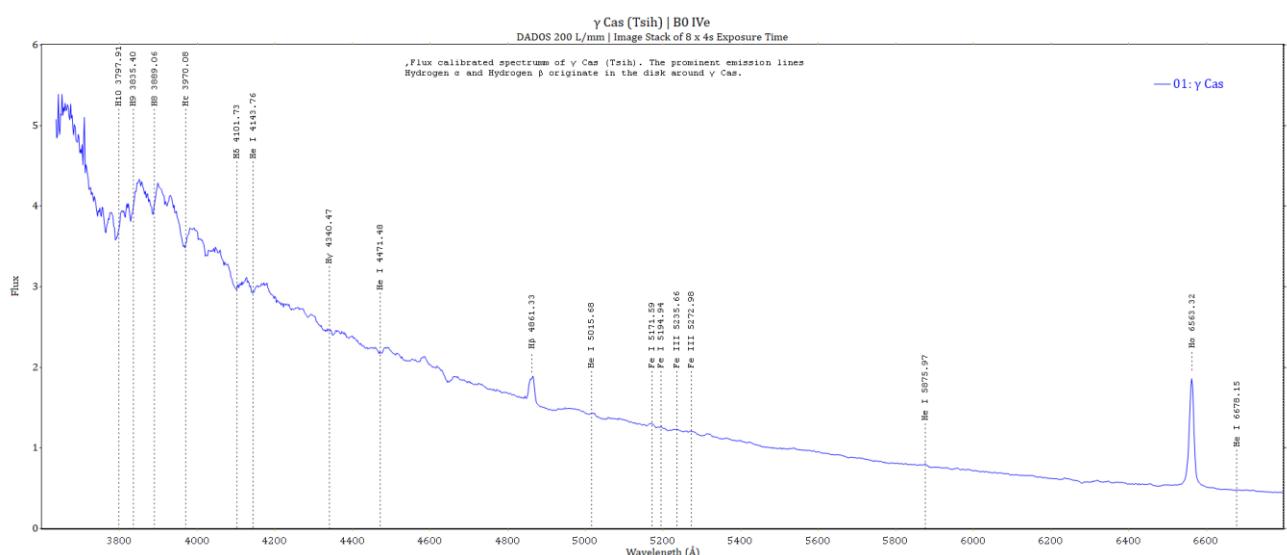
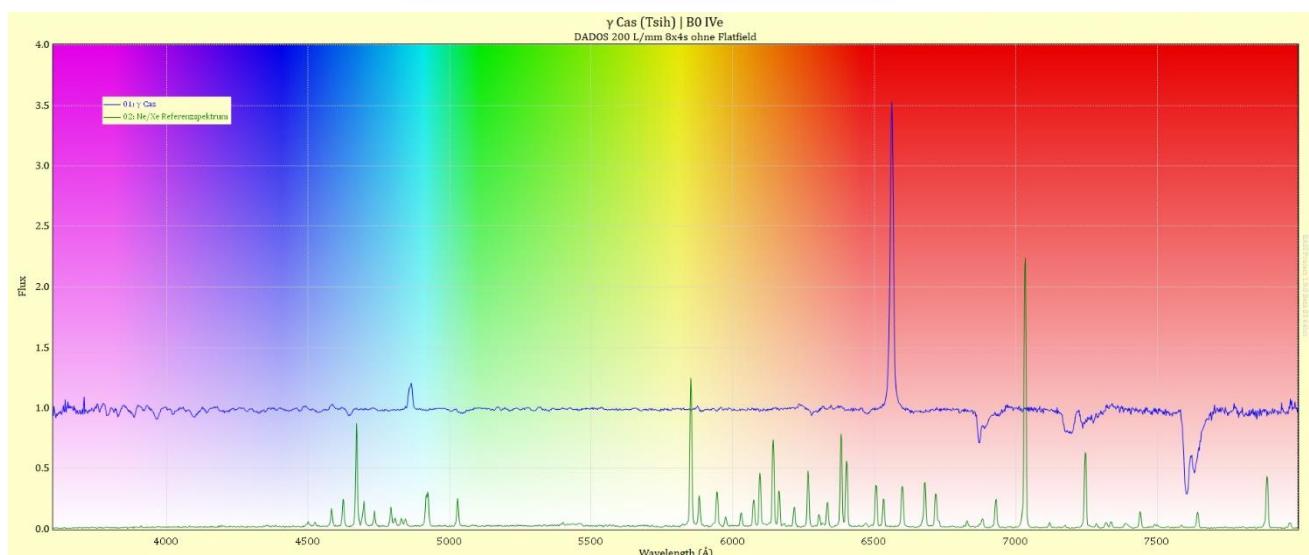


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre Ne/Xe

Wellenlängenkalibrierung - Normierung – Flusskalibrierung



Tutorial 1.1

Dipl.-Phys. Bernd Koch

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

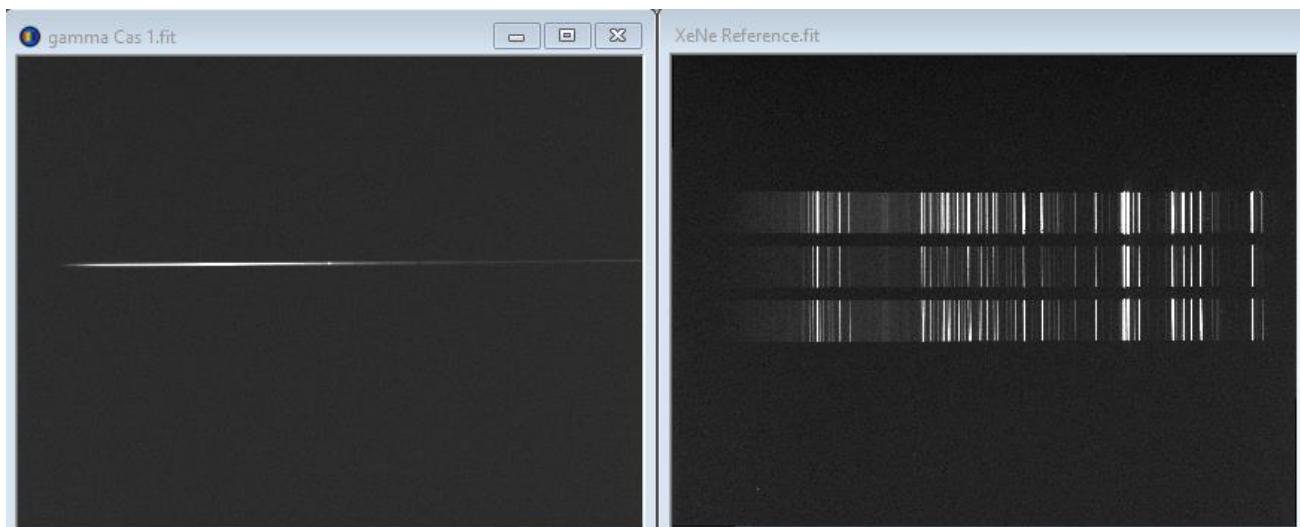
1. Der vorliegende Datensatz: Gamma Cas - und Ne/Xe-Referenzspektrum.....	2
1.1 Vorbereitung der Spektren: Spektren beschneiden um Datenmenge zu begrenzen	3
2. BASS starten	4
3. Spektren stacken mit Alignment	5
4. Voreinstellungen vornehmen.....	8
5. Referenzspektrum öffnen.....	12
6. Gamma Cas Spektrum und Referenzspektrum horizontal ausrichten.....	14
7. Spektralbereich eingrenzen -> Crop X-Axis Range	16
8. Auswahl des Scanbereichs für Spektrum und Himmelshintergrund	16
9. Wellenlängenkalibrierung.....	21
9.1 Das Spektrum der Neon/Xenon Referenzlampe	21
9.2 Wellenlängenkalibrierung der Ne/Xe-Referenzlampe	21
9.3 Übertragung der Wellenlängenkalibrierung auf das Spektrum von γ Cas	29
10. Normierung der Intensität des Spektrums	31
10.1 Pseudokontinuum entfernen	31
10.2 Normierung auf „1“	35
10.3 Manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux, relative Intensität).....	38
10.4 Identifikation von Spektrallinien im Spektrum von γ Cas.....	39
10.5 Beschriftung des normierten Spektrums.....	41
10.6 Labelset abspeichern	42
10.7 Notizen erstellen, einblenden und Hintergrund gestalten.....	45
10.8 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips.....	46
11. Flusskalibrierung mit einem kalibrierten Referenzstern	49
11.1 Öffnen und dividieren eines flusskalibrierten Referenzspektrums.....	50
11.2 Flusskalibrierung mit <i>response_flux.dat</i>	55
11.3 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips.....	57
11.4 Beschriftung des flusskalibrierten Spektrums	59
11.5 Abspeichern des beschrifteten Spektrums.....	60
11.6 Anpassung einer Planckschen Strahlungskurve	62
12. Übertragung des Projekts an einen anderen Ort („Bundles“)	63
13. BeSS Settings (optionale Dateneintragung in 1D-Datei)	64
14. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal	68

