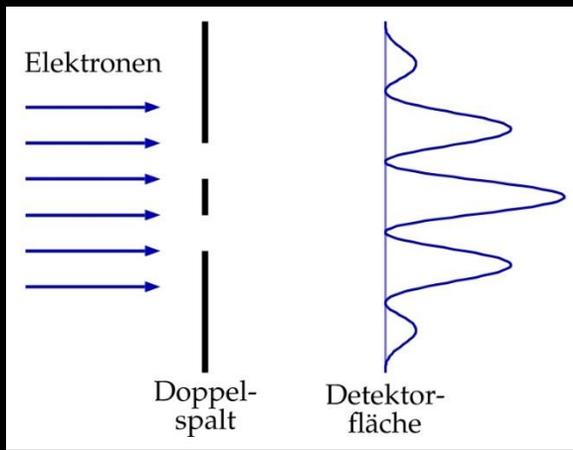




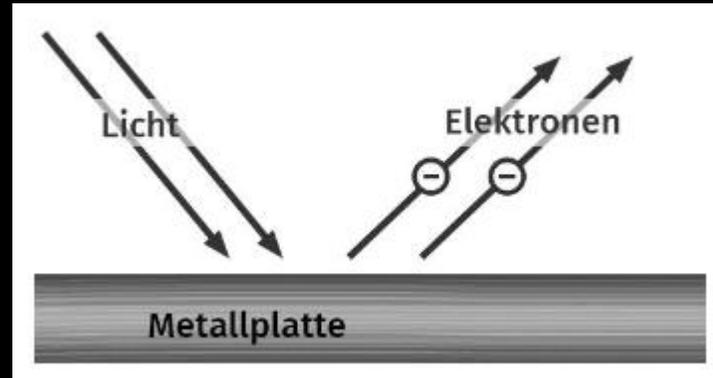
Thomas Young  
1773 - 1829

# Licht

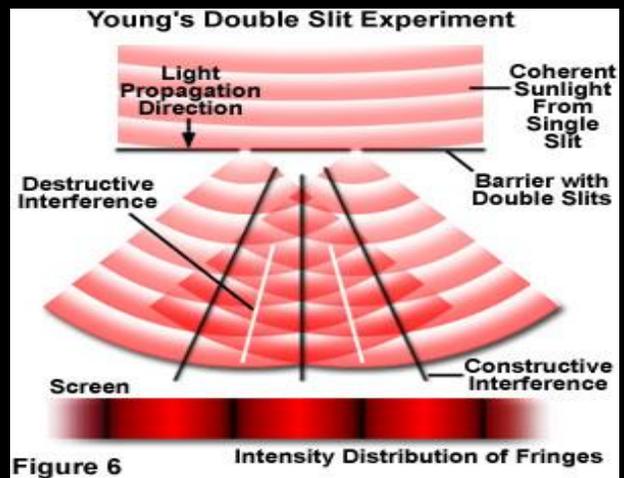
Licht ist eine Welle



Licht besteht aus Teilchen



## Wellen-Teilchen Dualismus

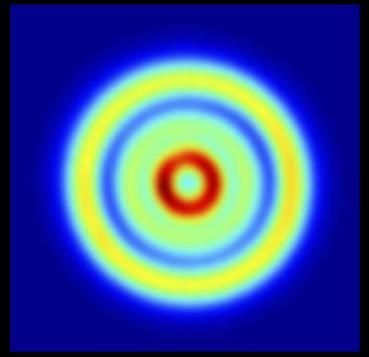
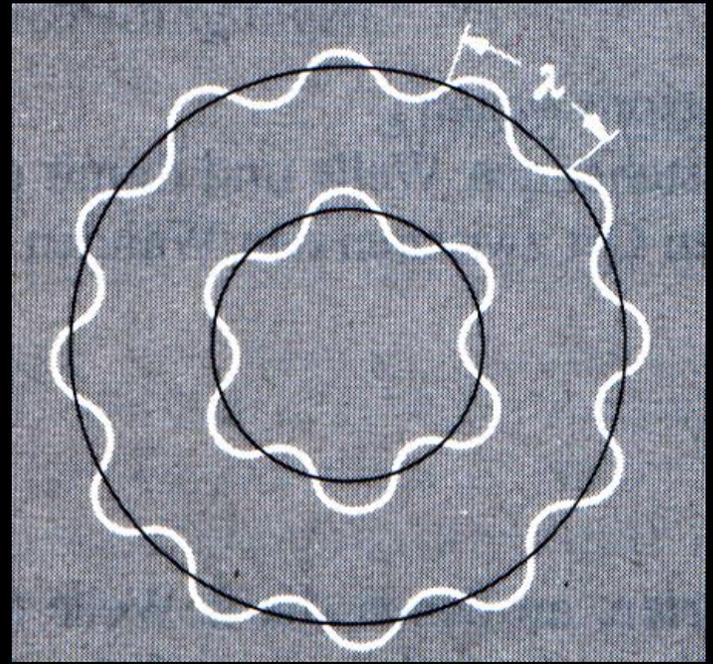
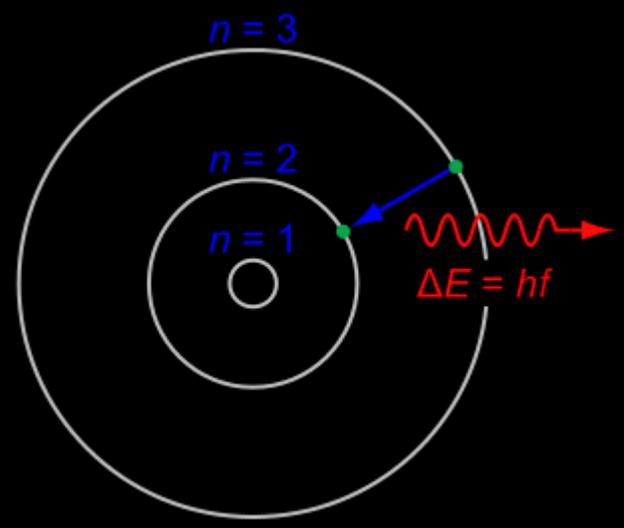


Bei Wechselwirkungen mit Materie wie beim Photoelektrischen-Effekt verhält sich Licht wie ein Teilchen

# Das Atom

Das Bohrsche Atommodell

Niels Bohr  
1885 - 1962



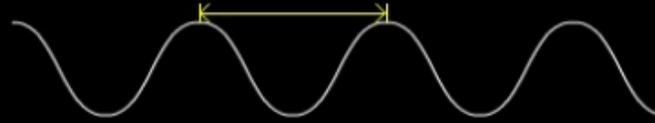
Elektronen-Wolke

$$2\pi r_n = n \cdot \lambda$$

# Die Welle

## Anatomy of a Wave

**Wavelength:** the distance between adjacent crests (or troughs)



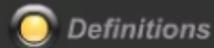
**Amplitude:** half the difference in height between a crest and a trough



**Frequency:** the number of crests that pass through a point (such as the leaf) each second. It is measured in units of hertz (Hz), which are cycles per second



**Speed:** how fast the pattern of crests and troughs moves forward



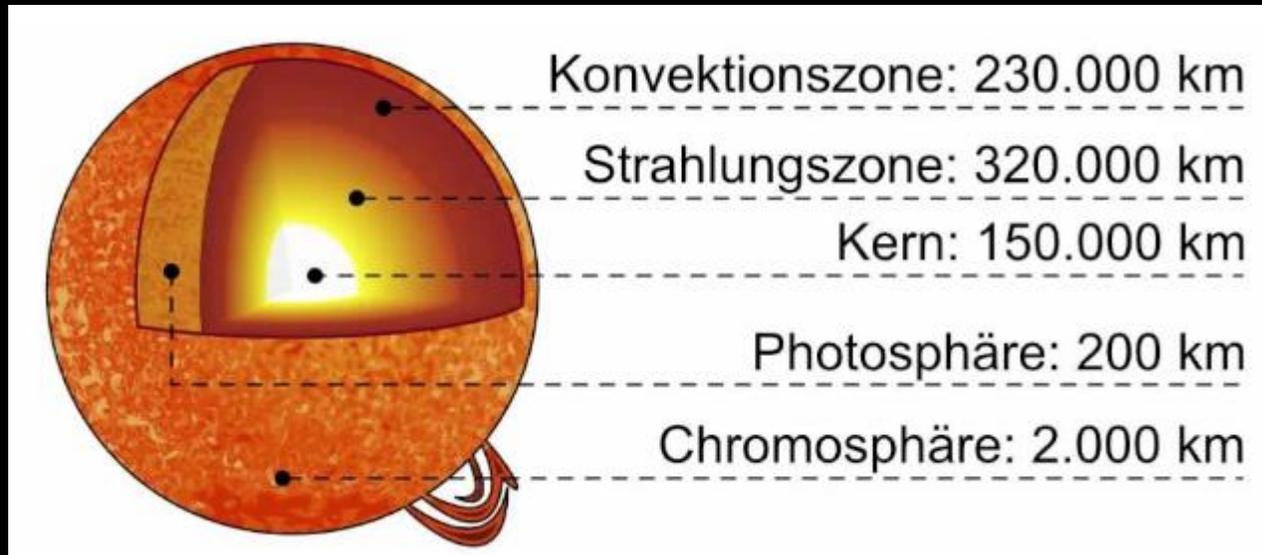
How To Use

Credits

© 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

$$f = c / \lambda$$

# Wie entsteht Licht?

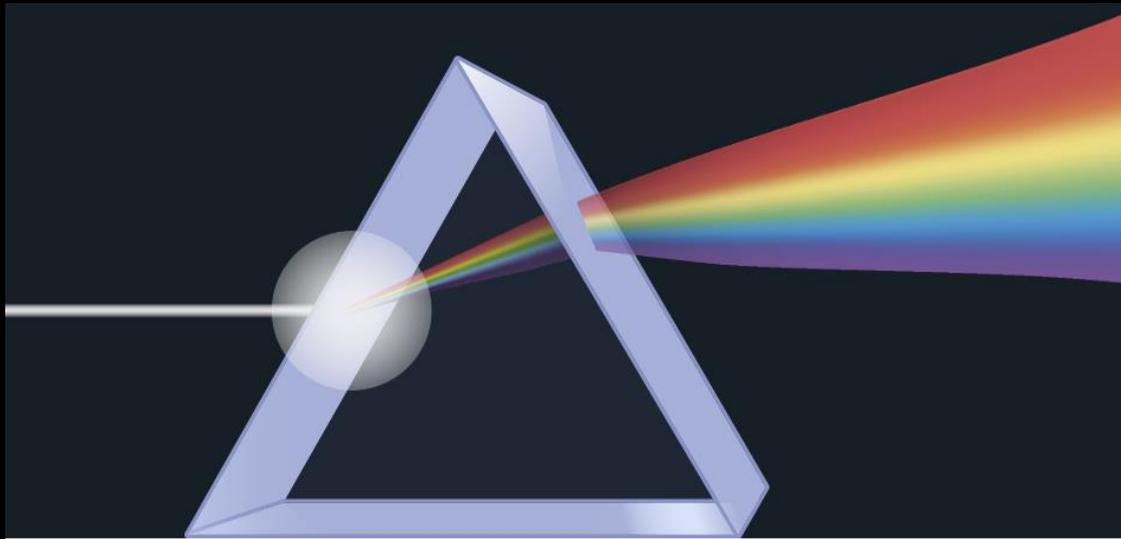


Photonen werden im inneren der Sonne bei der Fusion erzeugt. Durch die Dichte im Sonneninneren benötigen die Photonen zwischen 10.000 und 170.000 Jahren, bis sie die Sonne verlassen.

Licht entsteht also im Inneren einer Sonne, wobei hier Photonen mit mehr oder weniger beliebiger Energie erzeugt werden, wodurch ein kontinuierliches Spektrum des Lichts erzeugt wird.

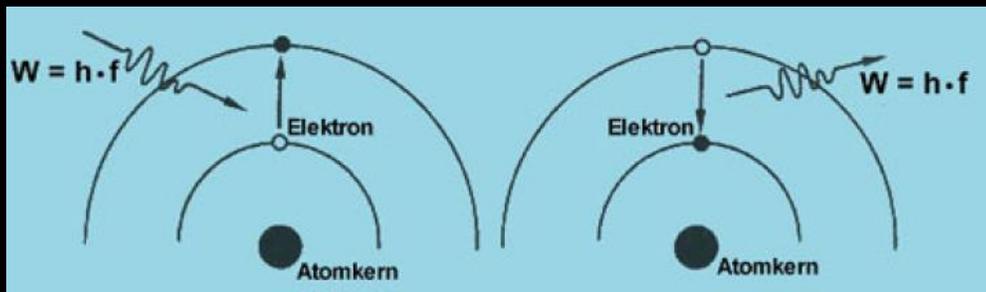
Wir nennen dies **Kontinuum**.

# Auffächerung des Lichts



Wird Licht durch ein Glasprisma geleitet, fächert es sich wellenlängenmäßig auf. Der Grund hierfür ist der unterschiedliche Brechungsindex je nach Energie der Photonen, also der Wellenlängen. Im visuellen Bereich sind das die Farben. Das aufgefächerte Licht ist das **Spektrum**.

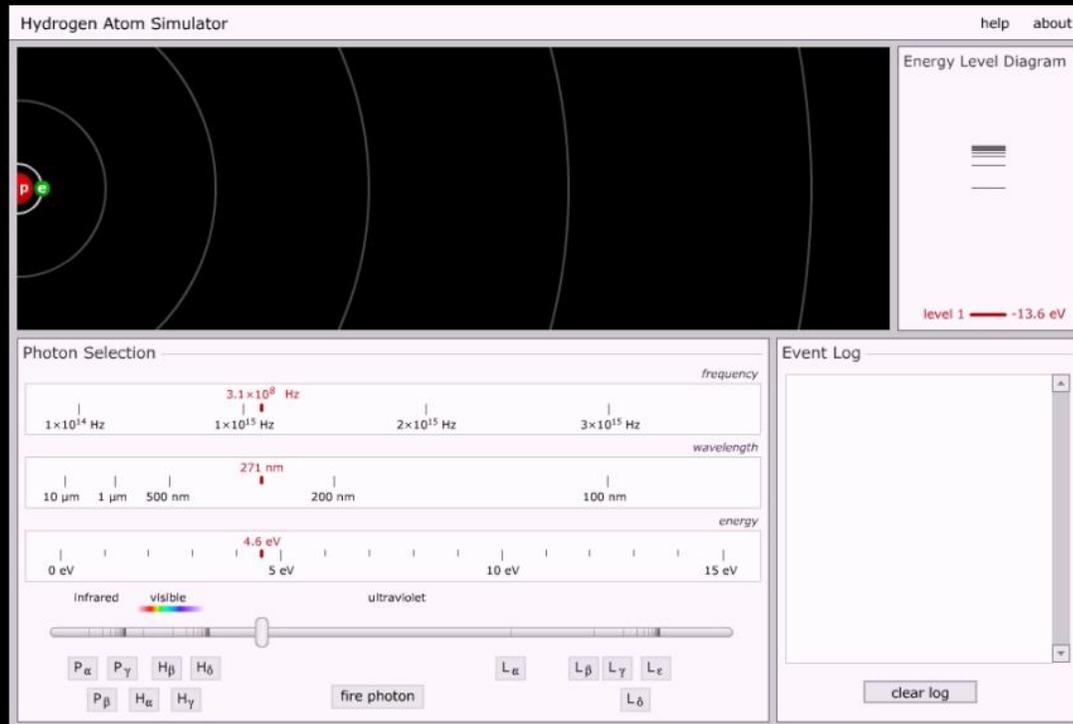
# Absorptionslinien



Trifft ein Photon ein Elektron in einem Atomverbund und hat dieses Photon exakt diejenige Energie, welche nötig ist, um das Elektron in eine höhere Schale zu heben, wird dieses Photon absorbiert und das Elektron wechselt die Schalenebene.

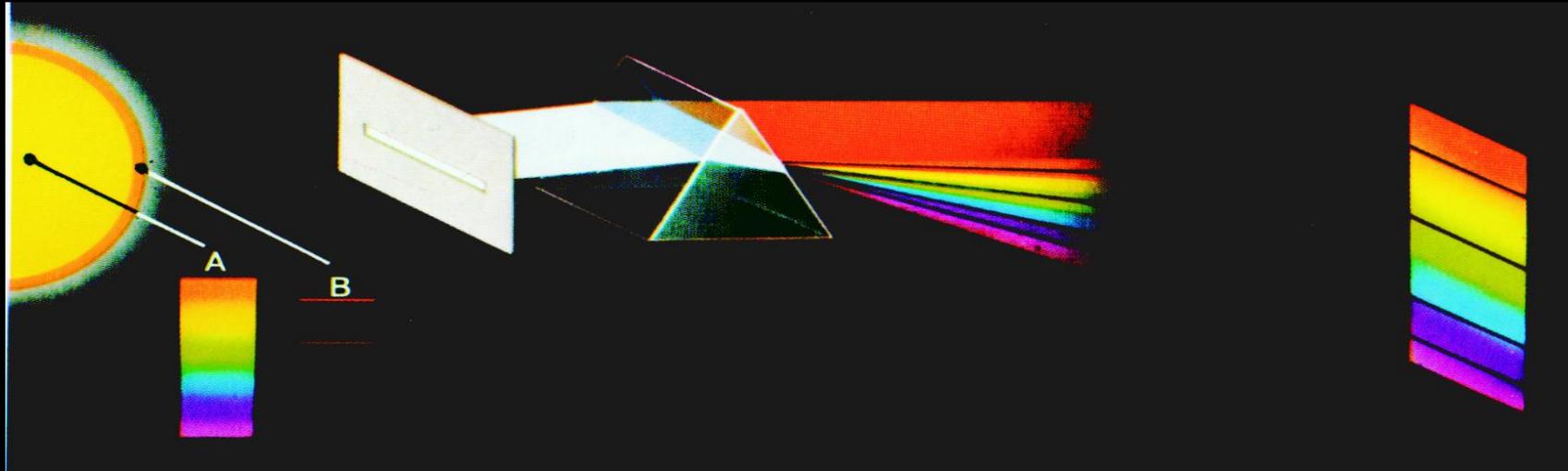
Das Elektron kann aber nicht dauerhaft in der neuen Ebene gehalten werden (da die Grundenergie (z.B. Die Temperatur) nicht diese Energie aufbringt und es fällt innerhalb von Nanosekunden wieder in die ursprüngliche Schale zurück. Dies kann auch über mehrere Schalensprünge erfolgen. Beim Wechsel zu einer inneren Schale wird je nach Energiedifferenz wieder ein Photon mit dieser Energie (=Wellenlänge) in eine beliebige Richtung abgestrahlt.

# Absorptionslinien



Trifft ein Photon ein Elektron in einem Atomverbund und hat dieses Photon exakt diejenige Energie, welche nötig ist, um das Elektron in eine höhere Schale zu heben, wird dieses Photon absorbiert und das Elektron wechselt die Schalenebene. Das Elektron kann aber nicht dauerhaft in der neuen Ebene gehalten werden (da die Grundenergie (z.B. Die Temperatur) nicht diese Energie aufbringt und es fällt innerhalb von Nanosekunden wieder in die ursprüngliche Schale zurück. Dies kann auch über mehrere Schalensprünge erfolgen. Beim Wechsel zu einer inneren Schale wird je nach Energiedifferenz wieder ein Photon mit dieser Energie (=Wellenlänge) in eine beliebige Richtung abgestrahlt.

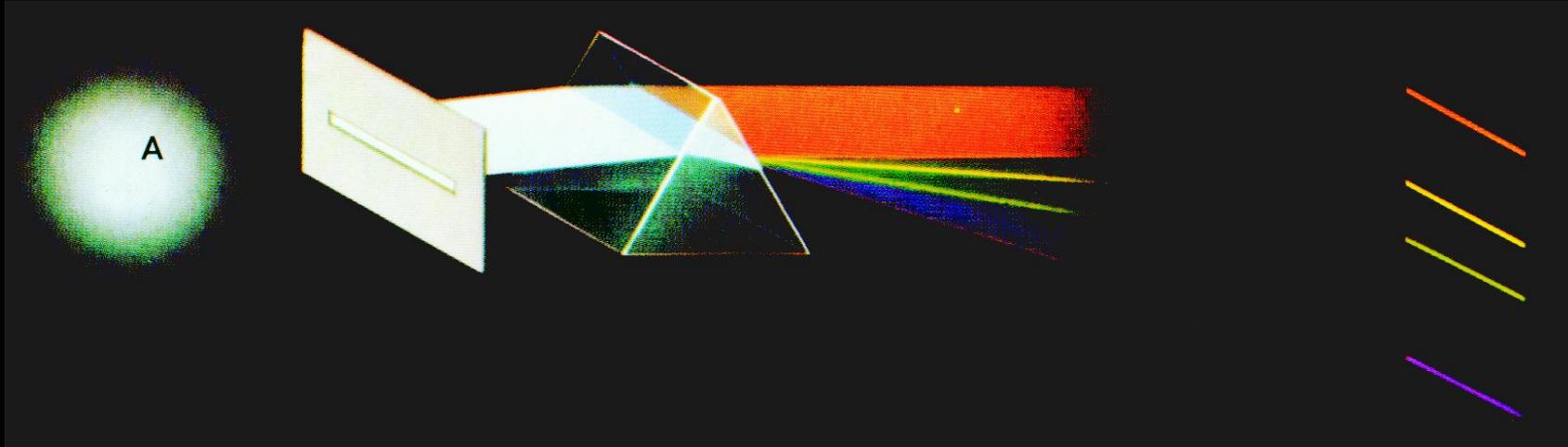
# Absorptionslinien



Es wird ein kontinuierliches Spektrum im Sonneninneren erzeugt. Die Photonen treffen nun auf die kühlere Oberfläche (Photosphäre) und je nach deren Temperatur halten die verschiedenen Elemente die Elektronen in höheren Schalen. Die Photonen aus dem Sonneninneren mit exakt der Energie, welche die Elektronen eines Elements in der Photosphäre in ein höheres Energieniveau heben können, werden von dem Elektron absorbiert, fehlen also in unserem kontinuierlichen Spektrum, wodurch in dieser Wellenlänge weniger Photonen bei uns ankommen.

