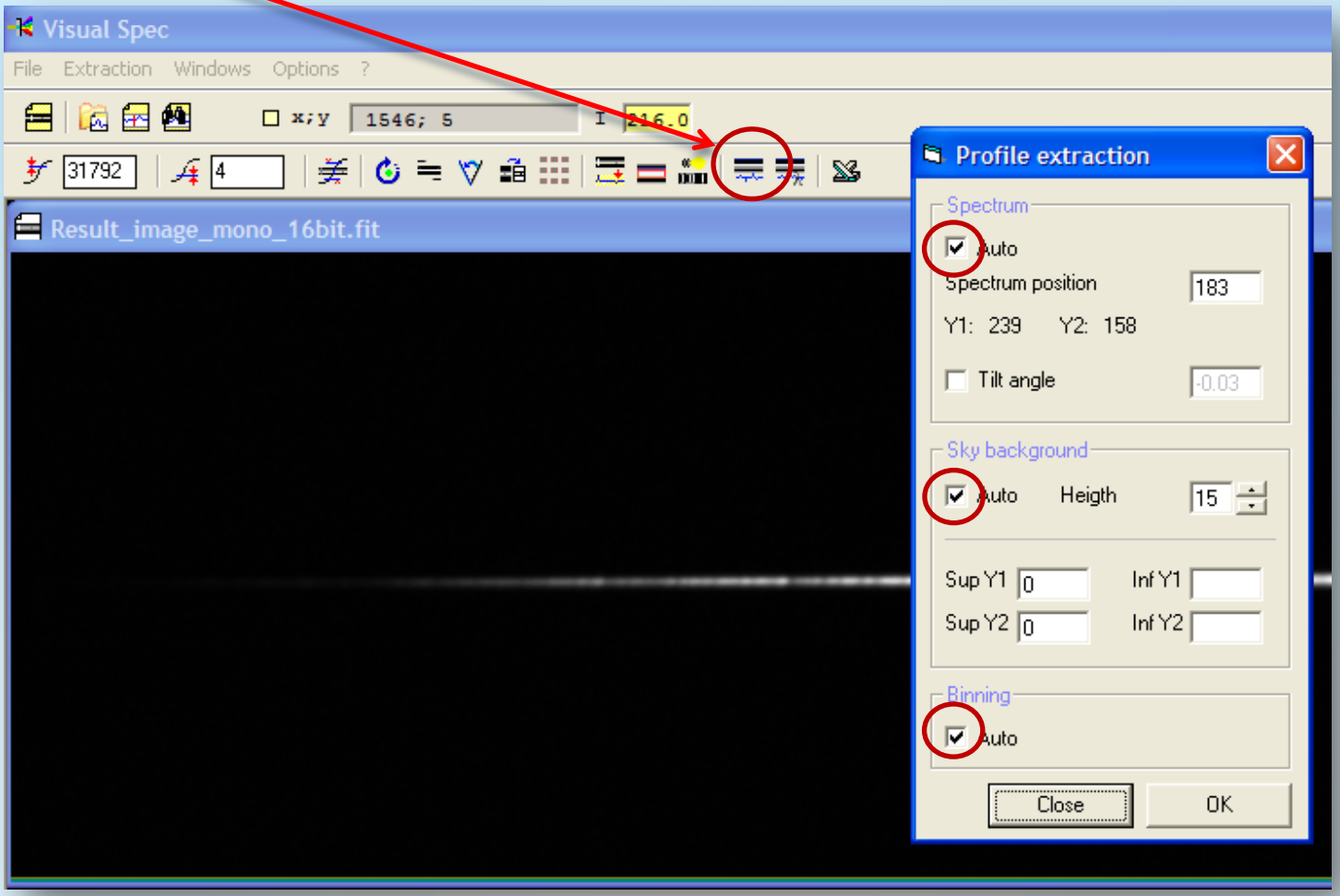
5.3 File → Open image: „**Result_image_mono_16bit.fit**"



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: VisualSpec (VSpec) – Erstelle ein Spektrum-Profil

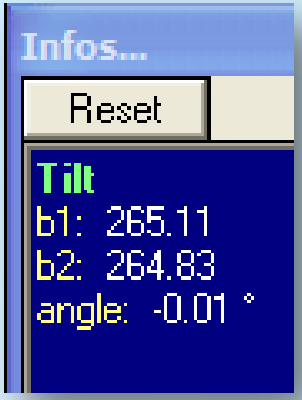
5.4 Profile extraction → Alles auf „Auto“ setzen → OK → Close



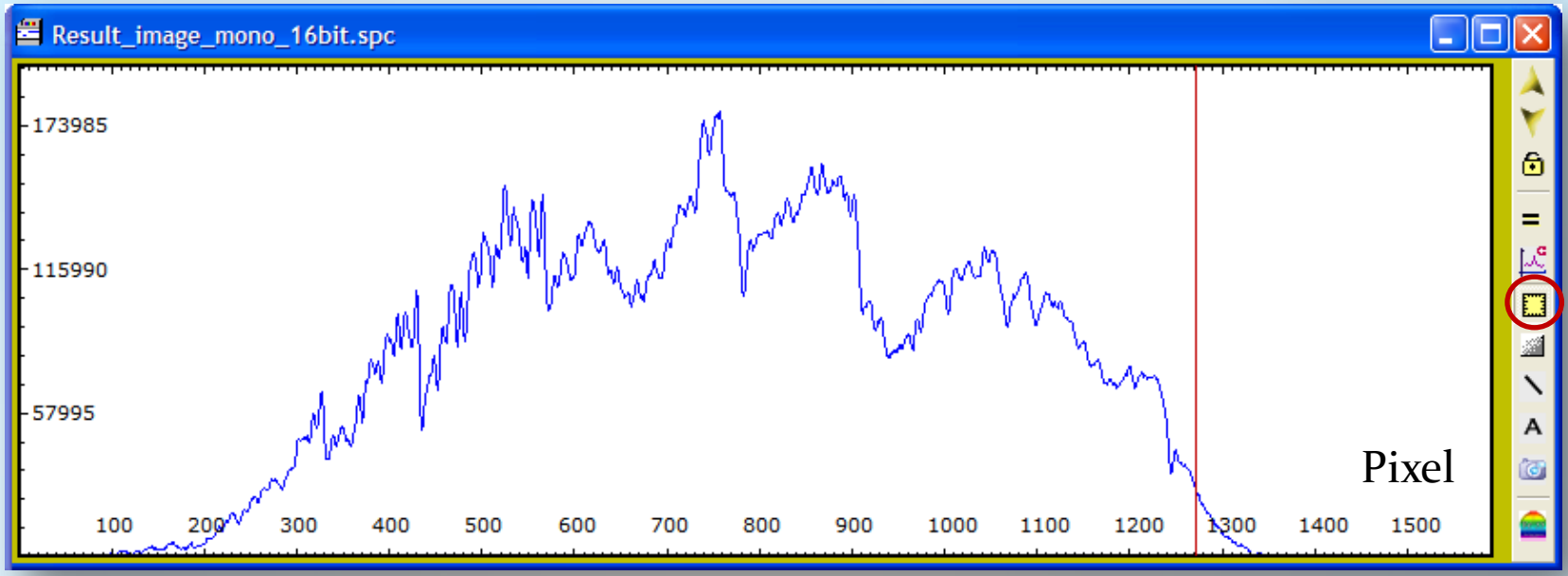
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Step 5: VisualSpec (VSpec) – Speichere das Spektrum-Profil

5.5 Wähle **um Pixelposition und Intensität (Counts) anzuzeigen**
Das Ergebnis ist ein Profil mit (x,y) = (Pixelposition, Intensität).
"Tilt" (Neigung): Das Spektrum war nicht perfekt horizontal (Winkel: -0.01°)



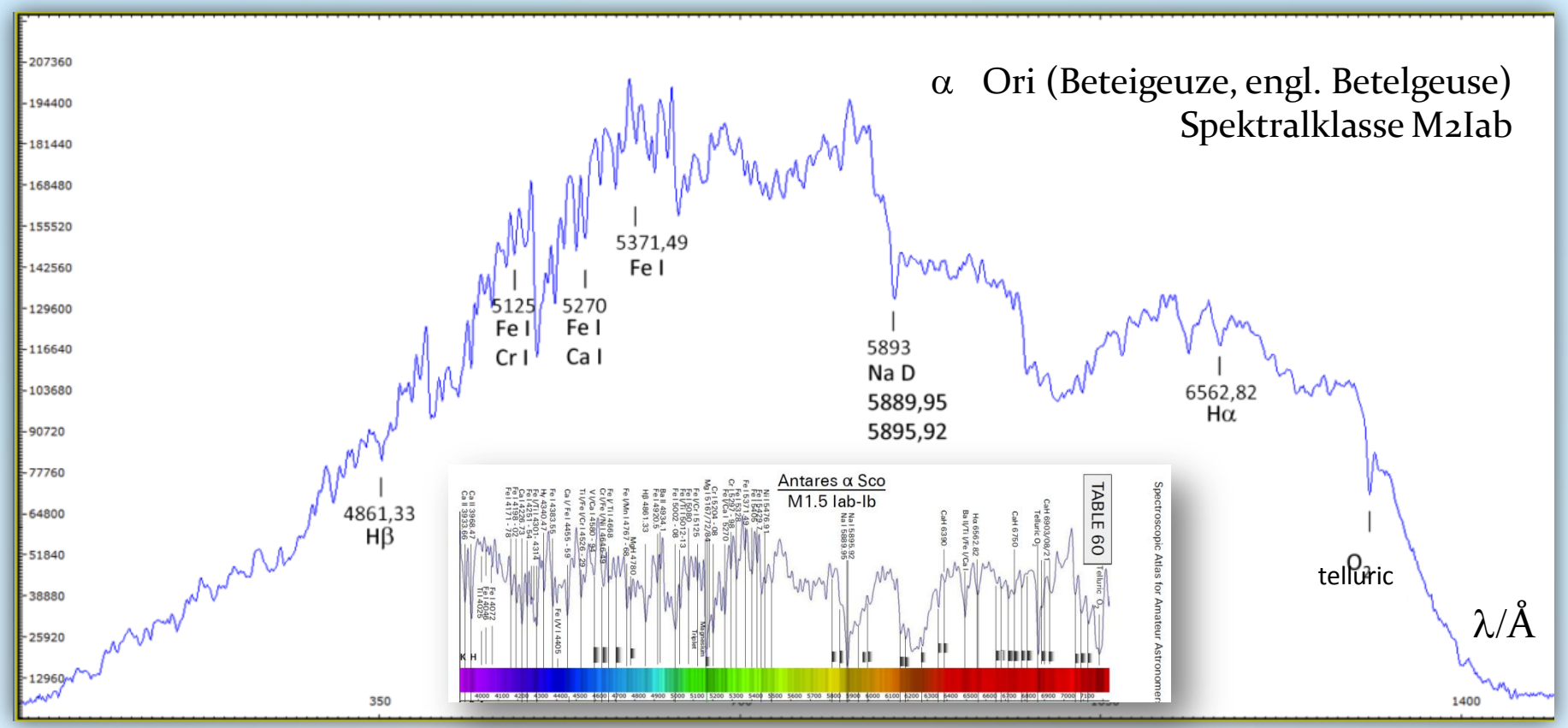
5.6 Save „Result_image_16bit.spc"
Hinweis: Aufgrund unterschiedlicher dargestellter Stacking-Prozeduren and Farbkonversionen differieren die Spektrumintensitäten ein wenig. Das hat keinen Einfluss auf das finale Profil, da dieses kalibriert wird (Pseudokontinuum oder Instrumentenprofil)



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Identifikation der Spektrallinien

5.7 Drucke das Rohprofil aus → notiere die Wellenlängen von identifizierten Spektrallinien eines Sterns ähnlichen Spektraltyps

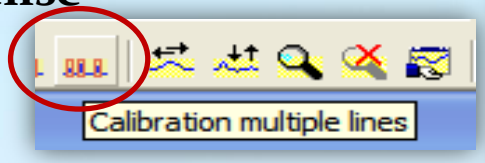


Empfohlene Referenz: Spektralatlas für Astroamateure, von Richard Walker
http://www.ursusmajor.ch/downloads/spektralatlas-4.0.pdf

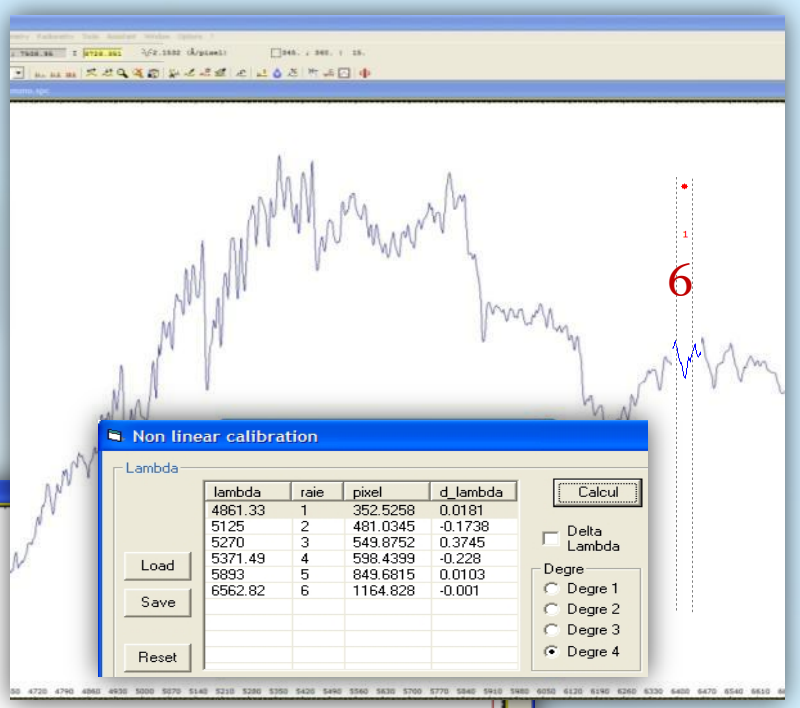
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

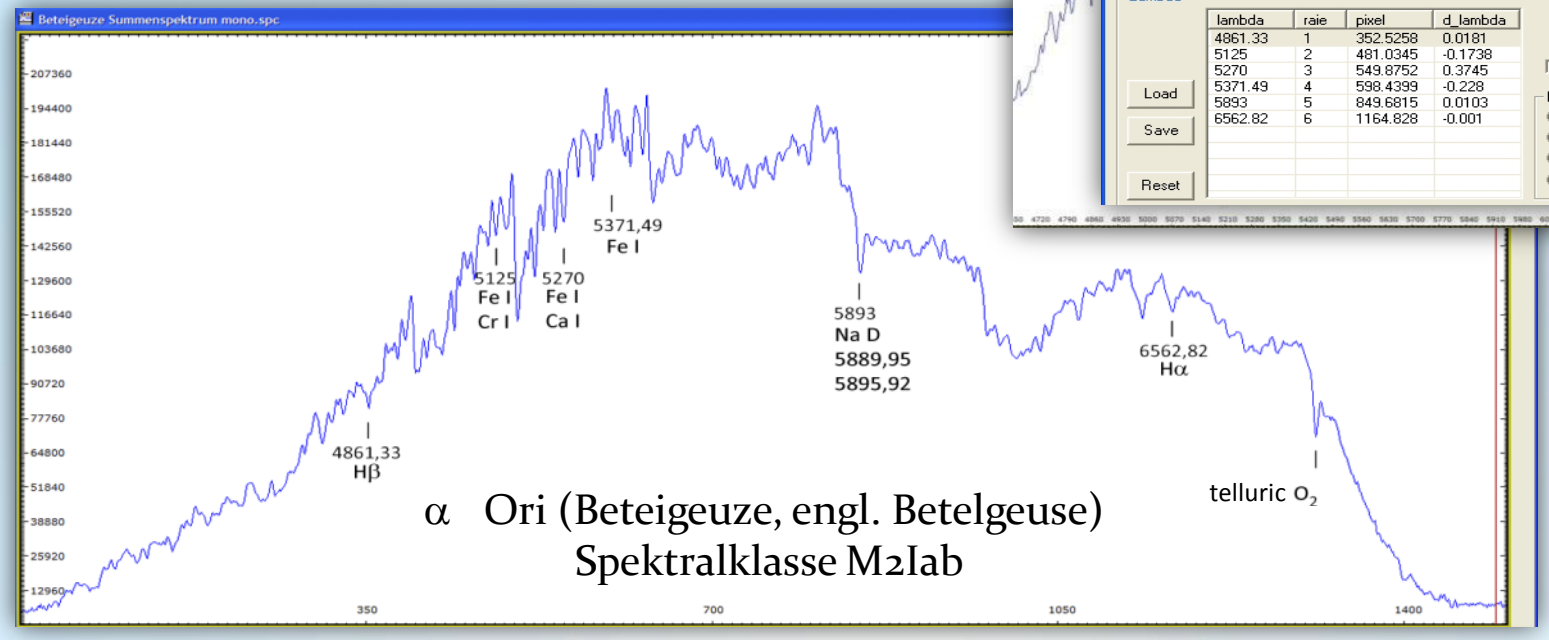
Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Von Pixel zu Ångstrom: Wellenlängen-Kalibrierung der x-Achse

5.8 Calibration multiple lines



5.9 Save as → „**Result_image_wavecal.spc**“





α Ori (Beteigeuze, engl. Betelgeuse)
Spektralklasse M2Iab

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Pseudokontinuum aus Rohprofil extrahieren

5.10 Compute continuum

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Pseudokontinuum aus Rohprofil extrahieren

5.11 Wähle „point/courbe“: Setze 20 bis 50 Punkte (Grüne Kreuze) entlang des Kontinuums (obere Grenze)

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

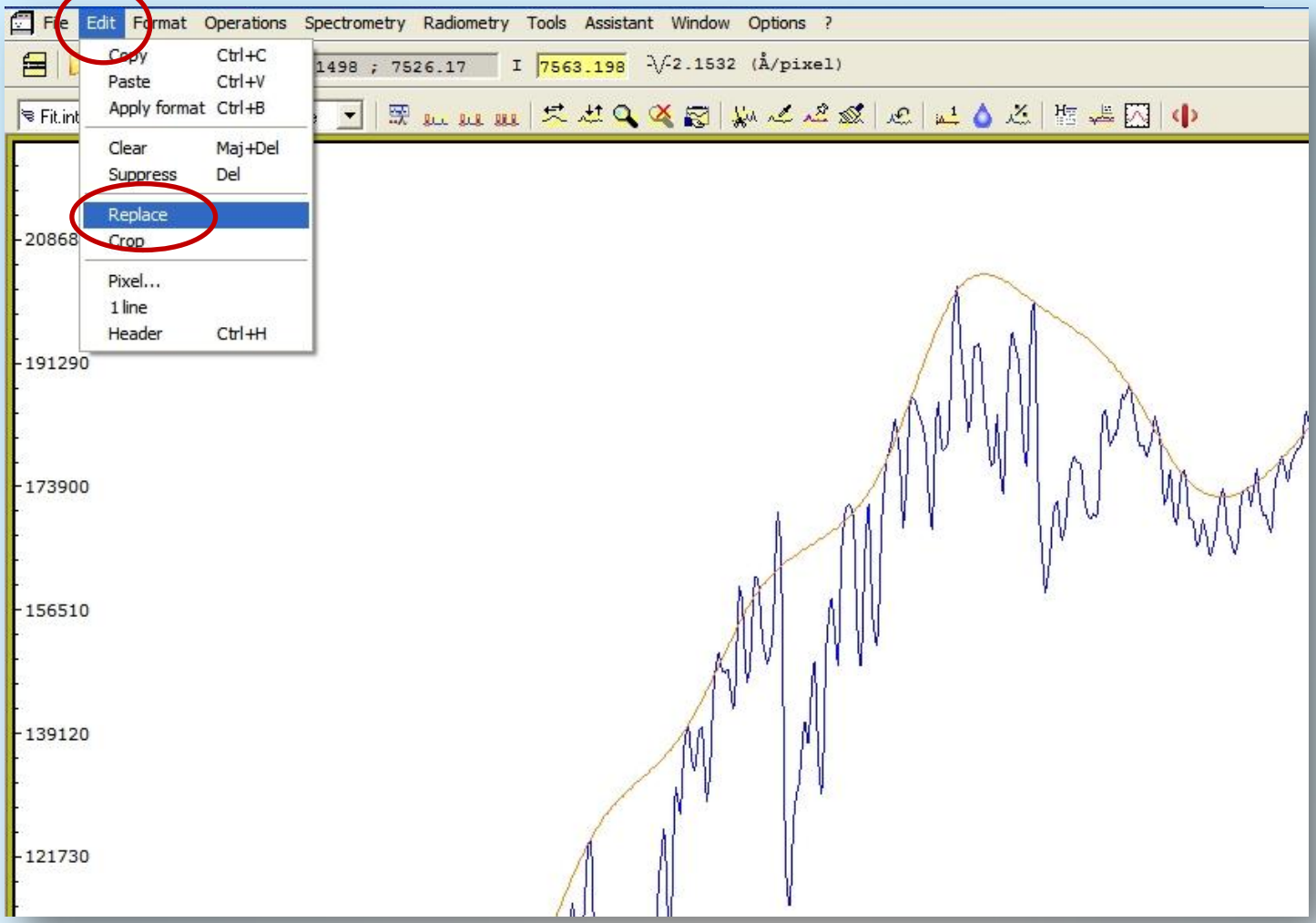
Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Pseudokontinuum aus Rohprofil extrahieren

5.12 Wähle „Execute“. Die orange-rote Kurve ist das Pseudokontinuum

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Pseudokontinuum aus Rohprofil extrahieren

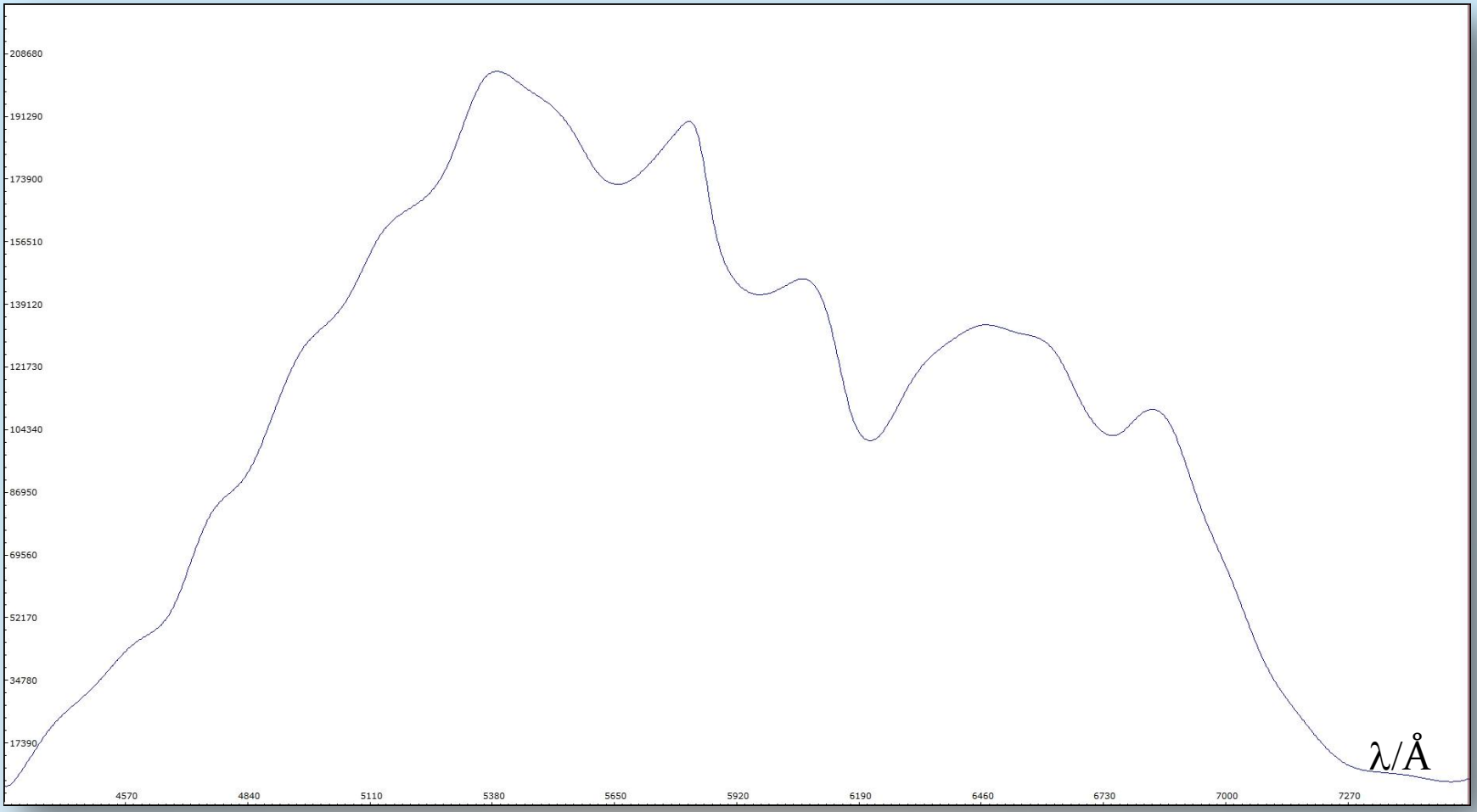
5.13 Edit → Replace → Intensity



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Pseudokontinuum aus Rohprofil extrahieren