BASS ist das Acronym für Basic Astronomical Spectroscopy Software und wurde von John Paraskeva entwickelt. Als freie Microsoft Windows basierte Anwendung ermöglicht BASS die vollständige Reduktion, Kalibrierung und eine weitgehende Auswertung von Spektren.

<https://groups.io/g/BassSpectro>

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

1. Der vorliegende Datensatz: Gamma Cas - und Ne/Xe-Referenzspektrum



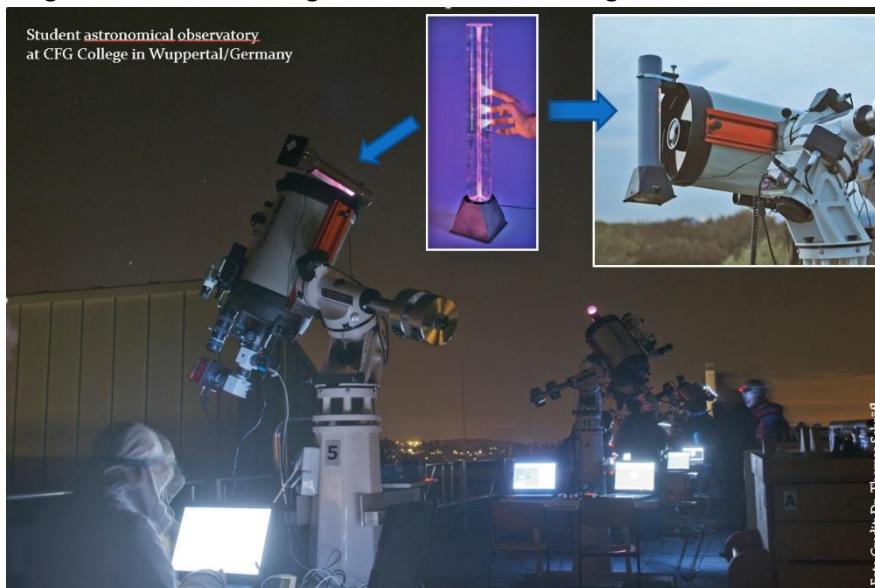
Datensatz: Acht Aufnahmen von γ Cas (je 4s belichtet) und eine Aufnahme des Neon/Xenon-Referenzspektrums, 300s belichtet. Die Spektren wurden mit dem DADOS Spaltspektrografen mit jeweils einem Autodark, aber ohne Flat aufgenommen. Das Gitter mit 200 L/mm ermöglicht bei einer Kamera-Sensorbreite von ca. 18mm die Aufnahme des kompletten sichtbaren Spektrums von 3500Å bis in den Infrarotbereich ca. 10000Å.

Das Referenzspektrum wurde mit der im Handel erhältlichen „Magic Plasma Röhre“ von Conrad Electronic aufgenommen. Zur Aufnahme des Referenzspektrums strahlte die Lampe von vorne durch das Teleskop.

<https://www.conrad.de/de/plasma-party-lichteffekt-magic-plasma-roehre-pink-anzahl-leuchtmittel-1-591136.html>

Folgendes ist bei der Aufnahme grundsätzlich zu beachten:

Referenzspektren und Objektspektren müssen zeitlich nah beieinander aufgenommen werden. Grund: Der Spektrograf dehnt sich aus oder zieht sich zusammen, wenn sich die Außentemperatur ändert. Deshalb lässt man den DADOS und das Teleskop zunächst eine halbe Stunde auskühlen, bevor man beginnt. Zuerst wird ein Referenzspektrum aufgenommen, dann eine Serie von Objektspektren und zum Schluss wieder ein Referenzspektrum. Ausnahme: Im vorliegenden Fall wurde nur ein Referenzspektrum am Ende der Serie aufgenommen. Im niedrigauflösenden Anwendungsbereich ist das auch völlig ausreichend, weil thermische



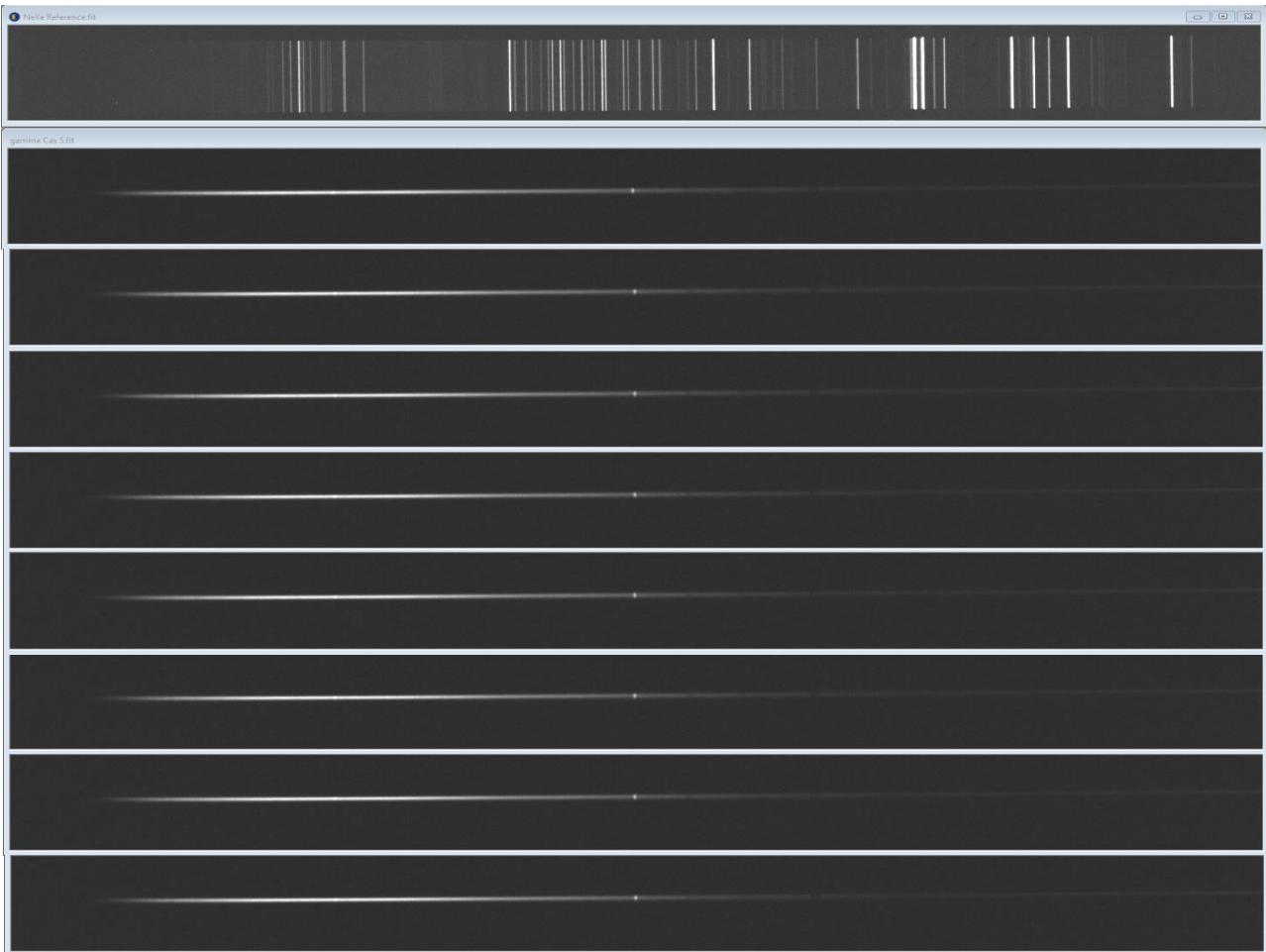
Driften in der vorliegenden Serie nicht zu erkennen sind. Außerdem sollte der Spektralfaden bereits möglichst exakt horizontal orientiert sein, blaues Ende links, rotes rechts.