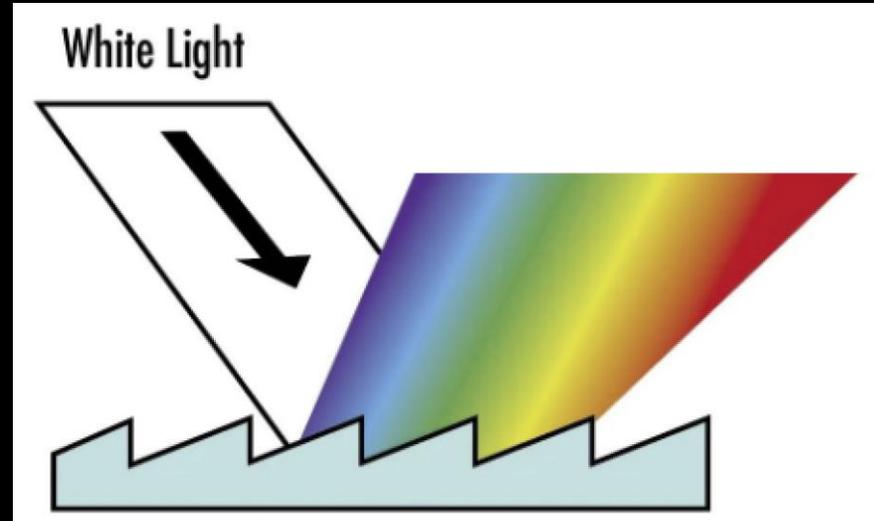
Es wird zwar durch den Rückfall des Elektrons wieder ein Photon erzeugt, dieses verlässt das Atom aber in beliebiger Richtung, also nicht zwingend in die Richtung des Beobachters.

# Emissinslinien



Wird ein dünnes Gas durch hohe Temperatur ionisiert (z.B. UV-Strahlung durch einen nahen heißen Stern), d.h. die Elektronen werden aus dem Atomverbund gelöst und bewegen sich frei im Raum, kommt es immer wieder zu Rekombinationen. Also ein freies Elektron trifft auf ein Atom und fügt sich wieder auf einem Energieniveau in den Atomverbund ein. Hierbei wird wieder ein Photon mit der entsprechenden Wellenlänge ausgesendet. Die Energiequelle für die Ionisierung wird aber natürlich dafür sorgen, dass dieses Elektron bald darauf wieder den Atomverbund verlässt.

# Blaze-Gitter anstatt Prisma

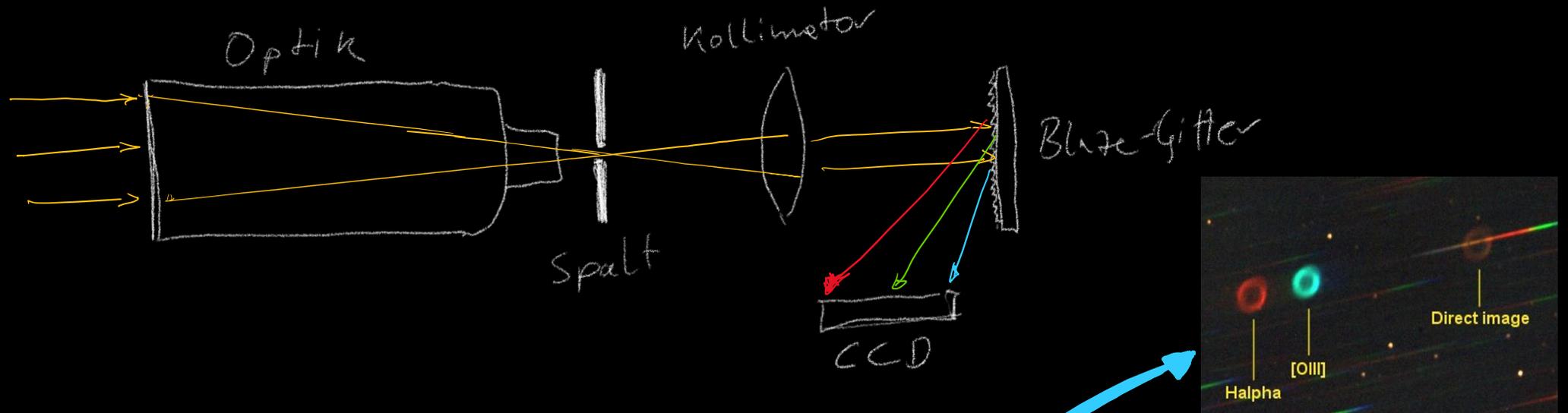


Das Blaze-Gitter kann als Spiegel (siehe Abbildung) oder als Filter (Durchlicht) ausgeführt sein. Kleine Stufen oder Rillen sind in einem definierten Abstand im Glas eingeritzt. Die Liniendichte wird in Linien pro mm angegeben. Umso höher die Liniendichte ist, umso weiter werden die Wellenlängen aufgespreizt und umso höhere Auflösungen kann man erreichen. Allerdings erscheint dann die Abbildung auch dunkler, da sich dieselbe Lichtmenge auf eine größere Fläche verteilt.

Beispiele:

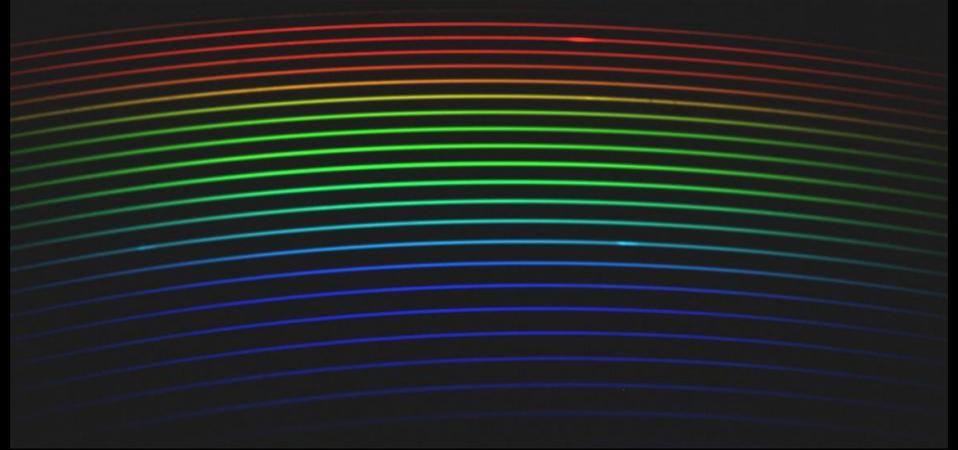
Star-Analyser:	100 bz. 200 l/mm
Alpy (Shelyak):	600 l/mm
Dados (Baader):	bis 1800 l/mm
Lhires III (Shelyak):	bis 2400 l/mm

# Spalt-Spektrographen



Arbeitet man ohne Spalt, so wird das Objekt in jeder Wellenlänge extra abgebildet. Bei einem punktförmigen Stern wäre das eigentlich kein Problem, allerdings beeinträchtigt dann die Schärfe und das Seeing die Auflösung. Bei flächigen Objekten ist das natürlich eher unbrauchbar. Setzt man aber einen Spalt in den Fokus, bestimmt der Spalt die Auflösung. Umso schmaler der Spalt ist, desto höher die Auflösung. Allerdings wird die Abbildung wieder entsprechend dunkler.

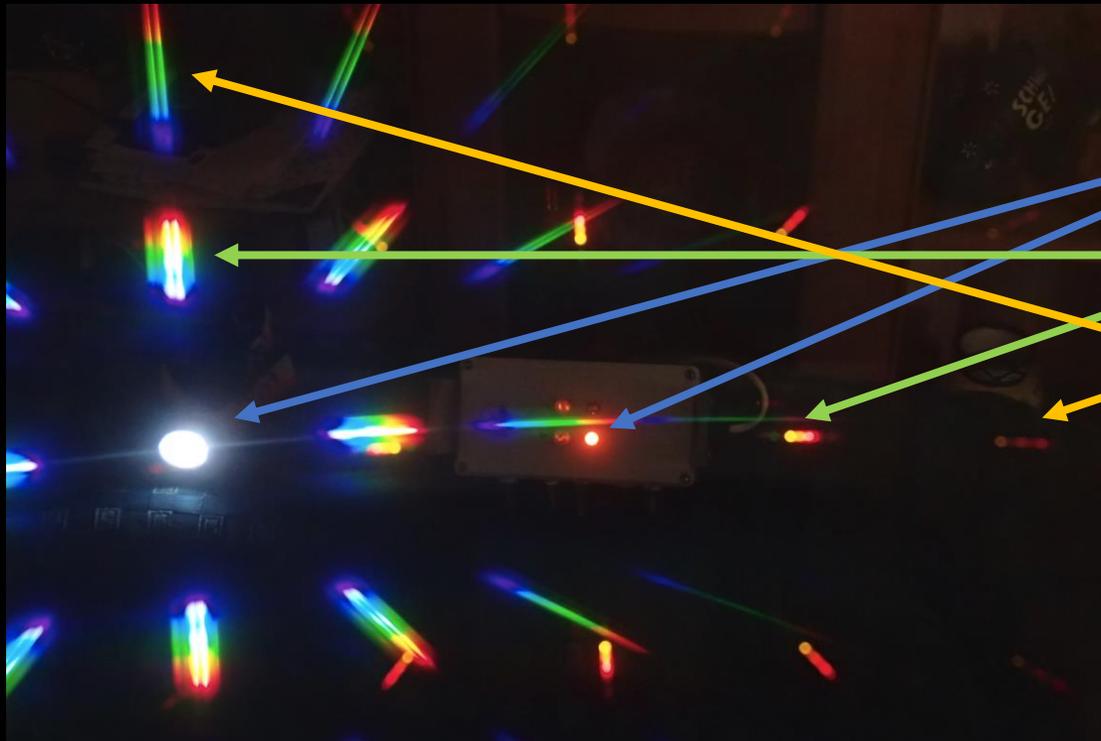
# Spalt vs Echelle



Bei einem hochauflösenden klassischen Spaltspektrographen passt immer nur ein kleiner Teil des visuellen Spektrums auf den Chip. Ein Echelle-Spektrograph splittet die Linien untereinander auf, sodass das gesamte visuelle Spektrum in einer Belichtung aufgenommen werden kann. Prinzipiell eine gute Sache, allerdings sind die Anschaffungskosten sehr hoch und es gibt wenige Amateure, welche diese Spektren vernünftig auswerten können, sodass man auch einer wissenschaftlichen Anforderung gerecht wird.

# Praxis Teil 1

# Praxis Teil 1



Originalabbildung

1. Ordnung

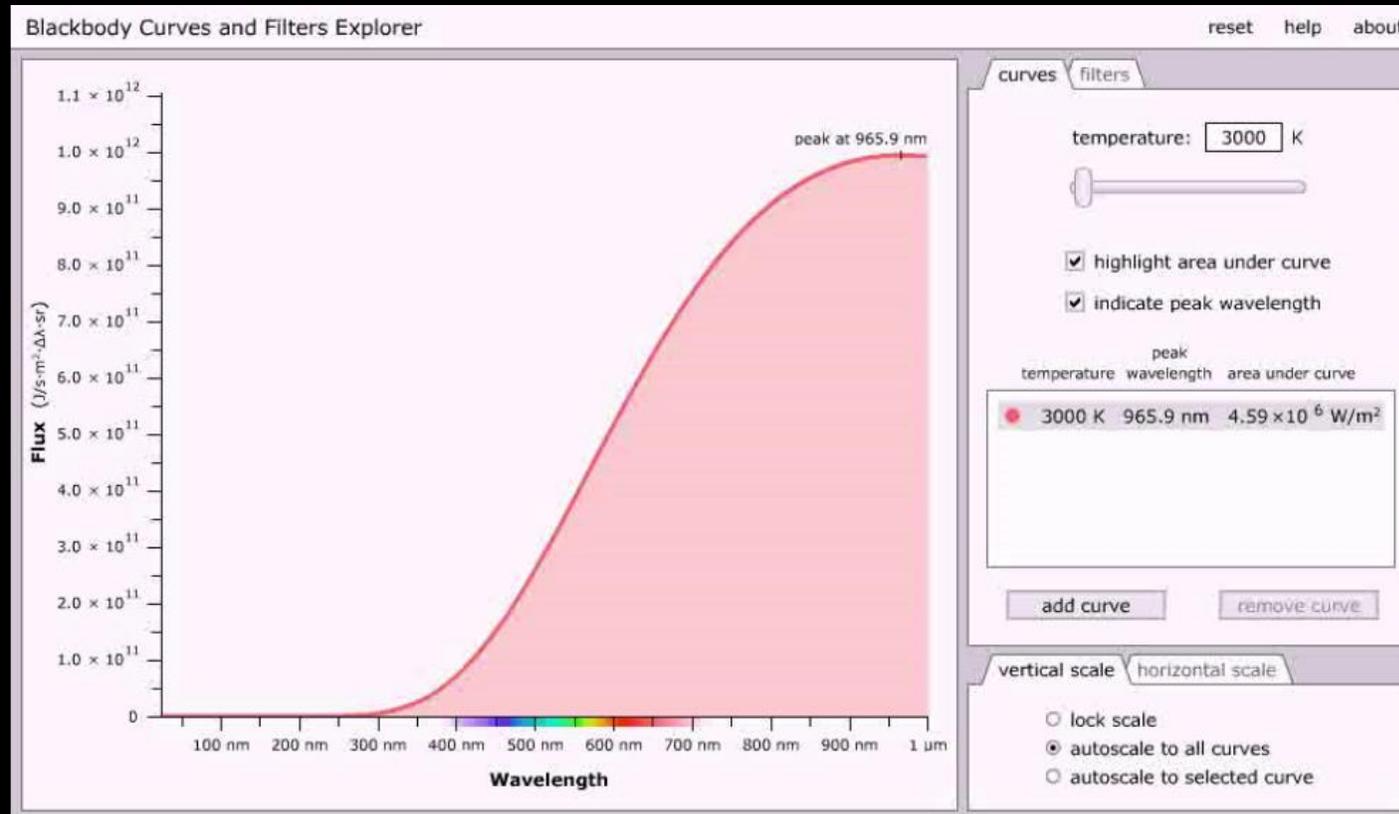
2. Ordnung



Einfache Spektroskopie mit einer Beugungsgitter-Brille.

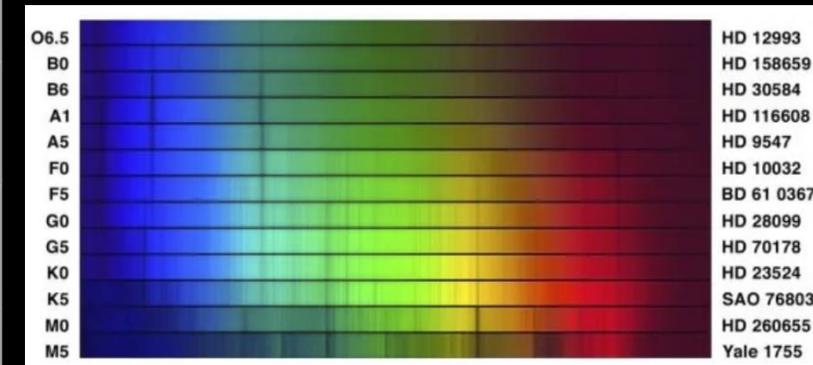
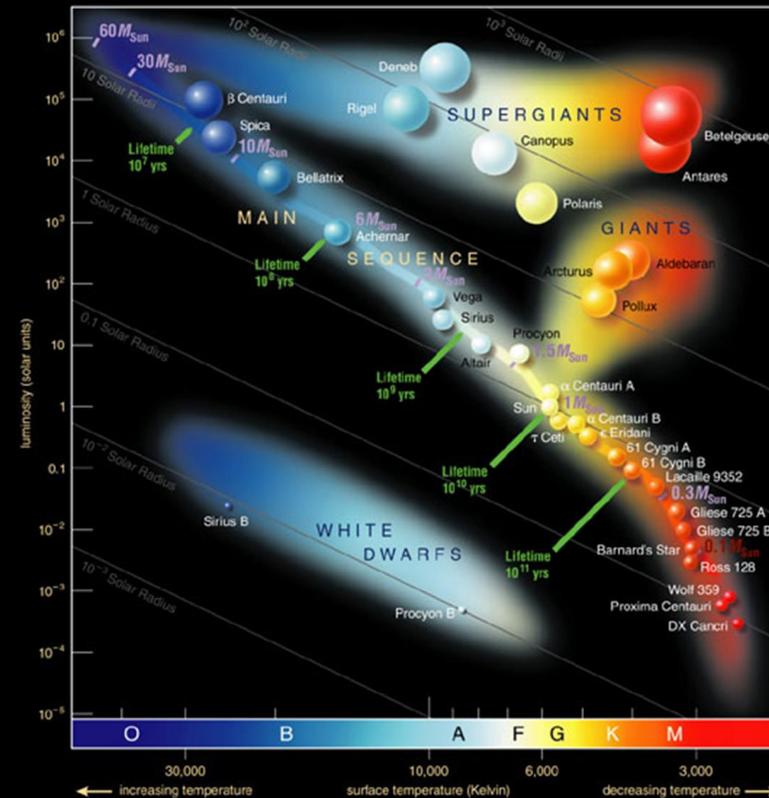
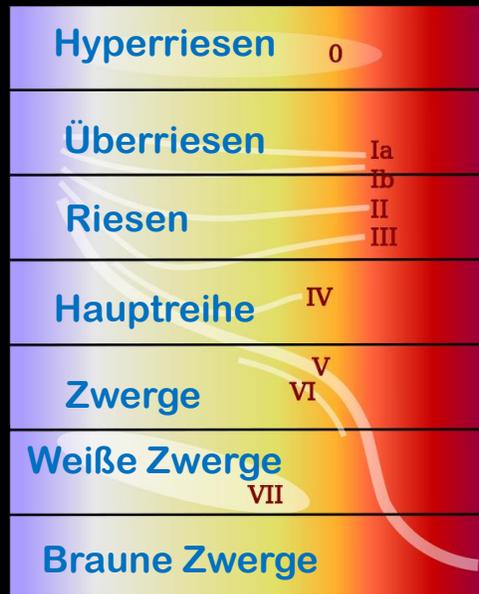
Man erkennt deutlich den Unterschied eines kontinuierlichen Spektrums (z.B. LED) und eines Emissionsspektrums (z.B. Neon-Lampe)

# Strahlungsgesetz



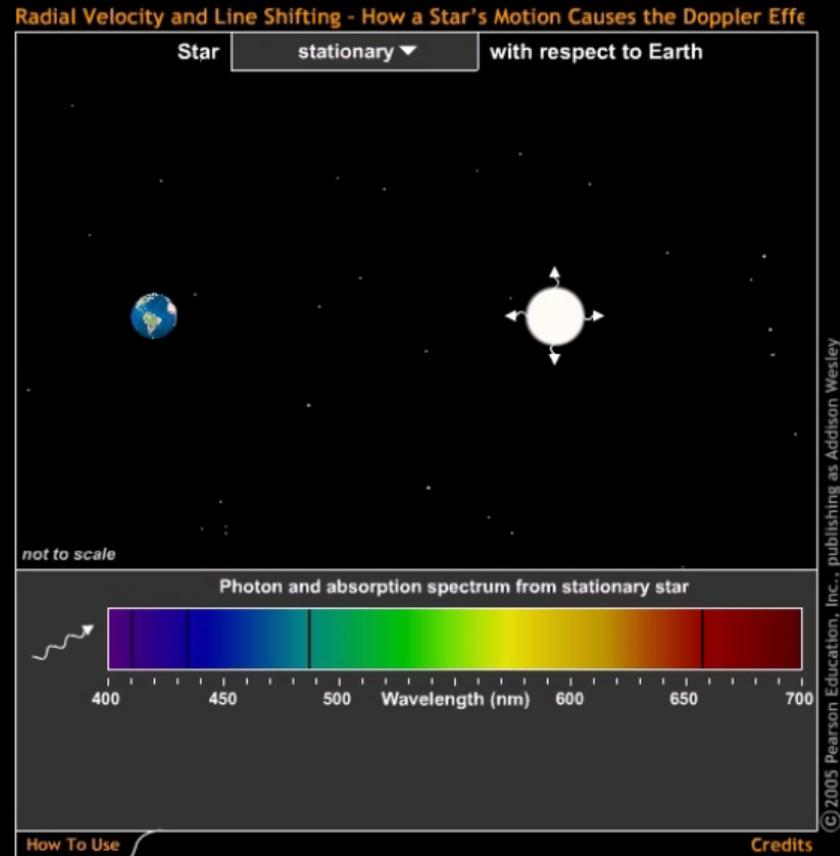
Max Planck berechnete den Verlauf der Strahlungsenergie eines idealen schwarzen Körpers. Je nach Oberflächentemperatur verschiebt sich das Kurvenmaximum entlang der Wellenlänge. Ein Stern wird näherungsweise als Schwarzkörper betrachtet, somit können wir aus der Strahlungskurve (Verlauf des Kontinuums) auf seine Oberflächentemperatur schließen.