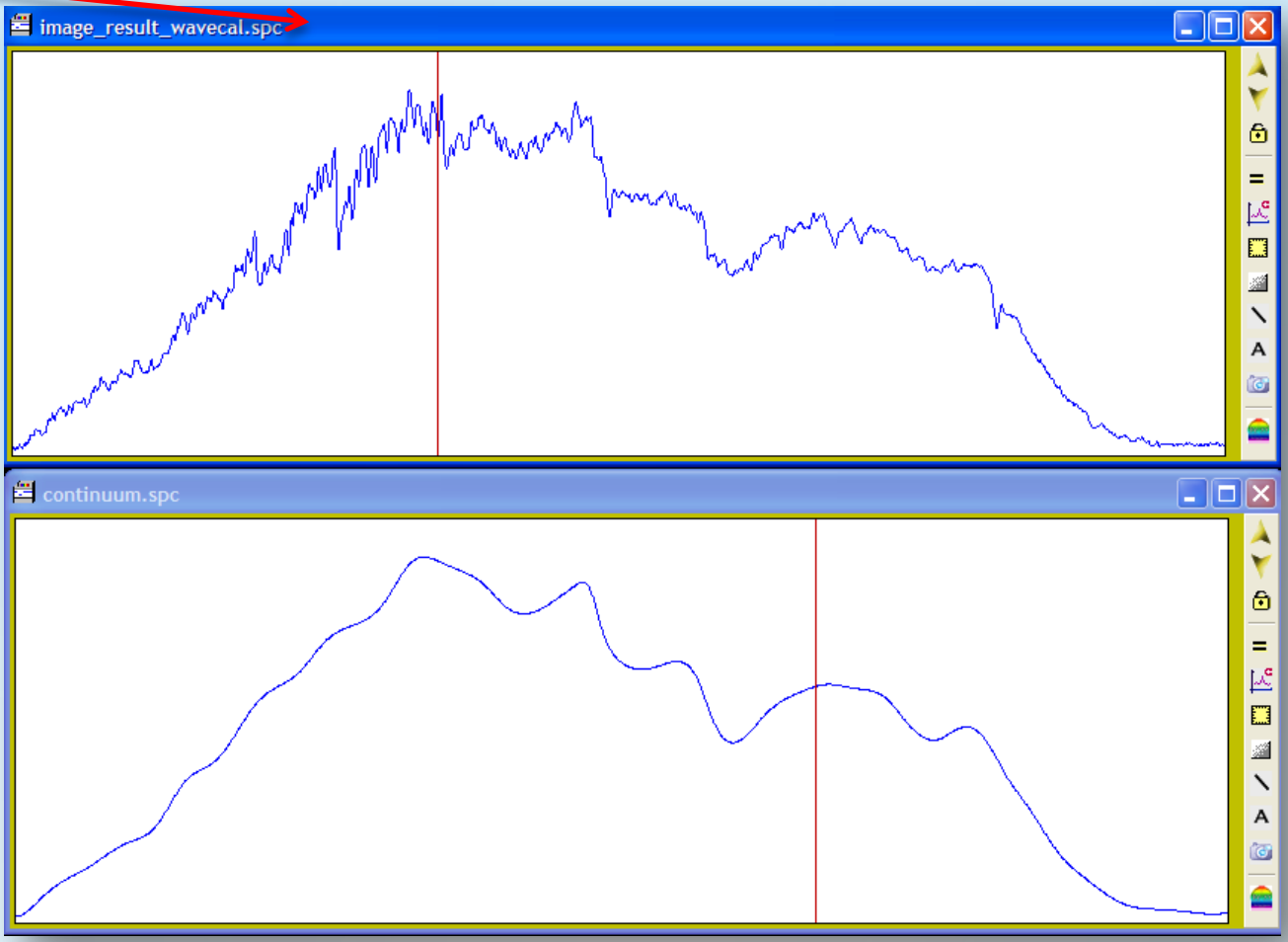
5.14 Save as → Continuum.spc



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Rohprofil durch Pseudokontinuum dividieren

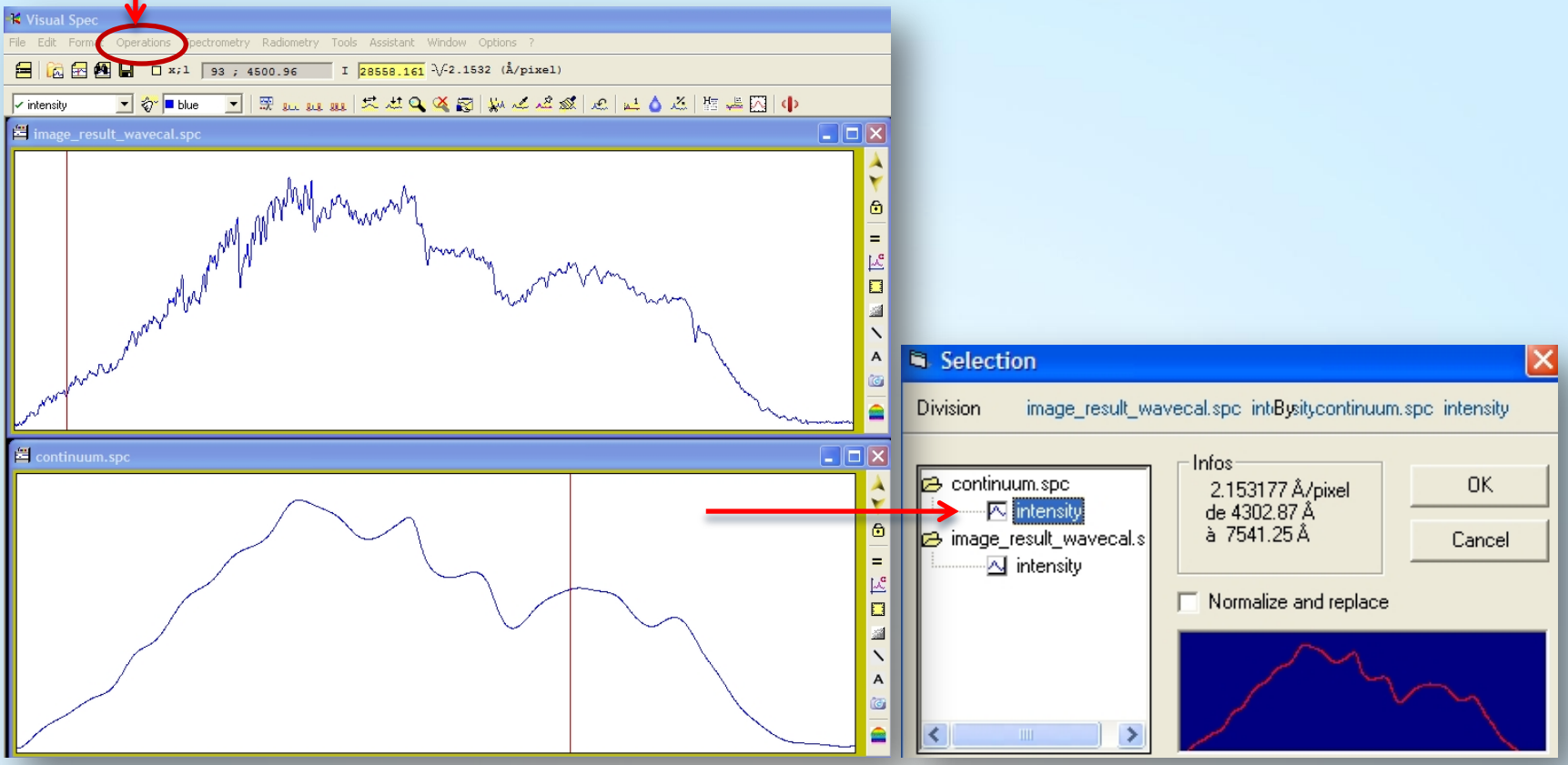
5.15 File → Open profile → Continuum.spc und „Result_image_wavecal.spc“
5.16 Wähle das Fenster „Result_image_wavecal.spc“ an.



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Rohprofil durch Pseudokontinuum dividieren

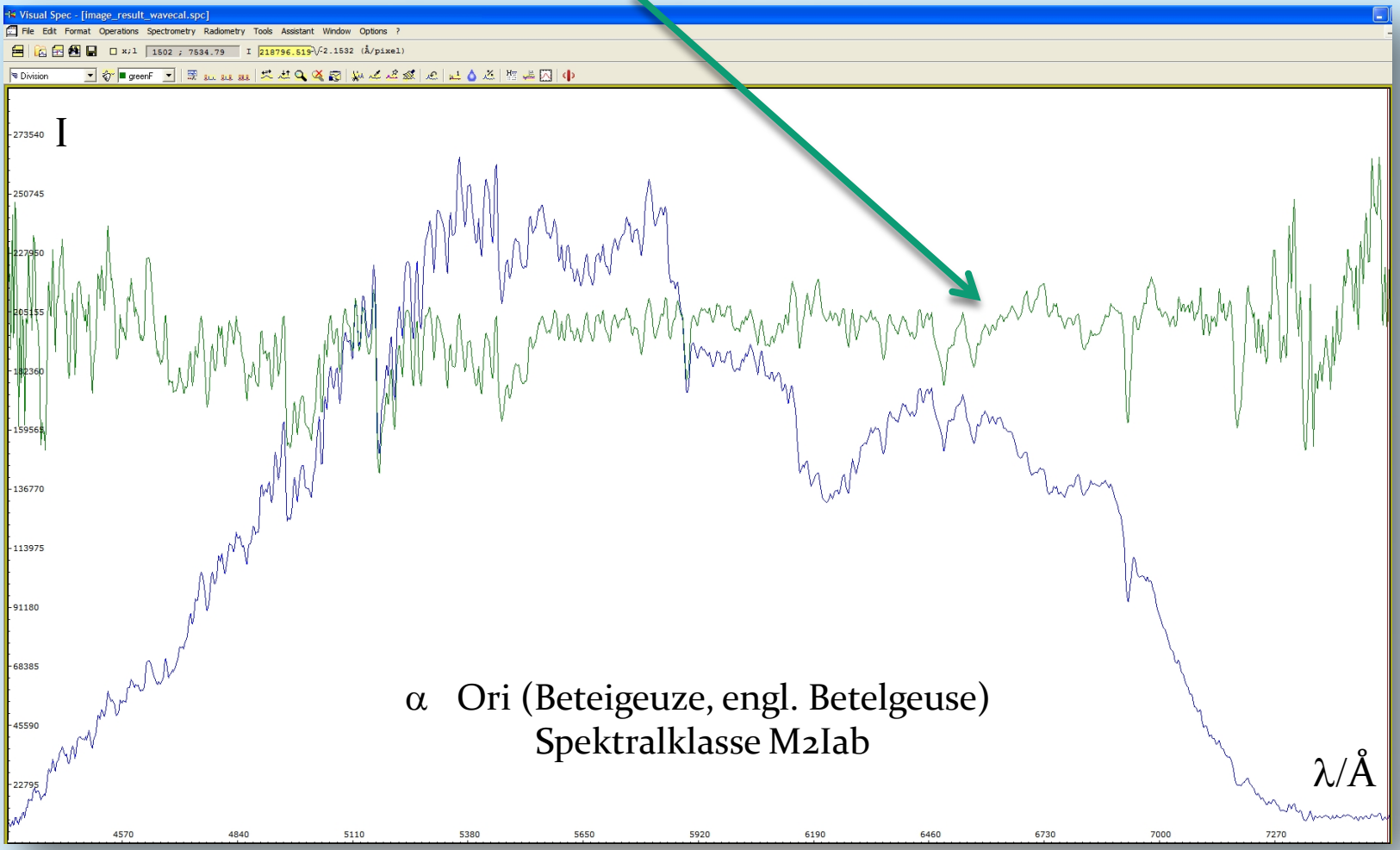
5.17 Operations → Divide profile by profile → Wähle: continuum.spc → intensity



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Rohprofil durch Pseudokontinuum dividieren

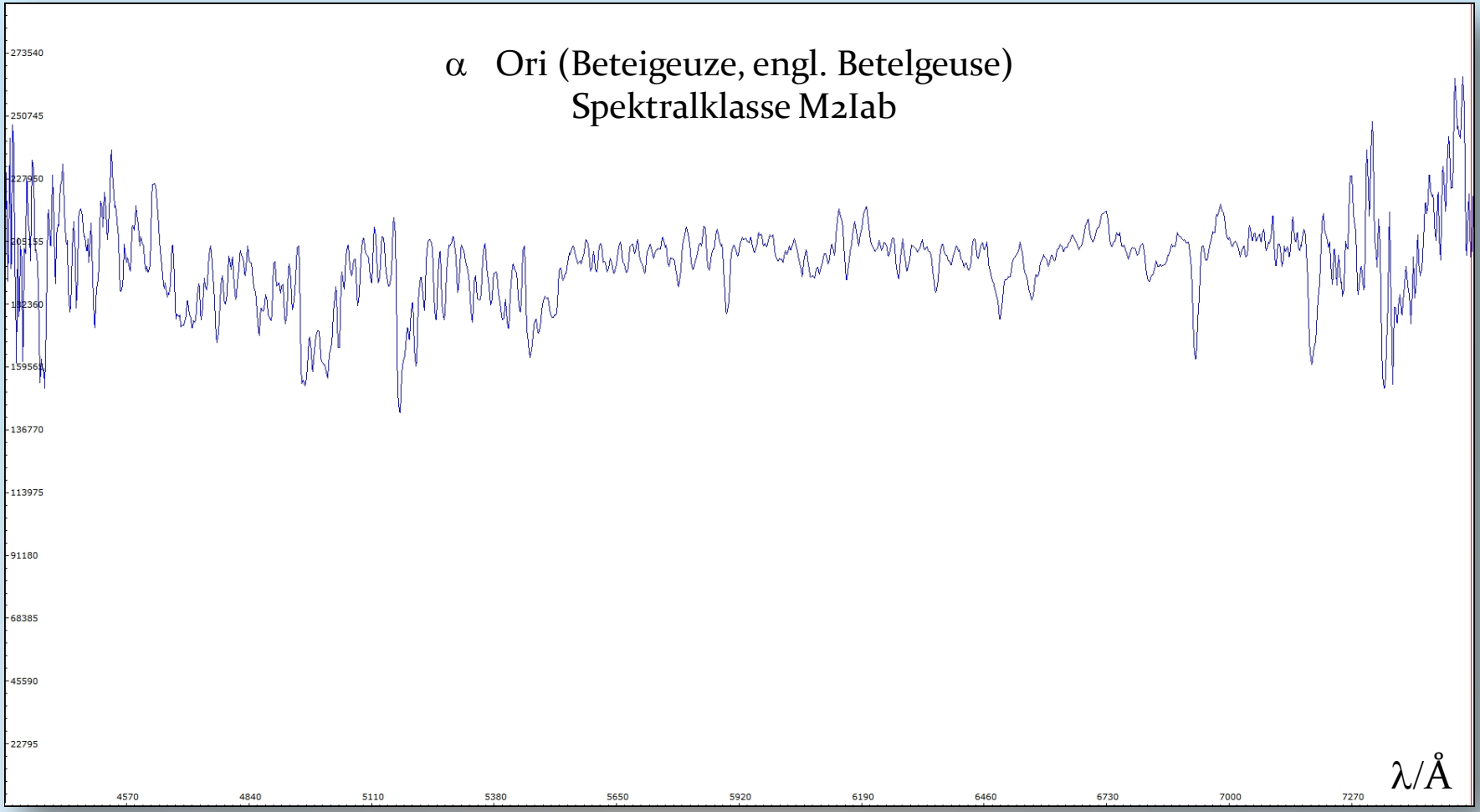
5.18 Das „grüne Profil“ ist das Ergebnis der Division. Nächste Folie: Vorbereitung für das Abspeichern



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Das normierte Profil von Beteigeuze

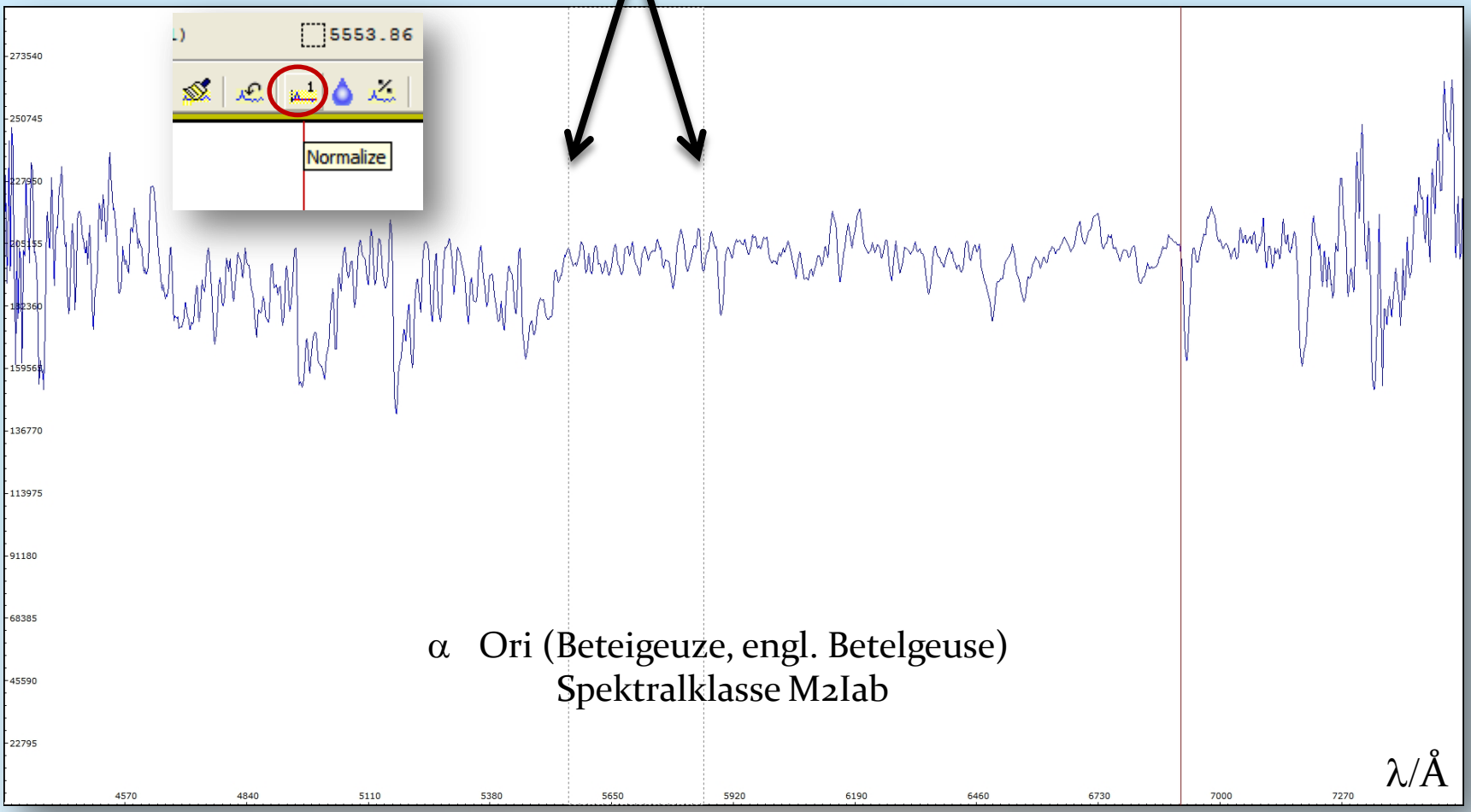
5.19 Edit → Replace → Intensity
5.20 Save as → „Result_image_wavecal_normalized.spc“



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Das normierte Profil von Beteigeuze

5.21 Markiere Bereich mit linker Maustaste. Dieser wird als Intensität den mittleren Wert „1“ annehmen
5.22 Wähle „Normalize“

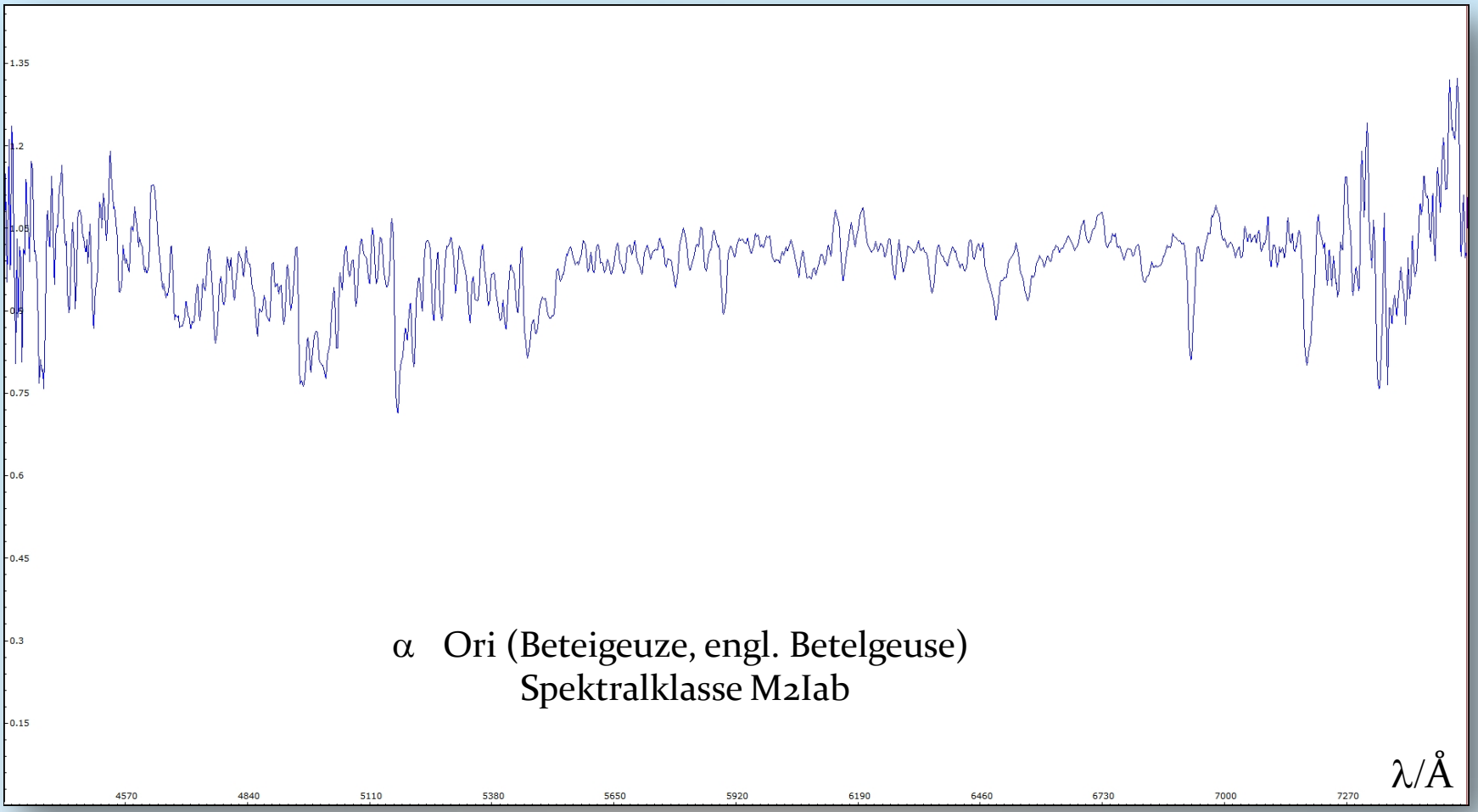


α Ori (Beteigeuze, engl. Betelgeuse)
Spektralklasse M2Iab

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec) – Das normierte Profil von Beteigeuze

5.23 Ergebnis: Wellenlängenkalibriertes und normiertes Spektrum von Beteigeuze
5.24 Speichere das Ergebnis: Save as „Result_image_wavecal_normalized to 1.spc“



α Ori (Beteigeuze, engl. Betelgeuse)
Spektralklasse M2Iab

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 5: Visual Spec (VSpec): Zusammenfassung der Kalibrationsschritte

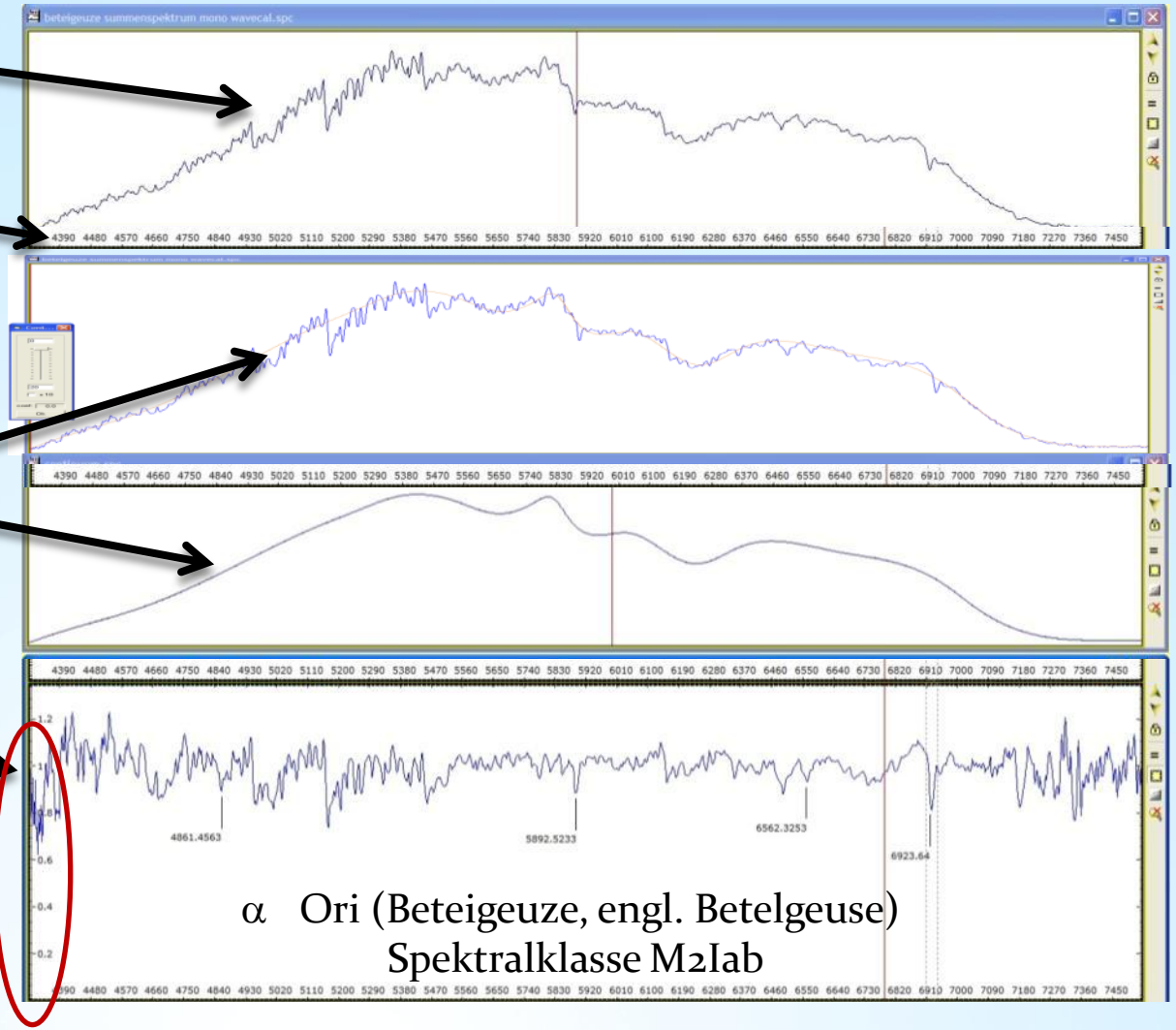
Rohprofil

Wellenlängen-kalibriert

Pseudokontinuum Extrahieren und dividieren

Normierung auf "1"

→ Finales Profil (ohne Berücksichtigung des Instrumentenprofils)