- gamma Cas 1.fit
- gamma Cas 2.fit
- gamma Cas 3.fit
- gamma Cas 4.fit
- gamma Cas 5.fit
- gamma Cas 6.fit
- gamma Cas 7.fit
- gamma Cas 8.fit
- NeXe Reference.fit

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

1.1 Vorbereitung der Spektren: Spektren beschneiden um Datenmenge zu begrenzen

Referenz und Sternspektren liegen vorbereitet in diesem beschnittenen Bildformat vor. Das Ausschneiden und Abspeichern erfolgte in unserem Beispiel mit MaxIm DL.



Hinweis: Die **BASS 32-Bit-Version** ist nicht in der Lage größere Datenmengen im RAM zu verwalten. 10 Spektren à 16MB Speichervolumen sind bereits zu viel. Für diese Version wird empfohlen, die Spektren vor der Weiterverarbeitung in BASS in Bezug auf die Höhe zu beschneiden. Dies muss jedoch für alle Spektren in selber Weise erfolgen! Jedes Programm zur Steuerung einer CCD-Kamera sollte in der Lage sein, dies vorzunehmen.

Hinweis: Die **BASS 64-Bit-Version** ist hingegen in der Lage, größere Datenmengen zu verwalten. Tritt dennoch ein Speicherfehler auf, sollten die Spektren vorher beschnitten werden.

Zunächst wird der Spektralfaden in der Höhe etwas beschnitten. Da γ Cas auf dem 25 μ m-Spalt liegt, wird nur der mittlere Spektralfaden ausgeschnitten.

Hinweis: Der Spektralfaden darf nicht zu eng ausgeschnitten werden. Ober- und unterhalb muss noch Raum sein, um später den Bereich des Himmelshintergrundes zu definieren. Außerdem kann es sein, dass die Spektren in vertikaler und horizontaler Richtung etwas gegeneinander verschoben sind. Ein größerer freier Bereich über, bzw. unter dem Spektrum sollte vorhanden sein.

Hinweis: Legen Sie eine Kopie des Datensatzes an.

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

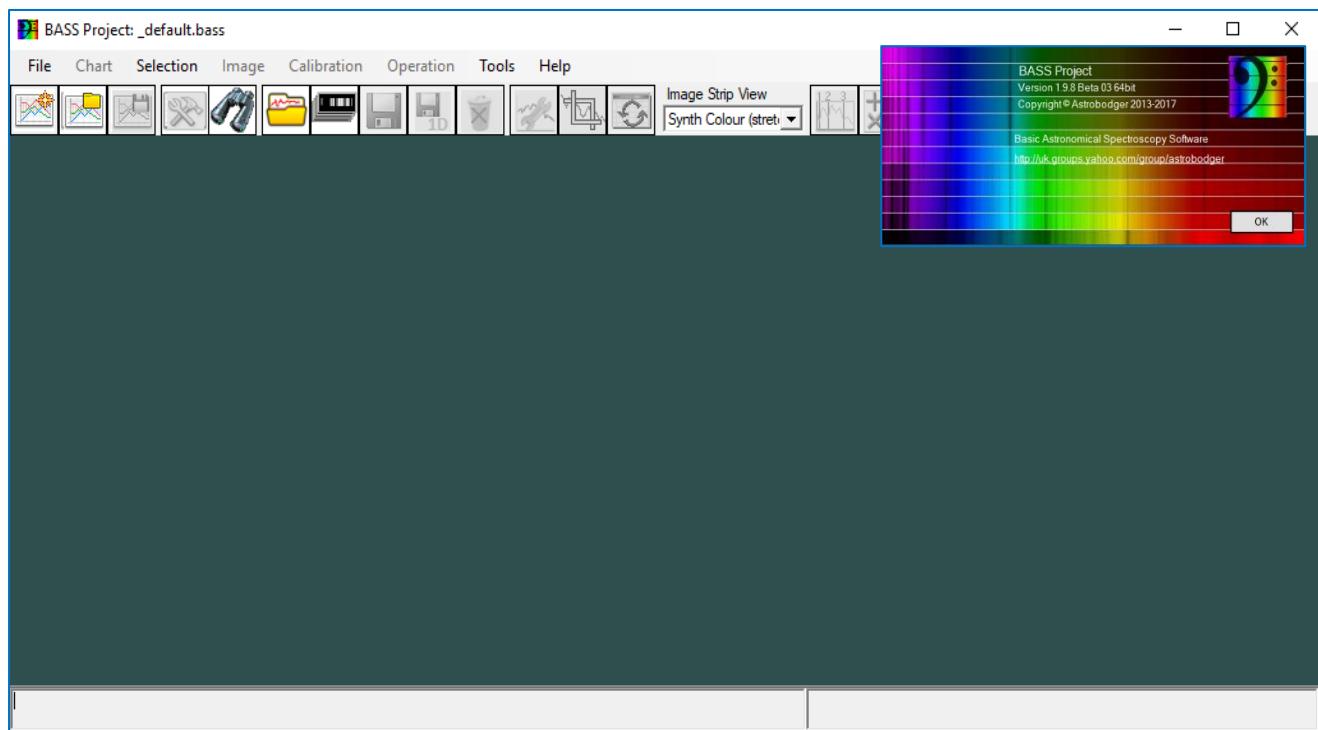
2. BASS starten

Dieses Tutorial setzt voraus, dass Rohspektren im Ordner *C:/astrobodger/gamma_Cas/2013-10-24/*... im Format FIT vorliegen. Diese wurden im Rahmen des **Herbstkurses Sternspektroskopie 2013** am CFG Wuppertal mit einem Celestron 11 EdgeHD-Teleskop und MaxIm DL aufgenommen; bei der Aufnahme wurden automatische Darkframes subtrahiert. Flats wurden nicht gemacht. Das gamma-Cas-Spektrum wurde achtmal mit dem mittleren 25 μ m-Spalt aufgenommen.