# Herzsprung-Russel-Diagramm



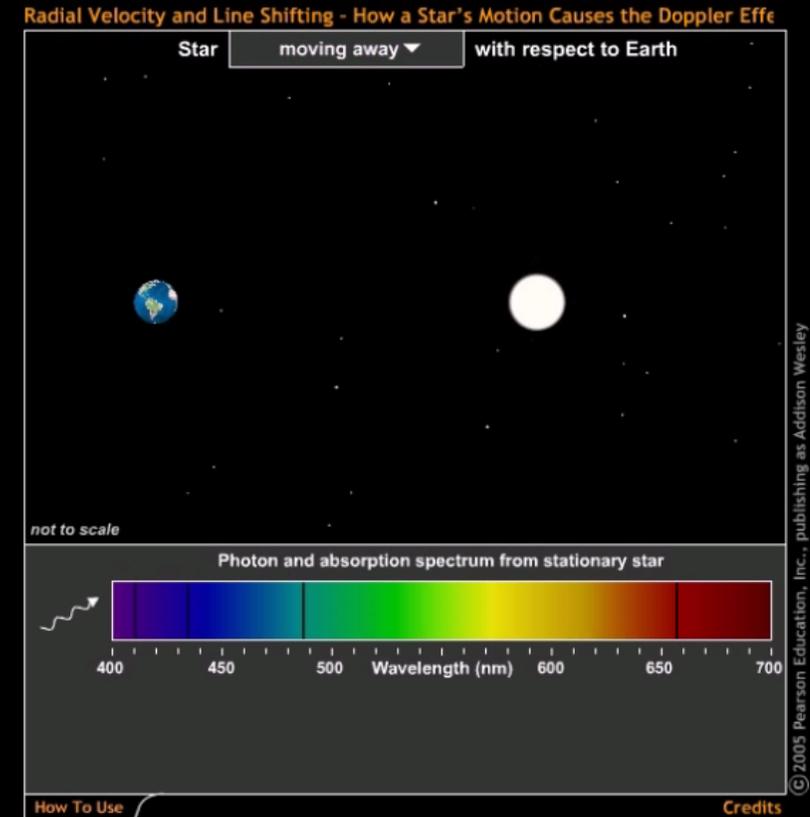
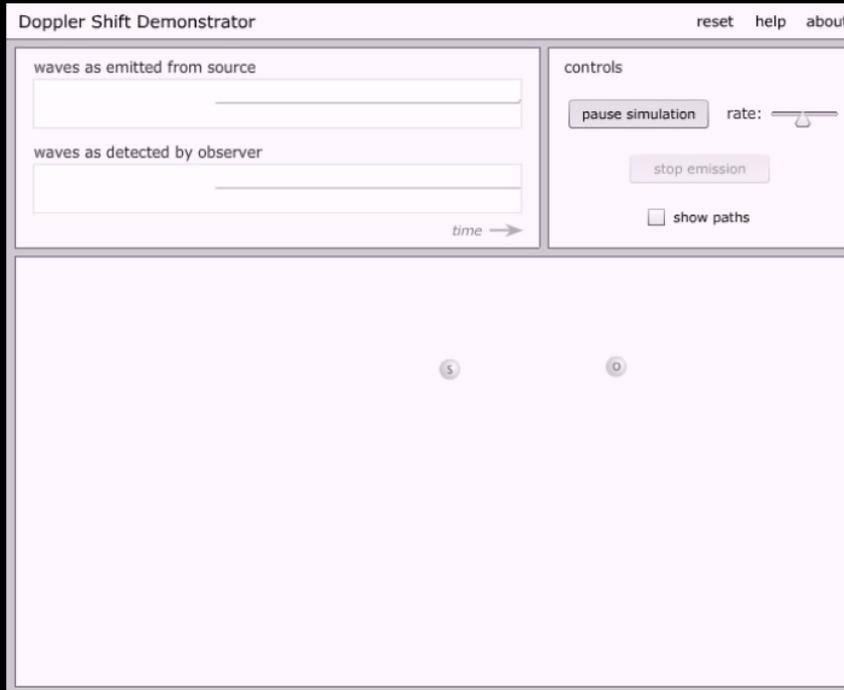
Das HR-Diagramm setzt die absolute Leuchtkraft von Sternen, ihrer Oberflächentemperatur und damit dem Farbindex ins Verhältnis. Es ergibt sich dadurch eine fast lineare Gerade der Hauptreihensterne. In diesem Zustand verbringen die Sterne die meiste Zeit ihrer Existenz, erst wenn ihr Brennstoff langsam verbraucht ist, wandern sie zum Ast der Riesen- oder Überriesensterne. Ist ihre Masse gering genug, brennen sie nach dem Abstoßen ihrer Hülle noch als weiße Zwerge weiter.

# Die Radialgeschwindigkeit



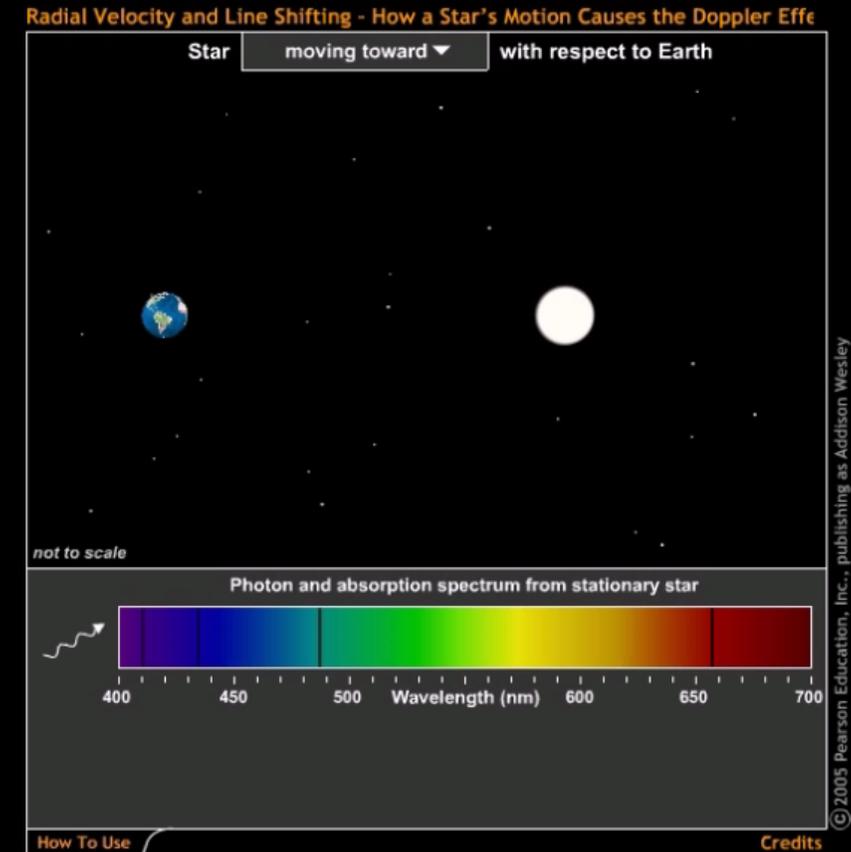
Würde sich ein Stern weder auf den Beobachter zubewegen noch wegbewegen, dann erscheinen die Absorptionslinien exakt an den Wellenlängen, wo wir sie auch im Labor oder mit unseren Referenzlampen messen können.

# Die Radialgeschwindigkeit



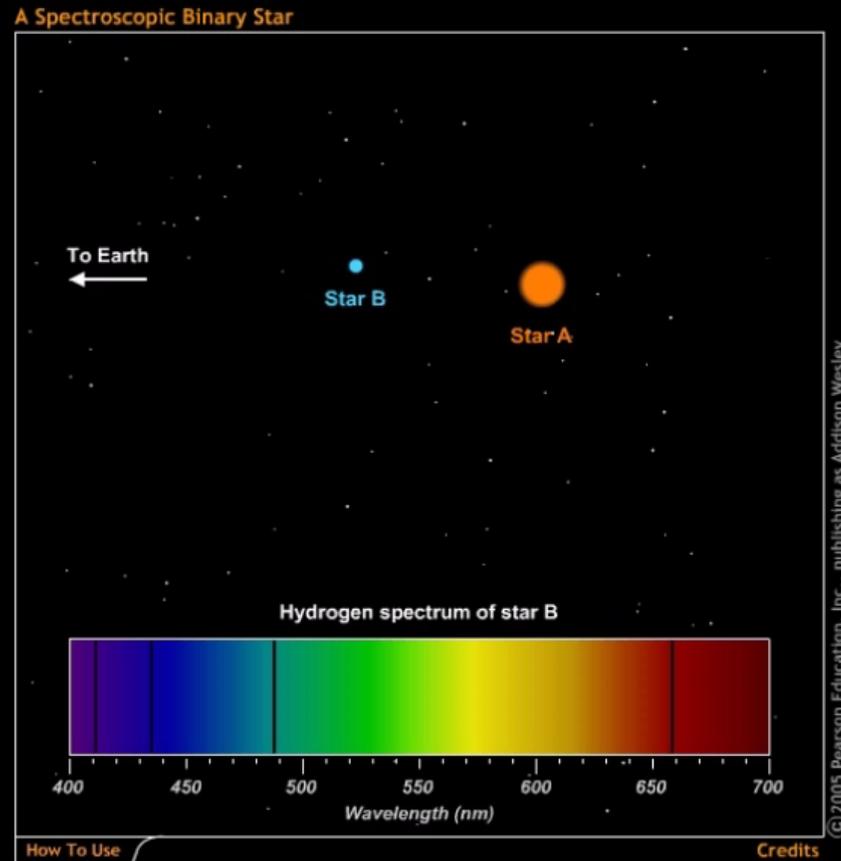
Entfernt sich der Stern vom Beobachter, werden durch den Doppler-Effekt die Wellen in die Länge gezogen (niedrigerfrequenter) und die Linien verschieben sich in Richtung Rot.

# Die Radialgeschwindigkeit



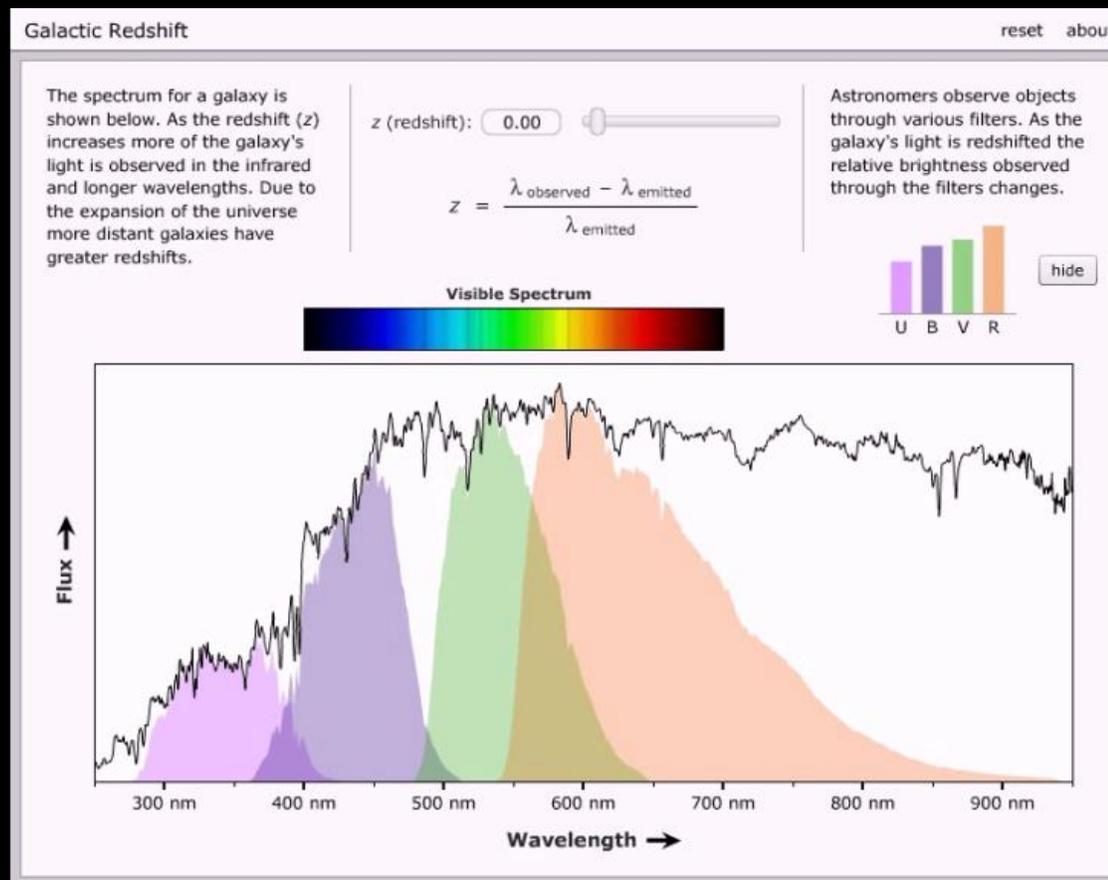
Bewegt sich der Stern auf den Beobachter zu, werden durch den Doppler-Effekt die Wellen zusammengestaucht (hochfrequenter) und die Linien verschieben sich in Richtung Blau.

# Die Radialgeschwindigkeit



Sehen wir auf ein Doppelsternsystem nicht gerade direkt von oben darauf, erkennen wir über die Zeit die Umlaufbewegung durch die periodische Änderung der Linien in der Wellenlänge. Dies funktioniert auch, wenn wir den Doppelstern gar nicht optisch auflösen können. Dies nennt man dann spektroskopischer Doppelstern.

# Die galaktische Rotverschiebung



Durch die Ausdehnung des Raumes erscheinen weit entfernte Galaxien rotverschoben. Das heißt, dass die Linien, welche z.B. in Ruhe im visuellen Spektrum antreffen, findet man dann z.B. im Infrarot-Bereich. Wobei Linien aus dem Ultraviolett-Bereich in den visuellen Bereich wandern.

# Praxis Teil 2

## Spektroskopie mit niedererer Auflösung

### Staranalyser 200

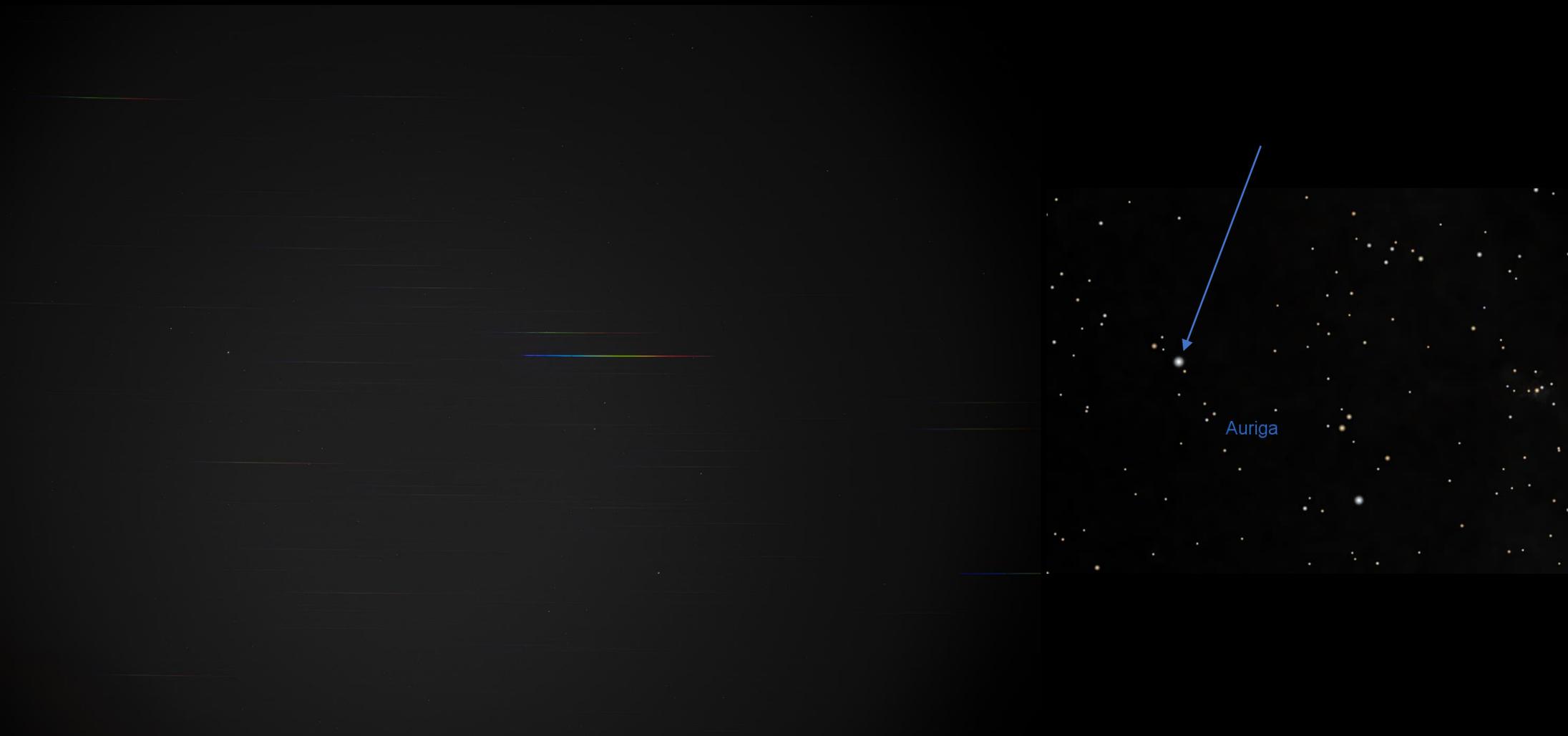


# Setup

- Staranalyser 200, Durchlicht-Gitter mit 200 Linien pro mm
- Fujifilm X-H2, APS-C Sensor mit 40MP
- Viltrox 75mm F/1,2
- Benro Polaris, (Elektronischer Stativkopf mit Astro-Funktion)
- Manfrotto 055

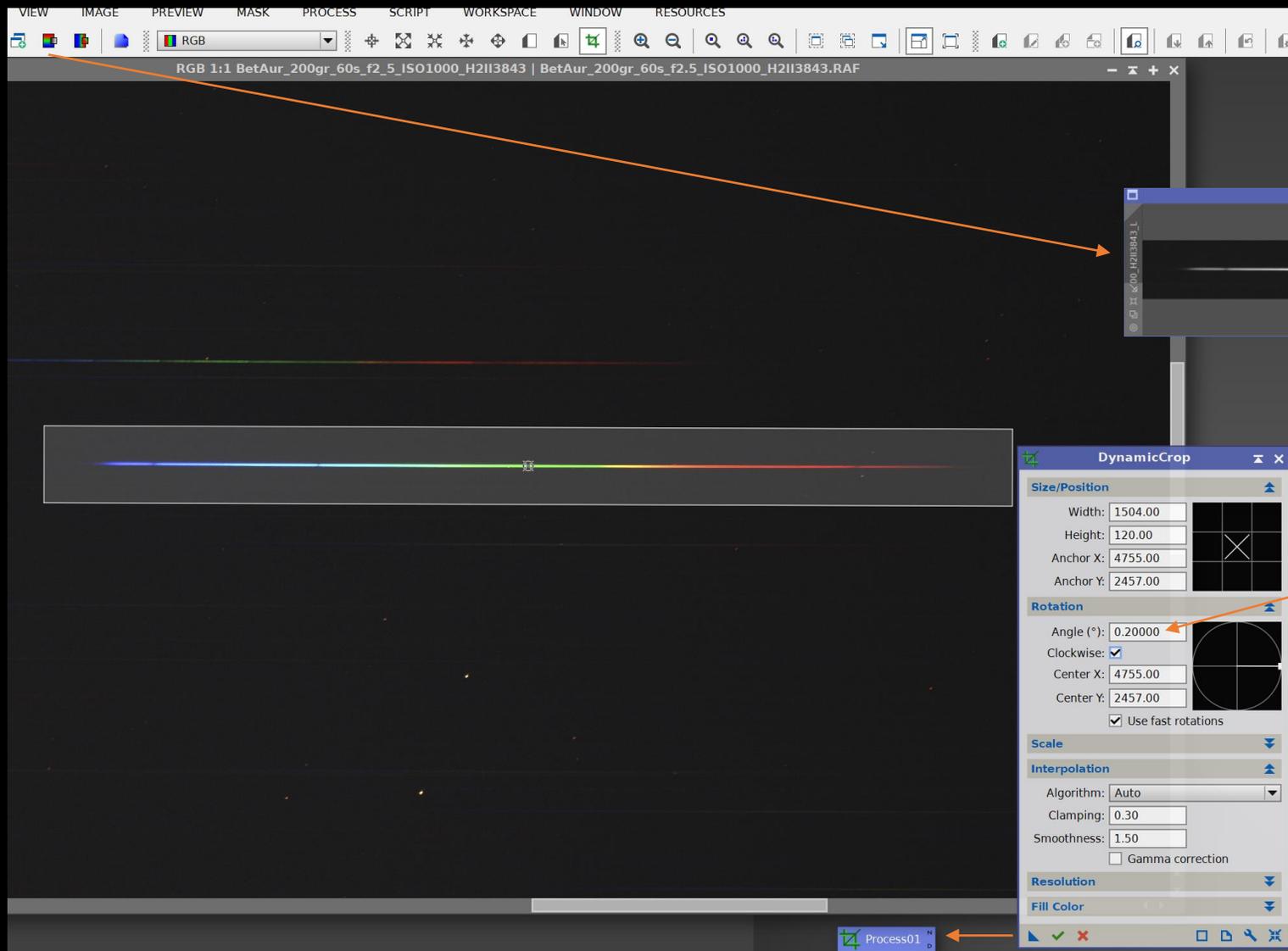
# Beta Aurigae – Menkalinan – A2 IV

5 Aufnahmen in RAW mit je: 60s, 75mm, f/2,5, ISO1000, Staranalyser 200



# 2D Daten aufbereiten

PixInsight: Crop, L-Kanal, gleiche Einstellung für alle Einzelbilder!