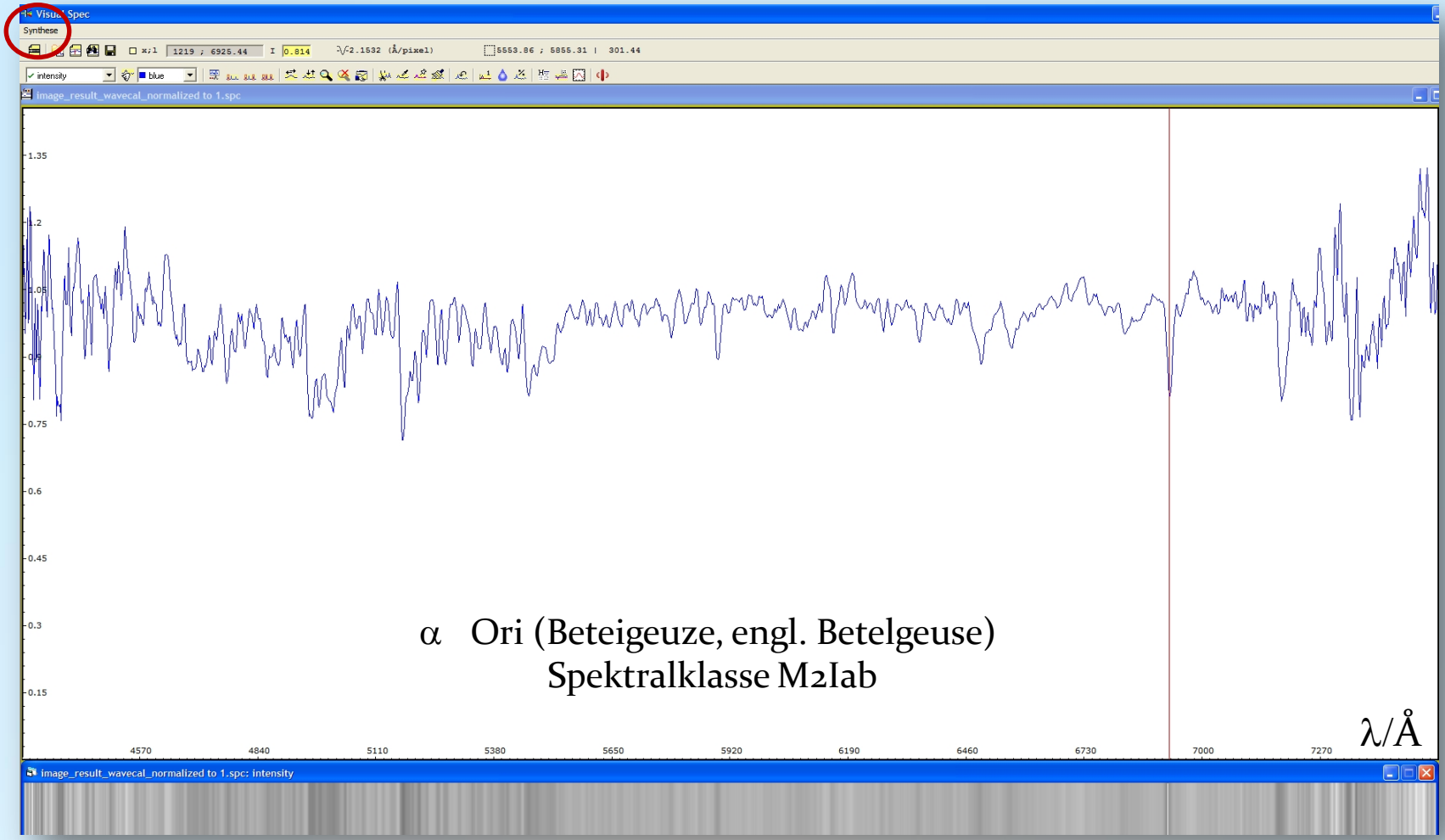


α Ori (Beteigeuze, engl. Betelgeuse)
Spektralklasse M2Iab

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 6: Visual Spec (VSpec) – Erzeugung eines synthetischen s/w-Spektrums

6.1 Tools → Synthese

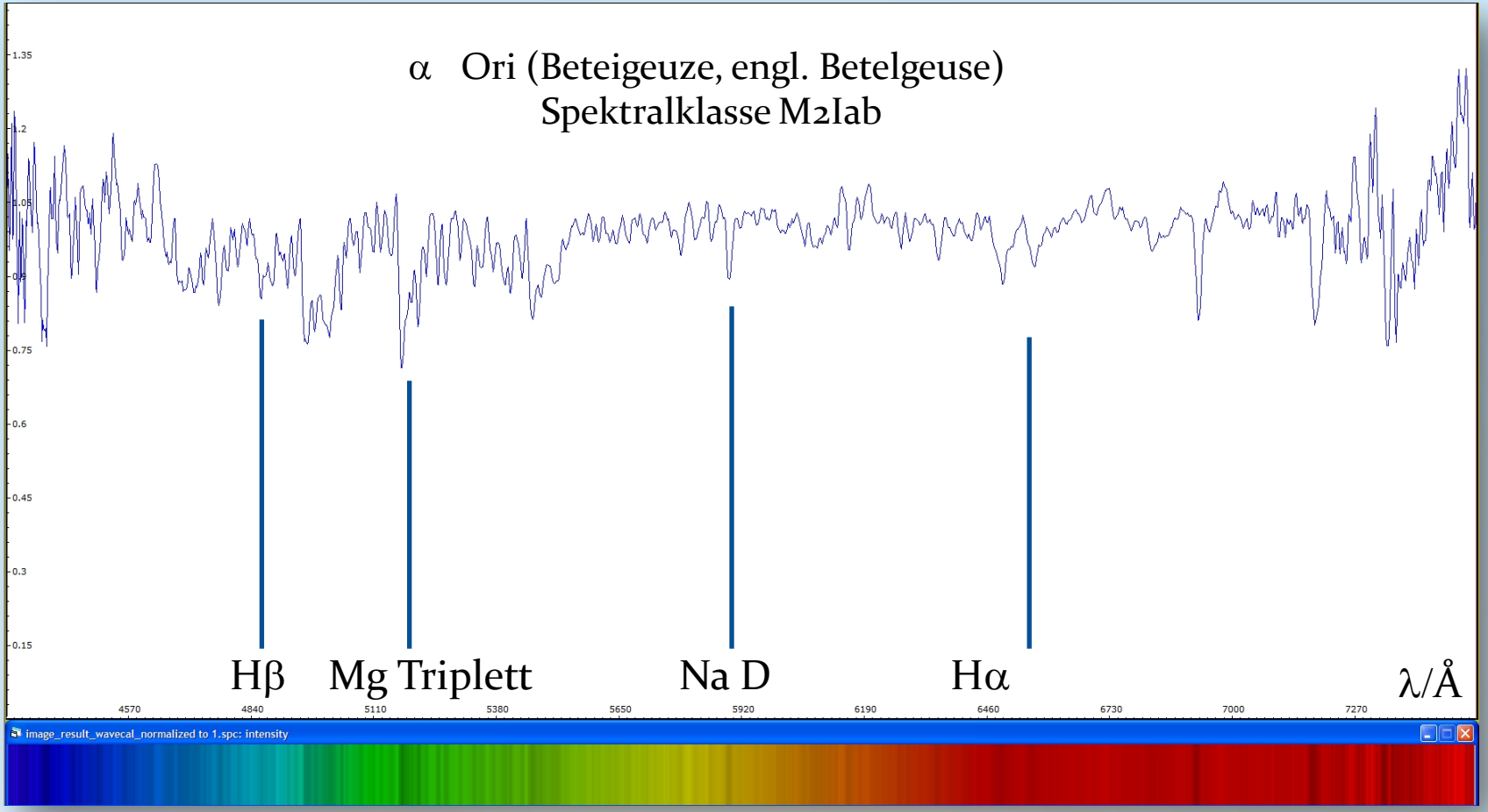


α Ori (Beteigeuze, engl. Betelgeuse)
Spektralklasse M2Iab

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

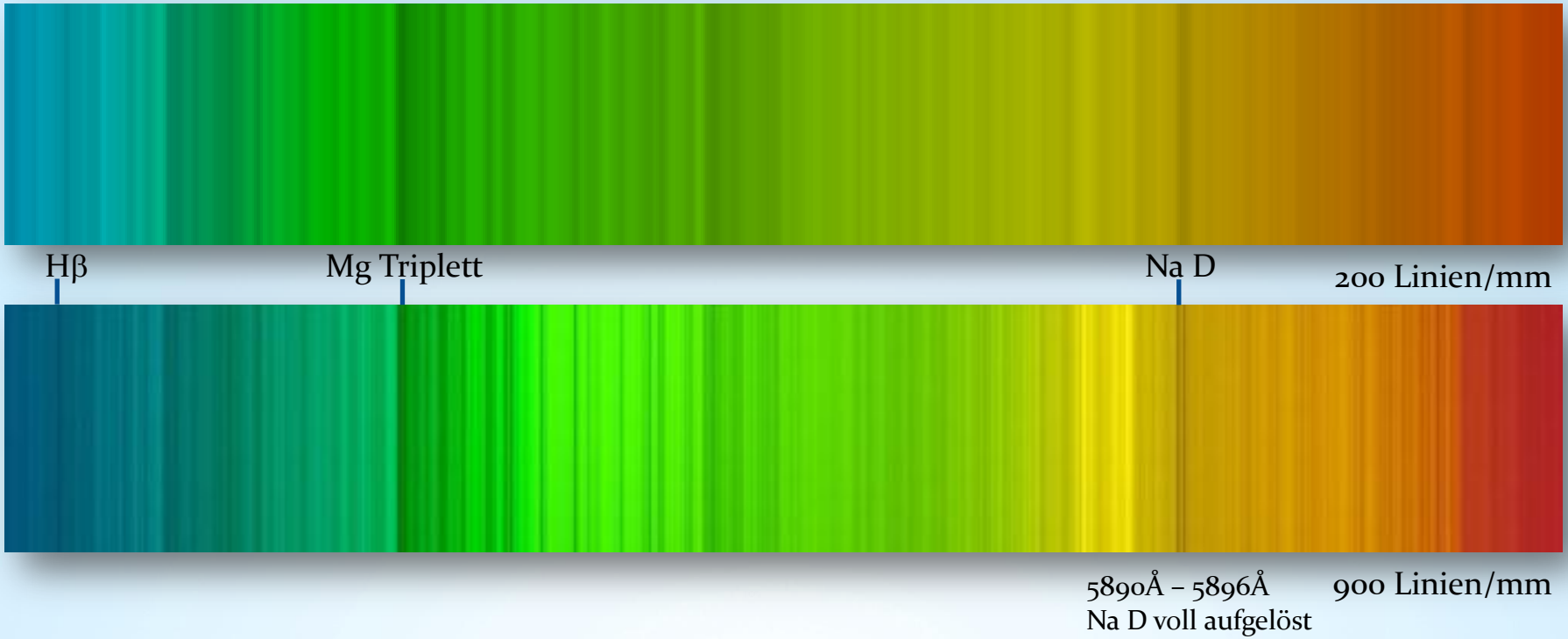
Schritt 6: Visual Spec (VSpec) – Erzeugung eines synthetischen Farbspektrums

6.2 Synthese → Colorer



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

DADOS-Gitter mit 200 Linien/mm und 900 Linien/mm:
Vergleich der spektralen Auflösung anhand des Beteigeuze-Spektrums

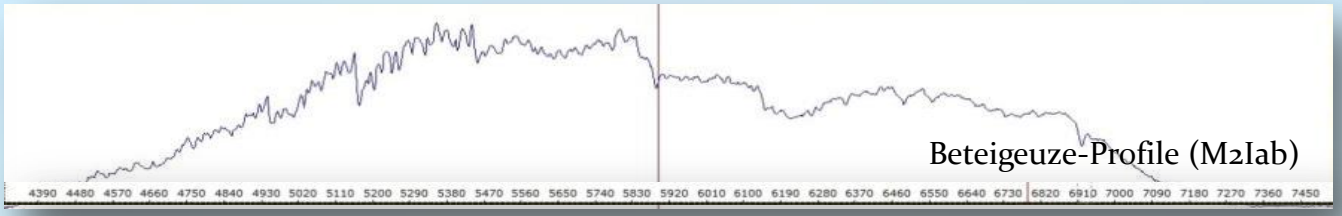


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

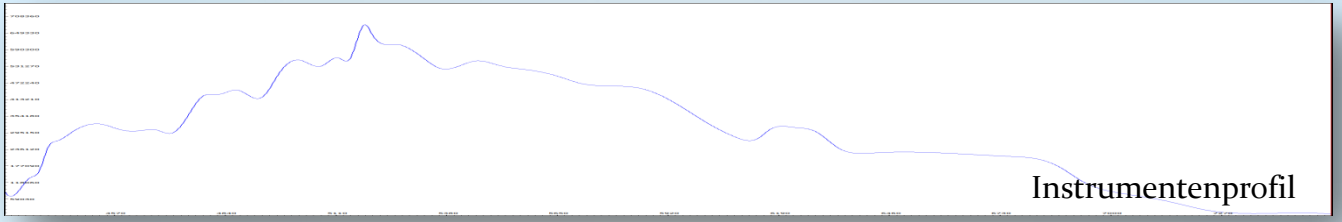
Beteigeuze-Spektrum: Result_Image_mono_16bit

Erstelle ein Spektrumprofil → Identifiziere Spektrallinien → Kalibriere die Wellenlänge



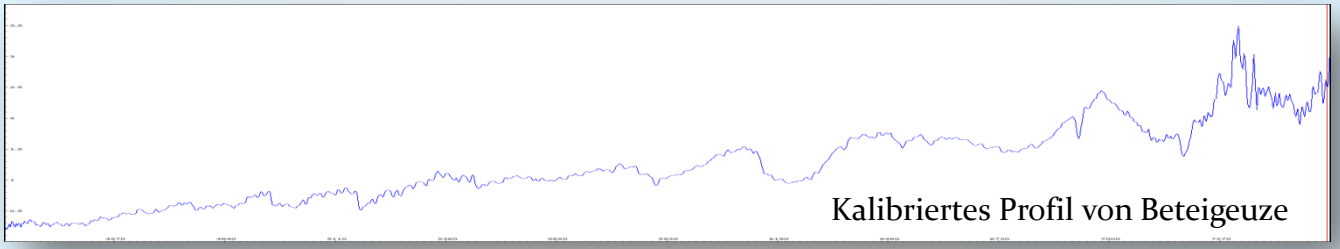
Beteigeuze-Profile (M2Iab)

Erstelle ein Instrumentenprofil mit Hilfe eines Referenzspektrums eines Sterns des selben Spektraltyps



Instrumentenprofil

Dividiere das Spektrumprofil durch das Instrumentenprofile

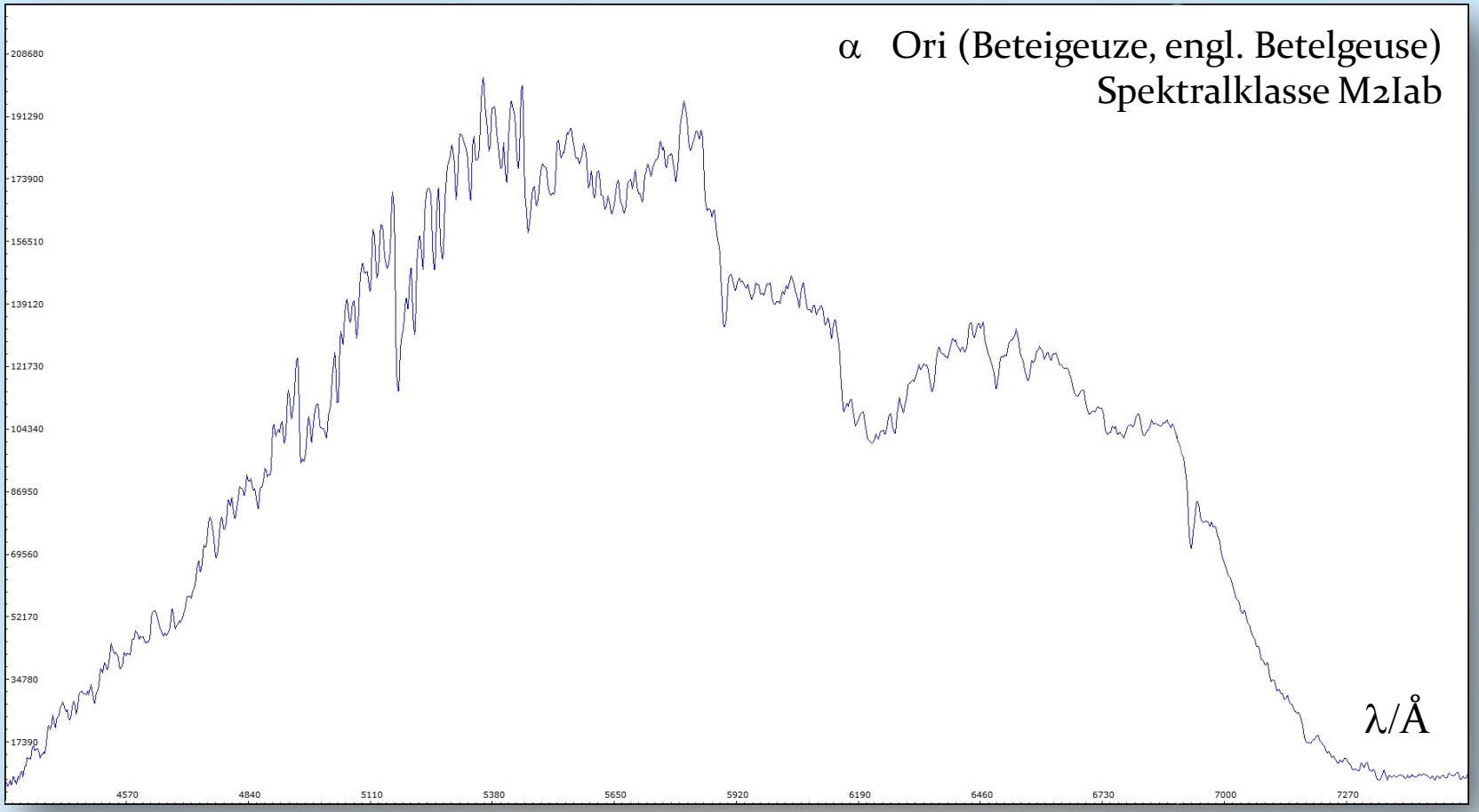


Kalibriertes Profil von Beteigeuze

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

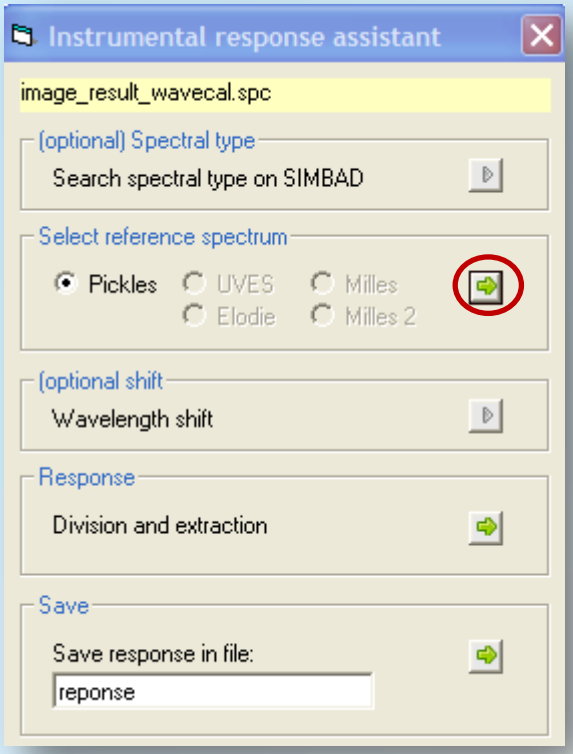
7.1 File → Open profile → „Result_image_wavecal.spc“

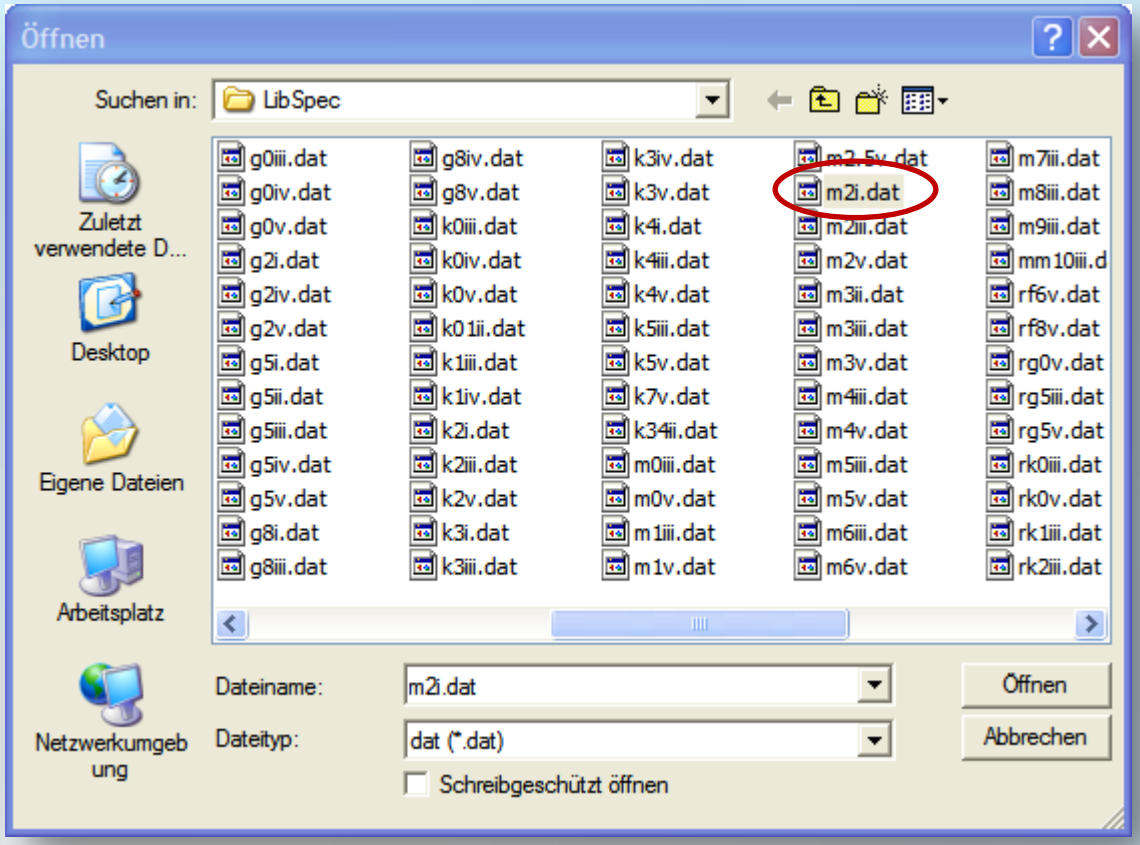


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.2 Assistant → Instrumental response assistant
7.3 Pickles → Drücke auf grünen Pfeil → Open "m2i.dat" (= Spektralklasse M2I)





Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

Das rote Profil ist das Referenzspektrum eines Sterns gleichen Spektraltyps

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.4 Drücke auf den grünen Pfeil “Division and extraction“
Ergebnis: Das orangene Profil ist das (noch ungeglättete) Instrumentenprofil

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

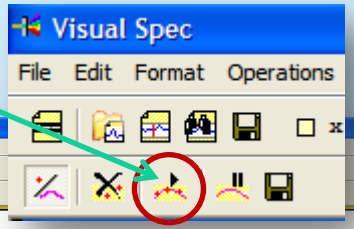
Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.5 Glätte das Instrumentenprofil: Drücke dazu “point/curve“ und setze ca. 60 “grüne Kreuze“ entlang des oberen Verlaufs des Kontinuums

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.6 Drücke auf „OK“ und dann auf „execute“

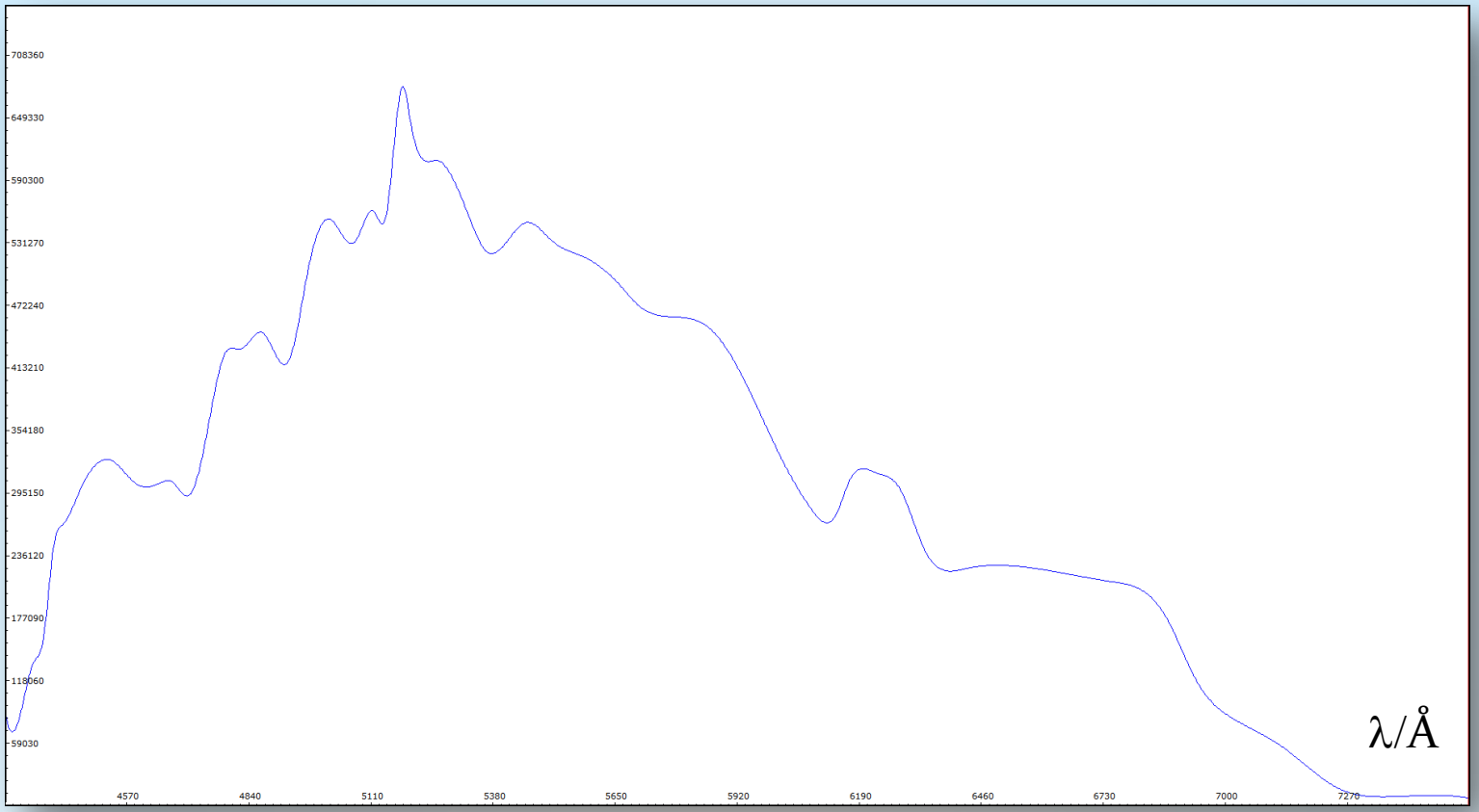


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.7 Lösche die Grafik → Edit → Replace: Intensity