Start der aktuellen Version *BASSProject.exe* im Ordner *C:\astrobodger*

Das leere Arbeitsfenster eines neuen Projekts in der BASS 64-Bit-Version:



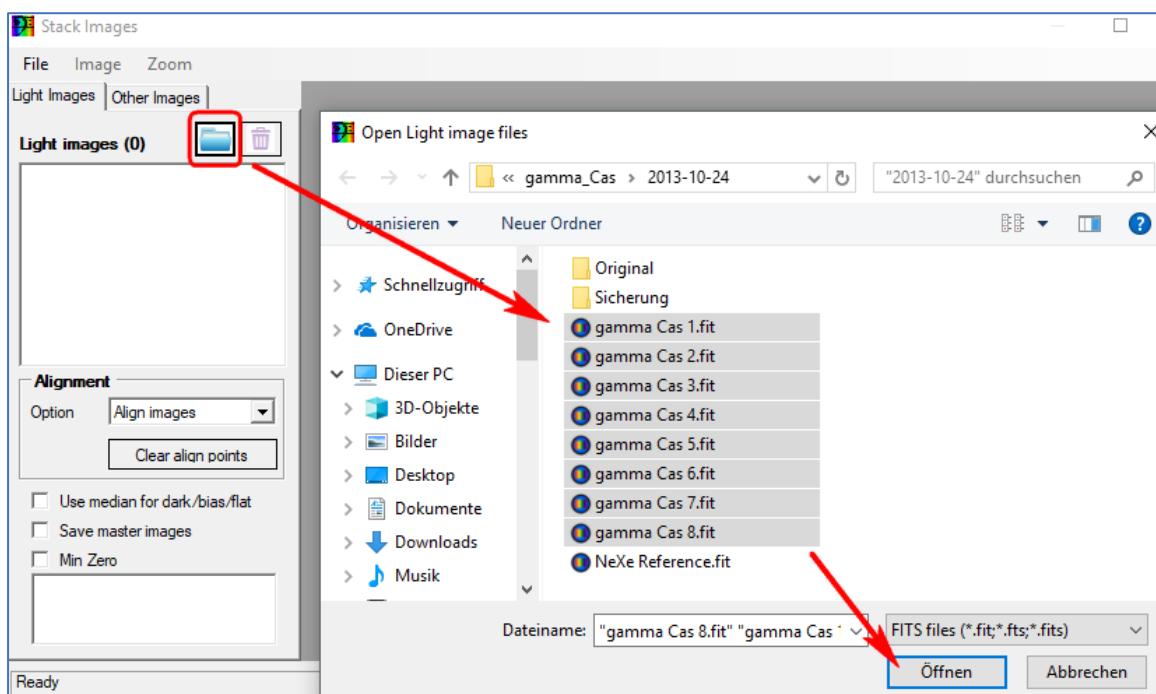
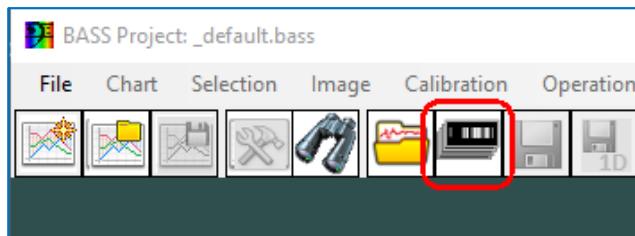
BASS arbeitet mit sogenannten „Projekten“, bei denen alle verwendeten 2D-Rohspektren, Ergebnisse und Beschriftungen gespeichert werden an einem festen Speicherort, *C:/astrobodger*. Projekte werden im Format **.bass** abgespeichert. BASS meldet sich, wenn Teile des Projekts (neue oder geänderte Spektralprofile) noch nicht gespeichert wurden und fordert dann dazu auf. Änderungen an vorhandenen oder neu erzeugte Spektralprofile werden im Format **.fit** (bzw. **.dat**) abgespeichert. Das FITS-Format ist umfangreicher als das DAT-Format, weil zusätzlich zu den Datenzeilen x,y auch alle wichtigen sonstigen Informationen gespeichert werden: Datum, Uhrzeit, Belichtungszeit, Aufnahmeort, etc.

Hinweis: Der Begriff „2D“ bedeutet in der Spektroskopie, dass es sich um ein Foto des Spektrums handelt, so wie man es am Teleskop aufnimmt. „1D“ ist der aus dem Foto erzeugte Spektralprofil, welches nur ein Datensatz mit zwei Spalten ist: x =Position entlang des Sensors, y=Intensität in y-Richtung aufsummiert.

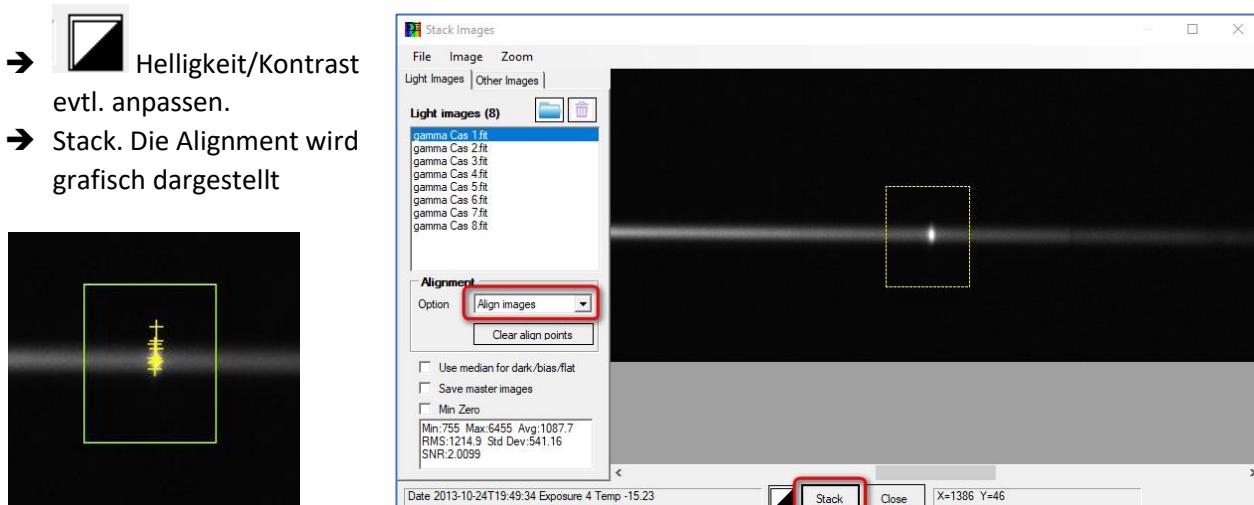
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