Speichern unter FITs 16-Bit

Eventuell drehen, um halbwegs waagrecht zu sein

# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Dateien einlesen. Wenn vorhanden ebenfalls Darks und Flats

The screenshot shows the SpectroCalc2 interface with several processing options on the left and a 'Spectra - RAW' window in the center. The 'Spectra - RAW' window contains a table of loaded files and their processing status.

No	File Name	Spectrum-Scan	Sky-Background-Corr	Remove
1	BetAur_200gr_60s_f2_5_ISO1000_H2II3842_L.fit	Auto	Man.	-
2	BetAur_200gr_60s_f2_5_ISO1000_H2II3843_L.fit	Auto	Man.	-
3	BetAur_200gr_60s_f2_5_ISO1000_H2II3844_L.fit	Auto	Man.	-
4	BetAur_200gr_60s_f2_5_ISO1000_H2II3845_L.fit	Auto	Man.	-
5	BetAur_200gr_60s_f2_5_ISO1000_H2II3846_L.fit	Auto	Man.	-
Sum of all spectra				

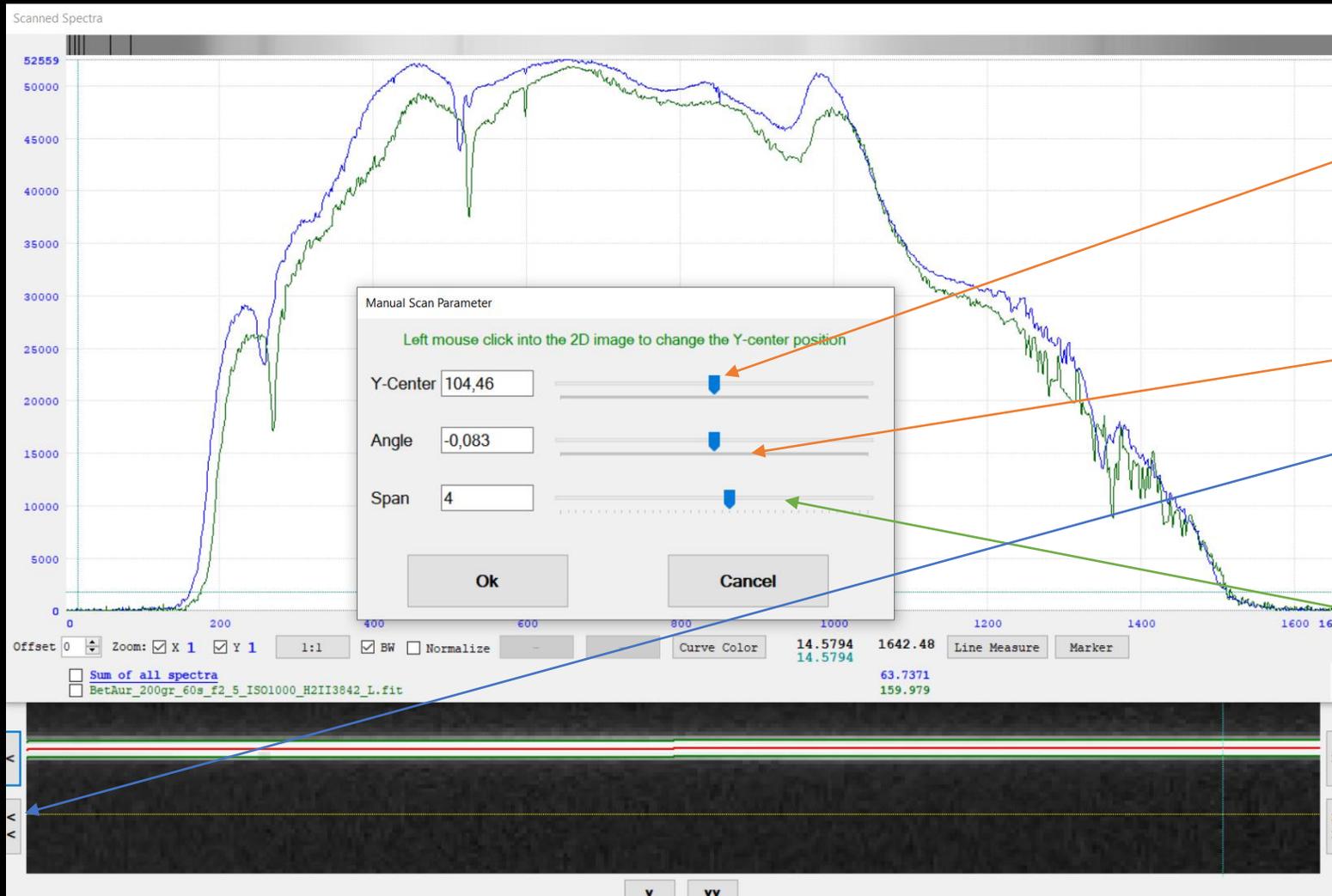
Below the table, there are buttons for 'Invert', 'Dark-Corr', 'Flat-Corr', 'Align the spectra', 'Spectrum-Scan', 'Sky-Background-Corr', and 'Remove'. The 'Spectrum-Scan' and 'Sky-Background-Corr' columns have 'Auto' and 'Man.' buttons for each file. The 'Remove' column has a '-' button for each file. There are also 'Save' and 'Calibrate' buttons at the bottom right of the table area.

The main window shows a plot of 'Scanned Spectra' with a y-axis from 0 to 55000 and an x-axis from 0 to 1670. The plot displays multiple overlapping spectra lines in various colors. At the bottom, there are controls for 'Offset', 'Zoom' (X 1, Y 1), 'BW', 'Normalize', 'Curve Color', and 'Line Measure'.

Alle Aufnahmen kontrollieren, ob der Scan korrekt ist und eventuell Anpassungen vornehmen oder ungeeignete Dateien löschen.

# Scan Überprüfen / Korrigieren

Die einzelnen Dateien durchgehen, eventuell korrigieren oder wenn die Aufnahme misslingen ist: löschen.



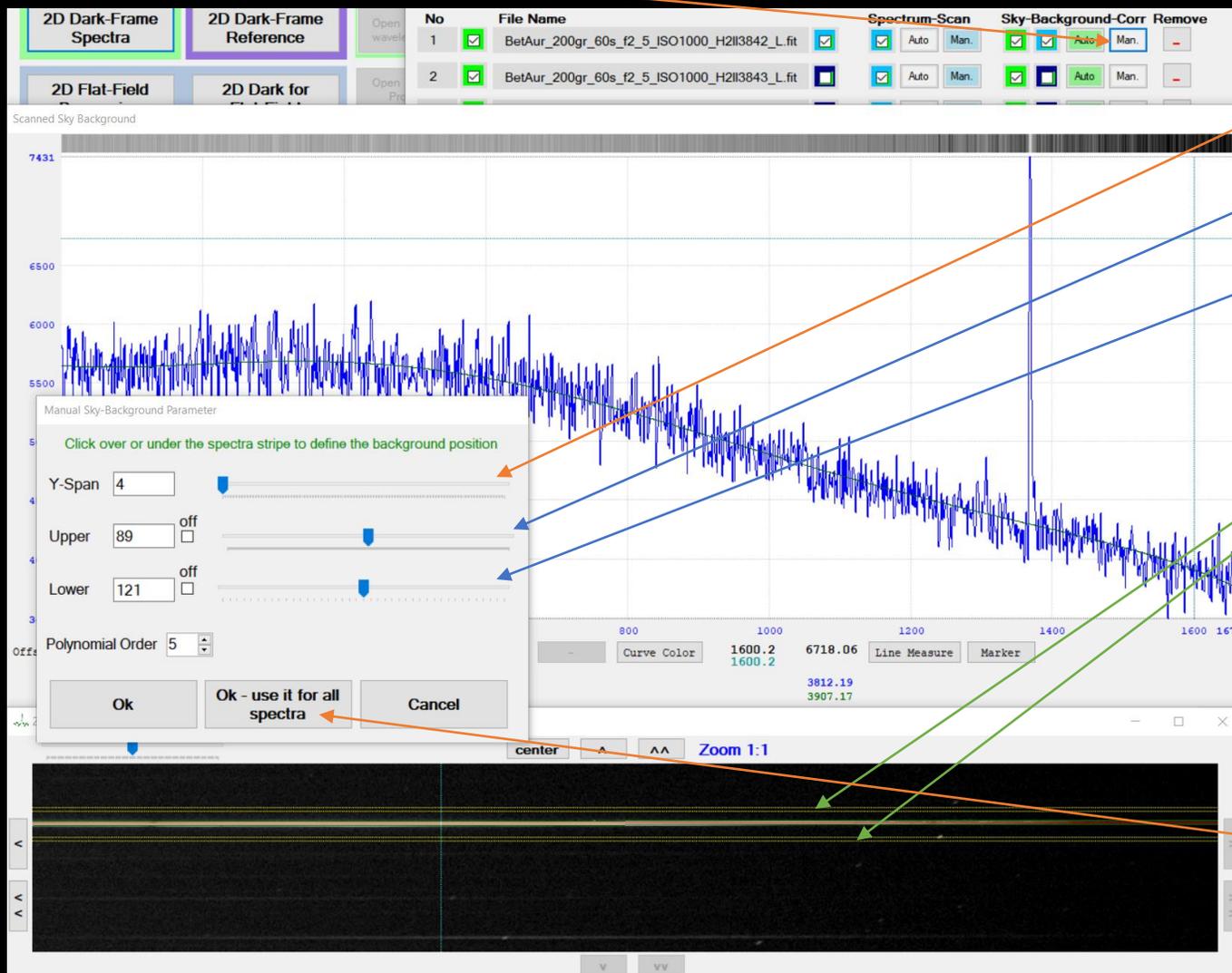
Verschieben des Scan-Mittelpunktes in Y (rote Linie), oder Maus-Klick auf das 2D-Bild unten

Winkeländerung. Mit den Pfeilen bis an die äußersten Ecken gehen und beurteilen, ob der Winkel passt

Scan-Höhe anpassen. Über die Höhe berechnet SpectroCalc2 bei jeder X-Position einen Mittelwert

# Himmelshintergrund abziehen

Der Himmelshintergrund ist ein „additiver“ Störeinfluss und beeinflusst das Verhältnis der Linien-Höhe zum Kontinuum.



Höhe des Messbereichs

Mitte des oberen Bereiches

Mitte des unteren Bereiches

Maus-Klick über oder unter den Spektrenstreifen, um den oberen oder unteren Scanbereich festzulegen

Der Bereich sollte nicht zu weit vom Spektrum entfernt sein, aber es sollte auch noch nicht das Spektrum selbst durchscheinen

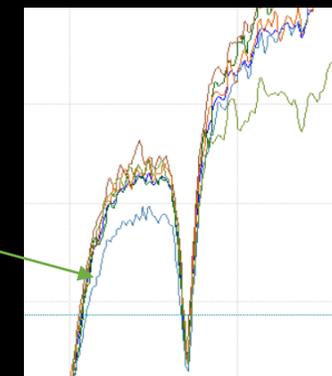
Oft kann diese Einstellung für alle Dateien mit gleichen Einstellungen angewendet werden

# Spektren ausrichten

In einem Spektrum mit großen Änderungen im Kontinuum wie hier, funktioniert die Automatische Ausrichtung zumeist nicht. Wir wählen hier „Manual“

The screenshot shows the SpectroCalc 2 interface. The 'Spectra - RAW' dialog box is open, showing a list of five spectra files. The 'Align the spectra' button is highlighted with an orange arrow. Below it, an 'Important Message' dialog box is displayed, asking the user to choose between 'Spectra' and 'Manual' alignment. The 'Manual' button is highlighted with a green box and a green arrow. The background shows a plot of 'Scanned Spectra' with multiple overlapping spectral lines.

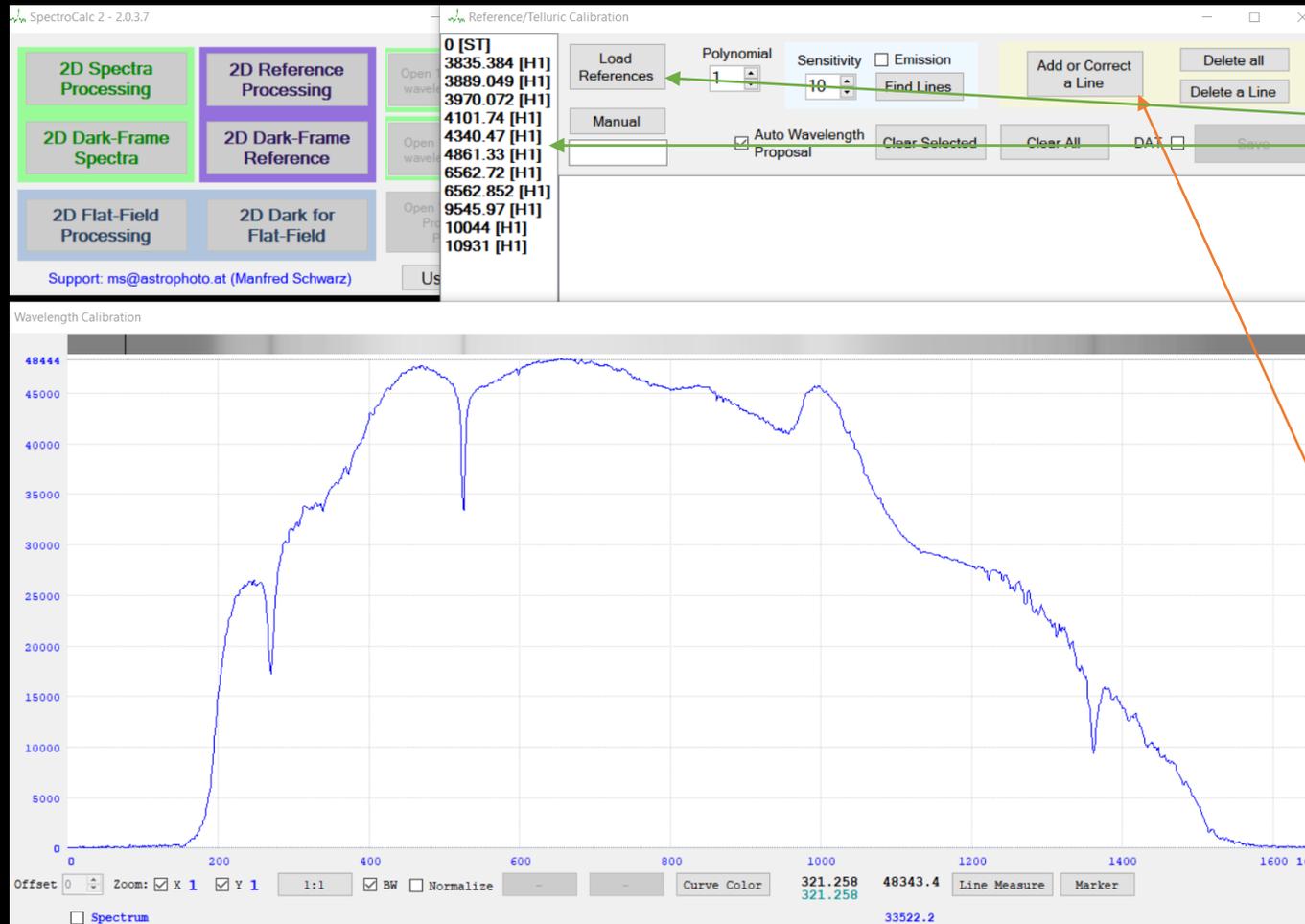
Den Anweisungen folgen und bei immer der gleichen Absorptionslinie in etwa die Mitte klicken.



Das Programm richtet mit 1/100 Pixel Auflösung aus

# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Durch Drücken auf „Calibrate“ gelangt man in den zweiten Abschnitt von SpectroCalc2.

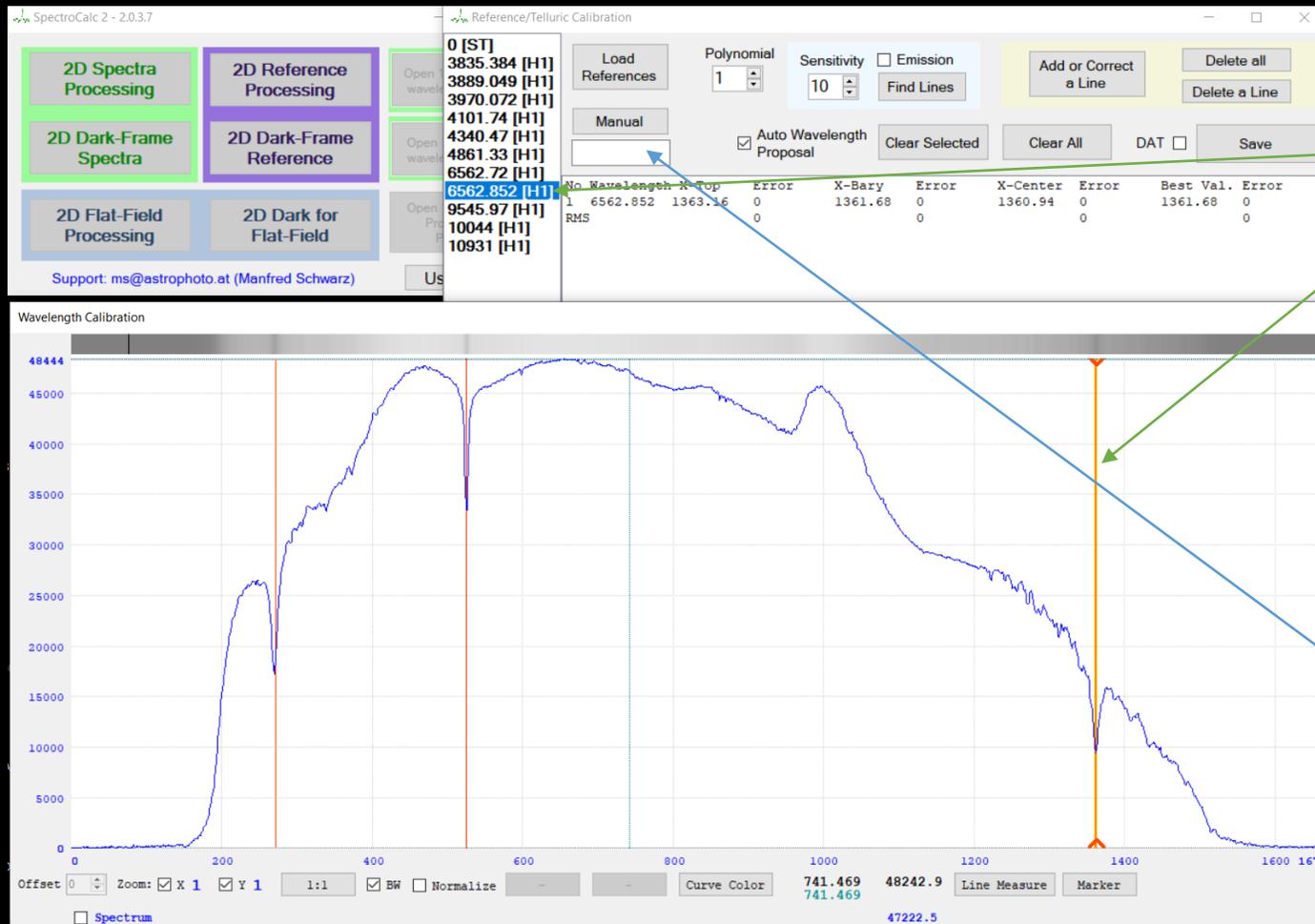


Wir laden die gewünschte Kalibrationstabelle, in diesem Falle die Wasserstofflinien

Durch die hohe Kontinuumsänderung funktioniert das automatische Linienfinden meistens nicht „Find Lines“. Wir definieren deshalb mit „Add or Correct a Line“ die Linien selbst, indem wir die linke und rechte Flanke in etwa der selben Höhe anklicken.

# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Durch Drücken auf „Calibrate“ gelangt man in den zweiten Abschnitt von SpectroCalc2.