7.8 File → Save as → „response.spc“ (Instrumentenfunktion)



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

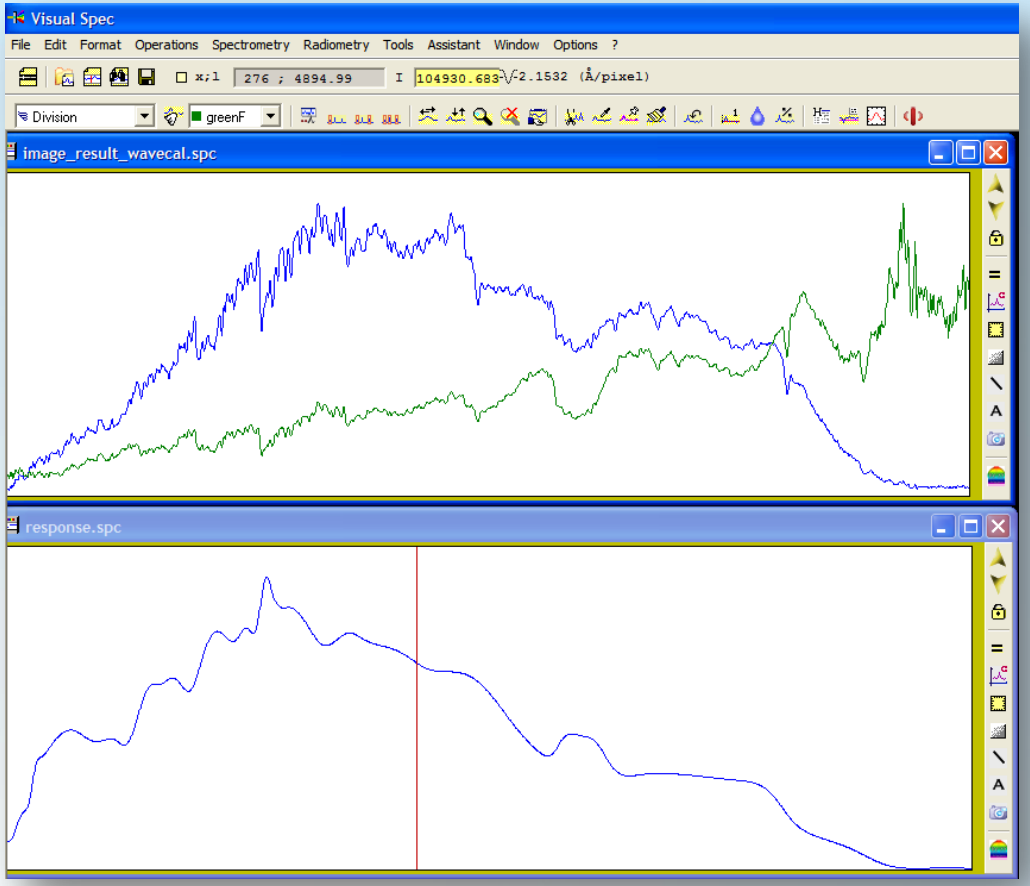
7.9 Während das Fenster mit „response.spc“ noch offen ist:
File → open profile → „Result_image_wavecal.spc“ (Fenster aktivieren)
7.10 Operations → Divide profile by profile: Wähle „intensity“ (unter „response.spc“)

Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

Ergebnis: Das grüne Profil ist das kalibrierte, wahre Profil von Beteigeuze, korrigiert bzgl. des Instrumentenprofils

7.11 Schließe „response.spc“



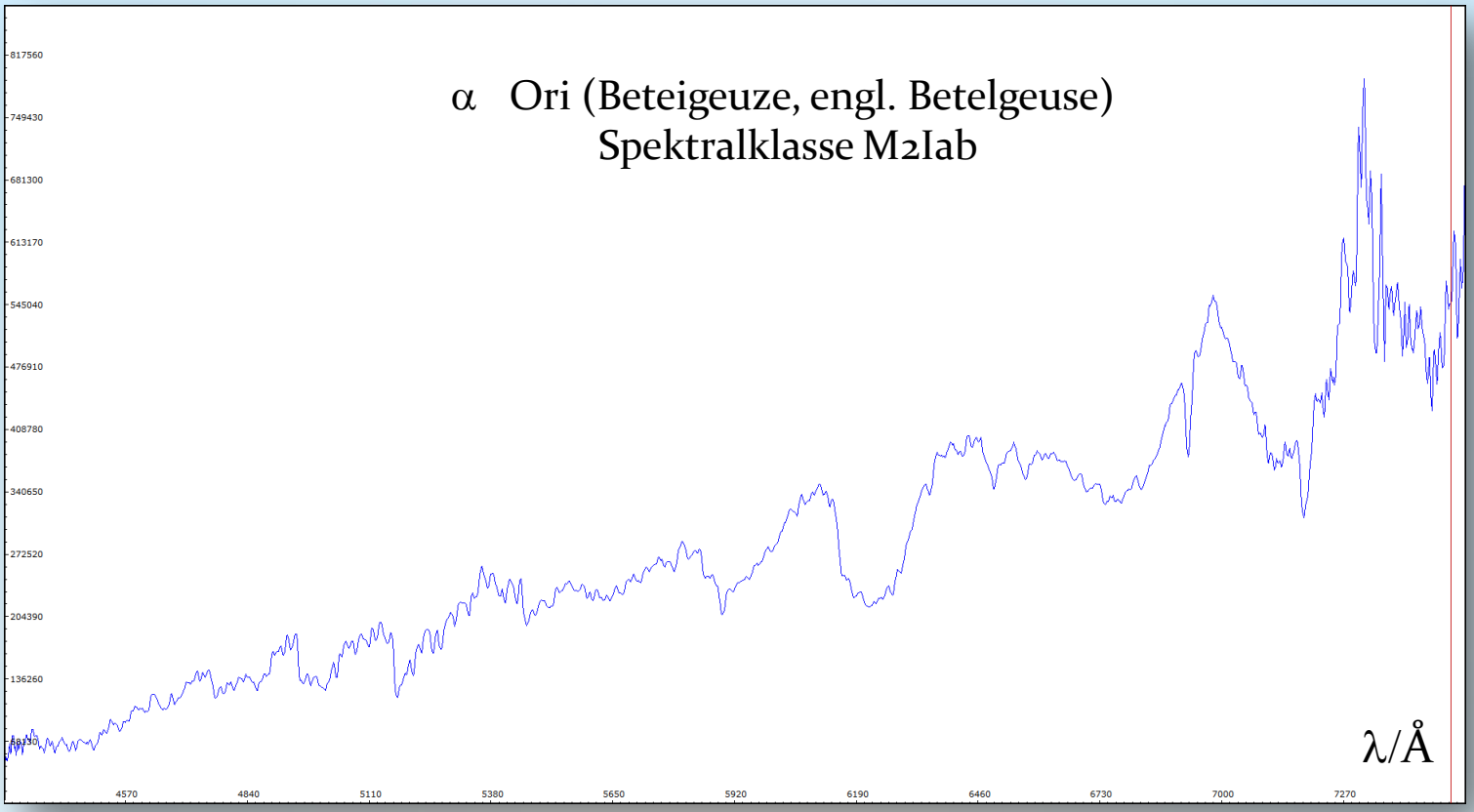
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

Das grüne Profil muss vor dem Speichern in ein blaues Profil umgewandelt werden

7.12 Erase graphic → Edit → Replace: Intensity

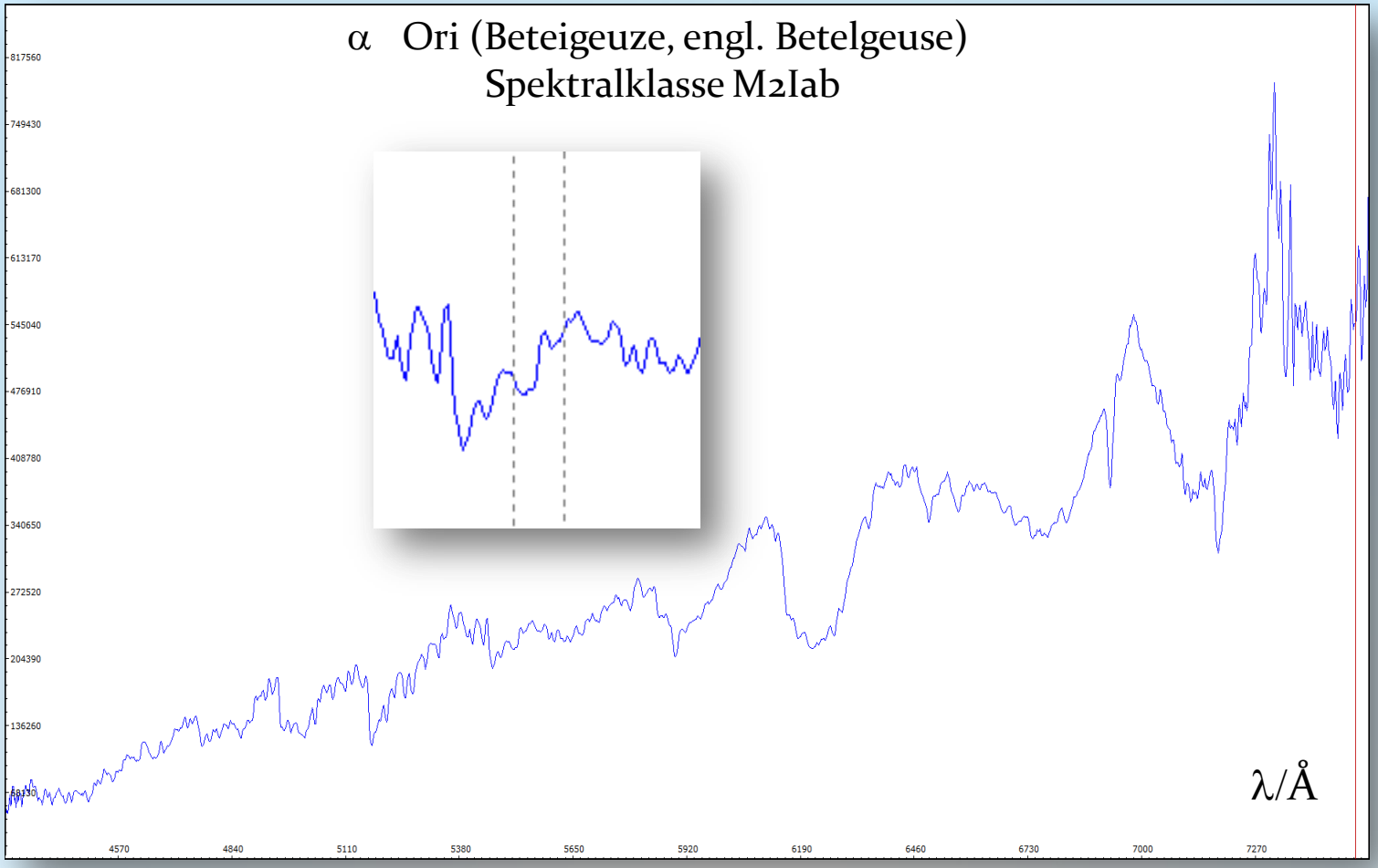
7.13 File → Save as → "Betelgeuse_final_spectrum.spc"



Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.14 Normierung auf „1“: Mit linker Maustaste Bereich um 5500Å eingrenzen

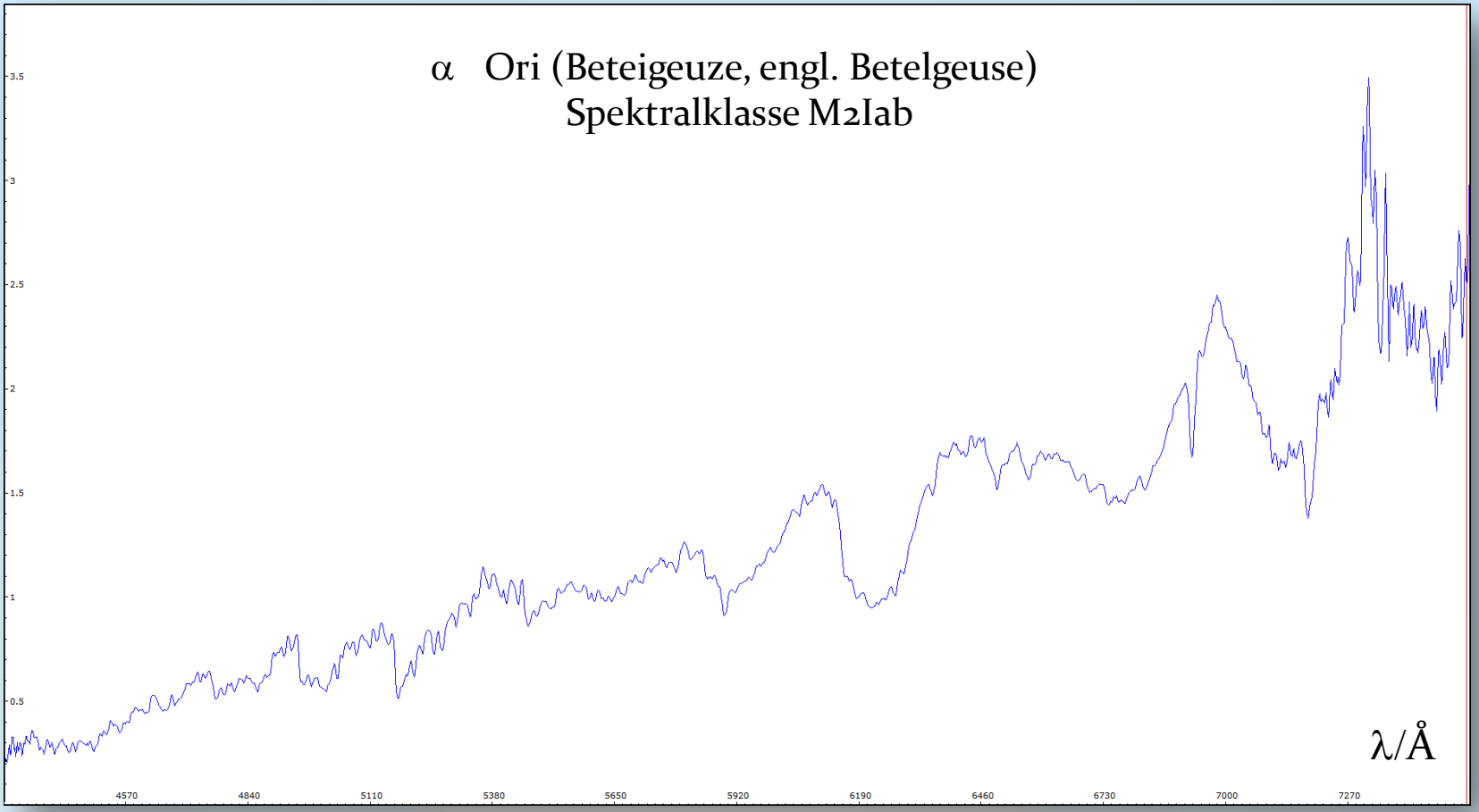


Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Spektrumkalibrierung mit der Instrumentenfunktion

7.15 Normierung auf „1“: Drücke Button „1“

7.16 File → Save as → “Betelgeuse_final_spectrum.spc“



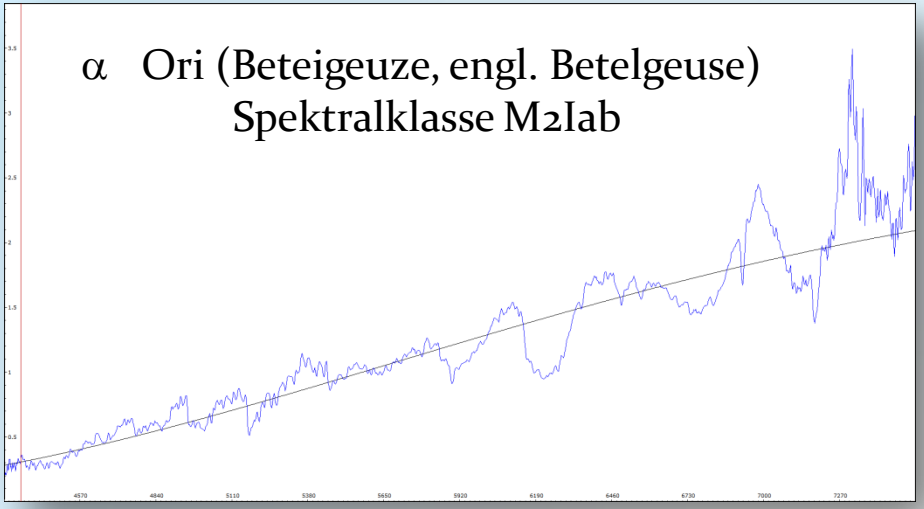
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

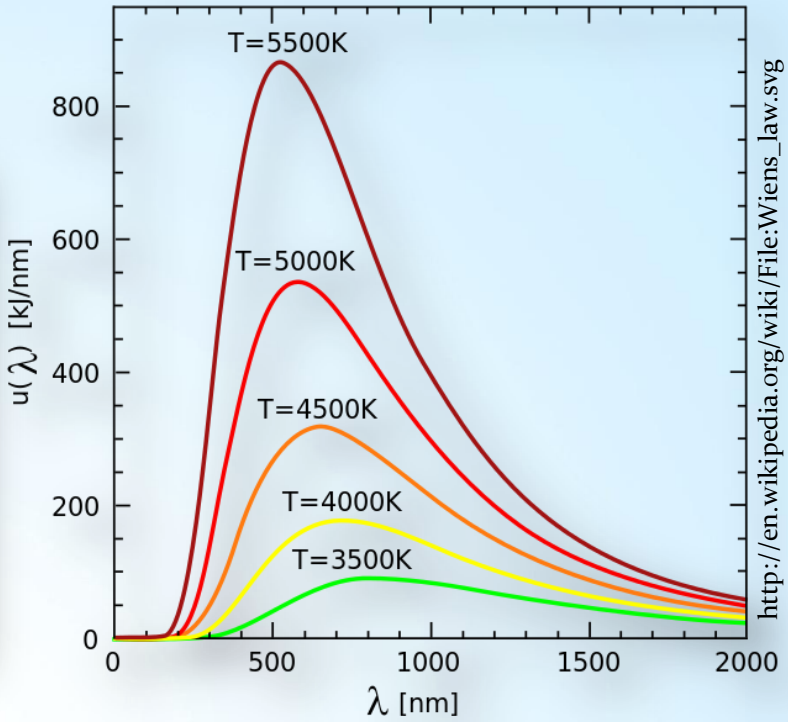
Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Bestimmung der Effektivtemperatur des Sterns

7.17 Berechnung der Effektivtemperatur von Beteigeuze anhand des Spektrums
Annahme: Schwarzkörperstrahlung gemäß Planck'schem Gesetz.

„Radiometry" → „Auto Planck" (schwarze Linie)

Vspec fitted eine Planckkurve mit T_{eff}=3000K
→ PLA_ 3000





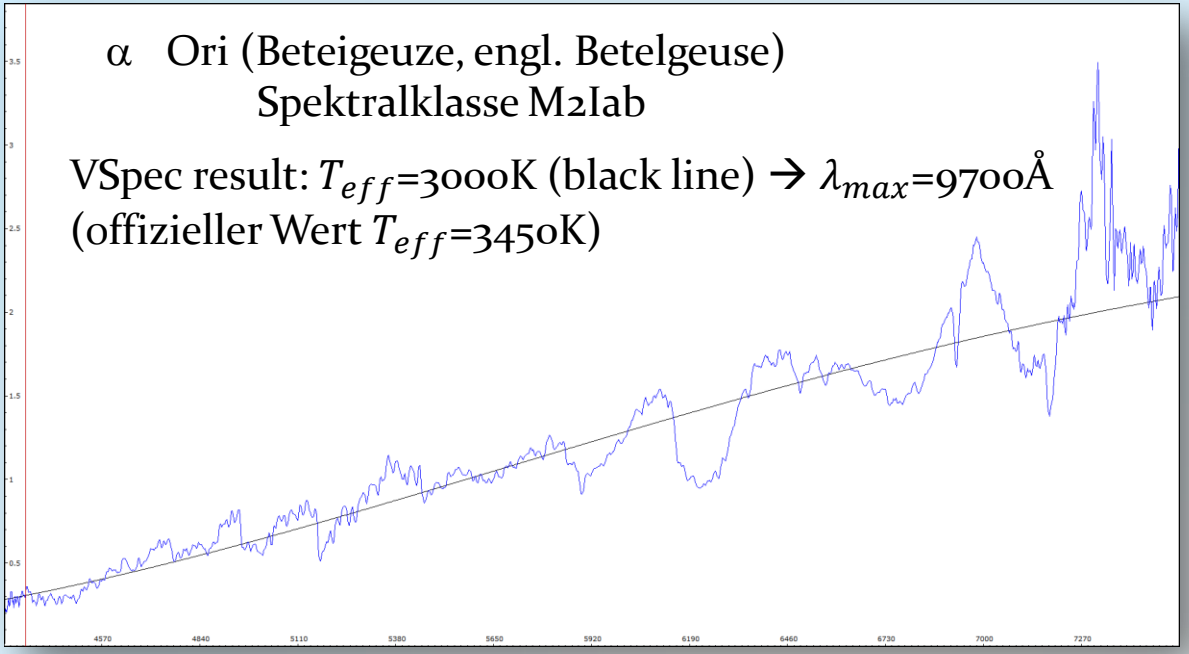
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

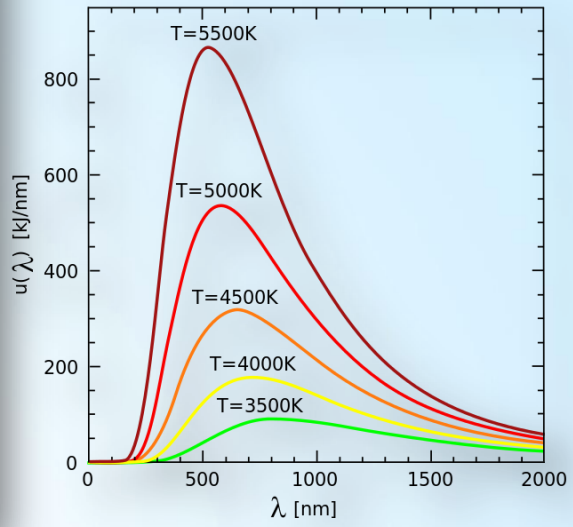
Schritt 7: Visual Spec (VSpec) – Bestimmung der Effektivtemperatur des Sterns

7.18 Wien'sches Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{max} \approx \frac{29000 \cdot 10^3 \text{Å} \cdot K}{T_{eff}}$$

λ_{max} : Wellenlänge des Maximums der Planckkurve
T_{eff} : Effektivtemperature [K]

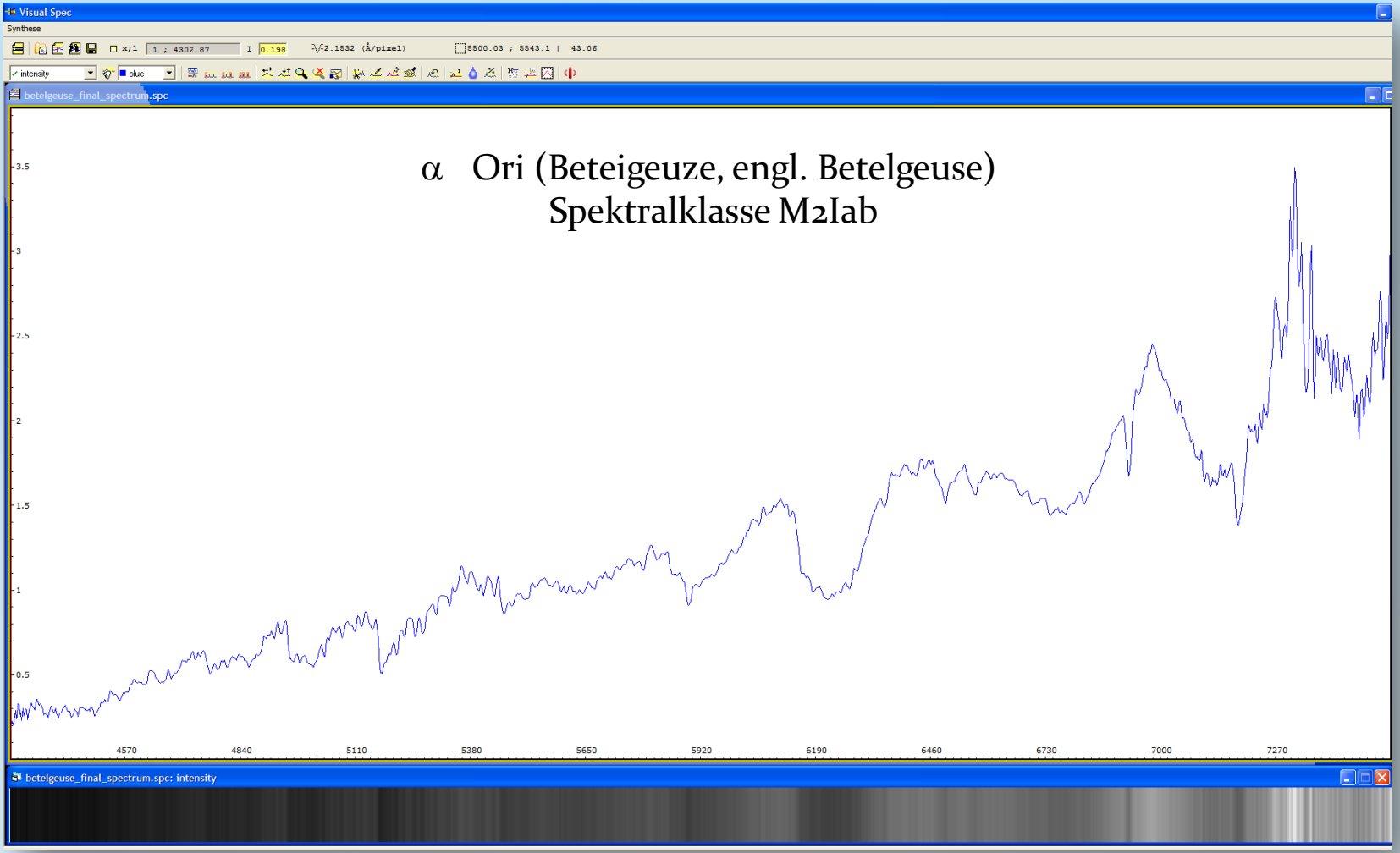




Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 8: Visual Spec (VSpec) - Synthetisches Schwarzweißspektrum