3. Spektren stacken mit Alignment

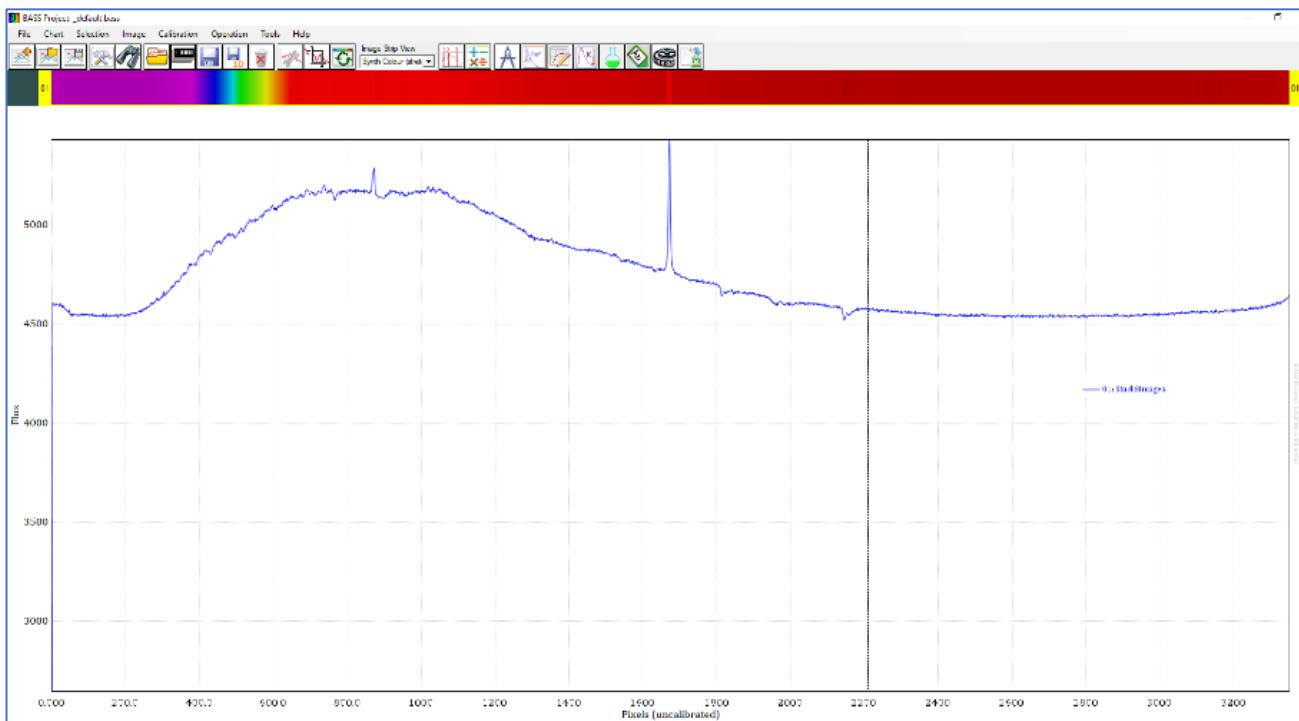
→ Stack Images



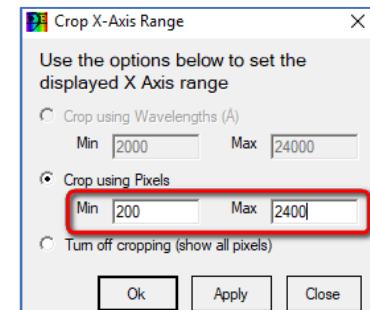
- Erstes Bild *gamma Cas 1.fit* anwählen
- [Align images] Die Spektren #1 bis #8 sind in der Höhe leicht versetzt und zudem in x-Richtung um maximal einen Pixel verschoben. Damit ergibt sich im Vergleich zum fixen Referenzspektrum eine minimale Verschiebung, die vermutlich auf ein nicht fest geklemmtes Gitter zurückzuführen ist.
- Clear alignment points: Sicherheitshalber vorhandene alte „Points“ löschen.



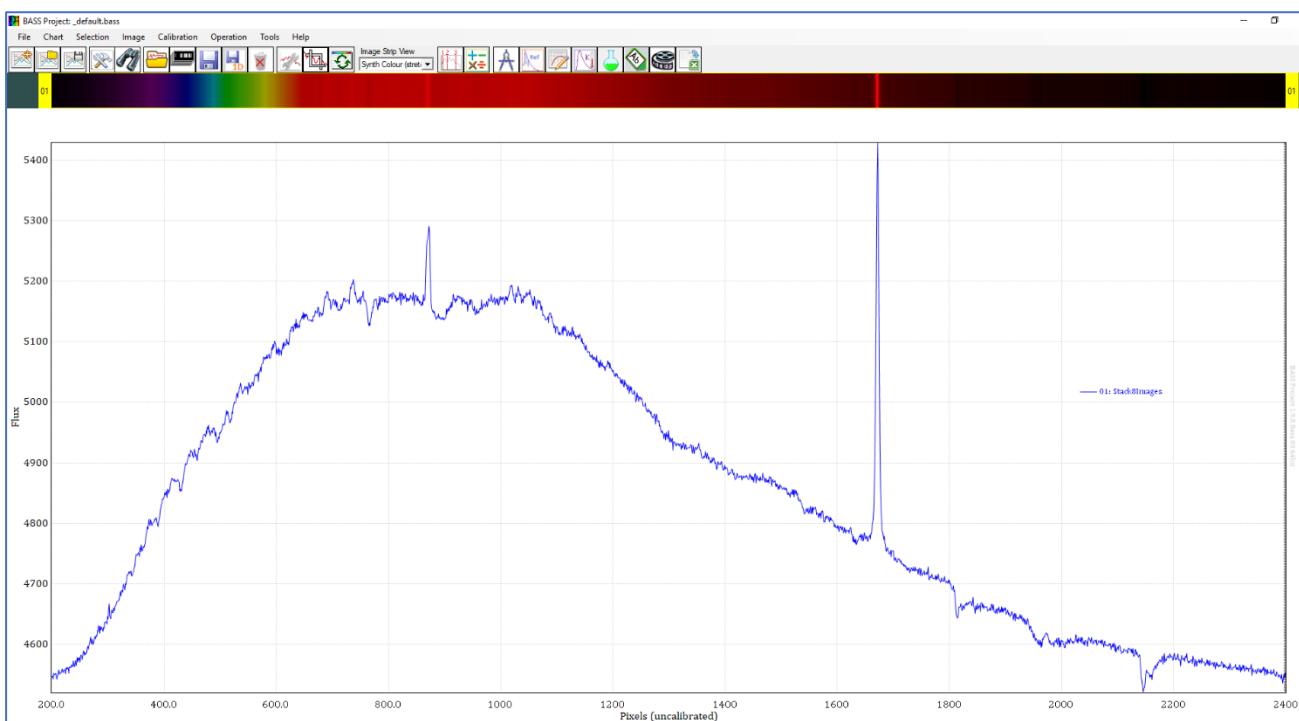
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)



→ Crop X-Axis Range: Beschneiden des Spektrums in x-Richtung.



→ Das Ergebnis: Ein Summenbild von acht Einzelspektren von γ Cas, allerdings noch ohne Subtraktion des Himmelshintergrundes.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Image Strip View -> Raw Image 50%



Erläuterung: Die x-Achse („Pixels uncalibrated“) entspricht der Pixelposition in horizontaler x-Richtung auf dem Foto. Dieser Pixelwert muss in einen Wert für die Wellenlänge λ (Lambda) umgerechnet werden. Die Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Pixelposition (x) und Wellenlänge (λ) in Form eines Polynoms höheren Grades $\lambda=f(x)$ bezeichnet man als *Wellenlängenkalibrierung*.

Die y-Achse („Flux“) gibt die Intensität an einer bestimmten Pixelposition im 1D-Spektralprofil an. Diese Intensitätskurve wird auf zwei Arten kalibriert:

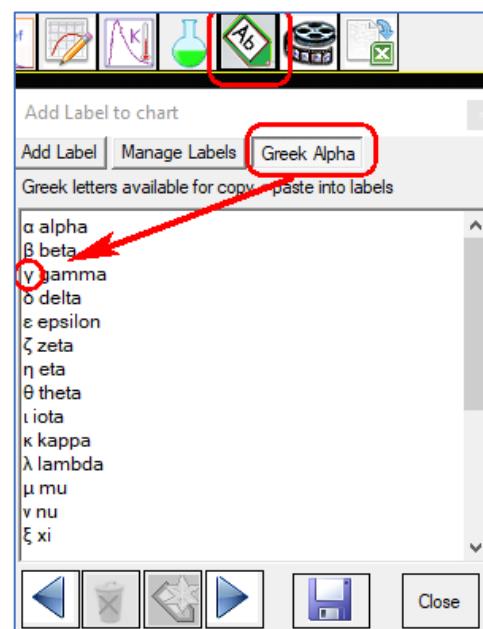
- Beseitigung des Pseudokontinuums (Normierung auf „1“).
- Absolutkalibrierung (Flusskalibrierung) mit Hilfe eines Referenzspektrums.