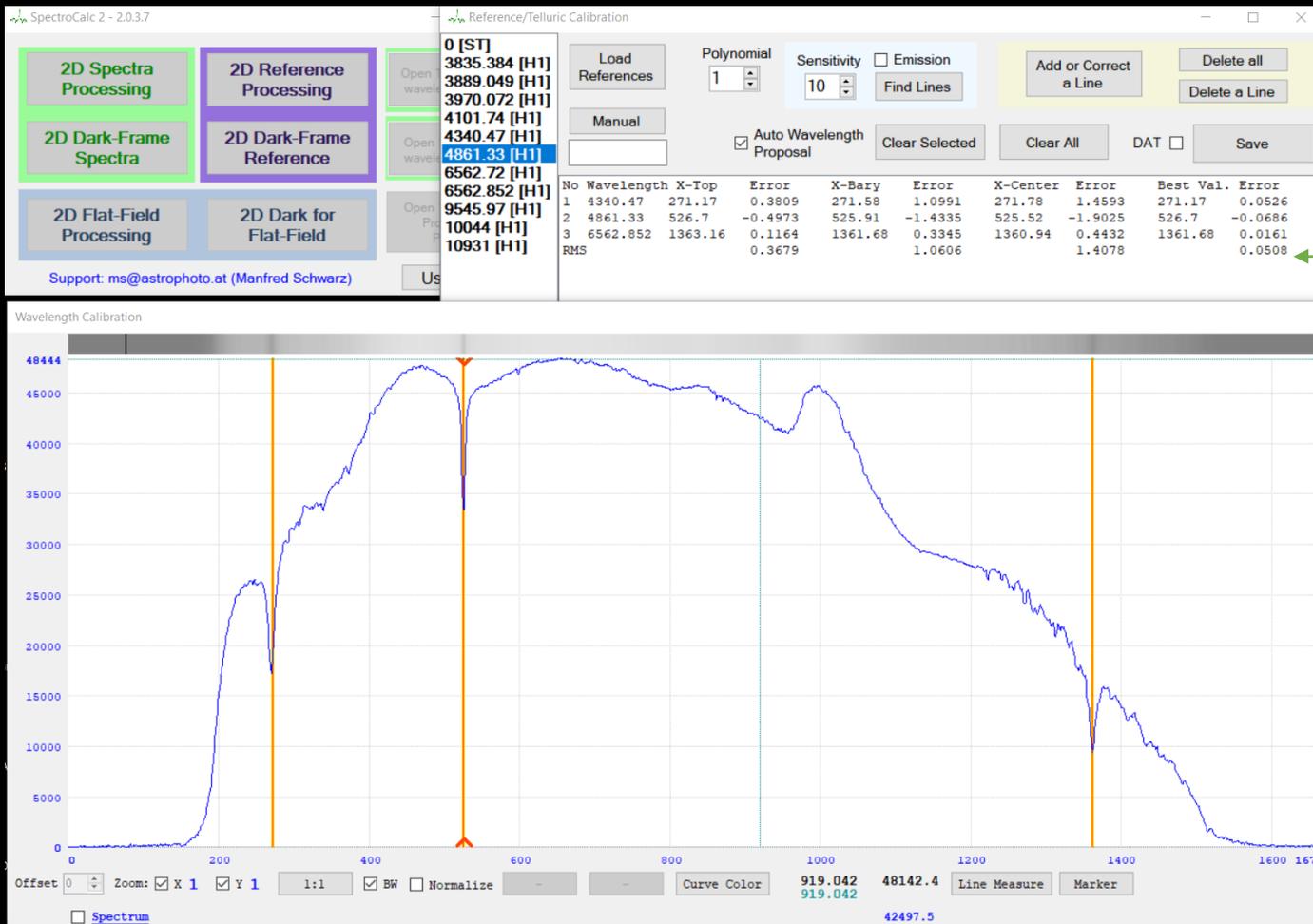
Selektieren einer Linie mit Maus-Klick und klicken auf die entsprechende Wellenlänge in der Tabelle

Die zweite Linie sollte so weit wie möglich von der ersten entfernt sein, dann findet das System automatisch alle nachfolgend selektierten Linien.

Sollte eine bekannte Linie nicht in der Tabelle sein, kann man den Wert auch händisch einfügen

# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Durch Drücken auf „Save“ gelangt man in den dritten Abschnitt von SpectroCalc2, dem Post-Processing.



Der RMS Abweichungsfehler sollte sehr niedrig sein. Hat man Ausreißer, wurde eventuell eine falsche Wellenlänge bei einer Linie zugewiesen

# Post Processing

## Korrektur der Instrumentenlinie

The screenshot displays the SpectroCalc 2 software interface. The main window shows a spectral plot with a peak at approximately 6500 nm. The 'Post Processing' control panel is visible, with buttons for 'Load Spectra', 'Save', 'Calculate S/N', and 'Correct Inst Response'. The 'Instrument Response' dialog box is open, showing a 'Load Ref.' button and a list of reference spectra. A file explorer window is also open, displaying a list of files in the '\_References > REF\_Miles' folder, with 'A1IV s0796 HD204041.dat' selected.

„Correct Inst.Response“

„Load Ref.“

Wenn kein eigens  
aufgenommener Referenzstern  
aufgenommen wurde, dann aus  
einen der Datenbanken einen  
ähnlichen Stern der  
Spektralgruppe wählen

# Post Processing

Korrektur der Instrumentenlinie: Sowohl vom Spektrum selbst als auch von der Referenz das Kontinuum definieren!



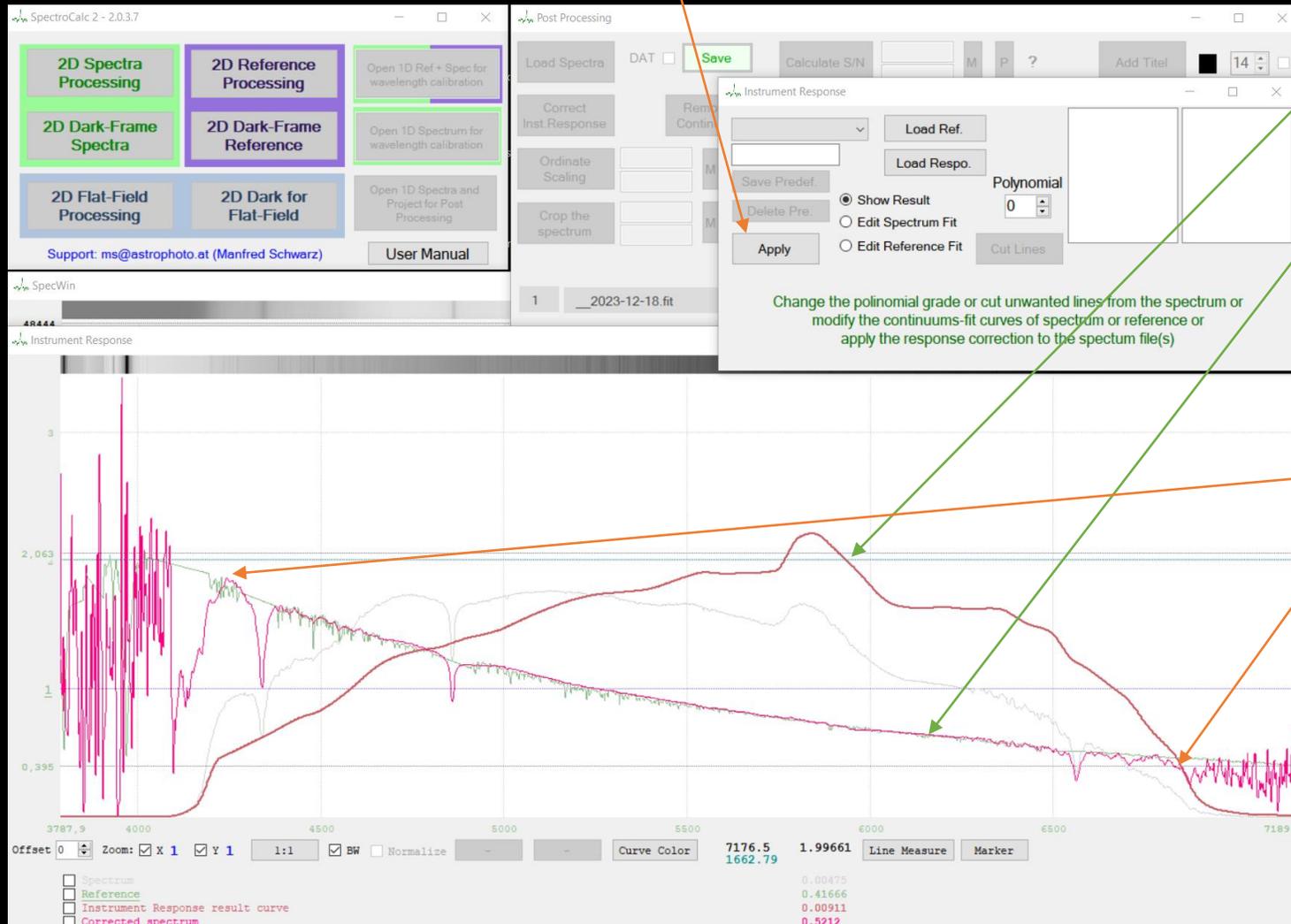
Anzahl der Stützpunkte

„Cut Lines“, zum ausschneiden von Linien, da man ja nur das Kontinuum festlegen möchte

Wenn bereits da fleiche Objekt im selben Wellenlängenbereich bearbeitet wurde, kann man auch auf ein gespeichertes Parameter-Set zugreifen.

# Post Processing

Korrektur der Instrumentenlinie: „Apply“ zur Korrektur der Instrumentenkurve



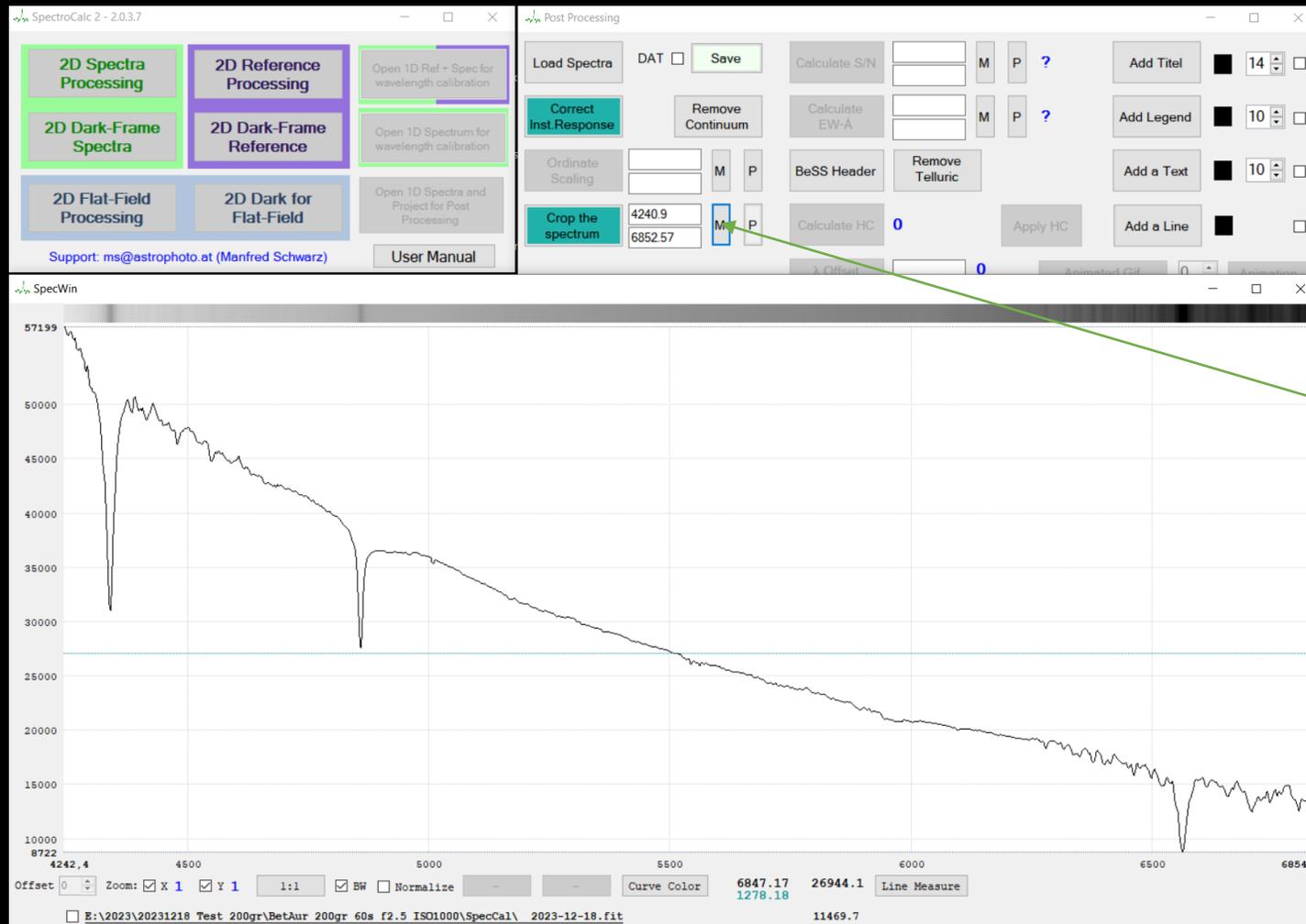
Instrumentenkurve

Korrigiertes Spektrum

Sinnvoller Ausschnitt

# Post Processing

Zuschneiden des Spektrums auf sinnvollen Bereich



In diesem Fall werden wir per Maus-Klicks den Bereich des Zuschnitts festlegen

# Post Processing

Skalierung (Normierung) der Ordinate.



Da auf der Y-Achse AD-Werte aufgetragen sind und diese natürlich Kamera- und Aufnahmeabhängig sind, möchte man diese Achse auf 1 normieren. In Forschungsprojekten werden die Wellenlängen definiert, wo die Y-Achse auf 1 liegen soll. Da ich hier keine Angaben habe, lege ich diesen per Maus-Klick in den oberen Bereich.

# Post Processing

Ergänzung der FITs-Header-Daten „BeSS Header“.

The screenshot shows the SpectroCalc 2.0.3.7 interface. The main window displays a spectral plot with various processing options on the left. The BeSS Header dialog is open, showing fields for object name, coordinates, location, and instrument details.

BeSS Header Information	
Object	Bet Aur
RA 2000 (°)	5 h 59 m 31.723 s
DEC 2000 (°)	44 ° 56 ' 50.759 "
Star Type	A1IV-Vp
JD (middle)	2460297.241997
Date	2023-12-18
Time (UT)	17:48:29
Latitude (°)	N 47 ° 49 ' 04.686 "
Longitude (°)	E 16 ° 14 ' 30.477 "
Altitude (m)	300
Location Name	Wiener Neustadt
Preset Locat.	Wiener Neustadt
Remove Cont.	none
Rem. Cosmics	none
Atmosph. Corr	none
Helio Centric Velocity	
Observer	Manfred Schwarz
Camera	Fujifilm_X-H2
Telescope	Viltrox 75mm f1.2
Spectrograph	Staranalyser 200
Preset Name	Viltrox_X-H2_SA
Inst. Resolution	

Eingabe des Namens und Klick auf „Get Data from Simbad“ füllen automatisch den oberen Bereich aus.

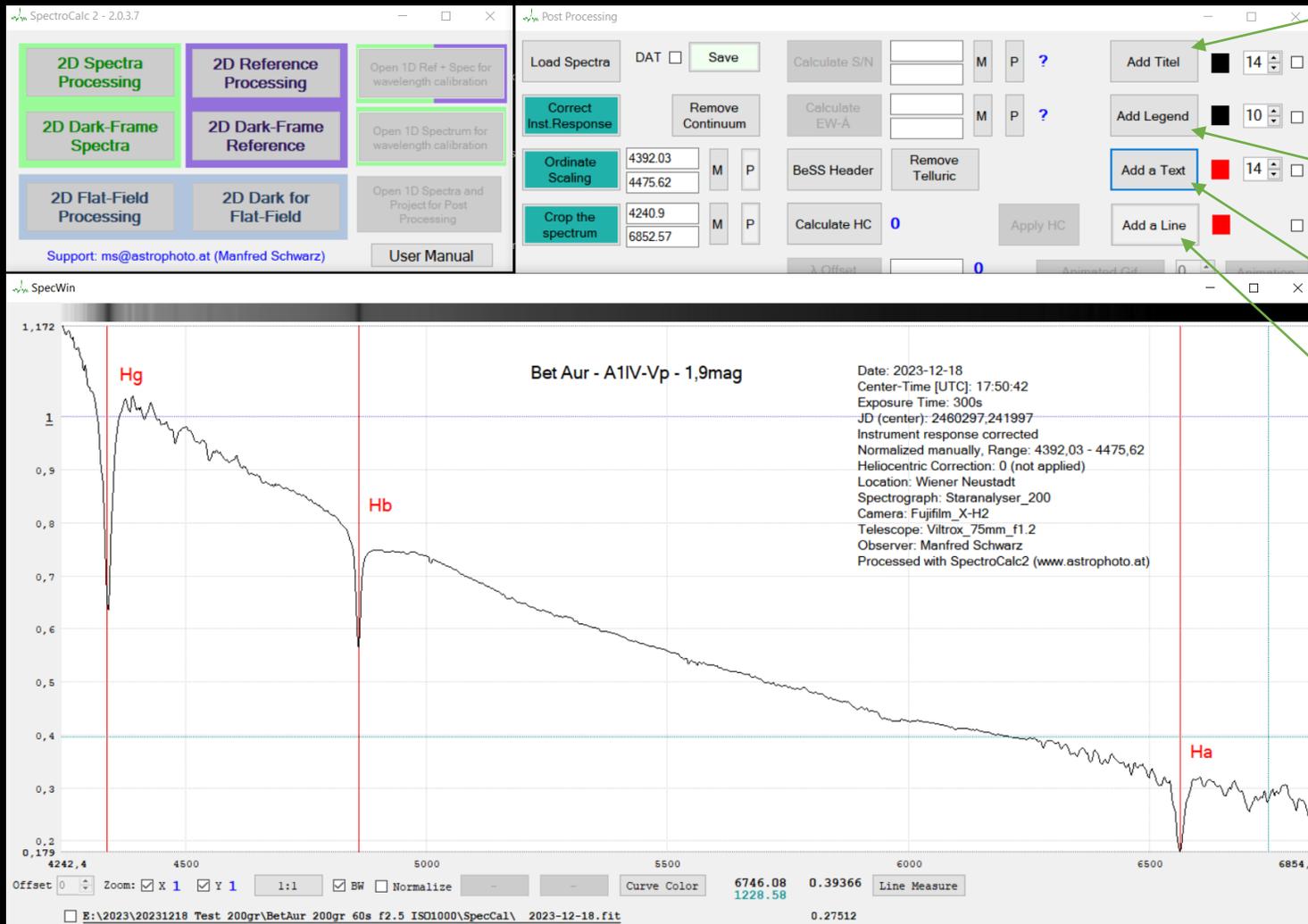
Diese Daten werden aus den Aufnahme-metadata genommen

Die Aufnahme-position kann gespeichert und danach immer einfach abgerufen werden

Die Instrumentendaten können gespeichert und danach immer einfach abgerufen werden

# Post Processing

Beschriftung.



Automatische Erstellung eines Titels

Automatische Erstellung einer Legende

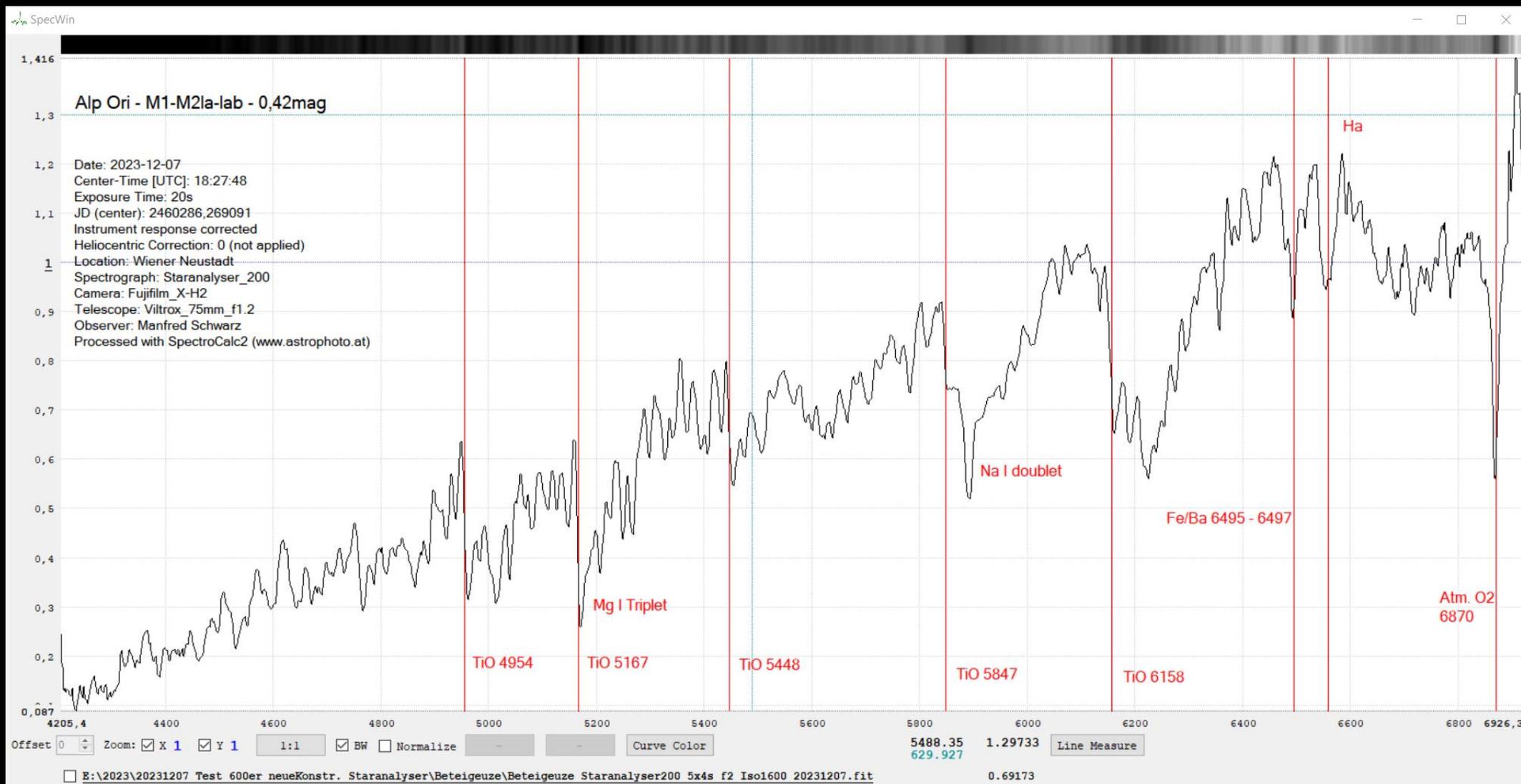
Erstellung eines freien Textes

Zeichnen von senkrechten Linien

Um einen Text oder eine Linie zu verschieben, klickt man das Objekt an (wird gelb markiert) und klickt dann auf die Zielposition