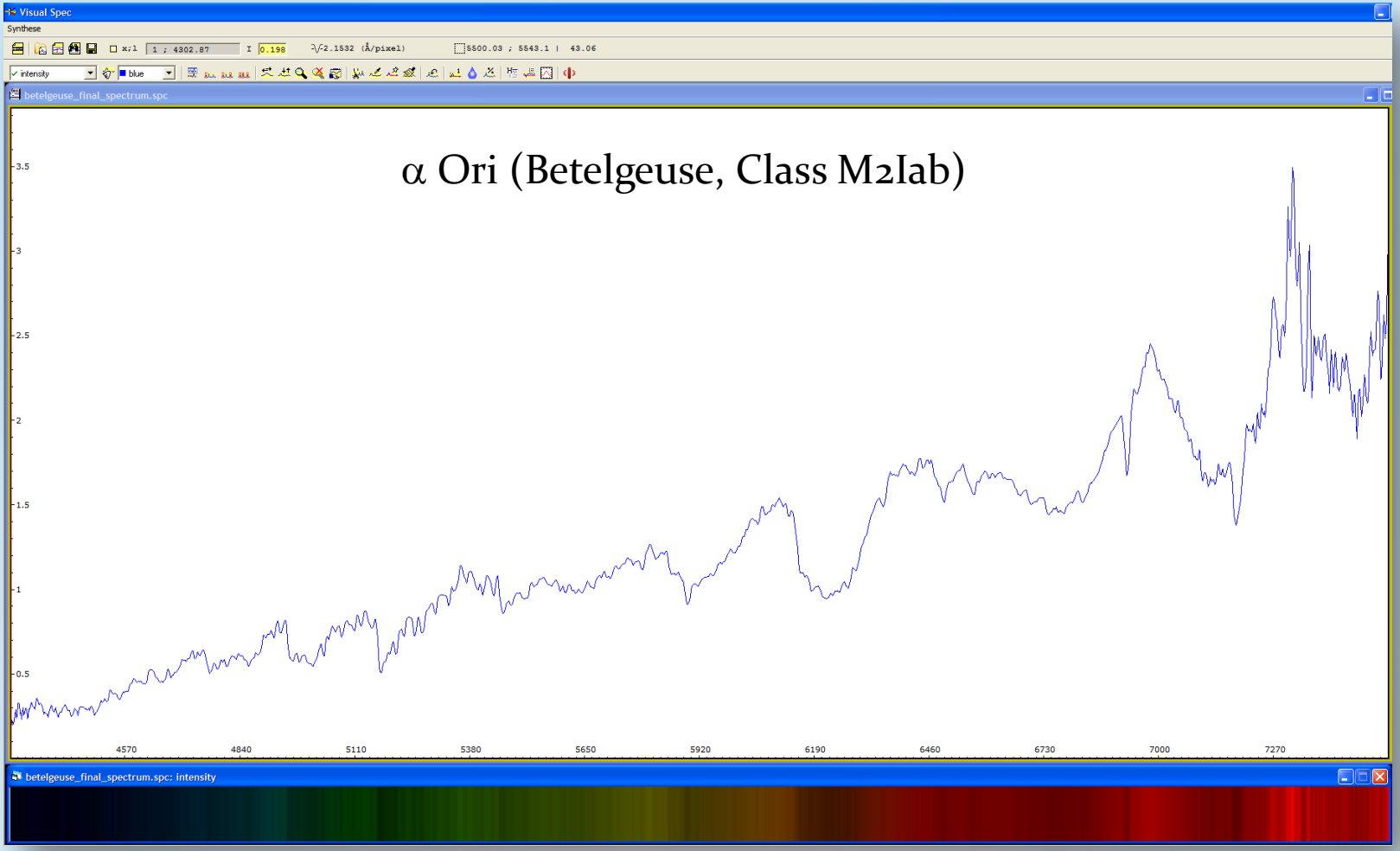
8.1 Synthese → Spektrum kann als Grafik gespeichert werden



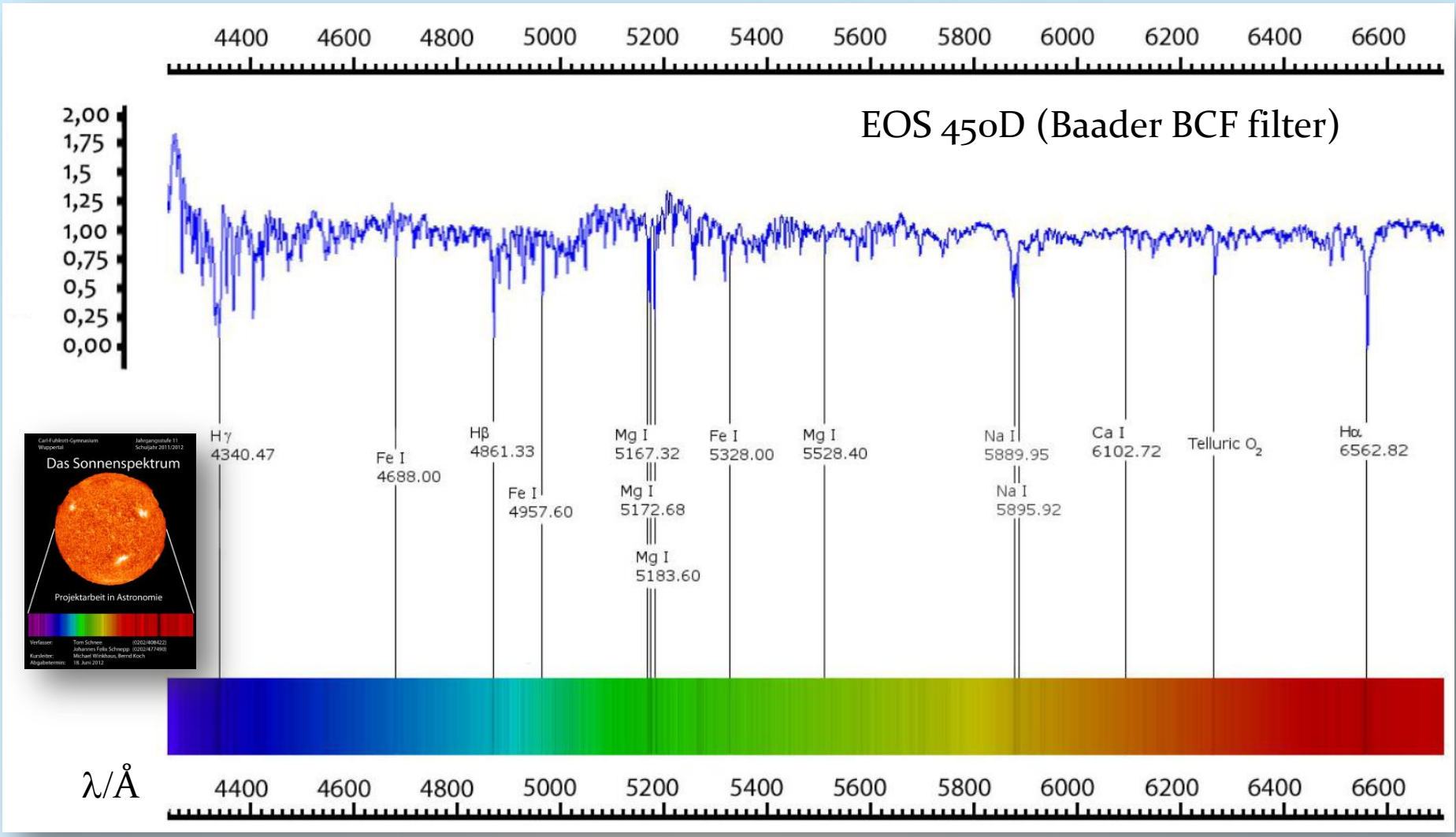
Stacken und Kalibrieren von Spektren einer Canon DSLR-Kamera

Schritt 8: Visual Spec (VSpec) – Synthetisches Farbspektrum

8.2 Synthese → Colorer → Spektrum kann als Grafik gespeichert werden

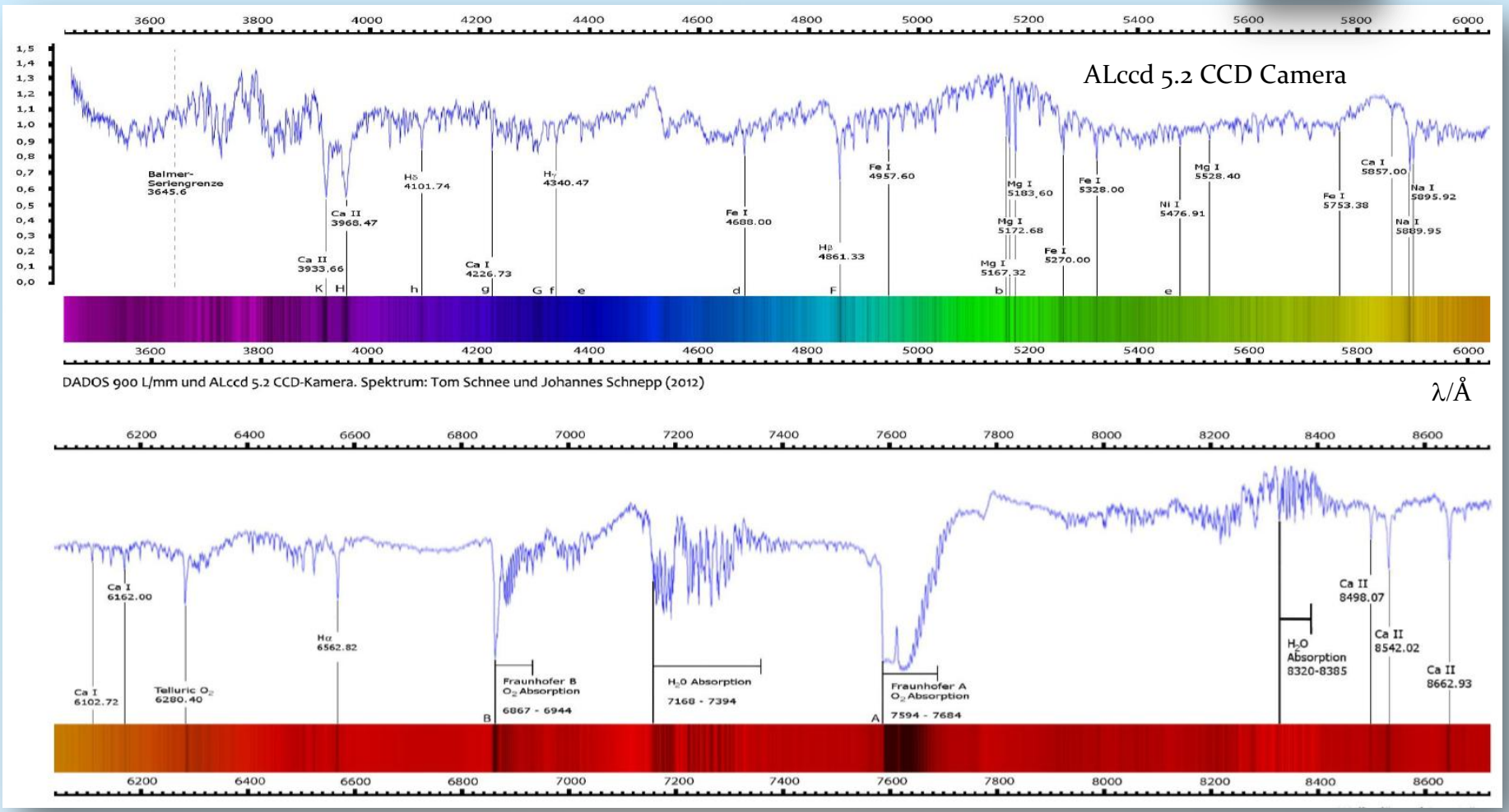


Das Sonnenspektrum



DADOS 900 Linien/mm und DSLR-Kamera Canon EOS 450Da (BCF). Facharbeit von Tom Schnee and Johannes Schnepp (CFG Wuppertal, 2012)

Das Sonnenspektrum



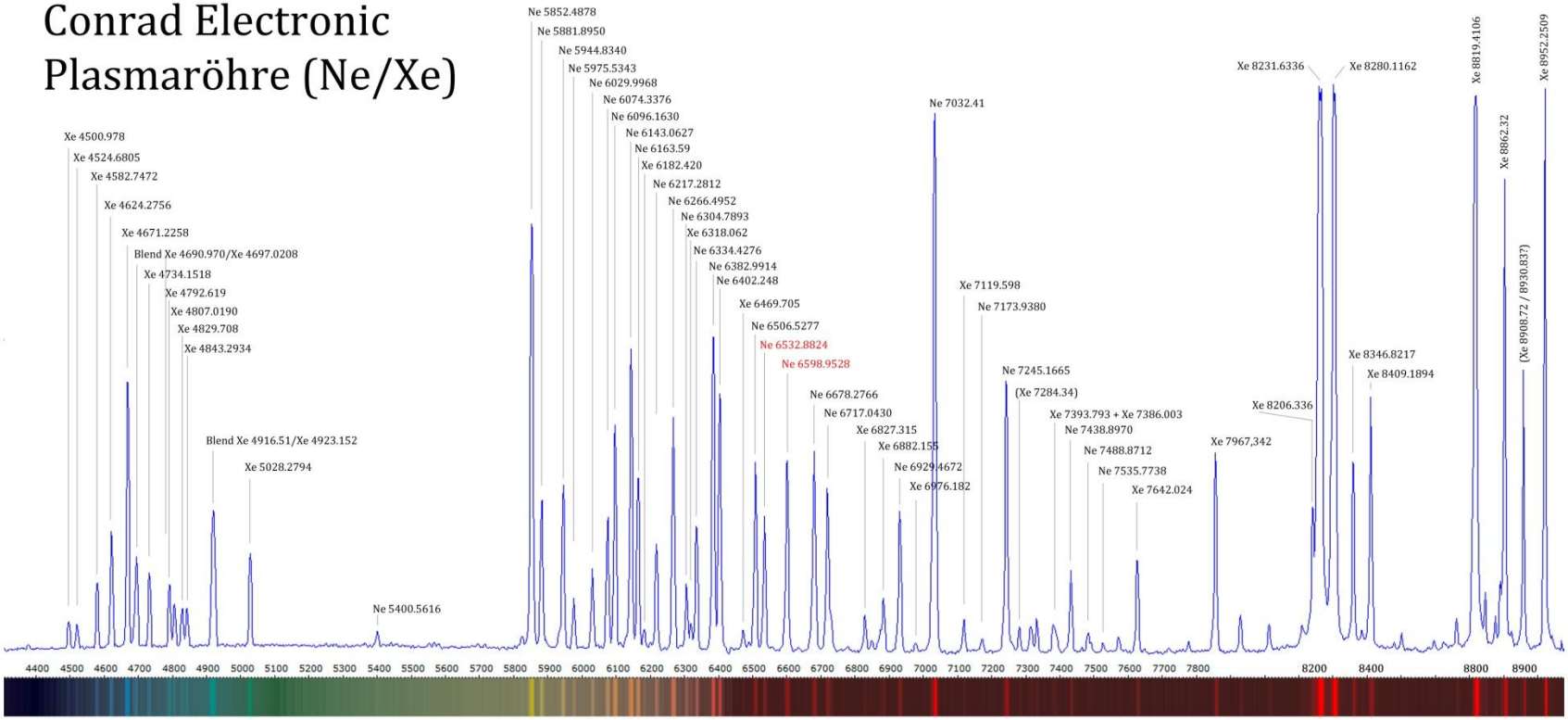
DADOS 900 Linien/mm und CCD-Kamera Alccd 5.2. Facharbeit von Tom Schnee and Johannes Schnepp (CFG Wuppertal, 2012)

Kalibrierung von Spektren mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic

Student astronomical observatory
at CFG College in Wuppertal/Germany

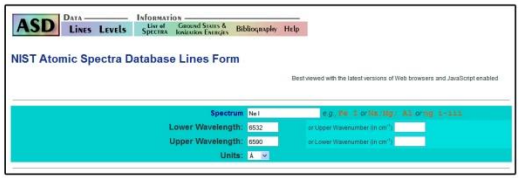
Credit: Dr. Thomas Schröfl

Conrad Electronic Plasmaröhre (Ne/Xe)



Spektrograph: Baader Planetarium DADOS 200 L/mm und CCD-Kamera SBIG ST-8300M.
Dispersion: ca. 2Å/px. Identifizierung & Kalibrierung des Xenon-Spektrums 4500Å - 5028Å: nach Kniazev, 2009
Ne/Xe-Plasmaröhre: www.conrad.de/ce/de/product/591136/Magic-Plasma-Roehre-Lichteffekt? queryFromSuggest=true.

Hinweise: Bei höherer spektraler Auflösung können die „Blends" aufgelöst und zur Kalibrierung herangezogen werden, nicht jedoch in diesem Lowres-Spektrum. Die Wellenlängen der beobachteten Linien des neutralen Xenons (Xe I) und neutralen Neons (Ne I) wurden der NIST-Datenbank entnommen (http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html). Diese Datenbank ist im Zweifel zu Rate zu ziehen. Bei der Wellenlängenkalibrierung darf man sich nicht blind auf Wellenlängentabellen in Werken oder Software verlassen. Das gilt insbesondere für Vspec und Richard Walkers Spektralatlas. Die Wellenlängen identifizierter Elemente wurden mit größtmöglicher Sorgfalt ermittelt, Irrtümer sind dennoch möglich. Wenn im Verlauf der Kalibrierung eine dieser Wellenlängen nicht passt, lasse man diese im Zweifel aus. Verfasser: Bernd Koch, 16.9.2013



Title: Atlas of Reference Spectra for RSS Observations

Author(s): Alexei Y. Kniazev
SALT_Ref_2252AA0001_v2.0.pdf (für Xenon)

Doc. number: 2252AA0001

Version: 2.0

Date: *July 12, 2009*

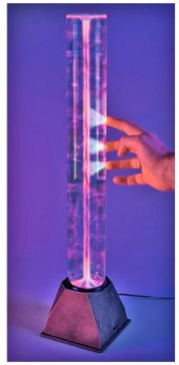
Keywords: Reference spectra

Approved: David Buckley (Ast Ops Manager)

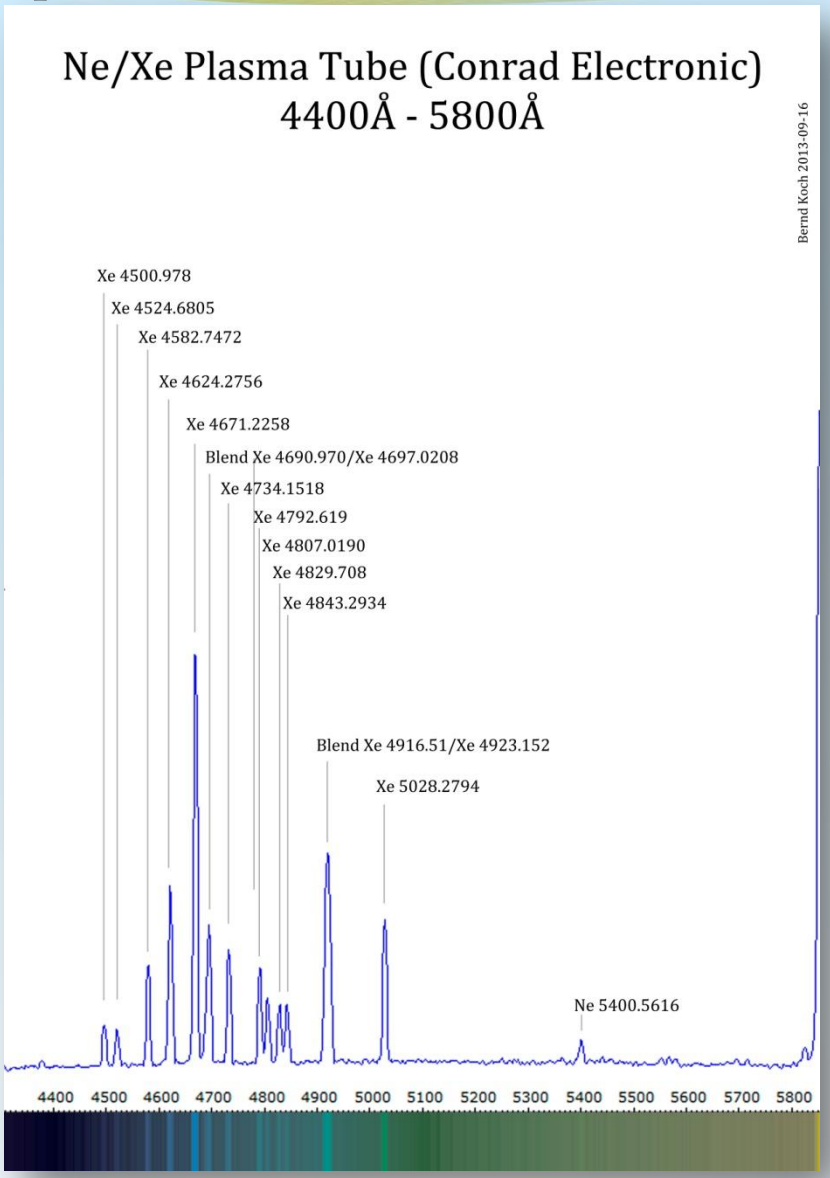
Signature:_____ Date:_____

ABSTRACT

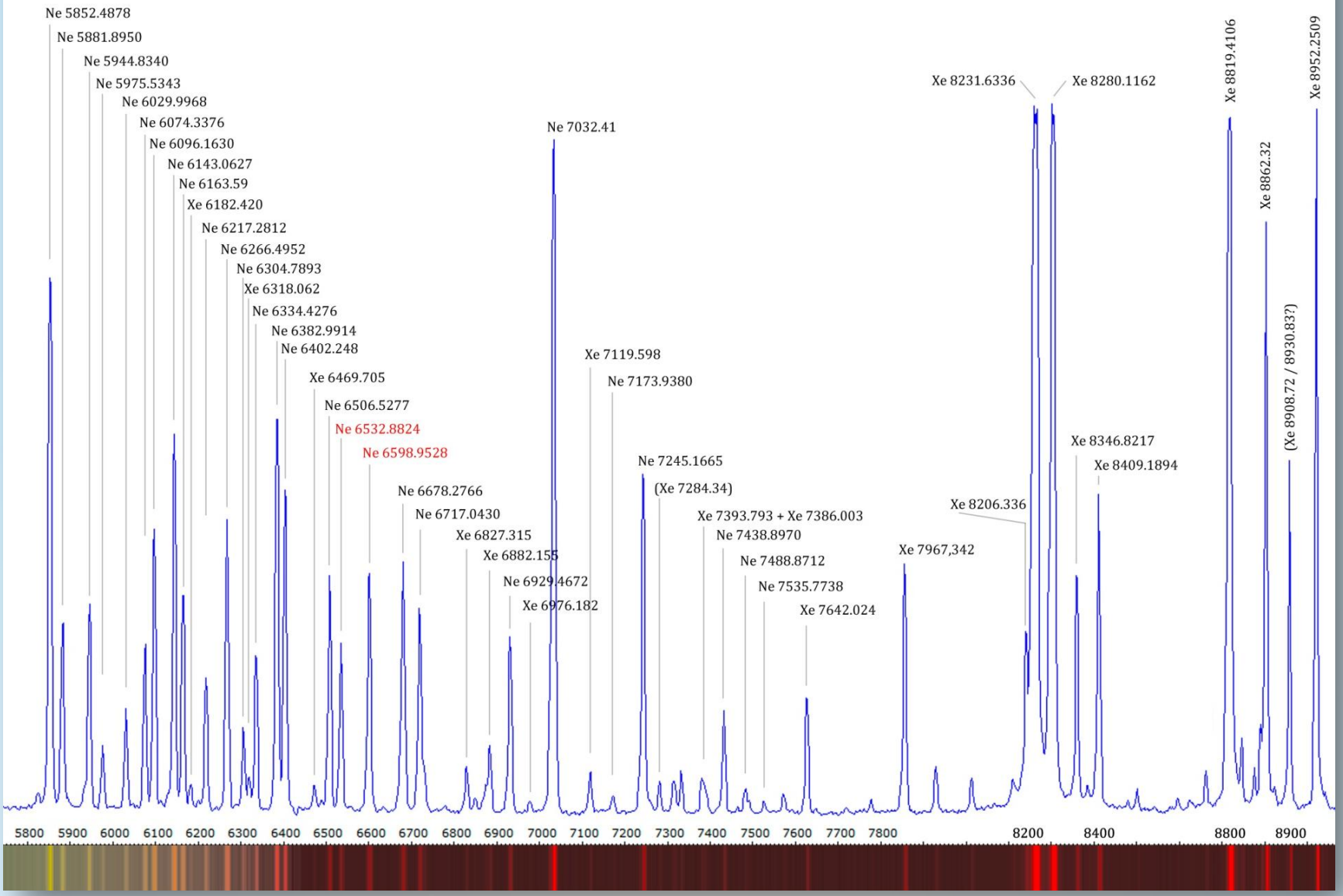
In this document current version of SALT atlases of reference spectra is presented. Spectra of Ar, CuAr, Ne, ThAr and Xe lamps are collected and identified for many RSS setups. For each setup the best lines are shown with their wavelengths. Calulated accuraces are also shown.