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

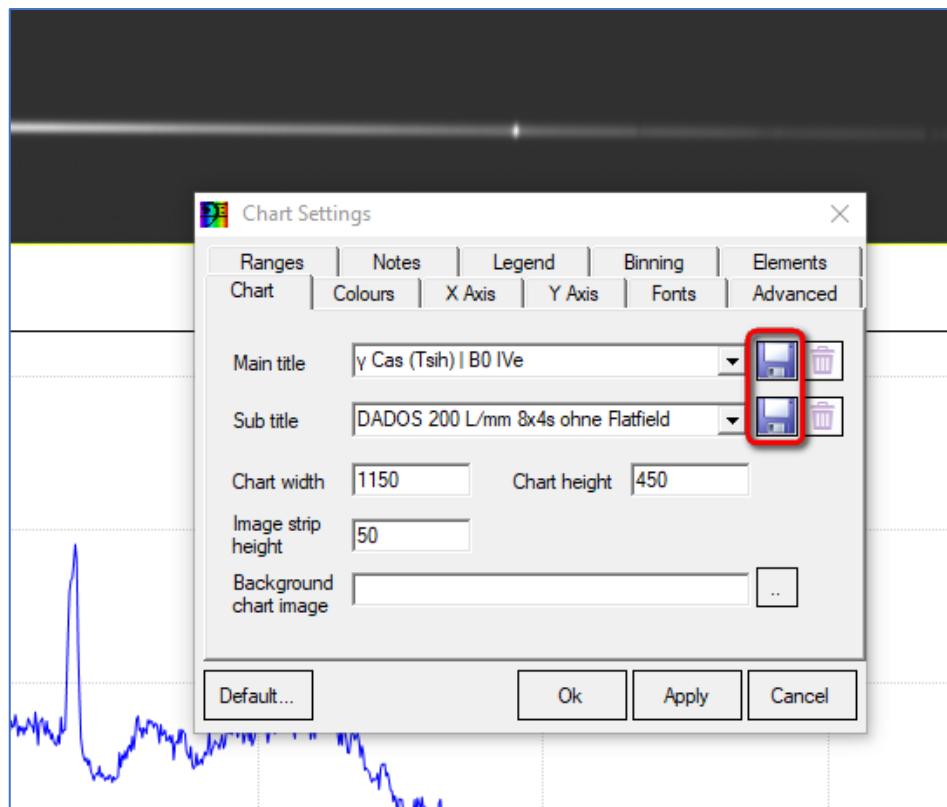
4. Voreinstellungen vornehmen



→ Kopiere den griechischen Buchstaben γ (gamma).



→ Project Chart Settings: Hier alle Daten eingeben.



→ Main Title und Sub Title speichern

Chart width: CFG-Medion-Notebooks ca. 1150 / Chart height: 450 (hängt von der Größe des Bildschirms ab)

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

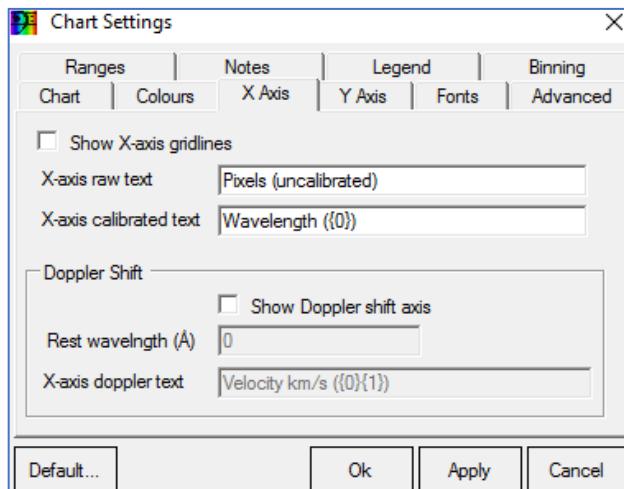
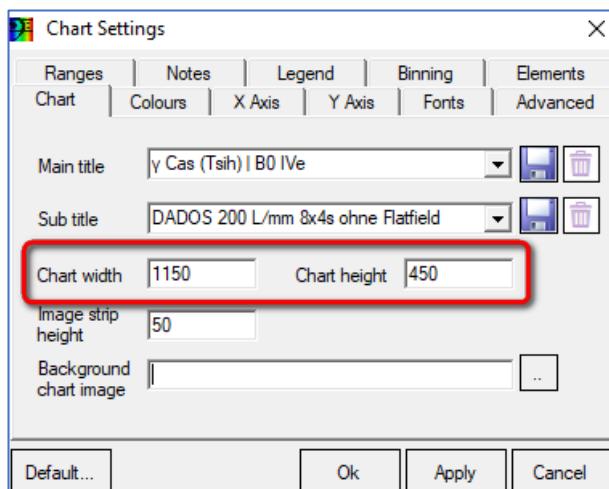
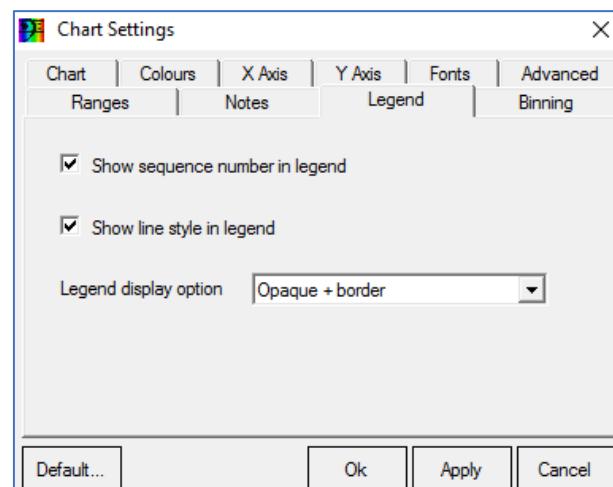
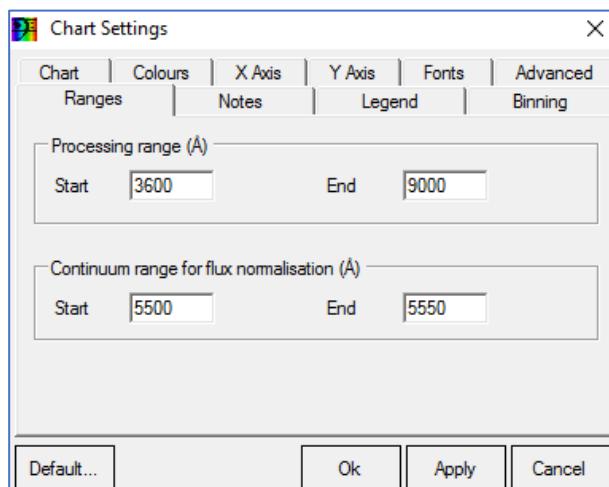
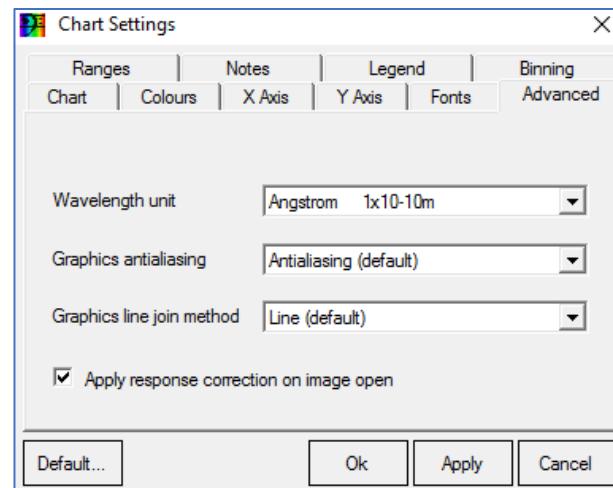
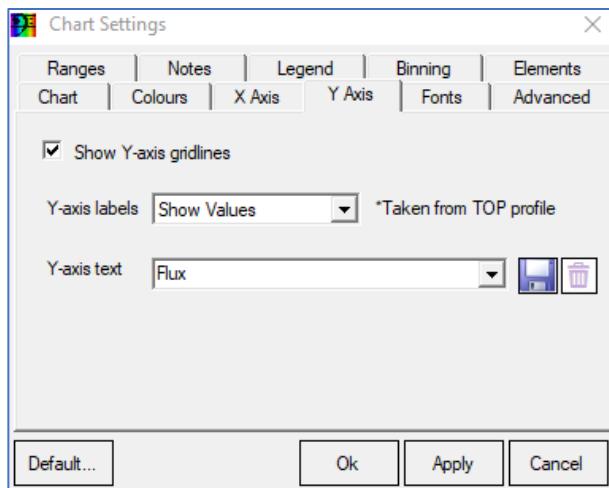