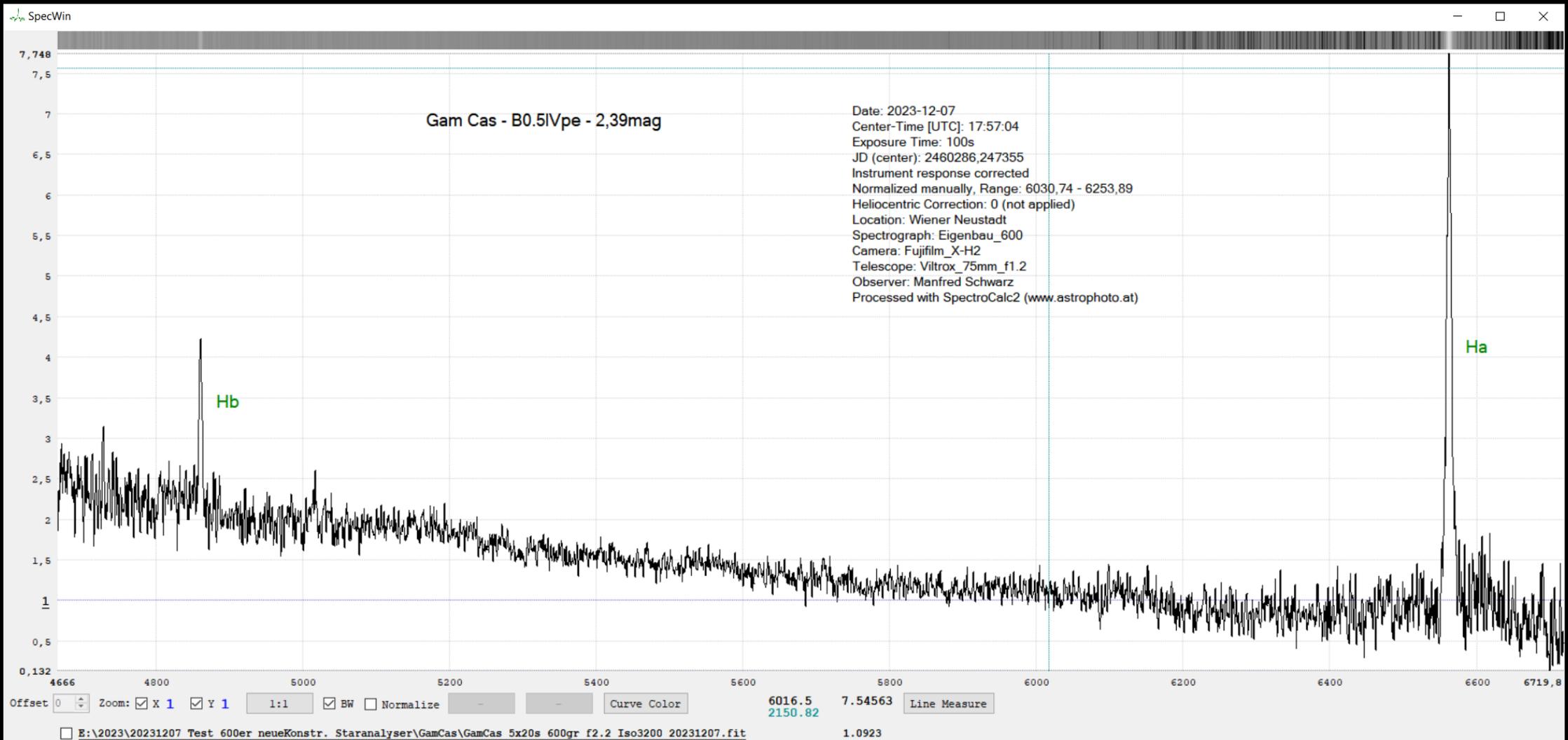
# Beispiel Beteigeuze

Mit Staranalyser 200 und stehendem Stativ (nicht nachgeführt). 5 Aufnahmen je 4s, ISO1600, F/2.



# Beispiel Gam Cas

Mit Eigenbau Spektrograf 600l/mm nicht nachgeführt. 5 Aufnahmen je 20s, ISO3200, F/2,2.



# Praxis Teil 3

Spektroskopie mit hoher  
Auflösung

Lhires III mit 2400 l/mm

# Setup

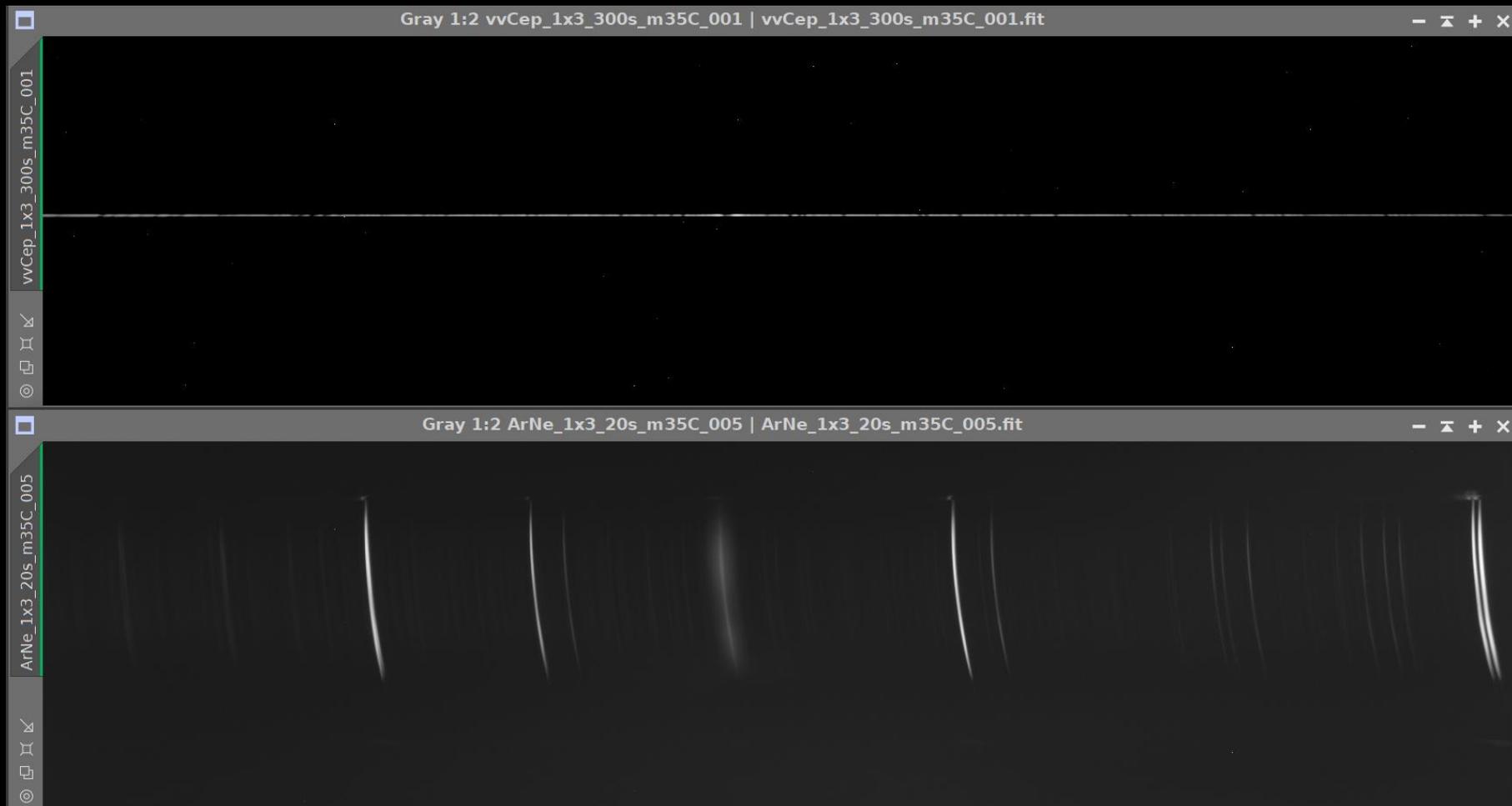


Foto noch mit alten Kameras  
und Losmandi G-11

- Lhires III Spaltspektrograf mit 2400 Linien pro mm
- Sbig STT-8300 monochrom Kamera und Sbig ST-i Nachführkamera
- Celestron C11
- Losmandi HGM-Titan

# Vv Cephei – M2epla-lab + B8:eV

10 Aufnahmen je: 5min, 11 Referenzlampenaufnahmen (ArNe) je: 20s, Y: 3-fach Binning



# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Dateien einlesen.

The screenshot shows the SpectroCalc 2 interface. On the left, there are buttons for '2D Spectra Processing', '2D Reference Processing', '2D Dark-Frame Spectra', '2D Dark-Frame Reference', '2D Flat-Field Processing', and '2D Dark for Flat-Field'. The main window is titled '2D Spectra' and contains a table of loaded FIT files. Below the table is a 'Scanned Spectra' plot showing multiple spectra overlaid. The plot has a wavelength axis from 0 to 3358 and a flux axis from 0 to 8652. At the bottom, there are controls for zoom, normalization, and curve color.

No	File Name	Invert	Spectrum-Scan	Sky-Background-Corr	Remove
1	vvCep_1x3_300s_m35C_001.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Px <input type="checkbox"/> Top <input type="checkbox"/> Center	-
2	vvCep_1x3_300s_m35C_002.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
3	vvCep_1x3_300s_m35C_003.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
4	vvCep_1x3_300s_m35C_004.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
5	vvCep_1x3_300s_m35C_005.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
6	vvCep_1x3_300s_m35C_006.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
7	vvCep_1x3_300s_m35C_007.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
8	vvCep_1x3_300s_m35C_008.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
9	vvCep_1x3_300s_m35C_009.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
10	vvCep_1x3_300s_m35C_010.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto Man.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auto Man.	-
	Sum of all spectra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Scanned Spectra plot axes: X-axis (Wavelength) from 0 to 3358, Y-axis (Flux) from 0 to 8652. Plot shows multiple spectra overlaid in various colors.

Bottom controls: Offset: 0, Zoom: X 1 Y 1, 1:1,  BW,  Normalize, Curve Color, 2964.99, 9023.89, Line Measure, Marker.

Bottom list:

- Sum of all spectra
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_001.fit
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_002.fit
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_003.fit
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_004.fit
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_005.fit
- vvCep\_1x3\_300s\_m35C\_006.fit

# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Darks einlesen und Master-Dark erzeugen.

The screenshot shows the SpectroCalc 2 interface. A dialog box titled "Darks for Spectra Images" is open, displaying a list of dark frame files. The "Dark - RAW" section contains the following table:

No	File Name	Remove
1	Dark_1x3_300s_m35C_001.fit	<input type="checkbox"/> -
2	Dark_1x3_300s_m35C_002.fit	<input type="checkbox"/> -
3	Dark_1x3_300s_m35C_003.fit	<input type="checkbox"/> -
4	Dark_1x3_300s_m35C_004.fit	<input type="checkbox"/> -
5	Dark_1x3_300s_m35C_005.fit	<input type="checkbox"/> -
6	Dark_1x3_300s_m35C_006.fit	<input type="checkbox"/> -
7	Dark_1x3_300s_m35C_007.fit	<input type="checkbox"/> -
8	Dark_1x3_300s_m35C_008.fit	<input type="checkbox"/> -
	MasterSpecDark.fit	<input type="checkbox"/> Save

The main interface shows the "2D Dark-Frame Spectra" button selected. The plot area displays multiple overlapping spectra with a y-axis ranging from 1337 to 8652 and an x-axis from 0 to 3358. The status bar at the bottom shows "Sum of all spectra" and a list of file names.

# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Flats einlesen und Master-Flat erzeugen.

The screenshot shows the SpectroCalc 2 interface. A dialog box titled 'Flat - RAW' is open, listing the following files:

No	File Name	Remove
1	Flat_1x3_20s42_m35C_001.fit	<input type="checkbox"/> -
2	Flat_1x3_20s42_m35C_002.fit	<input type="checkbox"/> -
3	Flat_1x3_20s42_m35C_003.fit	<input type="checkbox"/> -
4	Flat_1x3_20s42_m35C_004.fit	<input type="checkbox"/> -
5	Flat_1x3_20s42_m35C_005.fit	<input type="checkbox"/> -
6	Flat_1x3_20s42_m35C_006.fit	<input type="checkbox"/> -
7	Flat_1x3_20s42_m35C_007.fit	<input type="checkbox"/> -
8	Flat_1x3_20s42_m35C_008.fit	<input type="checkbox"/> -
	MasterFlat.fit	<input type="checkbox"/> Save

The main interface shows a '2D Flat-Field Processing' button highlighted in blue. The background features a spectral plot with a y-axis ranging from 1326 to 8638 and an x-axis from 0 to 3358. A data table at the bottom lists the sum of all spectra and individual file contributions.

File Name	Sum
Sum of all spectra	3118.57
vvCep_lx3_300s_m35C_001.fit	3493.54
vvCep_lx3_300s_m35C_002.fit	3269.52
vvCep_lx3_300s_m35C_003.fit	3130.28
vvCep_lx3_300s_m35C_004.fit	3323.31
vvCep_lx3_300s_m35C_005.fit	2655.88
vvCep_lx3_300s_m35C_006.fit	2988.9

# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Referenz-Lampen Dateien einlesen.

The screenshot displays the SpectroCalc2 interface with the '2D Reference Processing' workflow selected. The '2D Reference Processing' panel is active, showing options for 'Open 1D Ref + Spec for wavelength calibration' and 'Open 1D Spectrum for wavelength calibration'. Below this, the 'Scanned Spectra' and 'Scanned References' plots are visible. The 'References - RAW' panel shows a list of 11 reference files, each with a checked 'Invert' box and a 'Spectrum-Scan' checkbox. The 'Scanned References' plot shows a spectrum with several sharp peaks, and the 'Scanned Spectra' plot shows a spectrum with a noisy baseline. The 'References - RAW' panel includes a table of reference files:

No	File Name	Spectrum-Scan	Remove
1	ArNe_1x3_20s_m35C_001.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
2	ArNe_1x3_20s_m35C_002.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
3	ArNe_1x3_20s_m35C_003.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
4	ArNe_1x3_20s_m35C_004.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
5	ArNe_1x3_20s_m35C_005.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
6	ArNe_1x3_20s_m35C_006.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
7	ArNe_1x3_20s_m35C_007.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
8	ArNe_1x3_20s_m35C_008.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
9	ArNe_1x3_20s_m35C_009.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
10	ArNe_1x3_20s_m35C_010.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
11	ArNe_1x3_20s_m35C_011.fit	<input checked="" type="checkbox"/>	-
	Sum of all spectra	<input checked="" type="checkbox"/>	-

The 'Scanned References' plot shows a spectrum with several sharp peaks, and the 'Scanned Spectra' plot shows a spectrum with a noisy baseline. The 'References - RAW' panel includes a table of reference files:

Da bei hochauflösender Spektroskopie die nächtliche Temperaturänderung zu Verschiebungen auf der Wellenlängenachse führt, empfehle ich am Beginn der Aufnahmeserie und immer nach jeder Spektrum-Aufnahme eine Referenzlampenaufnahme zu tätigen. Dadurch kann SpectroCalc2 die Verschiebung zwischen den Aufnahmen berechnen und die Spektren mit den gleichen Parametern wie die zugehörigen Referenzaufnahmen in Bezug auf die erste Aufnahme ausrichten.

# 2D Daten in SpectroCalc2 einlesen

2D-FITs Referenz-Lampen Darks einlesen und Master-Dark erzeugen.

The screenshot shows the SpectroCalc2 software interface. The top panel contains several processing options: 2D Spectra Processing, 2D Reference Processing, 2D Dark-Frame Spectra, 2D Dark-Frame Reference, 2D Flat-Field Processing, and 2D Dark for Flat-Field. The '2D Reference Processing' and '2D Dark-Frame Reference' panels are highlighted with orange arrows. Below this is a 'References - RAW' table with columns for 'No', 'File Name', and 'Remove'. A 'Dark - RAW' dialog box is open, showing a table with columns for 'No', 'File Name', and 'Remove'. The dialog box has a 'Save' button. Below the dialog box are two spectral plots: 'Scanned Spectra' and 'Scanned References'. The 'Scanned References' plot shows a spectrum with several peaks, and the x-axis is labeled with wavelength values: 1613, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3350. The y-axis is labeled with intensity values: 0, 5000, 10000, 15000, 20000, 25000, 26406. The bottom panel shows a list of files and their corresponding wavelength values.

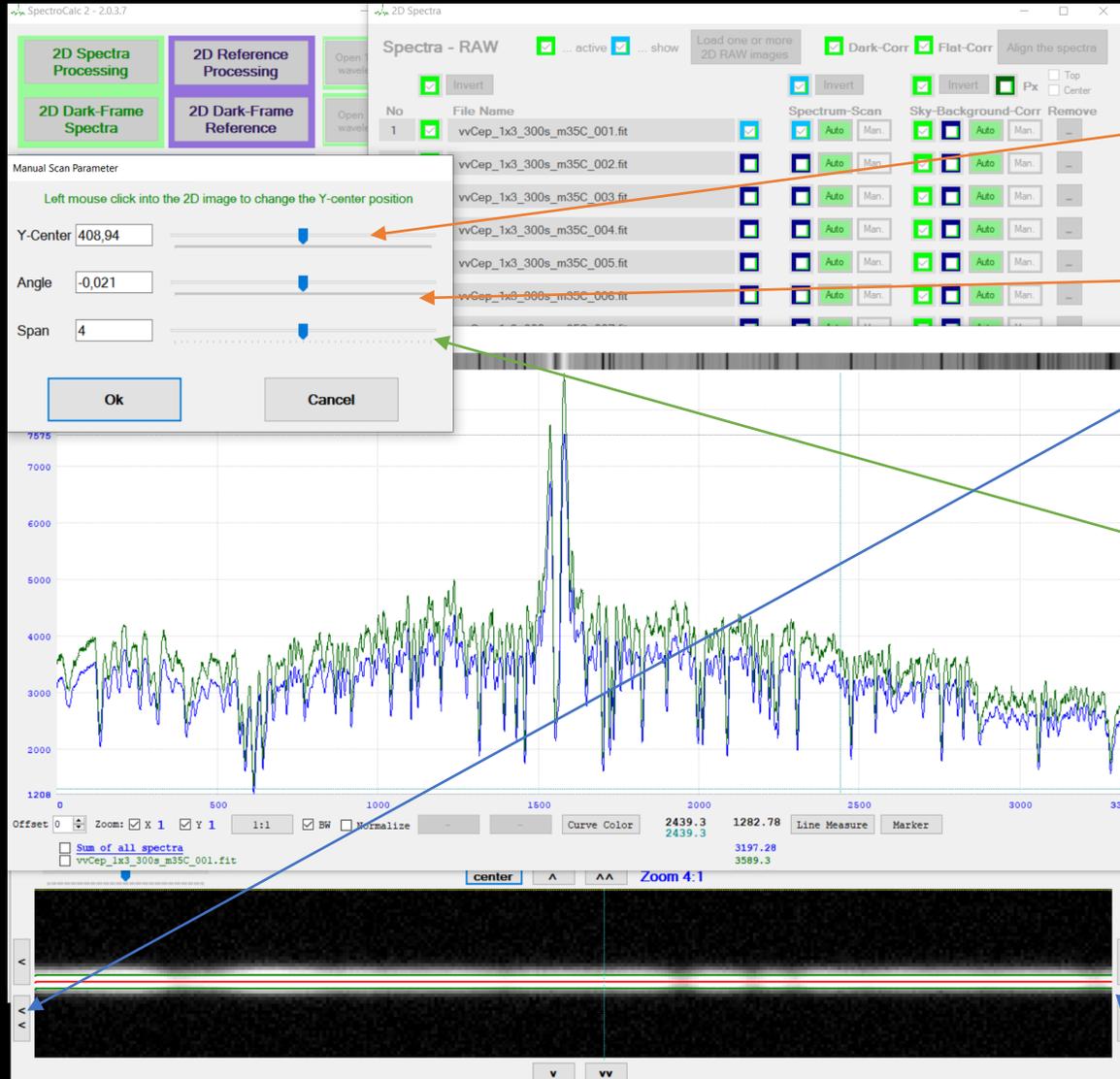
No	File Name	Remove
1	Bias_1x3_m35_64x.fit	<input type="checkbox"/>
	MasterRefDark.fit	<input type="checkbox"/>
7	ArNe_1x3_20s_m35C_007.fit	<input type="checkbox"/>
8	ArNe_1x3_20s_m35C_008.fit	<input type="checkbox"/>
9	ArNe_1x3_20s_m35C_009.fit	<input type="checkbox"/>
10	ArNe_1x3_20s_m35C_010.fit	<input type="checkbox"/>
11	ArNe_1x3_20s_m35C_011.fit	<input type="checkbox"/>
	Sum of all spectra	<input type="checkbox"/>

In diesem Fall habe ich bereits ein Masterdark und lese dieses ein. Durch „Save“ wird dann nur diese eine Datei als Masterdark herangezogen.

Der verwendete CCD-Chip ist sehr rauscharm und ich nehme daher für die 20s Referenzlampen-Aufnahmen das Bias als Dark.