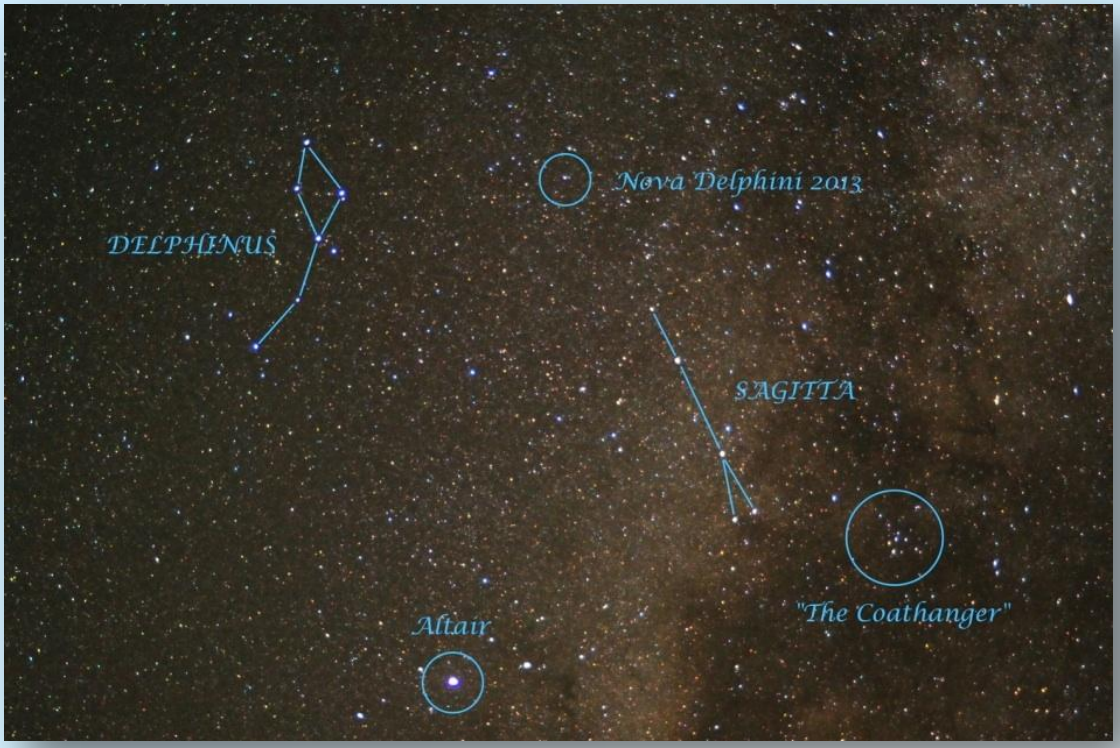
Kalibrierung von Spektren mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic

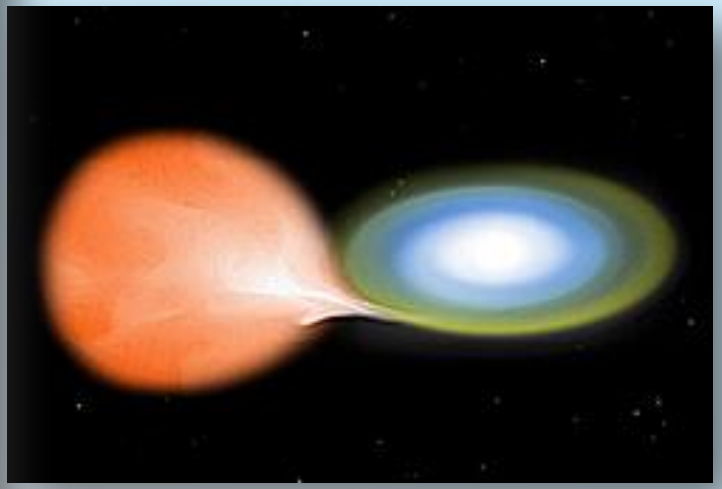


Kalibrierung von Spektren mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic



Nova Delphini 2013: Entdeckung August 14.8174 UT





http://en.wikipedia.org/wiki/Nova_Delphini_2013

PNV J20233073+2046041 (or **Nova Delphini 2013**) is a bright nova star in the constellation Delphinus. It was discovered on 14 August 2013 by amateur astronomer Koichi Itagaki in Japan, and confirmed by the Liverpool Telescope on La Palma. The nova appeared with a magnitude 6.8 when it was discovered and peaked at magnitude 4.3 on 16 August.[1]

Nova

From Wikipedia, the free encyclopedia

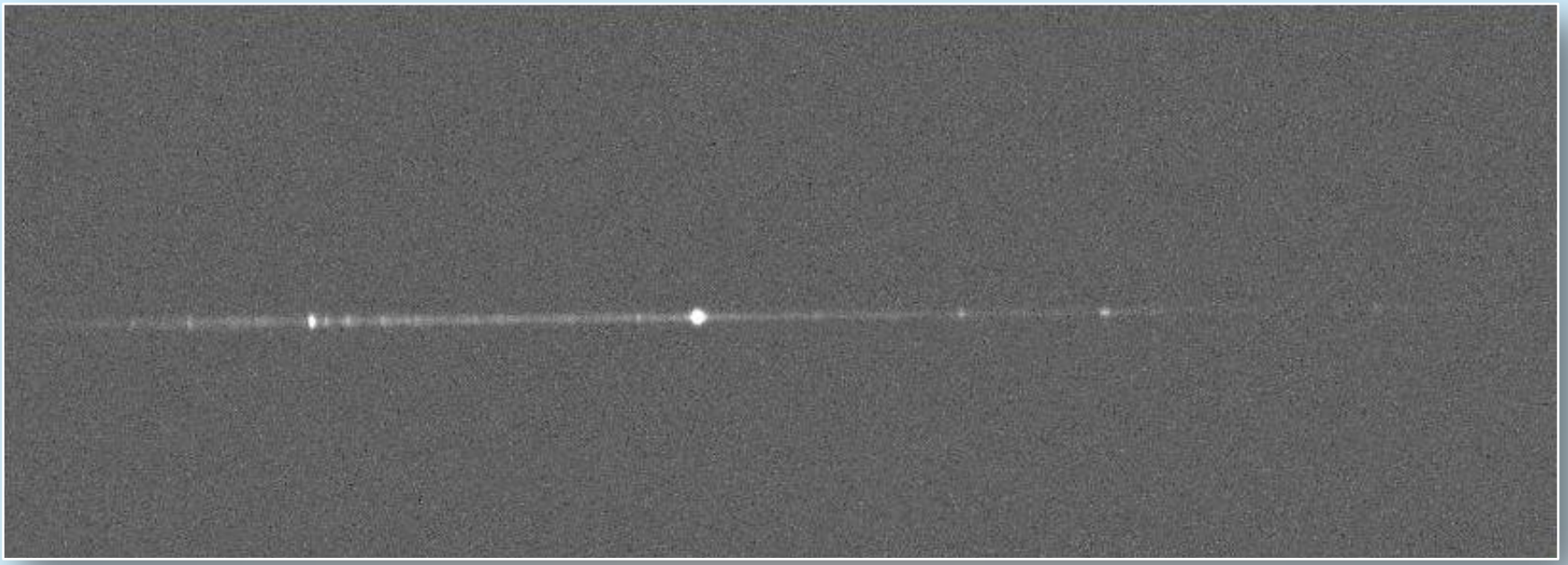
For other uses, see Nova (disambiguation) and Novas (disambiguation).

A **nova** (plural *novae* or *novas*) is a cataclysmic nuclear explosion in a white dwarf, which causes a sudden brightening of the star. Novae are not to be confused with other brightening phenomena such as supernovae or luminous red novae. A nova is caused by the accretion of hydrogen on to the surface of the star, which ignites and starts nuclear fusion in a runaway manner. Novae are thought to occur on the surface of a white dwarf in a binary system. If the two stars are close enough, material can be pulled from the companion star's surface onto the white dwarf.

Nova Delphini 2013: August 16, 2013

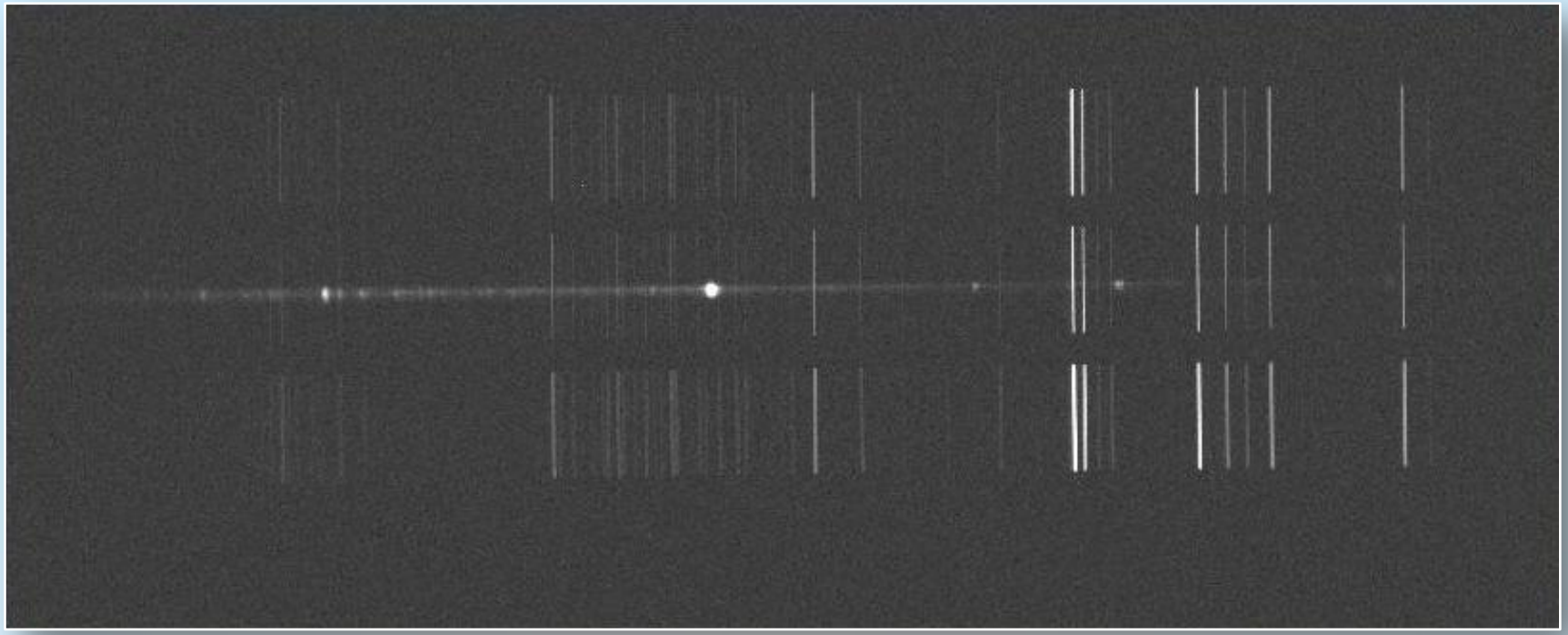
2013-08-16 | 23.22 UT – 23.55 UT | Mitte der Belichtung August 16.985 UT | 0.3m-Teleskop, f/7.8 f=2340mm | SBIG ST-8300M | Baader RGB Filter | Nova-Maximum: Aug. 16.45 @ V=4.3 mag
Image & Processing: Bernd Koch, Sörth/Germany

Nova Delphini 2013: 2013-09-05.9 UT



Spektrum: DADOS 200 Linien/mm & SBIG ST-8300M CCD-Kamera | 0.3m-Teleskop

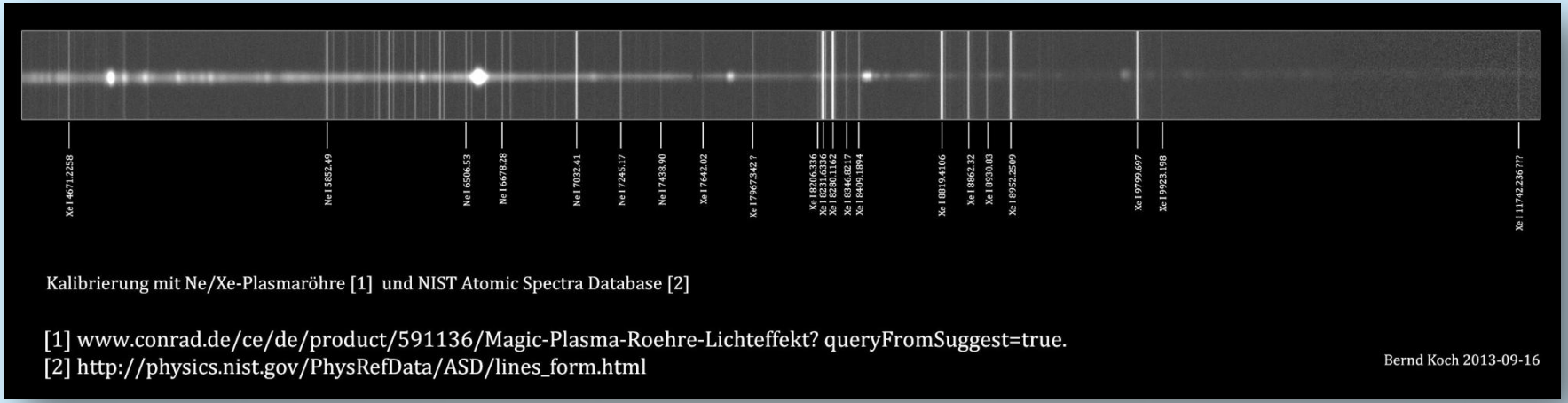
Nova Delphini 2013: 2013-09-05.9 UT
Kalibrierung mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic

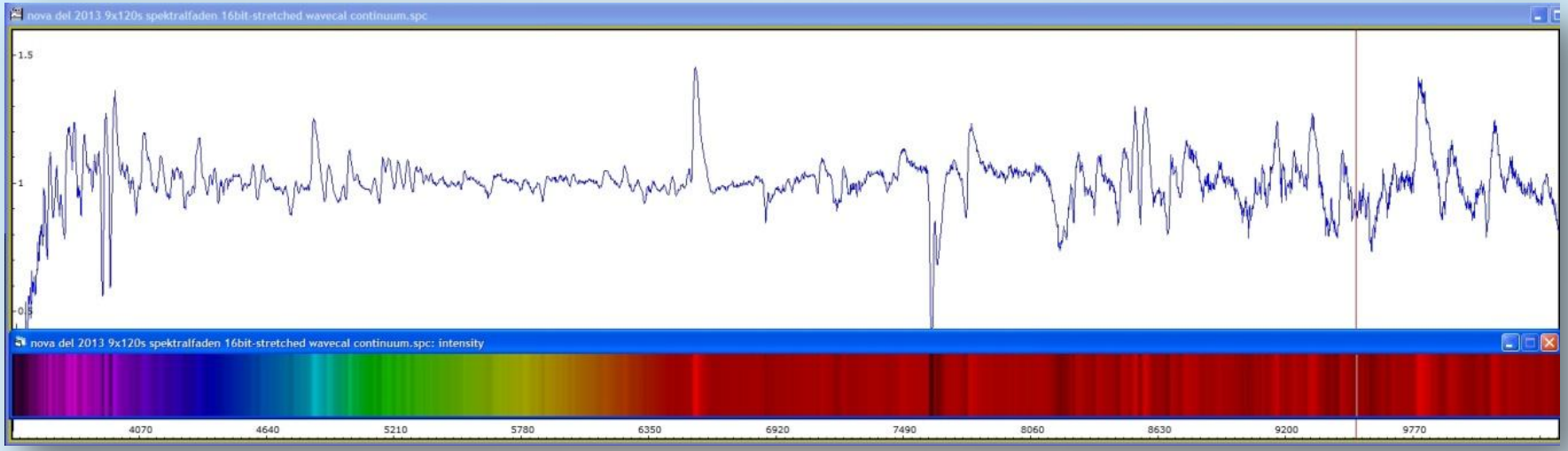


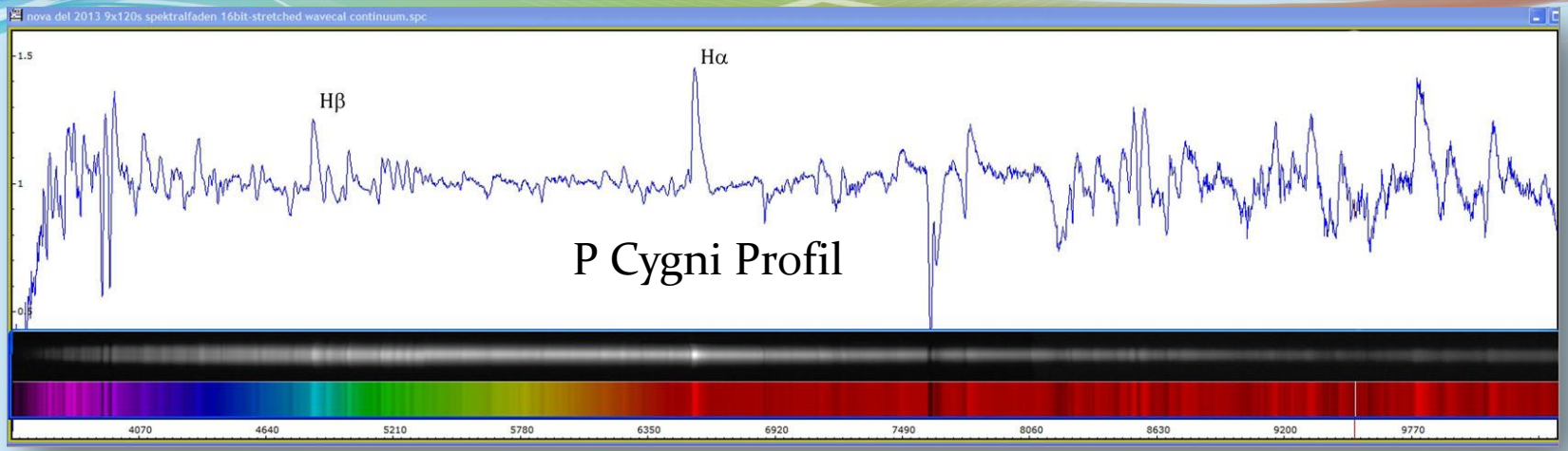
Spektrum: DADOS 200 Linien/mm & SBIG ST-8300M CCD-Kamera | 0.3m-Teleskop
Ne/Xe Plasmaröhre vor dem Teleskop. Überlagerung des Referenzspektrums während der Belichtung des Novaspektrums.

Nova Delphini 2013-09-05.88785 UT

Kalibrierung mit Ne/Xe Plasmaröhre von Conrad Electronic





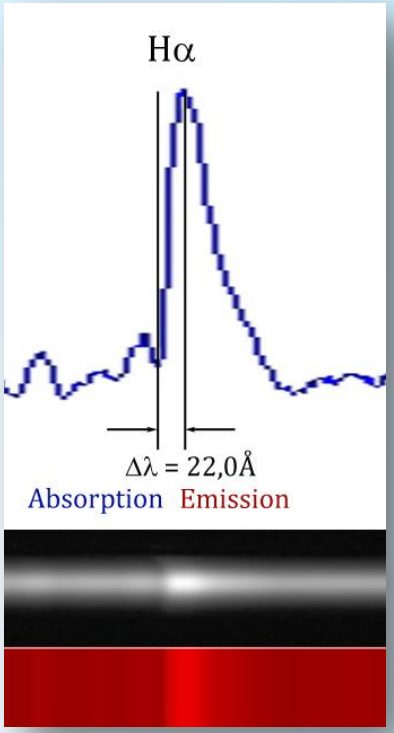


2013-08-19 | 20.01 UT – 20.33 UT | Mitte der Aufnahme: August 19.84722 UT | DADOS 200 L/mm
Stacking: FITSWORK mit 9 x 120s | Kalibrierung: VisualSpec

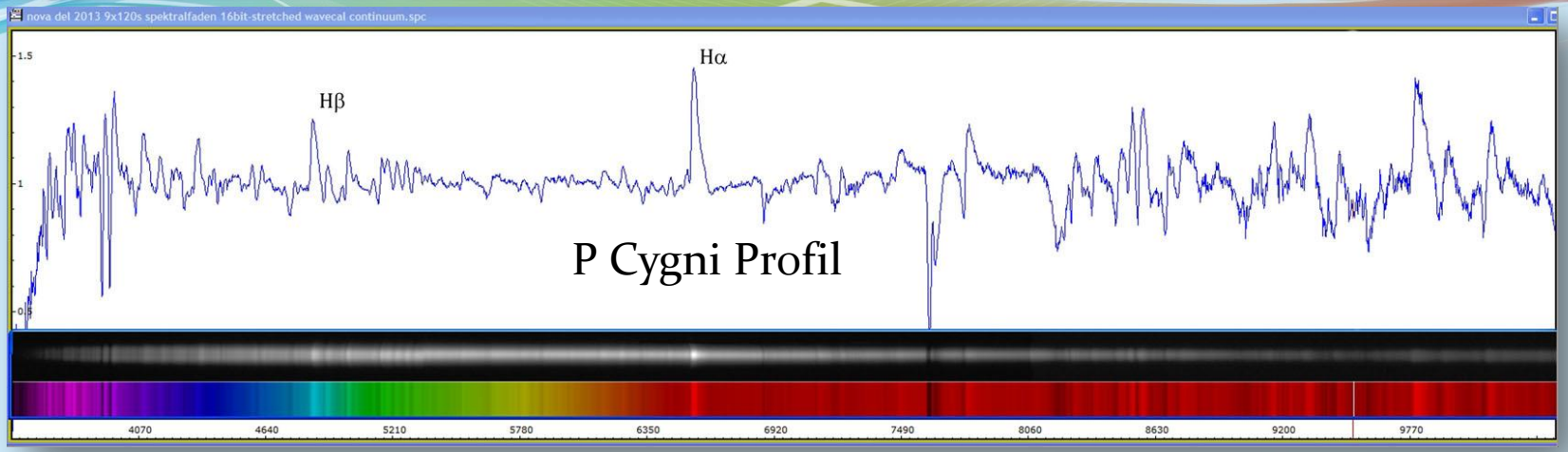
Die Expansionsgeschwindigkeit v_r der Novahülle kann mit Hilfe des P Cygni Profils bei Hα bestimmt werden:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}\, c_0 = 1005\ \frac{km}{s}$$

$$\Delta\lambda = 22.0\text{Å},\ \lambda_0 = 6562.82\text{Å},\ c_0 = 299792\ \frac{km}{s}$$



Ref.: www.ursusmajor.ch/downloads/beitrag-zur-spektroskopie--9.1.pdf

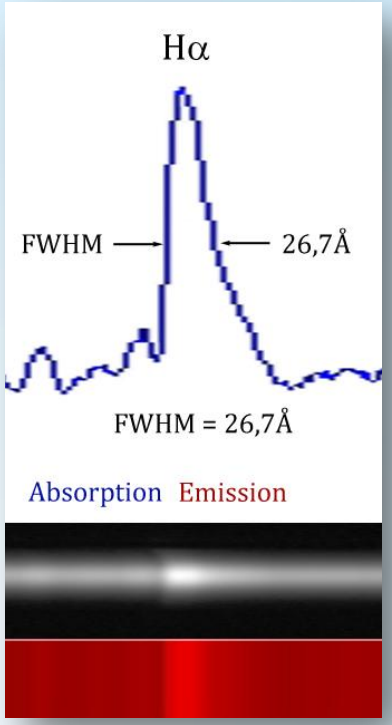


2013-08-19 | 20.01 UT – 20.33 UT | Mitte der Aufnahme: August 19.84722 UT | DADOS 200 L/mm
Stacking: FITSWORK mit 9 x 120s | Kalibrierung: VisualSpec

Die Expansionsgeschwindigkeit v_r der Novahülle kann zudem aus der Verbreiterung der Emissionslinie Hα abgeschätzt werden:

$$v_r \approx \frac{FWHM}{\lambda_0}\, c_0 = 1220\ \frac{km}{s}$$

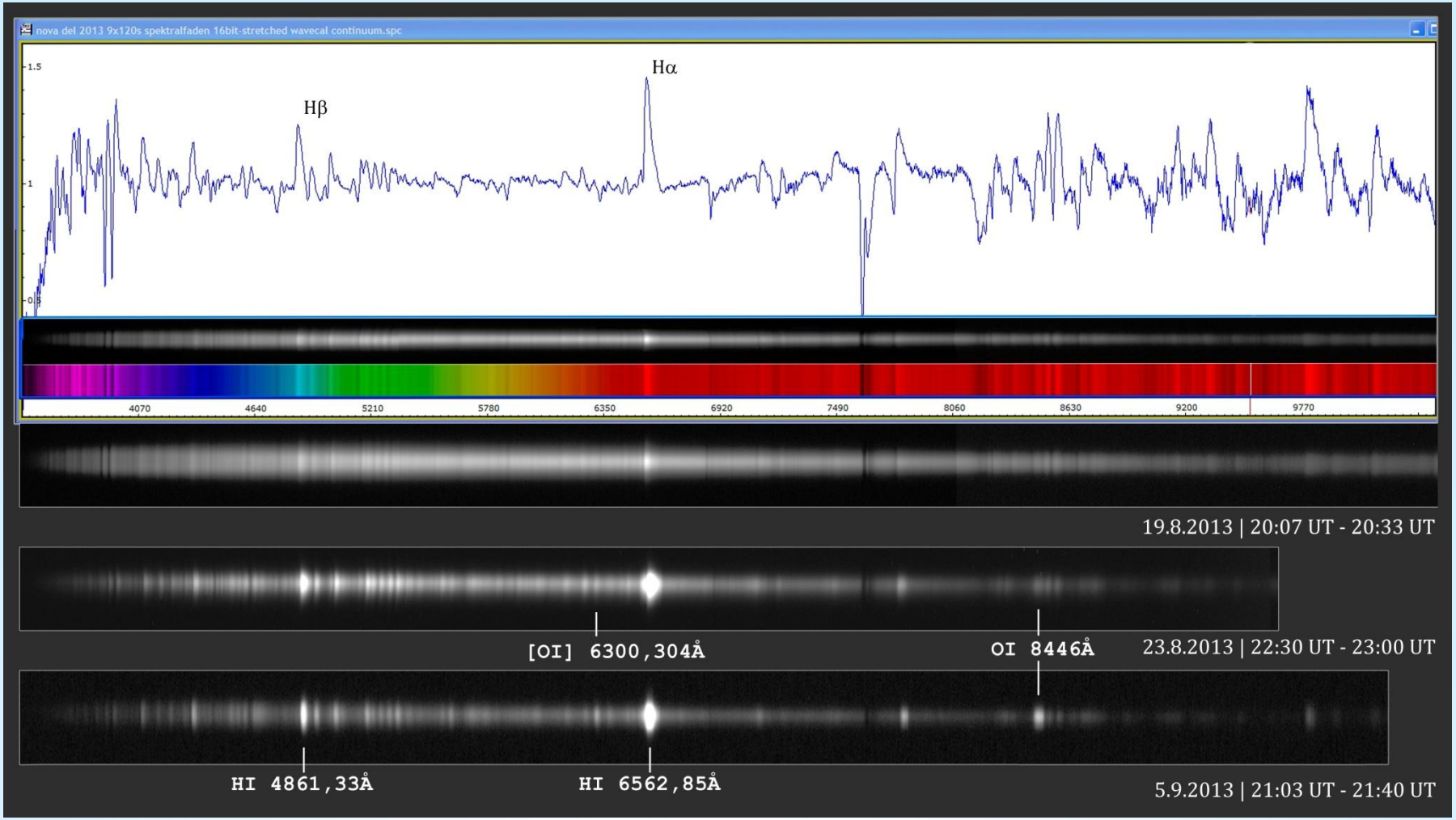
$$FWHM = 26.7\text{Å}, \lambda_0 = 6562.82\text{Å}, c_0 = 299792\ \frac{km}{s}$$



Ref.: www.ursusmajor.ch/downloads/beitrag-zur-spektroskopie--9.1.pdf

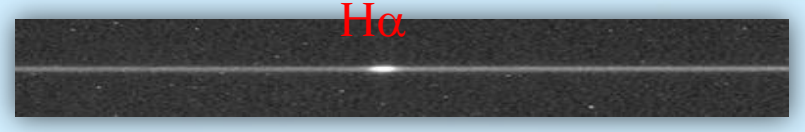
Nova Delphini 2013-08-19/23 & 2013-09-05

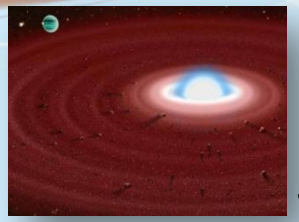
Alle Spektren mit DADOS 200 Linen/mm und 0.3m-Teleskop von Bernd Koch



Nova Delphini Datenbank: www.astrosurf.com/aras/novae/Nova2013Del.html

Spectroskopie des Be-Sterns γ Cas



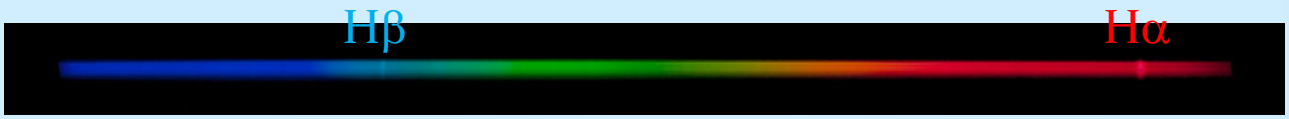


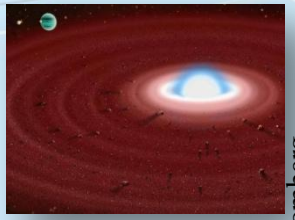
Credit: Gemini Observatory Illustration by Jon Lomberg

- Celestron 11 EdgeHD + DADOS 900 Linien/mm + STF-8300M CCD-Kamera
- Pentax 75 + 2x-Converter + DADOS 900 L/mm + STF-8300M CCD-Kamera
- Spektrumaufnahme & Videokamera-Guiding: MaxIm DL, PHD Guiding

- Platziere γ Cas auf den mittleren der drei Spalte (25 µm) für höchste Auflösung
- Der Spalt sollte parallel zur Deklinationsrichtung (δ) ausgerichtet sein
- Drehe an der Mikrometerschraube und zentriere die Hα-Emission
- Wähle Belichtungszeit unter der Sättigungsgrenze des Sensors (ca. 1s … 60s)
- Guiding: (monochrome) Videokamera Skyris 274M / TIS DMK 41
- Ca. 20 Bilder pro Spektrum aufnehmen; speichere in Ordner: “gamma Cas“
- Ca. 20 Dunkelbilder gleicher Belichtungszeit und Temperatur. Ordner: “darks“
- Optional: Flatfields mit „Auto-Dark“. Ordner: „flats“
- Dark/Flat-Kalibrierung mit MaxIm DL; Stacking der Spektren mit FITSWORK
- Spektrumkalibrierung mit Visual Spec (VSpec).