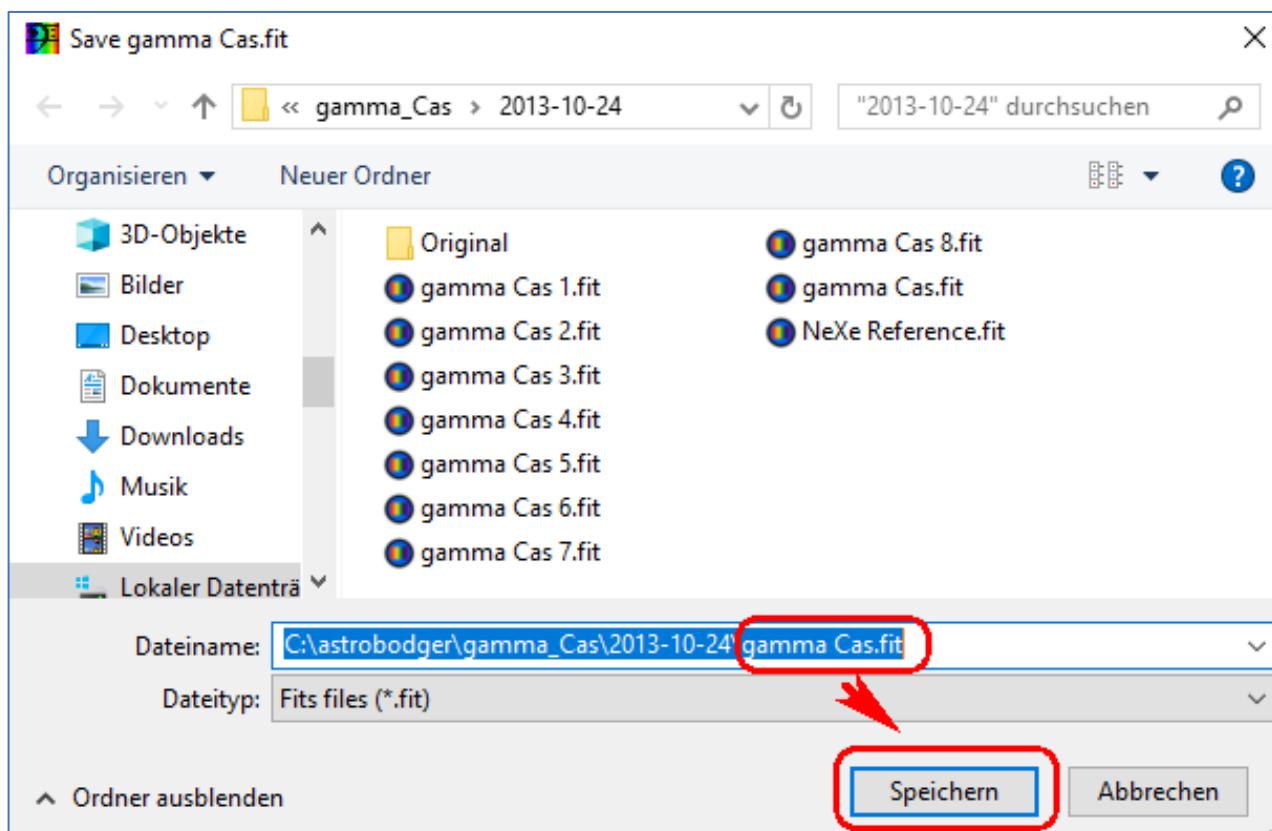
Chart width: CFG Medion-Notebooks ca. 1150 / Chart height: 450 (hängt von der Größe des Bildschirms ab)

... und am Ende das Anwenden und Speichern nicht vergessen → Apply → Ok

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

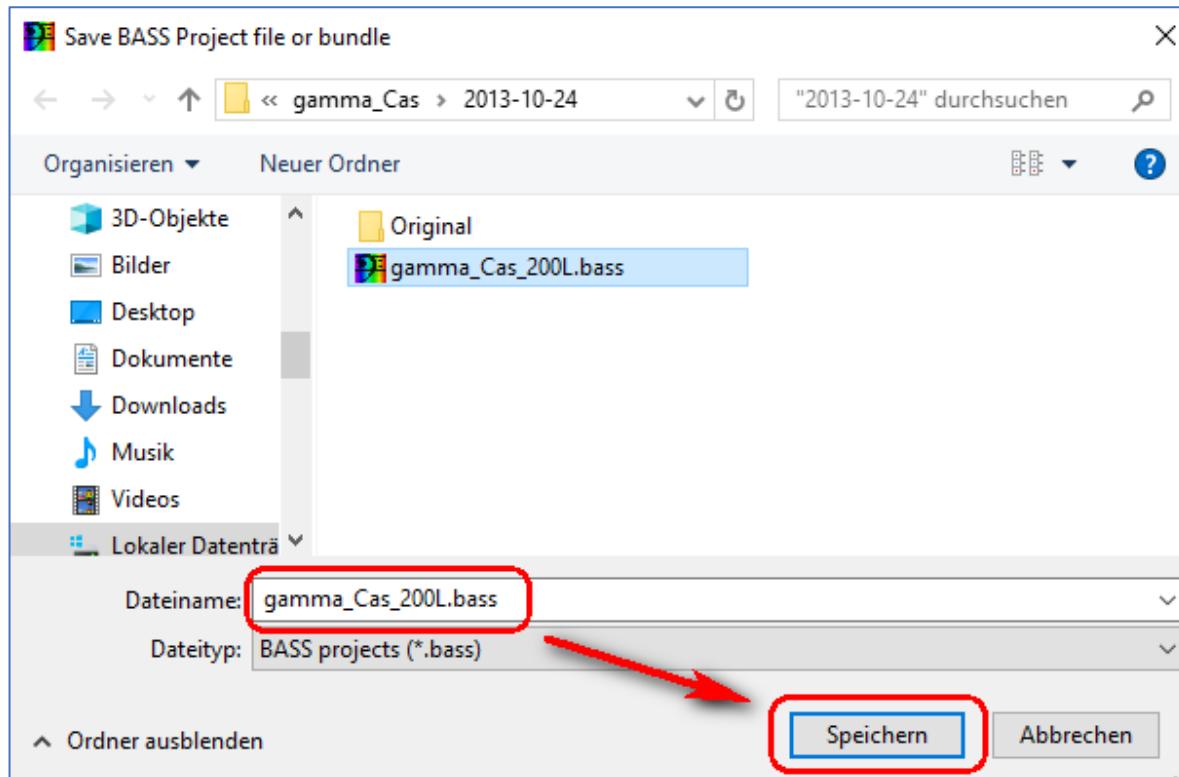


Speichern des gestackten Bildes: C:/astrobodger/gamma_Cas/2013-10-24/gamma Cas.fit