# Scan Überprüfen / Korrigieren

Die einzelnen Dateien durchgehen, eventuell korrigieren oder wenn die Aufnahme misslingen ist: löschen.



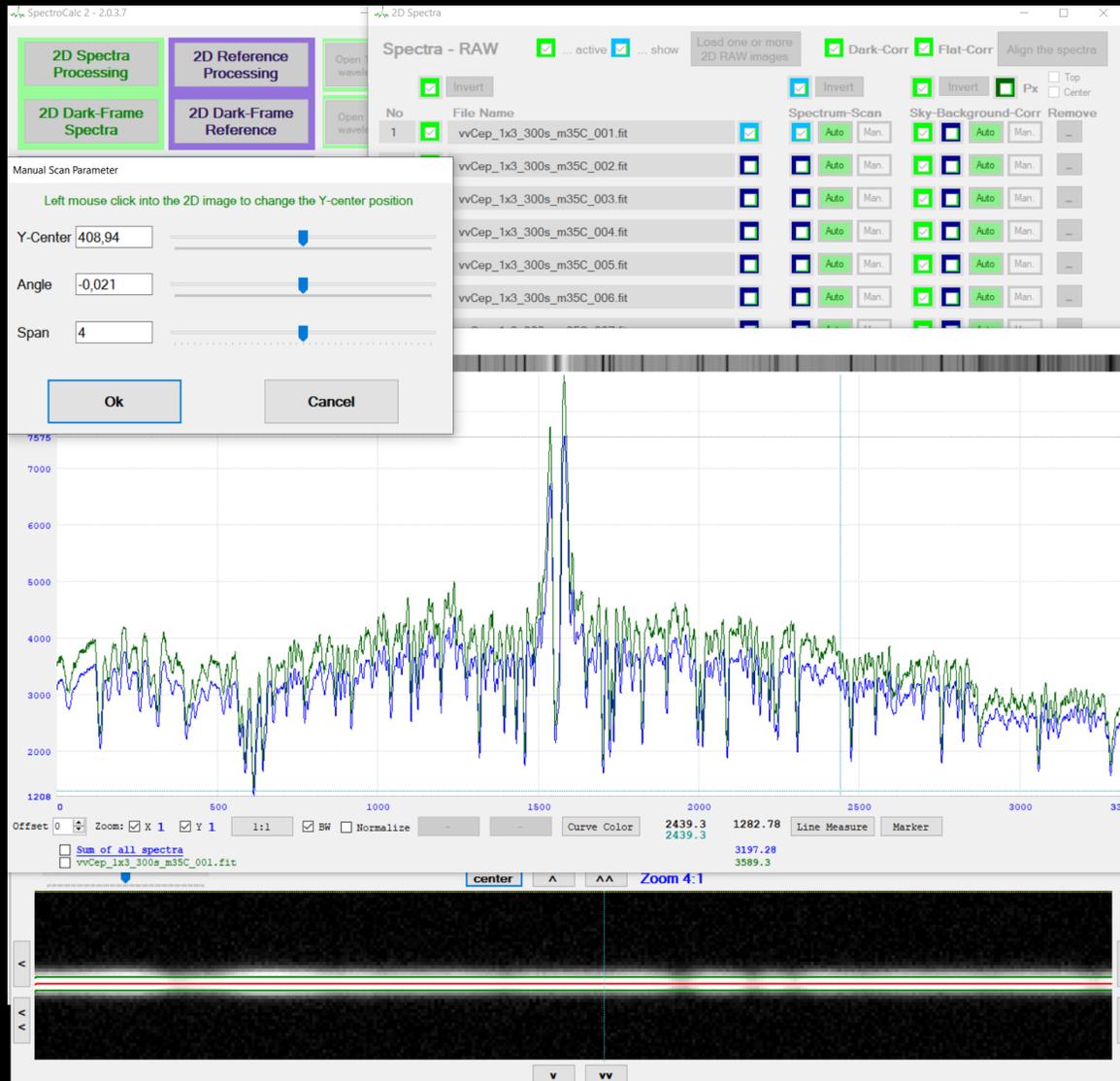
Verschieben des Scan-Mittelpunktes in Y (rote Linie), oder Maus-Klick auf das 2D-Bild unten

Winkeländerung.

Mit den Pfeilen bis an die äußersten Ecken gehen und beurteilen, ob der Winkel passt

Scan-Höhe anpassen. Über die Höhe berechnet SpectroCalc2 bei jeder X-Position einen Mittelwert

# Scan der Referenzlampen-Aufnahmen



Die Referenzlampenaufnahmen werden zeitlich der Spectrum-Aufnahme zugeordnet und dann automatisch mit den exakt gleichen Parametern gescannt.

Dies ist wichtig, damit die durch das Littrow-Spektrografensystem schrägen Referenzlinien auch an exakt der Wellenlänge gescannt werden, wo sich auch die entsprechende Wellenlänge im Spektrum befindet.

Da nach jedem Spektrum eine Referenz aufgenommen wurde, können dadurch die temperaturbedingten Wellenlängenverschiebungen ausgeglichen werden und es kommt zu keinen „Verschmierungen“ der Linien!

# Himmelshintergrund abziehen

Der Himmelshintergrund ist ein „additiver“ Störeinfluss und beeinflusst das Verhältnis der Linien-Höhe zum Kontinuum.

The screenshot shows the 'Manual Sky-Background Parameter' dialog box with the following settings:

- Y-Span: 19
- Upper: 372
- Lower: 445
- Polynomial Order: 5

The 'Spectra - RAW' window shows a list of files with the following columns: File Name, Spectrum-Scan, Sky-Background-Corr, and Remove. The files are:

No.	File Name	Spectrum-Scan	Sky-Background-Corr	Remove
1	vvCep_1x3_300s_m35C_001.fit	Auto	Auto	Man.
2	vvCep_1x3_300s_m35C_002.fit	Auto	Auto	Man.
3	vvCep_1x3_300s_m35C_003.fit	Auto	Auto	Man.
4	vvCep_1x3_300s_m35C_004.fit	Auto	Auto	Man.
5	vvCep_1x3_300s_m35C_005.fit	Auto	Auto	Man.
6	vvCep_1x3_300s_m35C_006.fit	Auto	Auto	Man.
7	vvCep_1x3_300s_m35C_007.fit	Auto	Auto	Man.

The '2D image of the selected spectrum' shows a zoomed-in view of the spectrum with a 'center' button and a 'Zoom 2:1' indicator. The '1D image of the selected spectrum' shows a plot of the spectrum with a 'Zoom: X 1 Y 1' indicator and a 'Line Measure' button.

Höhe des Messbereichs

Mitte des oberen Bereiches

Mitte des unteren Bereiches

Maus-Klick über oder unter den Spektrenstreifen, um den oberen oder unteren Scanbereich festzulegen

Der Bereich sollte nicht zu weit vom Spektrum entfernt sein, aber es sollte auch noch nicht das Spektrum selbst durchscheinen

Oft kann diese Einstellung für alle Dateien mit gleichen Einstellungen angewendet werden

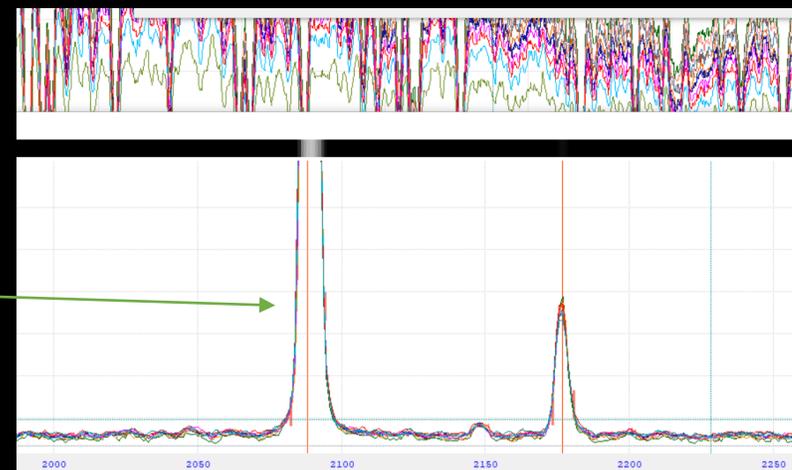
# Spektren ausrichten

Zuerst versuche ich immer mit der Automatik über die Referenzlinien auszurichten. Sollte das nicht gut funktionieren, über die Automatik am Spektrum oder manuell.

The screenshot shows the SpectroCalc 2 - 2.0.3.7 interface. On the left, there are several processing options: 2D Spectra Processing, 2D Dark-Frame Spectra, 2D Flat-Field Processing, 2D Reference Processing, 2D Dark-Frame Reference, and 2D Dark for Flat-Field. A central panel titled 'Spectra - RAW' lists 10 files with checkboxes for 'Invert', 'Spectrum-Scan', 'Sky-Background-Corr', and 'Remove'. An 'Align the spectra' dialog box is open, asking the user to choose between aligning with reference images or the spectra manually. The 'References' button is highlighted. Below the dialog, a plot shows 'Scanned Spectra' and 'Scanned References' with a zoomed-in view of a spectral line at approximately 2276.79 nm. A table at the bottom lists the line measurements for various files.

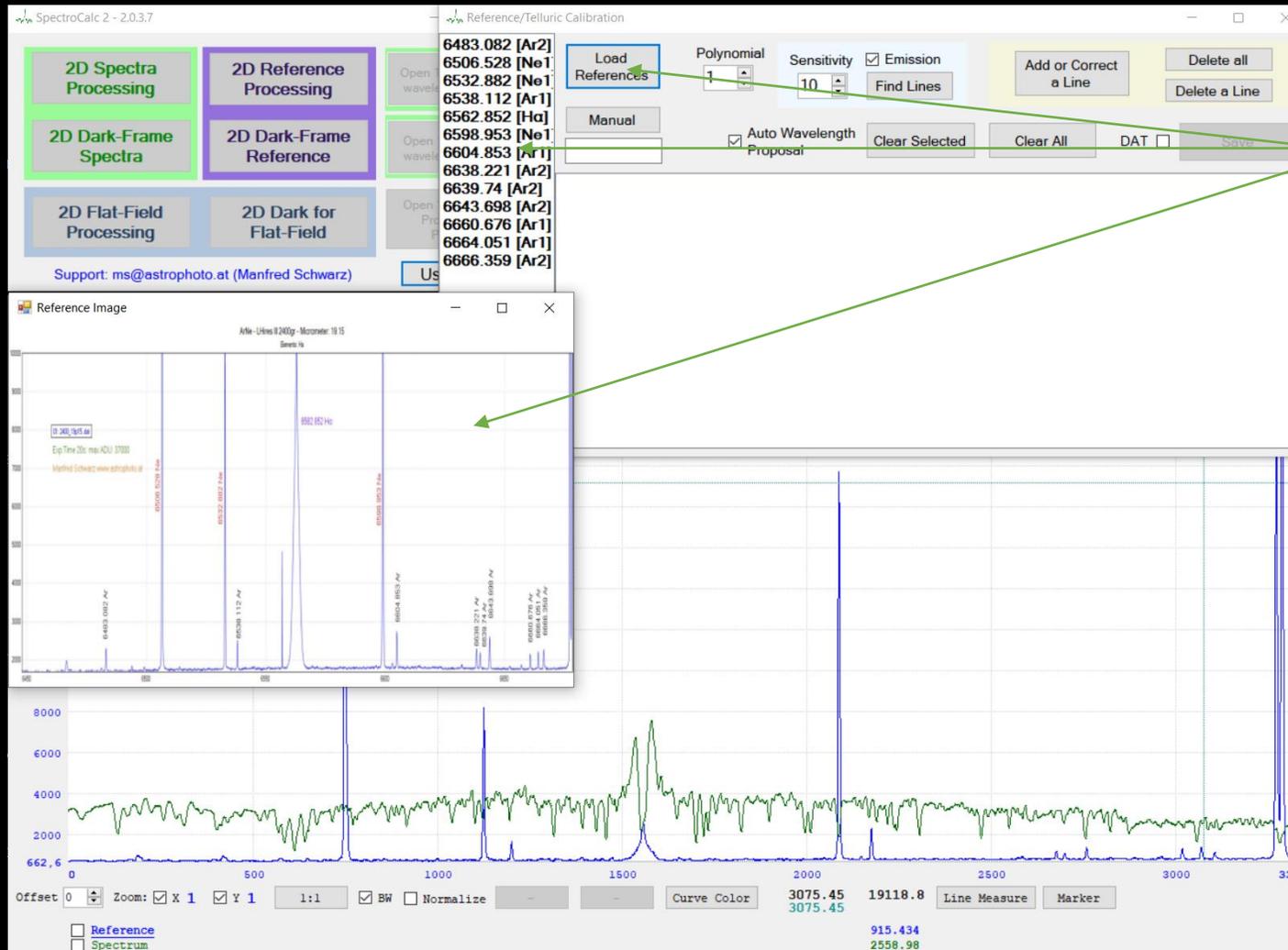
File Name	Wavelength (nm)
Sum of all spectra	798.77
ArHe_1x3_20s_m35C_001.fit	738.088
ArHe_1x3_20s_m35C_002.fit	770.049
ArHe_1x3_20s_m35C_003.fit	786.059
ArHe_1x3_20s_m35C_004.fit	822.514
ArHe_1x3_20s_m35C_005.fit	807.517
ArHe_1x3_20s_m35C_006.fit	783.679

Das Programm richtet mit 1/100 Pixel Auflösung aus



# Spektren Wellenlängenkalibrieren

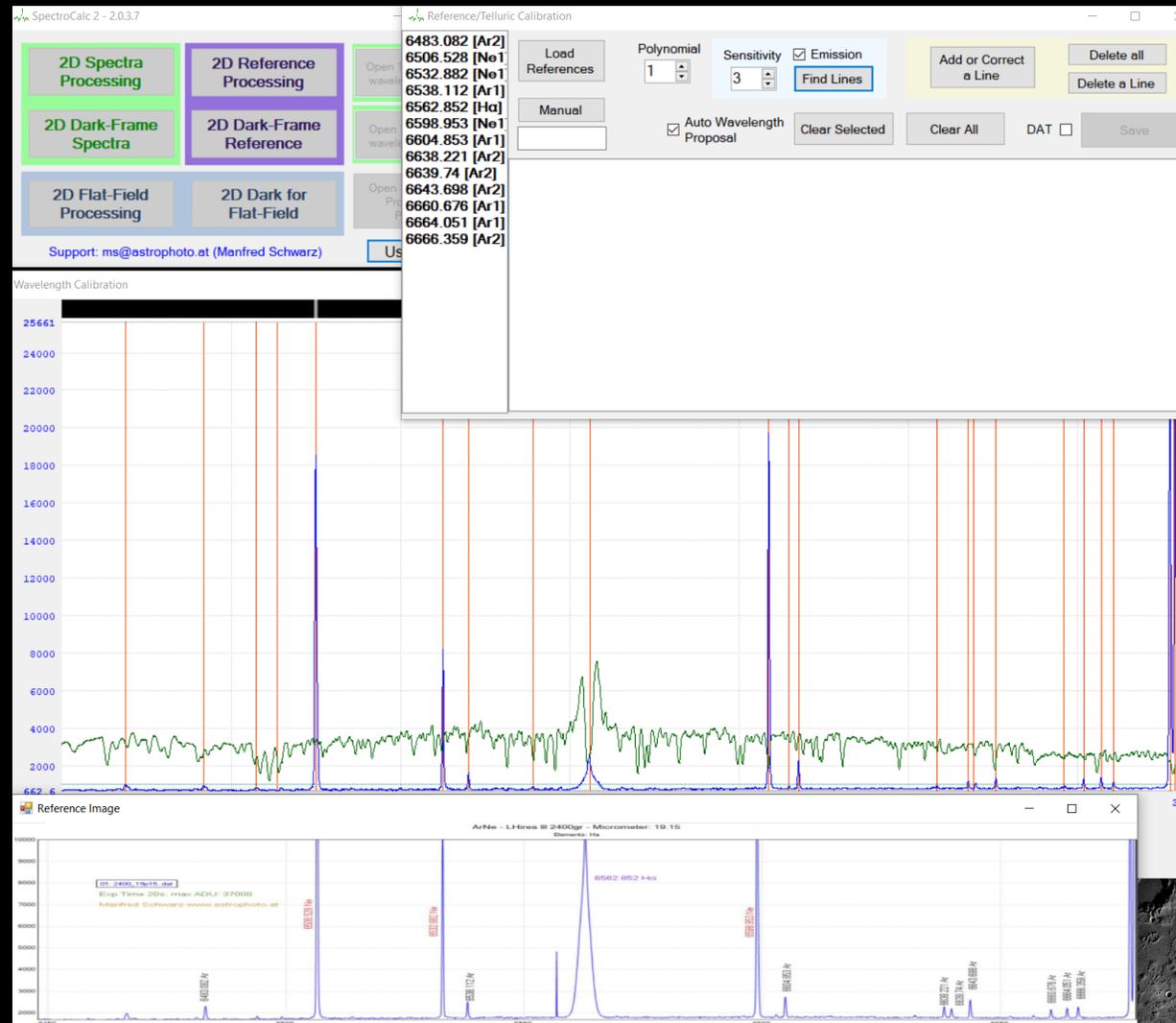
Durch Drücken auf „Calibrate“ gelangt man in den zweiten Abschnitt von SpectroCalc2.



Wir laden die gewünschte Kalibrationstabelle, in diesem Falle die ArNe Linien im Bereich von H-alpha.

# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Mit „Find Lines“ und der richtigen Einstellung von „Sensitivity“ werden die gewünschten Referenz-Emissionslinien gefunden.



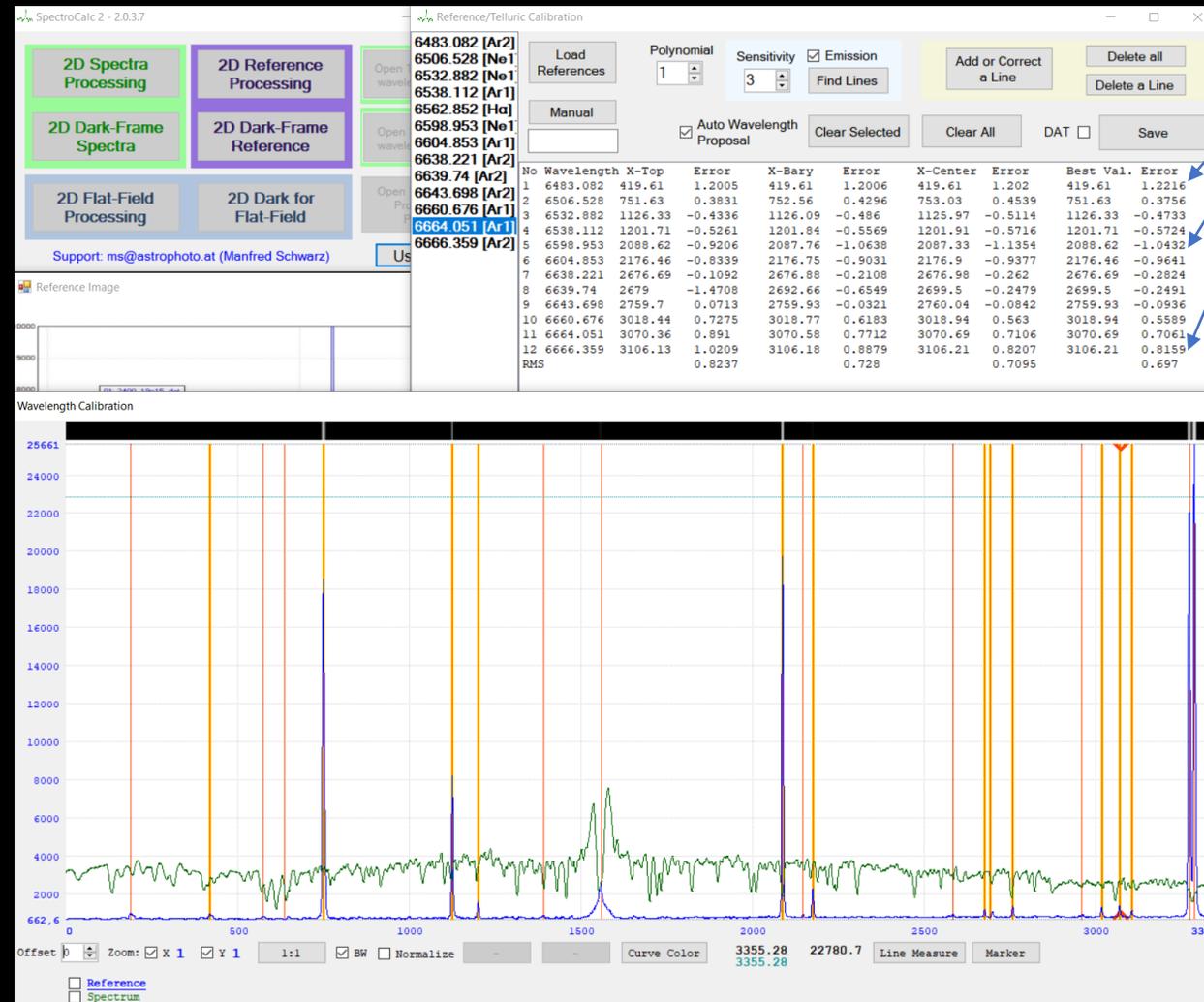
# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Markieren und zuweisen der Wellenlänge der beiden bekanntesten äußeren Linien.



# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Anklicken der restlichen bekannten Linien. SpectroCalc2 findet die zugehörigen Wellenlängen automatisch.