Spectroscopy of Be star γ Cas





Credit: Gemini Observatory Illustration by Jon Lomberg

- Celestron 11 + DADOS 900/200 Linien/mm + EOS 450D (ISO 800, Autodark)
- Pentax 75 + 2x-Converter + DADOS 900/200 Linien/mm + EOS 450D (ISO 800)
- Spektrumaufnahme & Videokamera-Guiding: MaxIm DL, PHD Guiding

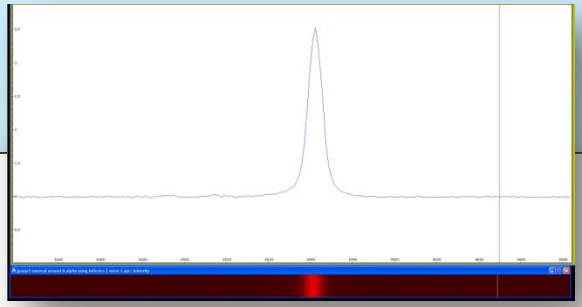
- Der Spalt sollte parallel zur Deklinationsrichtung (δ) ausgerichtet sein
- Drehe an der Mikrometerschraube zentriere zwischen Hα und Hβ
- Wähle Belichtungszeit unter der Sättigungsgrenze des Sensors (ca. 1s ... 60s)
- Guiding: (monochrome) Videokamera Skyris 274M / TIS DMK 41
- Ca. 20 Bilder pro Spektrum aufnehmen; speichere in Ordner: "gamma Cas"
- Stacking mit FITSWORK
- Spektrumkalibrierung mit Visual Spec (VSpec)

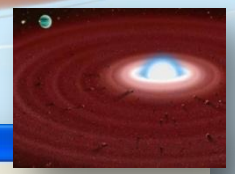
Spektrum des Be-Sterns γ Cas

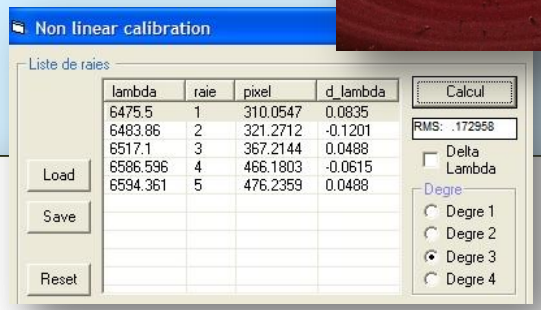
γ Cassiopeiae (circled) is found in the middle of the "W"

Observation data	Epoch J2000	Equinox J2000
Constellation	Cassiopeia	
Right ascension	$00^h\ 56^m\ 42.50108^s$[1]	
Declination	+60° 43′ 00.2984″[1]	
Apparent magnitude (V)	2.47[2]	
Characteristics		
Spectral type	B0.5 IVe[3]	
U−B color index	−1.08[2]	
B−V color index	−0.15[2]	
Variable type	Gamma Cas	
Astrometry		
Radial velocity (R_V)	−6.8[4] km/s	
Proper motion (μ)	RA: +25.17[1] mas/yr Dec.: −3.92[1] mas/yr	
Parallax (π)	5.94 ± 0.12[1] mas	
Distance	550 ± 10 ly (168 ± 3 pc)	
Details		
Mass	19.3 ± 0.1[5] $M_\odot$	
Radius	10[6] $R_\odot$	
Luminosity	55,000[7] $L_\odot$	
Surface gravity (log g)	3.50[6] cgs	
Temperature	30,900[7] K	
Rotational velocity ($v \sin i$)	300[7] km/s	

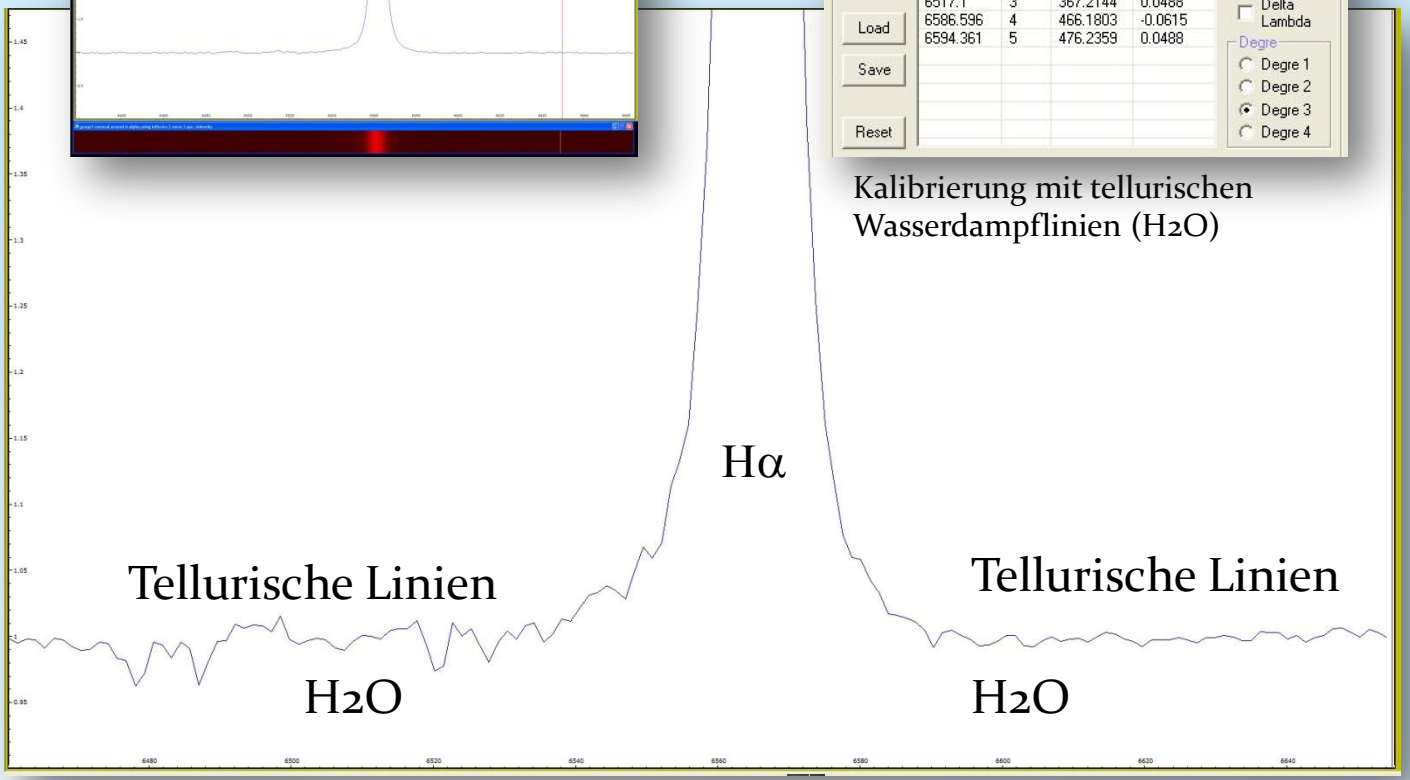
http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_Cas







Kalibrierung mit tellurischen Wasserdampflinien (H2O)

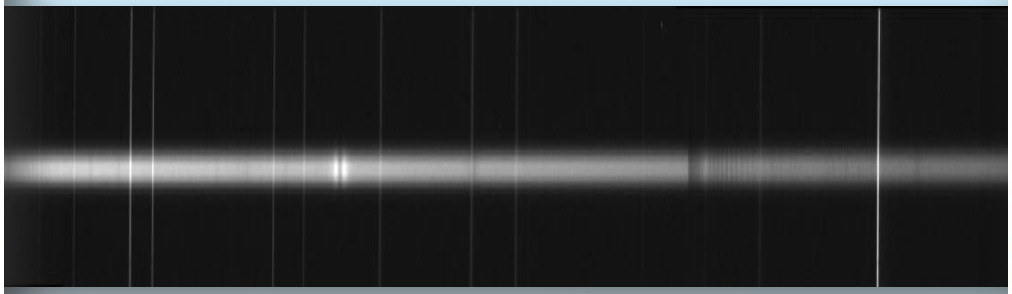


Credit: Gemini Observatory Illustration by Jon Lomberg

Date: 2011-04-19.882 UT | C11 EdgeHD (0.28m aperture, f/10). DADOS 900 lines/mm grating. CCD camera Alccd 5.2 (QHY6). Single exposure: 120s. Average of 20 exposures. Darkframe subtraction, no flatfielding. Spectral resolution 2.3 Å at 6563Å. Calibration with VisualSpec (telluric H2O). FWHM=7.9Å, EW=-23.4Å (6520Å-6605Å), RV=-5.2 km/s. Spectrum obtained at a spectroscopy workshop at the College CFG Wuppertal/Germany. Calibration & results: Bernd Koch

Spektrum des Be-Sterns ζ Tau

Details	
ζ Tau A	
Mass	11.2[3] $M_\odot$
Radius	5.5[3] $R_\odot$
Luminosity	4,169[5] $L_\odot$
Temperature	15,500[5] K
Rotational velocity ($v \sin i$)	125[6] km/s
Age	22.5 ± 2.6[7] Myr
ζ Tau B	
Mass	0.94[3] $M_\odot$
Other designations	
123 Tauri, HR 1910, HD 37202, BD+21 908, FK5 211, HIP 26451, SAO 77336, GC 6985.[8]	

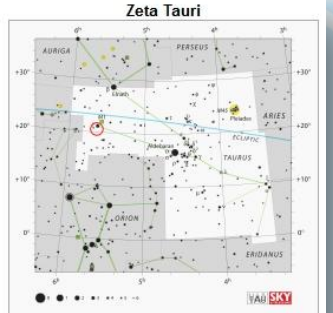


Ne I 6506.5277Å

Ne I 6532.8824Å

Hα

Ne I 6598.9528Å



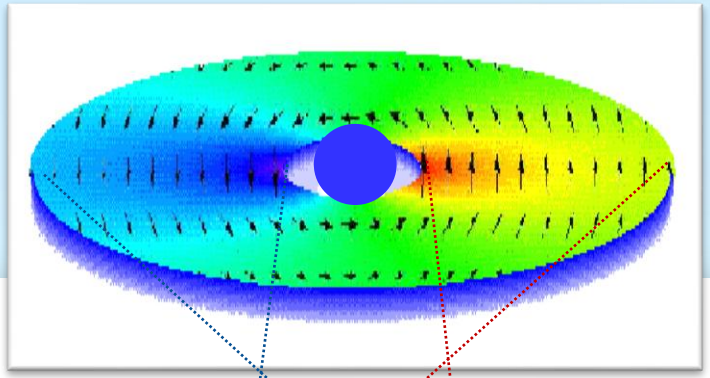
Location of ζ Tauri (circled)

Observation data	
Epoch J2000.0 Equinox J2000.0 (ICRS)	
Constellation	Taurus
Right ascension	05h 37m 38.68542s[1]
Declination	+21° 08′ 33.1588″[1]
Apparent magnitude (V)	3.010[2]
Characteristics	
Spectral type	B2 IIIpe[3]
U−B color index	−0.749[2]
B−V color index	−0.164[2]
Astrometry	
Radial velocity (R_V)	+20[4] km/s
Proper motion (μ)	RA: +1.78[1] mas/yr Dec.: −20.07[1] mas/yr
Parallax (π)	7.33 ± 0.82[1] mas
Distance	approx. 440 ly (approx. 140 pc)
Orbit[3]	
Period (P)	132.987 days
Semi-major axis (a)	1.17 AU
Eccentricity (e)	0.0 (assumed)
Inclination (i)	92.8°
Longitude of the node (Ω)	−58.0°
Periastron epoch (T)	2,447,025.6 HJD
Argument of periastron (ω) (secondary)	0.0 (assumed)°
Semi-amplitude (K_1) (primary)	7.43 km/s

Date: 2014-03-10, mid-exposure 23.30 UT| 0.3m aperture, f/10. DADOS 1200 lines/mm grating. CCD camera SBIG ST-8300M, total exposure 3x300s with darkframe subtraction, without flatfielding. Spectral resolution about 1.49 Å. Calibration with Xenon/Neon plasma tube and VisualSpec software. Image processing & spectrum calibration: Bernd Koch

Spektrum des Be-Sterns ζ Tau

DADOS 1200 lines/mm
SBIG ST-8300M, 1 x 1 Binning



Spectrum calibration VisualSpec

lambda	raie	pixel	d_lambda
6402.248	1	1276.519	0.
6506.528	2	1503.454	-0.0034
6532.882	3	1560.68	0.0039
6598.953	4	1703.958	-0.001
6717.043	5	1958.968	0.

Calcul
RMS: .005356
Delta Lambda
Degre
Degre 1
Degre 2
Degre 3
Degre 4

Hα intensity in the red (R) and violet wing (V) of the Hα line

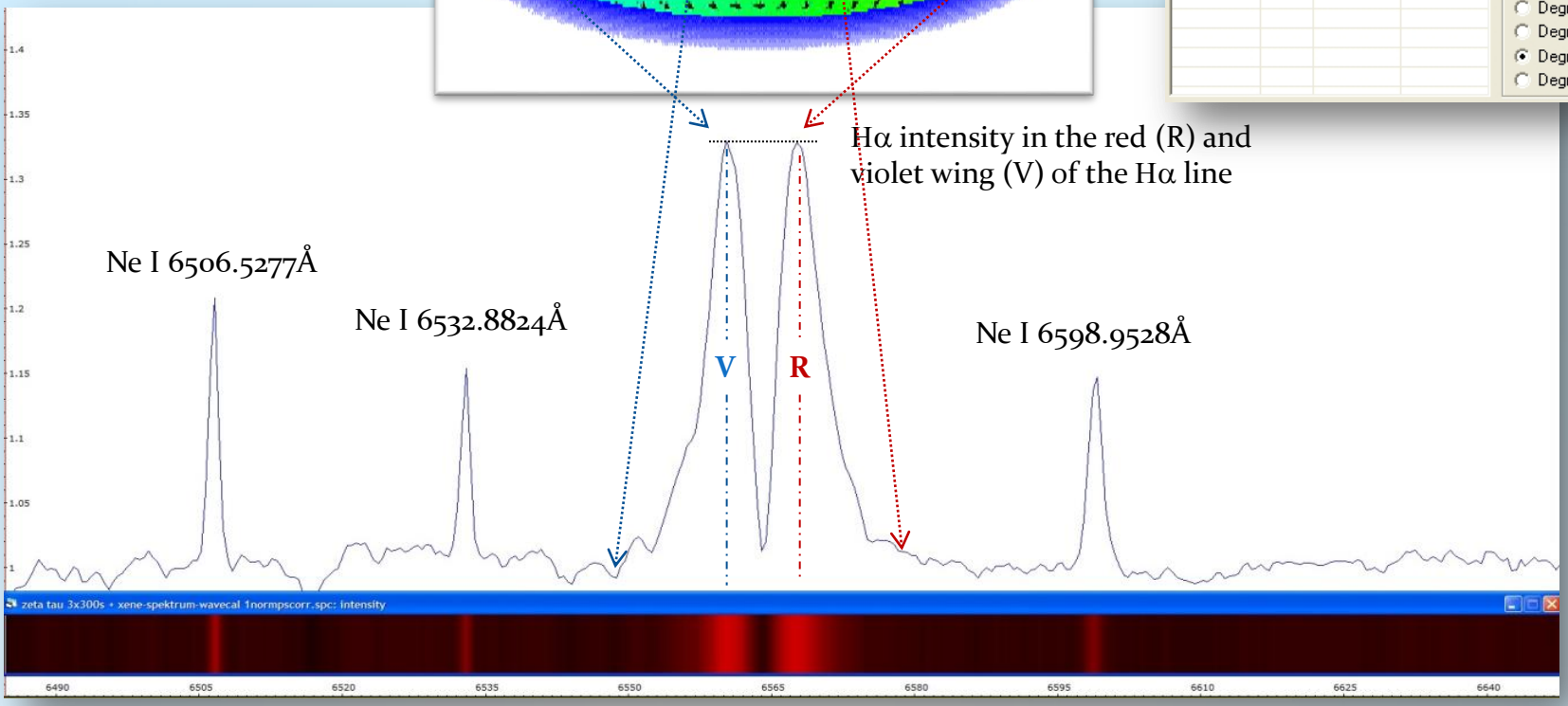
Ne I 6506.5277Å

Ne I 6532.8824Å

Ne I 6598.9528Å

V

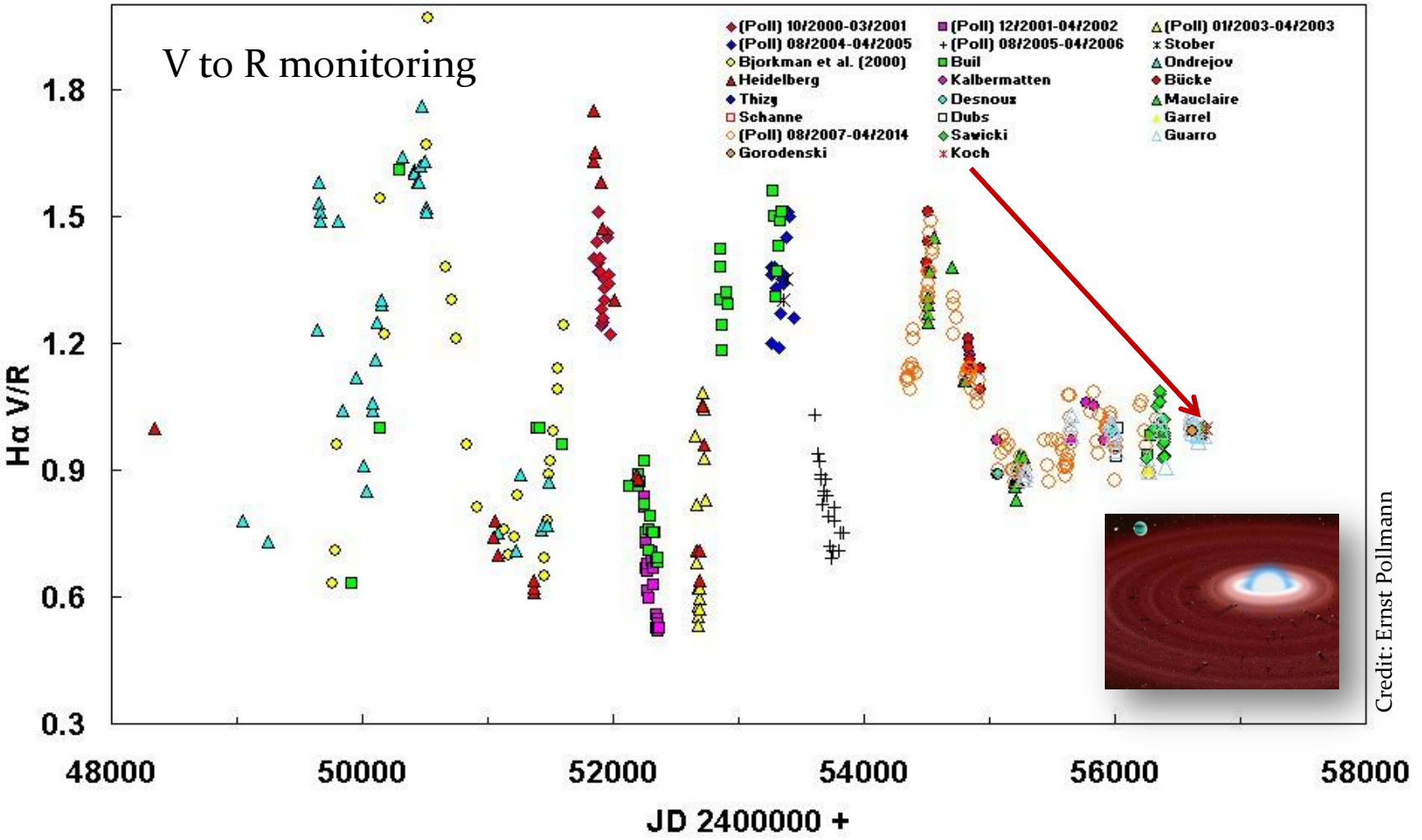
R



Credit: Gemini Observatory Illustration by Jon Lomberg

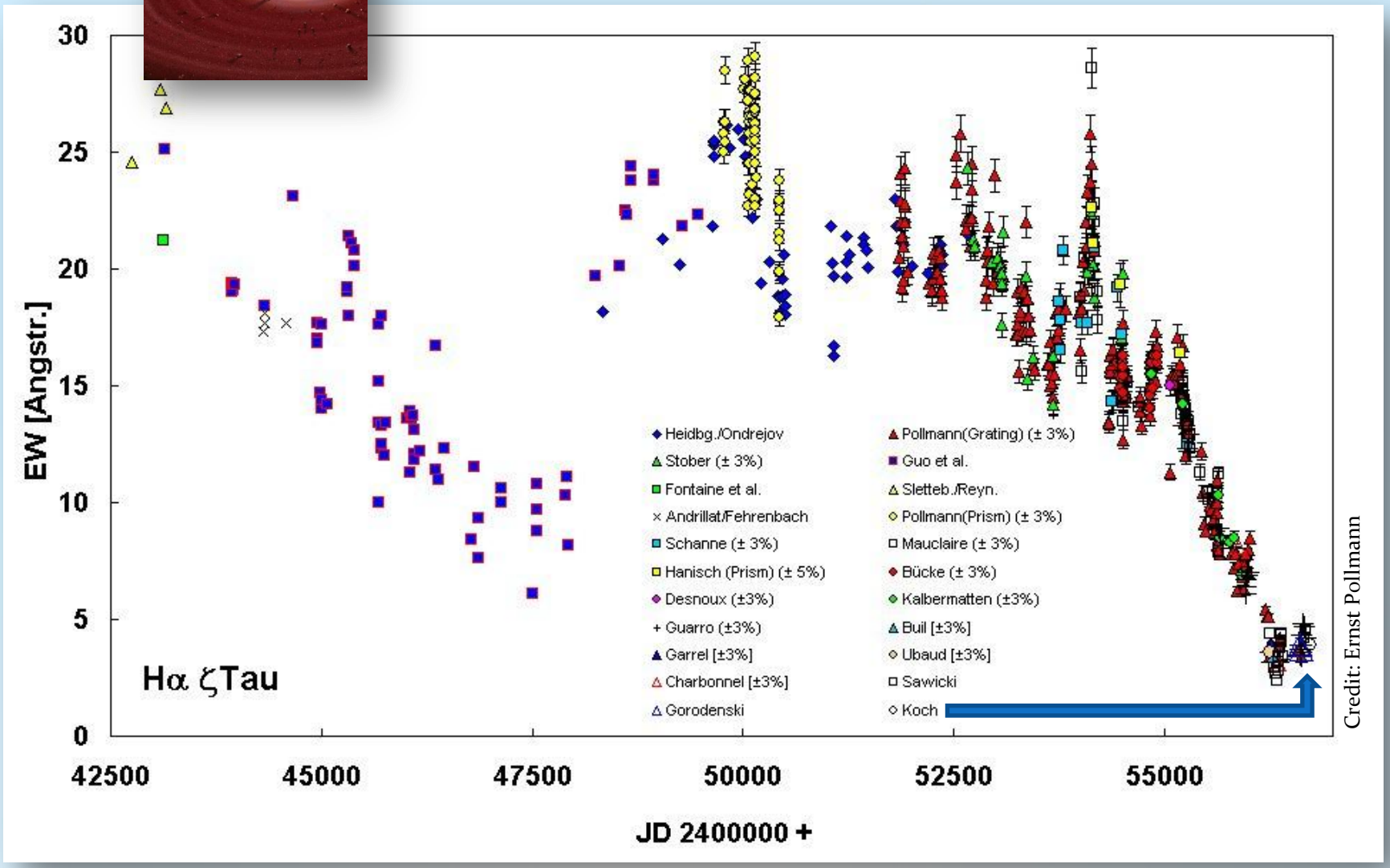
Date: 2014-03-10, JD 2456727.386 | Spectral resolution: 1.5Å | Radial velocity v=30.9 km/s
EW=-3.9Å (6540Å-6590Å) | V/R=1.00 | by Bernd Koch and Ernst Pollmann

Spektrum des Be-Sterns ζ Tau



Multi-epoch Near-Infrared Interferometry of the Spatially Resolved Disk Around the Be Star ζ Tau (Schaefer et al., http://arxiv.org/abs/1009.5425)