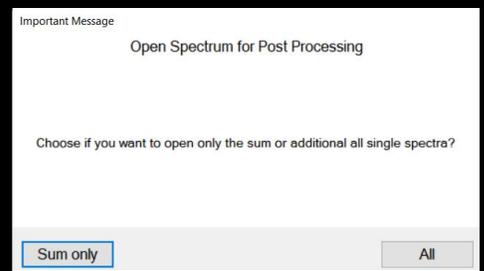
Die Ausreißer genauer unter die Lupe nehmen. Entweder die Linie händisch nachkorrigieren oder aus der Auswertung herausnehmen „Clear Selected“

# Spektren Wellenlängenkalibrieren

Ist der RMS-Fehlerwert entsprechend gut, kann mir „Save“ zum nächsten Abschnitt gegangen werden-



Beim Post-Processing kann dann mit dem Summenspektrum oder mit allen einzelnen Spektren weitergearbeitet werden, wenn man z.B. die Änderungen der Linienformen über die Aufnahmeserie herausarbeiten möchte.



# Post Processing

## Korrektur der Instrumentenlinie

The screenshot shows the SpectroCalc 2.0.3.7 interface. The main window has a 'Correct Inst Response' button highlighted with a green arrow. Below it, the 'Instrument Response' dialog box is open, showing a 'Load Ref.' button and a list of reference spectra files. A file explorer window is also open, showing a directory structure with various data files. The 'Instrument Response' dialog box is visible, showing options for loading a reference spectrum and adjusting the polynomial order.

„Correct Inst.Response“

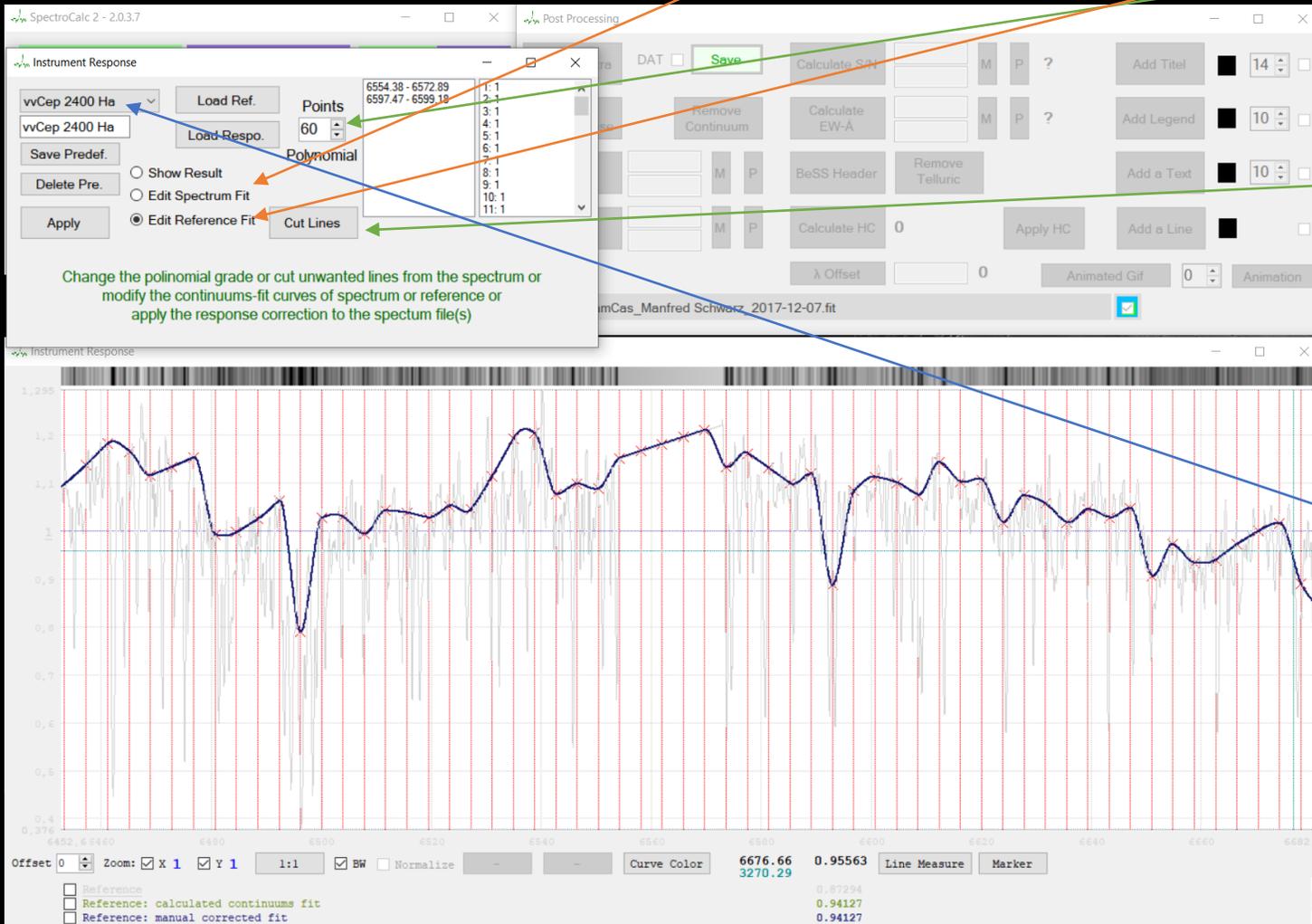
„Load Ref.“

Wenn kein eigens aufgenommenen Referenzstern aufgenommen wurde, dann aus einer der Datenbanken einen ähnlichen Stern der Spektralgruppe wählen, oder wie hier genau diesen Stern. In diesem Falle aus der Elodie-Datenbank.

# Post Processing

Korrektur der Instrumentenlinie: Sowohl vom Spektrum selbst als auch von der Referenz das Kontinuum definieren!

Anzahl der Stützpunkte



„Cut Lines“, zum ausschneiden von Linien, da man ja nur das Kontinuum festlegen möchte

Wenn bereits da fleiche Objekt im selben Wellenlängenbereich bearbeitet wurde, kann man auch auf ein gespeichertes Parameter-Set zugreifen.

# Post Processing

Korrektur der Instrumentenlinie: „Apply“ zur Korrektur der Instrumentenkurve



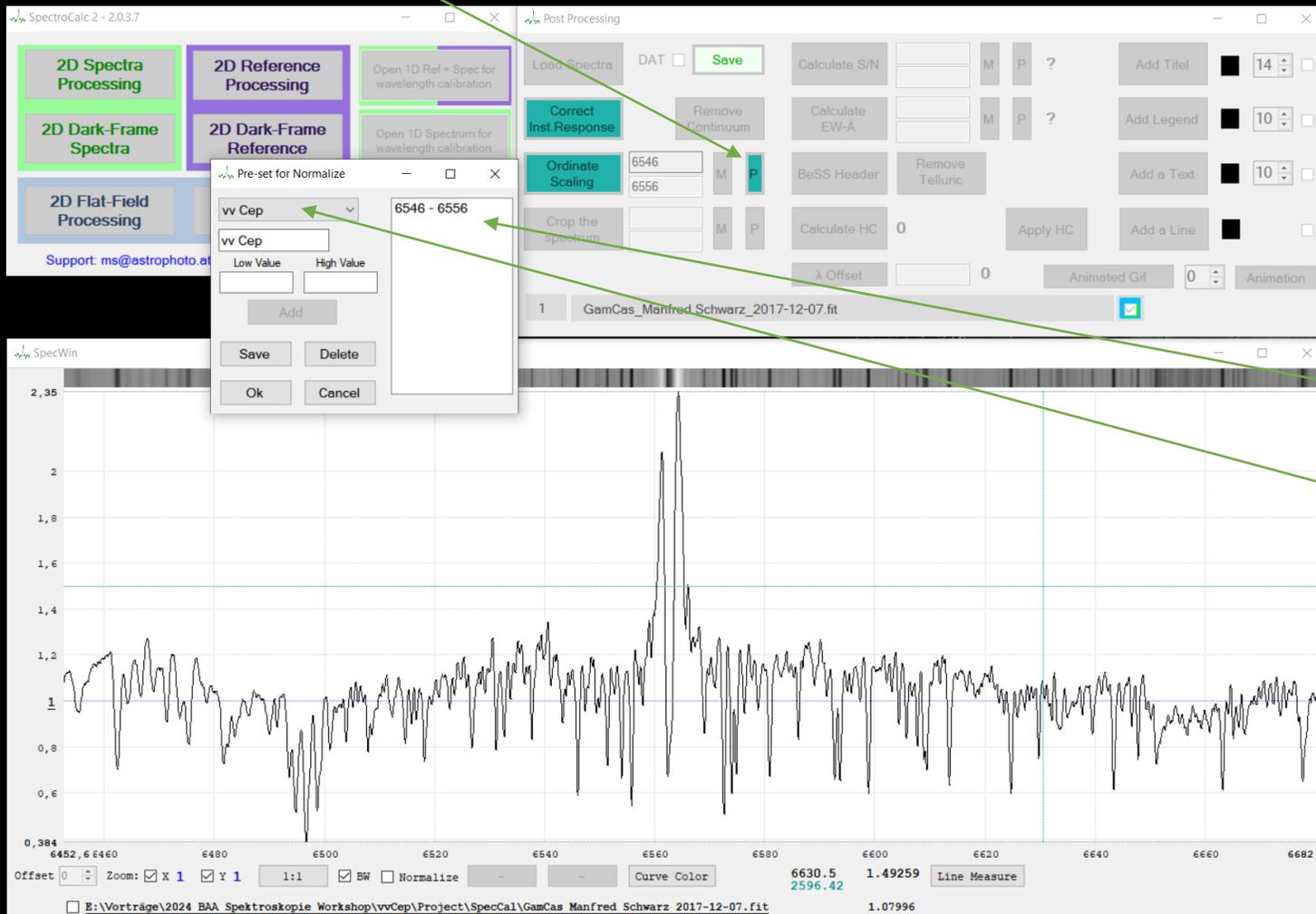
Instrumentenkurve

Korrigiertes Spektrum

Polynom über die Kurve legen, damit durch die vielen Linien nicht eine „unruhige“ Korrektur angewendet wird.

# Post Processing

Skalierung (Normierung) der Ordinate.



Bei dem Forschungsprojekt wurde für das Ermitteln von Flux = 1, ein Wellenlängenbereich von 6546 bis 6556 festgelegt. Man kann den Bereich auch wie hier abspeichern, um ihn das nächste Mal bequem abrufen zu können.

# Post Processing

Ergänzung der FITs-Header-Daten „BeSS Header“.

The screenshot displays the SpectroCalc 2 - 2.0.3.7 software interface. The 'Post Processing' window is active, showing a spectral plot with various processing options. A 'BeSS Header Information' dialog box is open, allowing users to input metadata for the spectrum. The dialog box includes fields for Object (vv Cep), RA 2000 (329.16309), DEC 2000 (63.62555), Star Type (M2Ibep+B2?ep\_sh), Vmag (4.9), JD (middle) (2458095.355231), Date (2017-12-07), Time (UT) (20:31:32), Latitude (47.62 N 47° 37' 12"), Longitude (16.28 E 16° 16' 48"), Altitude (700), Location Name (Wiesmath), Preset Locat. (Wiesmath), Remove Cont. (none), Rem. Cosmics (none), Atmosph. Corr (none), Heliocentric Velocity, Observer (Manfred Schwarz), Camera (STT8300M), Telescope (C11), Spectrograph (LHIRES3-2400), Preset Name (C11 Lhires24 8300), and Inst. Resolution (18600). The main window shows a spectral plot with various processing options like 'Correct Inst. Response', 'Ordinate Scaling', and 'BeSS Header'.

Eingabe des Namens und Klick auf „Get Data from Simbad“ füllen automatisch den oberen Bereich aus.

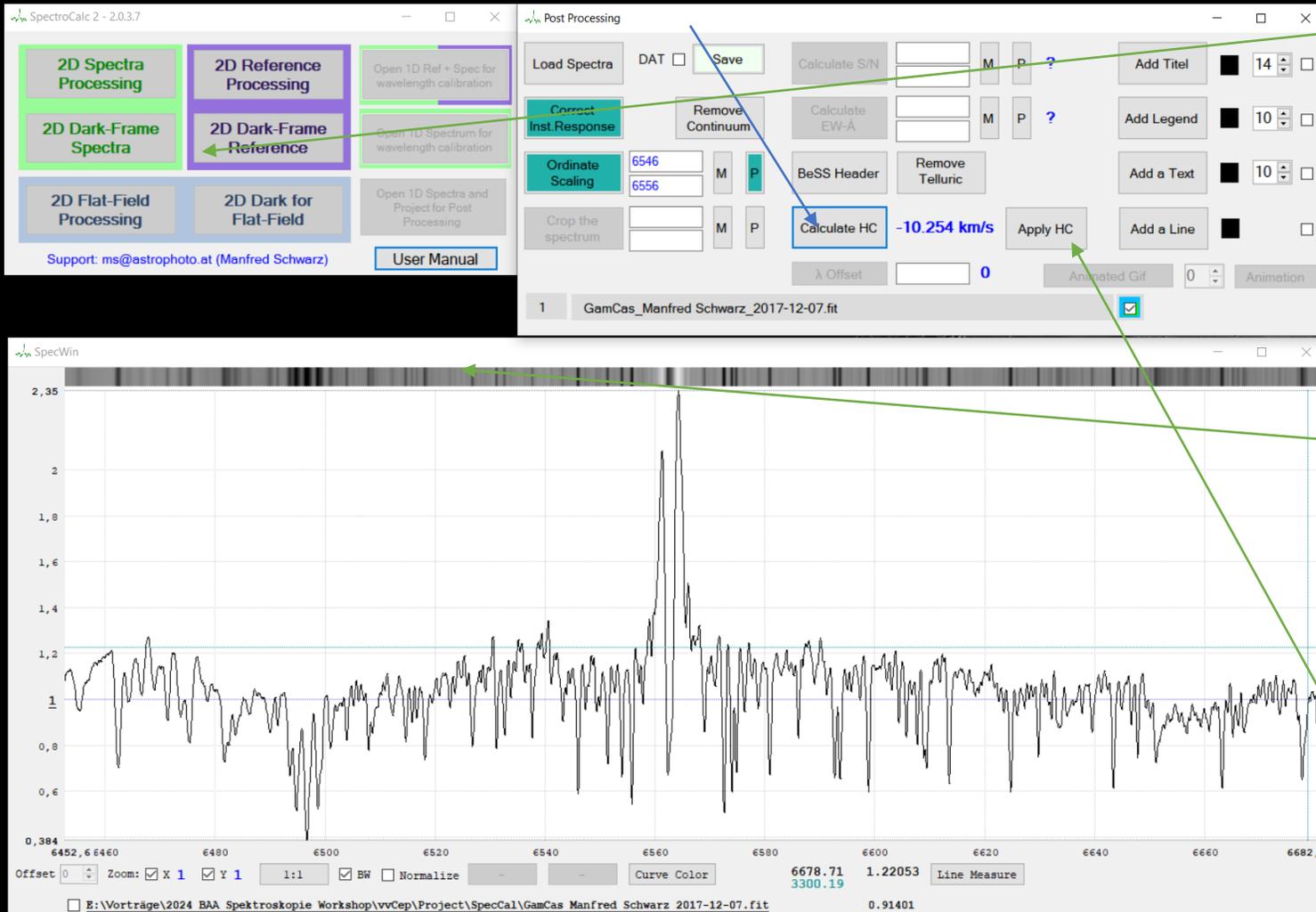
Diese Daten werden aus den Aufnahmedaten genommen

Die Aufnahmeposition kann gespeichert und danach immer einfach abgerufen werden

Die Instrumentendaten können gespeichert und danach immer einfach abgerufen werden

# Post Processing

## Berechnung der Heliozentrischen Korrektur



Die Bewegung des Beobachters, also in diesem Falle bin das ich bei der Aufnahme, verfälscht die Wellenlänge, je nach dem ob wir uns auf das Objekt zubewegen oder davon weg.

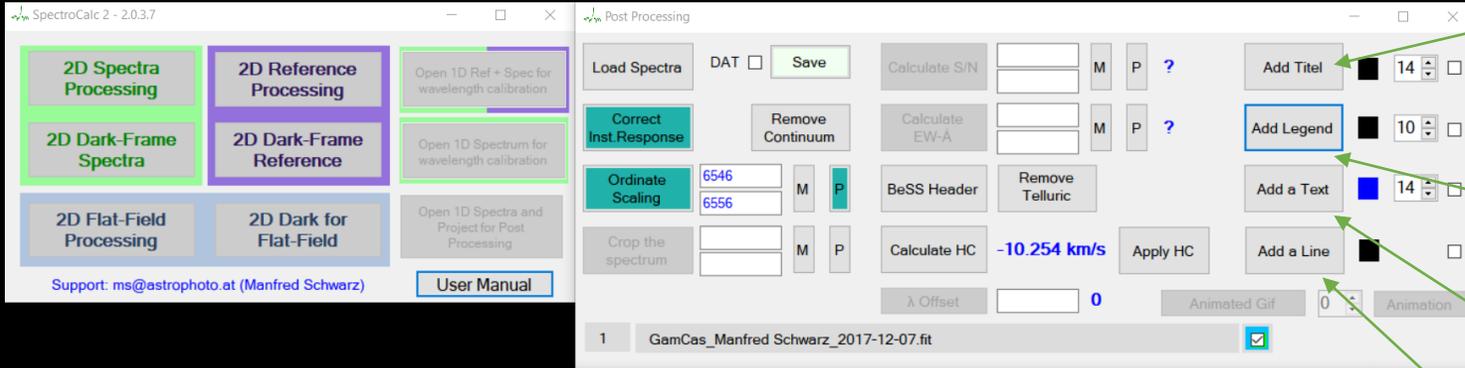
Bei dieser Auflösung kommt diese Verfälschung zum tragen und muss korrigiert werden.

Es reicht meistens, wenn man die Berechnung durchführt, diese aber nicht auf das Spektrum anwendet. Der Wert wird dann im FITs-Header hinterlegt.

Möchte man sie anwenden, drückt man auf „Apply HC“.

# Post Processing

Beschriftung.

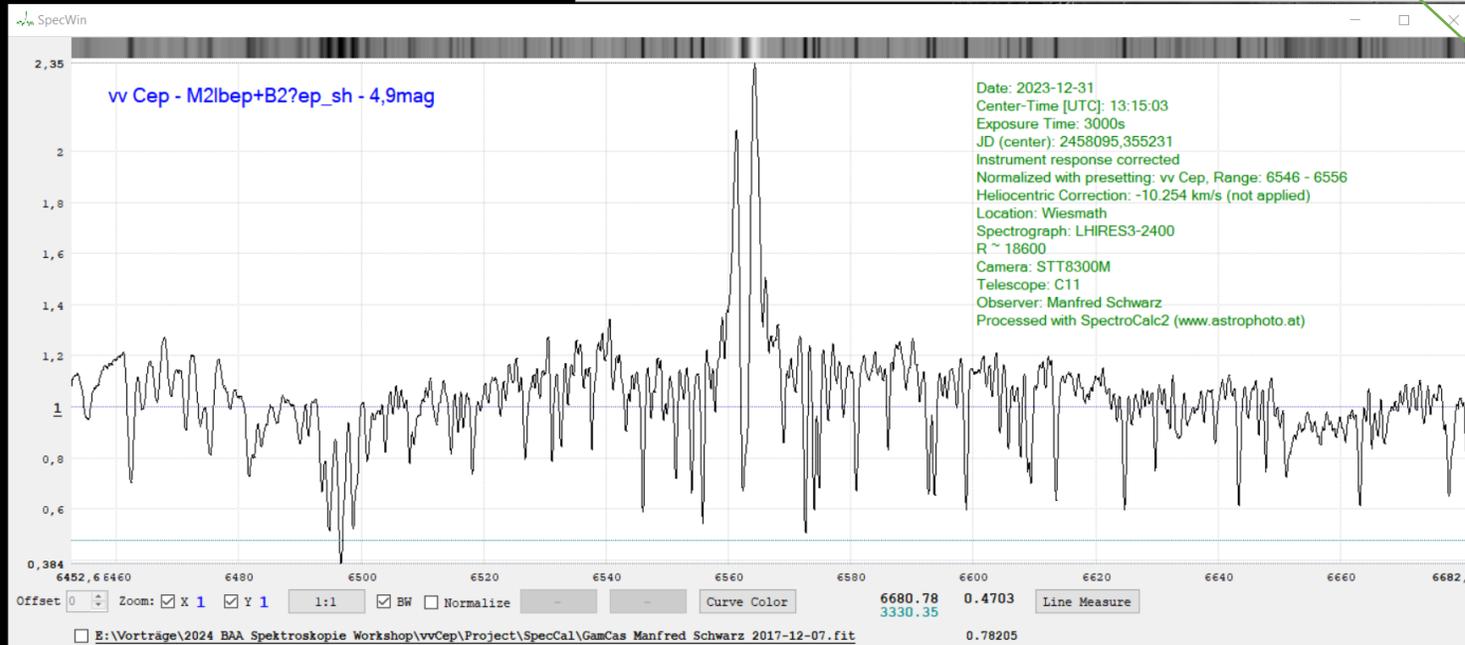


Automatische Erstellung eines Titels

Automatische Erstellung einer Legende

Erstellung eines freien Textes

Zeichnen von senkrechten Linien



Um einen Text oder eine Linie zu verschieben, klickt man das Objekt an (wird gelb markiert) und klickt dann auf die Zielposition

# Ende des Workshops

Abschließende Diskussionen und Fragen.

Vielen Dank für Euer Interesse  
und  
viel Erfolg und Freude mit der  
Spektrografie!