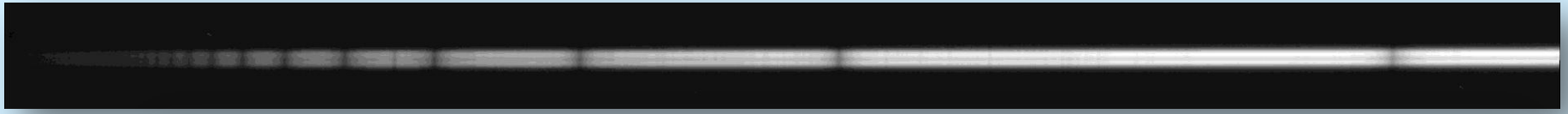
Spektrum des Be-Sterns ζ Tau

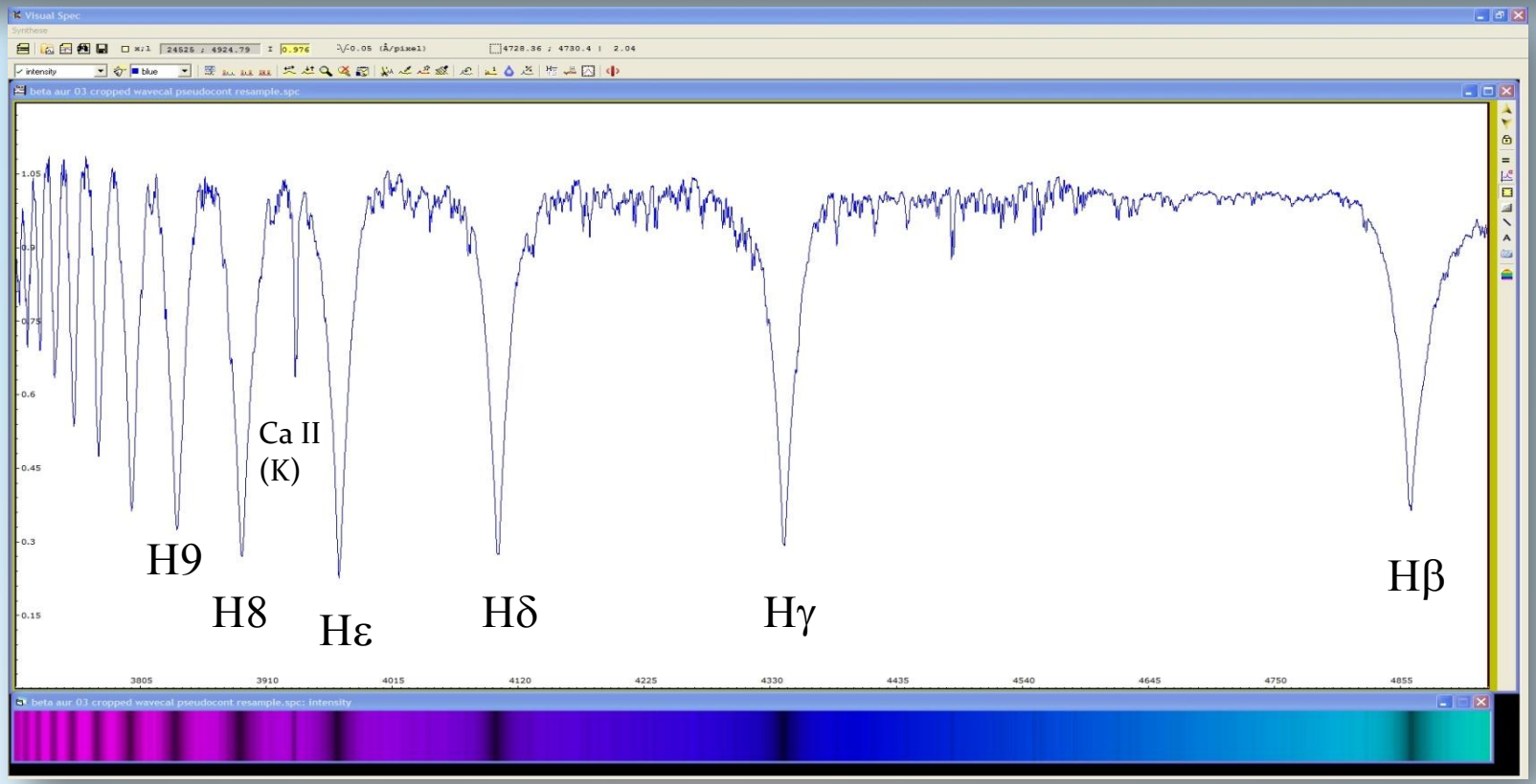


Credit: Ernst Pollmann

Credit: Gemini Observatory Illustration by Jon Lomberg

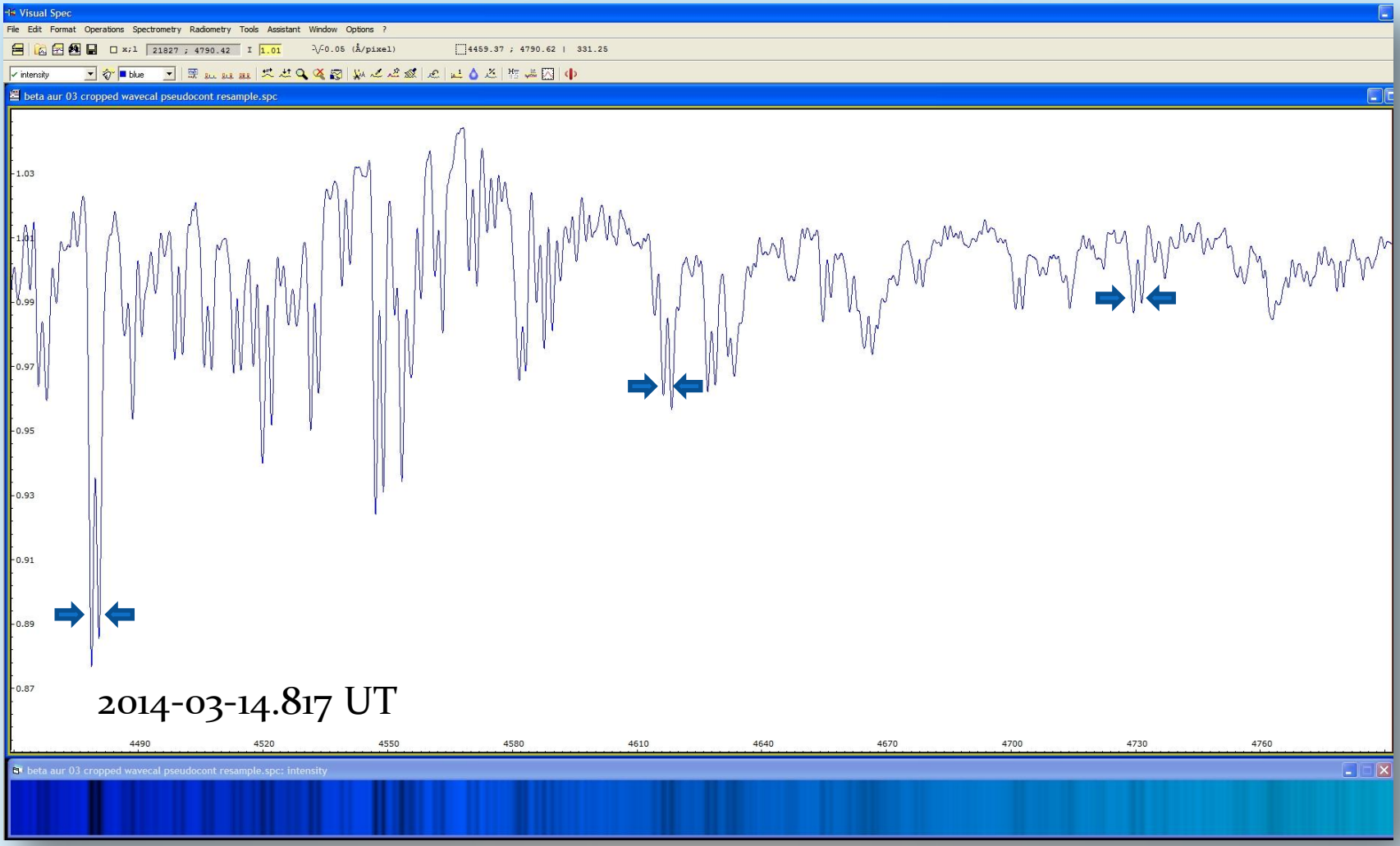
Spektroskopischer Doppelstern β Aur





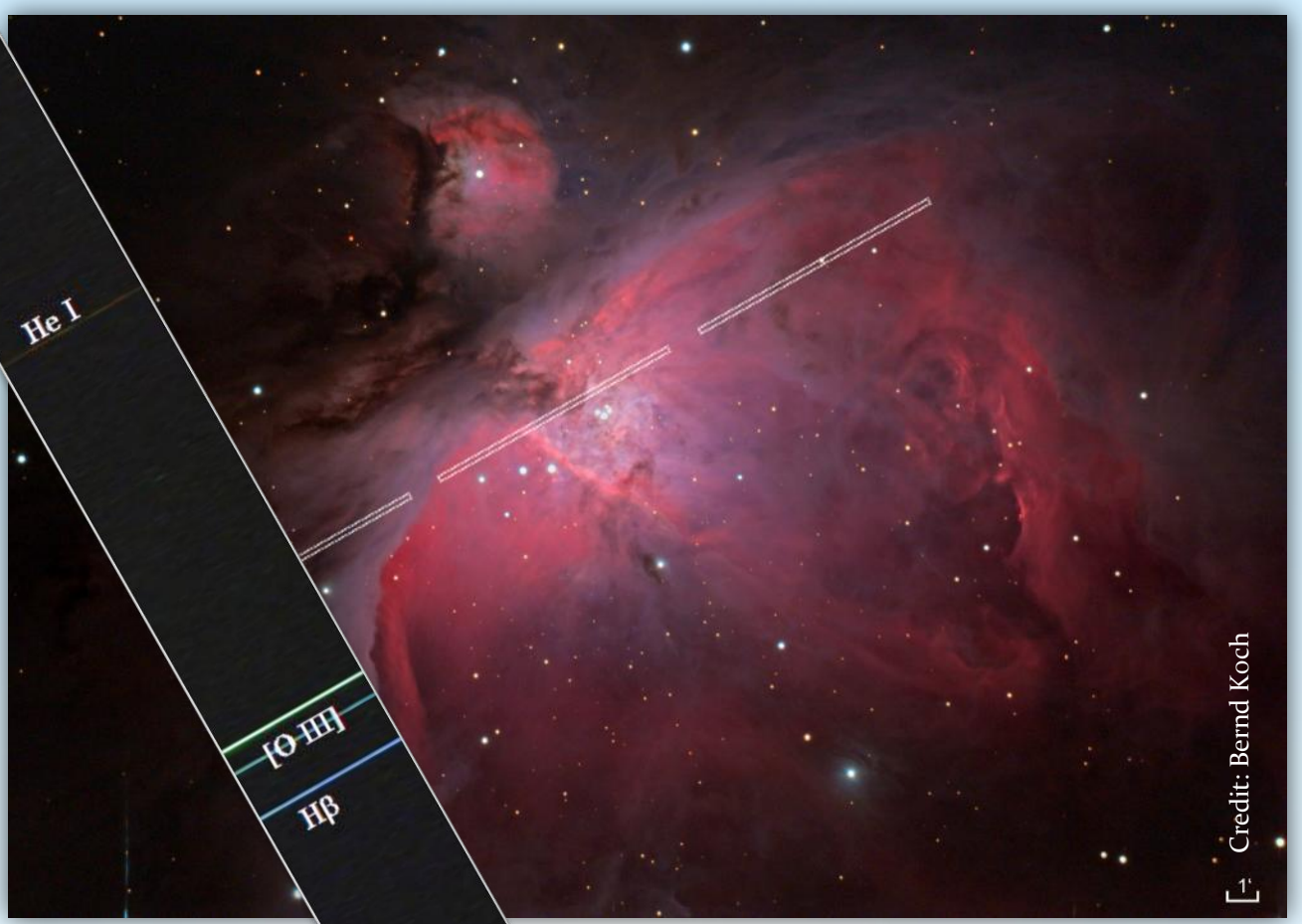
Date: 2014-03-14.817 UT | 0.3m aperture f/10 | DADOS 1200 lines/mm grating | 120s exposure
CCD camera SBIG ST-8300, 5.4 Micron Pixel | Spectral resolution 1.5Å | Calibration and creation of a synthetic colour spectrum with VisualSpec software| Image and calibration by Bernd Koch

Spektroskopischer Doppelstern β Aur



Line splitting $\Delta\lambda$ approximately 1.9Å in the covered spectral range due to Doppler shift caused by the stars' combined rotational velocity $v. \Delta\lambda/\lambda = v/c.\ c = 299792.5\ km/s$, average: $v = 126.3\ km/s \pm 6.2\ km/s$

Projekt: Emissionsnebel M42



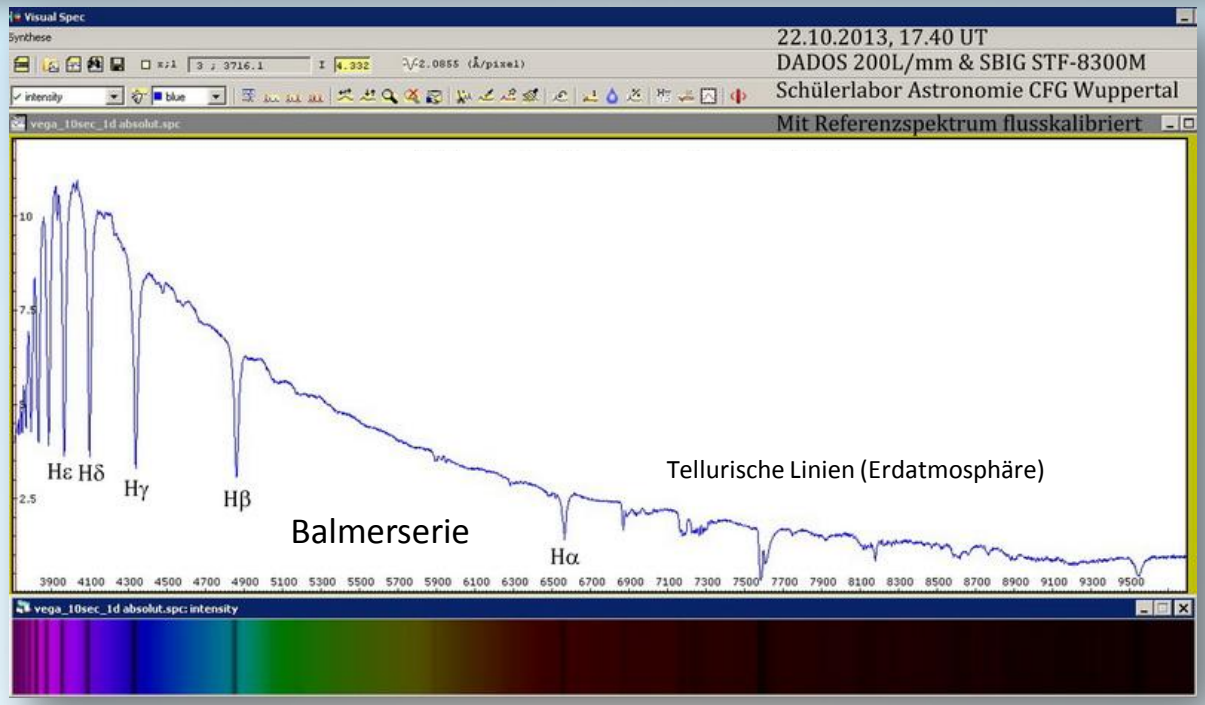
DADOS 200 lines/mm.
Central slit, 25µm

Stacken & Kalibrieren von Spektren mit einer STF-8300M CCD-Kamera

In einer zukünftigen Ausgabe dieses Tutorials werden Stacking und Kalibrierung von Spektren einer monochromen CCD-Kamera behandelt ….

α Lyr (Vega) – Spectral Class AoV

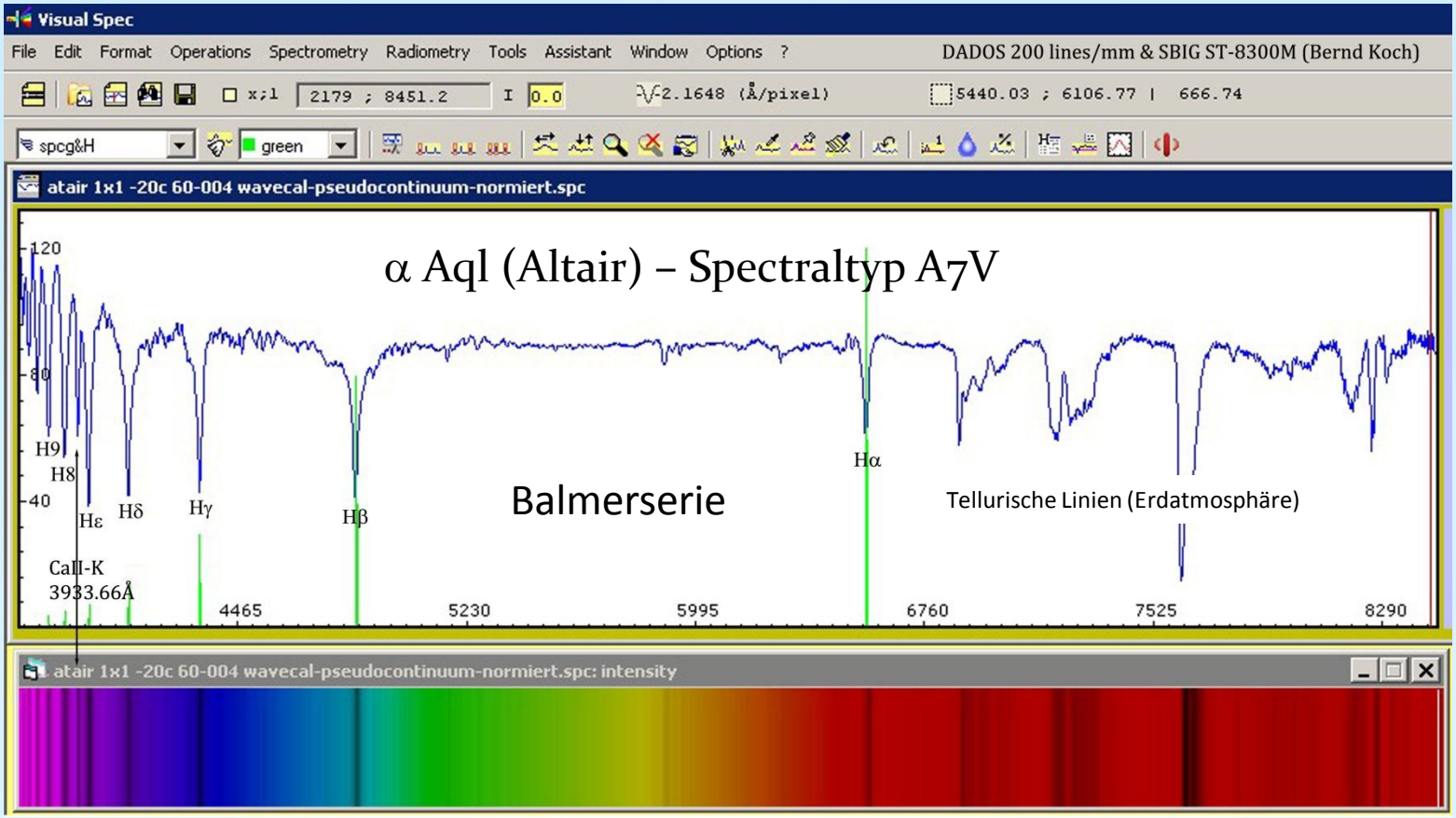
2013-10-22 | 17.40 UT | Exposure time 10s (with Autodark)| DADOS 200 lines/mm | SBIG STF-8300M | Student astronomical observatory at Carl-Fuhlrott College in Wuppertal/Germany | Credit: Thomas Schröfl



Calibration by Bernd Koch

Stacken & Kalibrieren von Spektren mit einer STF-8300M CCD-Kamera

In einer zukünftigen Ausgabe dieses Tutorials werden Stacking und Kalibrierung von Spektren einer monochromen CCD-Kamera behandelt ....



2013-09-13 | 19.20 UT | Stack of 10 x 1s exposure time 10s (Autodark)| DADOS 200 lines/mm | SBIG ST-8300M
Image and calibration: Bernd Koch

Referenzen und empfohlene Literatur

von Bernd Koch

DADOS Betriebsanleitung
http://www.baader-planetarium.de/dados/download/dados_manual_deutsch.pdf

Richard Walkers Texte zur Sternspektroskopie
http://www.ursusmajor.ch/astrospektroskopie/richard-walkers-page/

Spektralatlas 4.0
Praktische Aspekte der Astrospektroskopie 2.0
Analyse und interpretation astronomischer Spektren 9.1
Emissionsspektroskopie 2.0
Berechnungstool für Radialgeschwindigkeiten 3.0
Berechnungstool für Rotationsgeschwindigkeiten 2.0
Das Spektrum des Quasars 3c273 1.2
Breitbandkalibration mit Xenonlampe 2.0
Kalibration mit Glimmstartern 1.1
SQUES RELCO SC Eichlinien 2.0
Speisung von Glimmlampen mit niedriger Gleichspannung 2.0

Referenzen und empfohlene Literatur

von Matthew Buynoski

“Introduction to Astronomical Spectroscopy” von Immo Appenzeller
ISBN 978-1-107-60179-6
Wunderbares kleines Buch eines Meisters der Spektroskopie, gespickt mit vielen interessanten Spezialthemen, wie bsp. Kompensatoren für die atmosphärische Dispersion, Phasengitter, etc.

“Observation and Analysis of Stellar Photospheres” von David Gray
ISBN 978-0-521-06681-5
Teile dieses Buches wenden sich an den an Techniken interessierten Spektroskopiker, setzen allerdings gute Kenntnise in Physik voraus. Andere Bereiche, in denen die Ausstattung beschrieben wird und wie man damit umgeht, sind für jeden geeignet. Beispielsweise geht es hier um Detektoren, Spektroskope und Teleskope.

“Stars and Their Spectra” von James Kaler
ISBN 0-521-30494-6
Dieses Buch bietet eine gute Einführung in die Physik der Sterne und Interpretation der Sternspektren. Es ist nicht zu technisch ausgelegt und somit für den Amateurastronomen gut geeignet. Ebenso wie seine beiden Kollegen ist Dr. Kaler ein Meister seines Faches.
http://stars.astro.illinois.edu/sow/spectra.html
Dr. Kaler unterhält eine ausführliche englische Webseite zu den Inhalten seiner Bücher und zur Sternspektroskopie im allgemeinen.

Sicherheits- und Verhaltensregeln

ZU IHRER SICHERHEIT

1. Schauen Sie niemals direkt in die Sonne. Direktes Sonnenlicht kann die Netzhaut irreparabel schädigen und zur Erblindung führen.
1. Nehmen Sie niemals an dem für Sie eingerichteten Sonnenteleskop Änderungen vor. Dies könnte im Ernstfall permanenten Verlust der Sehkraft für Sie oder andere Beobachter zur Folge haben.
2. Eine Kalibrationslampe kann heiß werden, bitte fassen Sie den Lampenkörper nicht an.
3. Beobachten Sie nicht im ultravioletten Teil des Spektrums, weil dies zur Schädigung des Auges führen kann.
4. Vermeiden Sie die Berührung Ihres Auges mit der Austrittslinse des Okulars. Dies kann zu einer Bindehautentzündung führen. Zudem können sich Spektrograph und Teleskop verstellen.
5. Spielen Sie nicht mit den Batterien. Sie könnten einen elektrischen Schlag erleiden.
6. Fragen Sie Ihren Tutor oder Betreuer, wenn Ihnen irgendetwas unklar ist!

WEITERE VERHALTENSREGELN

1. Wenden Sie nur leichten Druck an, wenn Sie Teile des Spektrographen oder des Teleskops bewegen wollen. Dies betrifft insbesondere die Fokussierung und speziell am Spektrographen die Gitterverstellung mit der Mikrometerschraube.
2. Spektrograph und Teleskop sind sehr wertvolle Gegenstände. Gehen Sie mit der Ihnen anvertrauten Einrichtung sehr sorgfältig um.
3. Kleinere Unfälle können passieren. Bitten Sie Ihren Tutor oder Betreuer, sich darum zu kümmern.
4. Bitte fassen Sie nicht auf Glasflächen, weil dies die Vergütung der optischen Oberflächen zerstören kann. Wischen Sie Fingerabdrücke nicht ab, sondern lassen Sie Ihren Tutor eine Reinigung mit speziellen Tüchern vornehmen.
5. Genießen Sie den Umgang mit Spektrographen und Teleskopen und scheuen Sie sich nicht, Fragen zu Themen rund um diese Einrichtung und zur Spektroskopie zu stellen. Ihr Tutor wird sie Ihnen gerne beantworten.

Dieses Tutorial darf für Lehr- und Unterrichtszwecke unter Nennung des Autors als Urheber verwendet werden. Eine kommerzielle Nutzung bzw. Verbreitung des Tutorials oder Teilen davon bedarf der Genehmigung des Autors, bzw. der Firma Baader-Planetarium GmbH.

Das Tutorial wird vom Autor für Schulungszwecke am Carl-Fuhlrott-Gymnasium (CFG) in Wuppertal und in Kooperation mit dem Fachbereich „Physik und ihre Didaktik" der Universität Wuppertal eingesetzt. Wenn Sie Interesse an der Teilnahme an einem der Spektroskopieworkshops haben, senden Sie mir bitte eine entsprechende eMail an Bernd.Koch@astrofoto.de. Eine Webseite mit Informationen rund um das Kursangebot am CFG ist in Vorbereitung und wird unter der Webadresse www.schuelerlabor-astronomie.de zu finden sein.

1. Haftungsausschluss

Der Autor des Tutorials übernimmt keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Haftungsansprüche gegen den Autor, welche sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen, sofern seitens des Erstellers des Tutorials kein nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden vorliegt.

2. Verweise und Links

Bei direkten oder indirekten Verweisen auf fremde Webseiten ("Hyperlinks"), die außerhalb des Verantwortungsbereiches des Autors liegen, würde eine Haftungsverpflichtung ausschließlich in dem Fall in Kraft treten, in dem der Inhaber der Webseite von den Inhalten Kenntnis hat und es ihm technisch möglich und zumutbar wäre, die Nutzung im Falle rechtswidriger Inhalte zu verhindern. Der Autor erklärt hiermit ausdrücklich, dass zum Zeitpunkt der Linksetzung keine illegalen Inhalte auf den zu verlinkenden Seiten erkennbar waren. Auf die aktuelle und zukünftige Gestaltung, die Inhalte oder die Urheberschaft der verlinkten/verknüpften Seiten hat der Autor keinerlei Einfluss. Deshalb distanziert er sich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller verlinkten /verknüpften Seiten, die nach der Linksetzung verändert wurden. Diese Feststellung gilt für alle innerhalb des eigenen Internetangebotes gesetzten Links und Verweise sowie für Fremdeinträge in vom Autor eingerichteten Gästebüchern, Diskussionsforen, Linkverzeichnisse, Mailinglisten und in allen anderen Formen von Datenbanken, auf deren Inhalt externe Schreibzugriffe möglich sind. Für illegale, fehlerhafte oder unvollständige Inhalte und insbesondere für Schäden, die aus der Nutzung oder Nichtnutzung solcherart dargebotener Informationen entstehen, haftet allein der Anbieter der Seite, auf welche verwiesen wurde, nicht derjenige, der über Links auf die jeweilige Veröffentlichung lediglich verweist.

3. Urheber- und Kennzeichenrecht

Der Autor ist bestrebt, in allen Publikationen die Urheberrechte der verwendeten Bilder, Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zu beachten und Quellenangaben zu machen. Der Autor nutzt im wesentlichen von ihm selbst erstellte Bilder, Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte oder greift auf lizenzfreie Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte zurück. Alle innerhalb des Tutorials genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken- und Warenzeichen unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts und den Besitzrechten der jeweiligen eingetragenen Eigentümer. Allein aufgrund der bloßen Nennung ist nicht der Schluss zu ziehen, dass Markenzeichen nicht durch Rechte Dritter geschützt sind!

Das Copyright für veröffentlichte Objekte bleibt allein beim Autor bzw. bei den als Referenz herangezogenen und zitierten Autoren. Eine Vervielfältigung oder Verwendung solcher Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche Zustimmung des Autors nicht gestattet. Der Name DADOS ist ein Markenname der Firma Baader Planetarium GmbH | www.Baader-Planetarium.de

The Autor dankt Michael Winkhaus, Leiter des Schülerlabors Astronomie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium in Wuppertal, für die Gelegenheit, Workshops und Kurse in Astronomie, Astrofotografie und Spektroskopie durchführen zu können.

Diese Workshops werden teilweise in Zusammenarbeit mit Ernst Pollmann, Leverkusen durchgeführt. Ernst Pollmann is the Leiter der "Active Spectroscopy in Astronomy" (ASPA, http://www.astrospectroscopy.de) and weithin bekannt für seine Expertise in hochauflösender Stellarspektroskopie.

Der Autor dankt Matthew Buynoski (buynoski@batnet.com) für die unzähligen wertvollen Korrekturen bei der Übersetzung dieses Tutorials in eine lesbare englischsprachige Form.