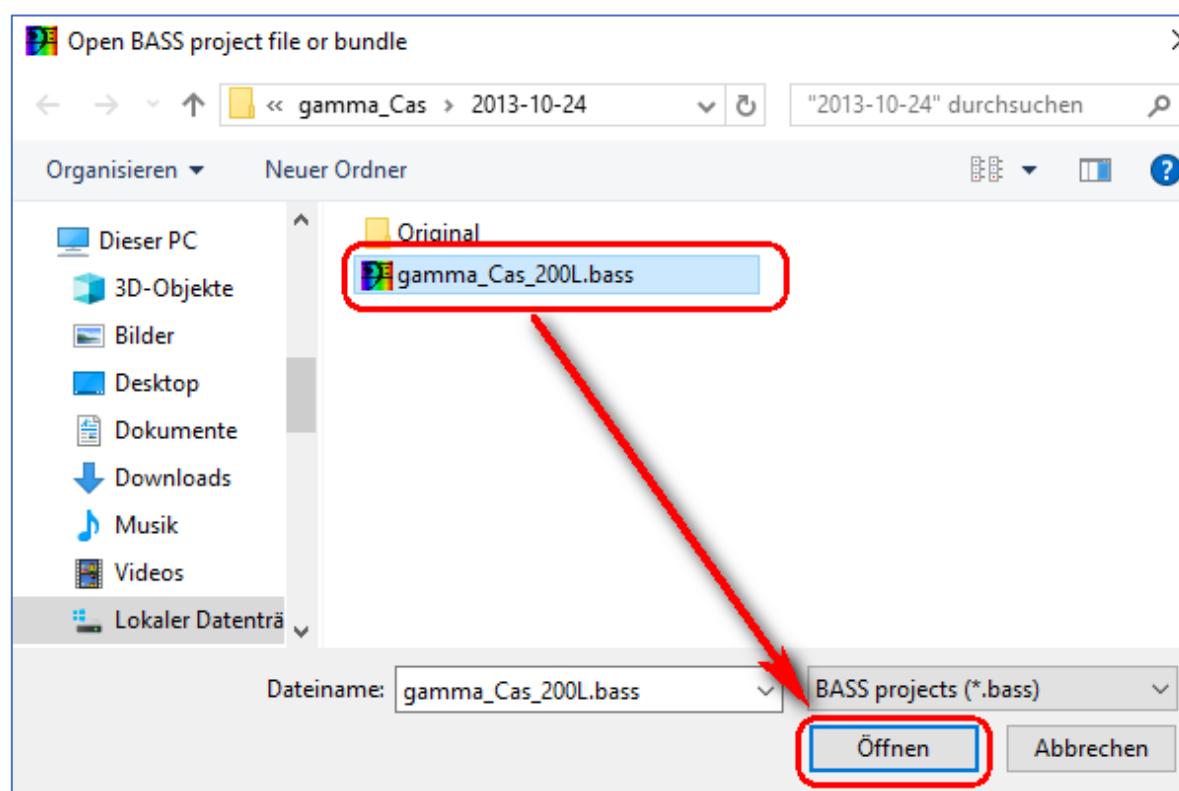


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

- Speichern des Projekts unter dem Namen C:/astrobodger/gamma_Cas/2013-10-24/gamma_Cas.bass

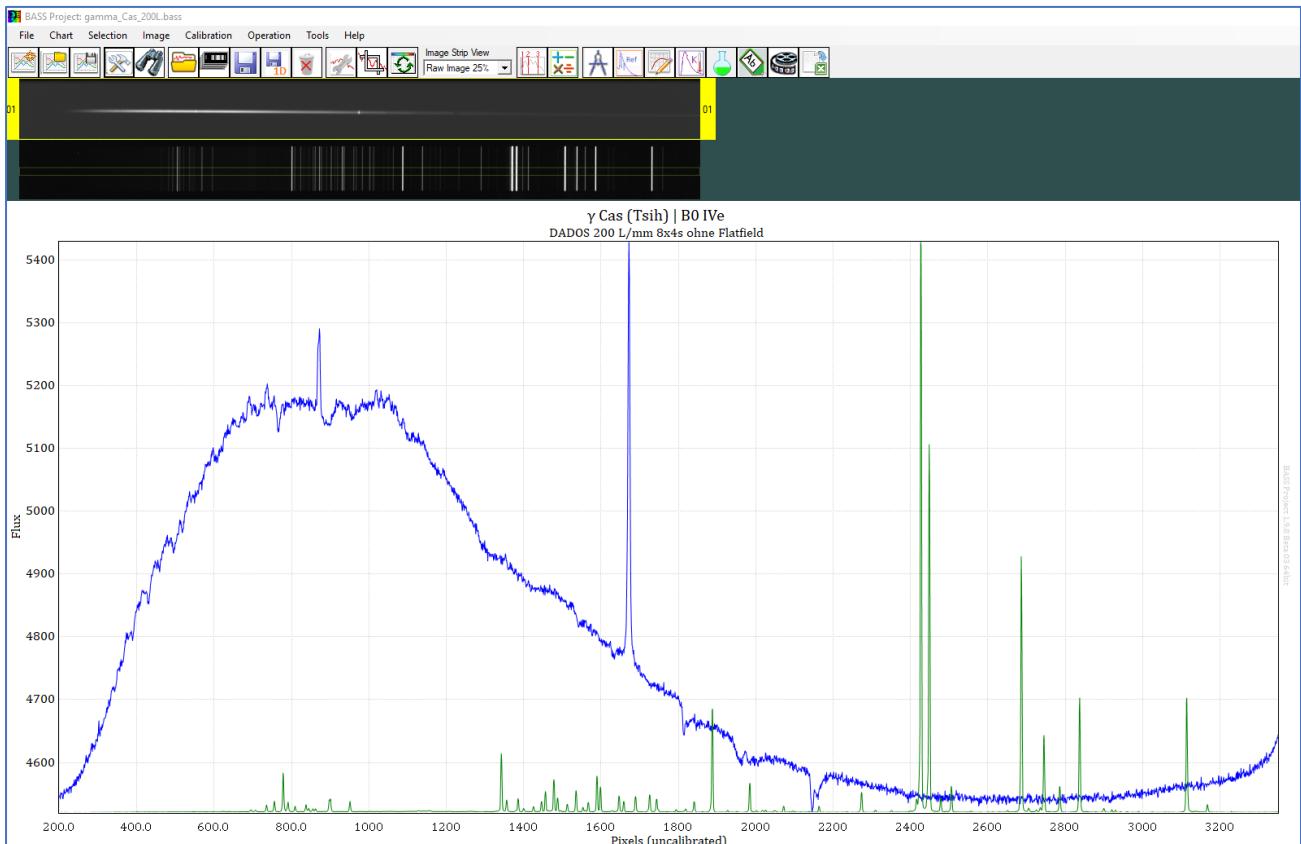
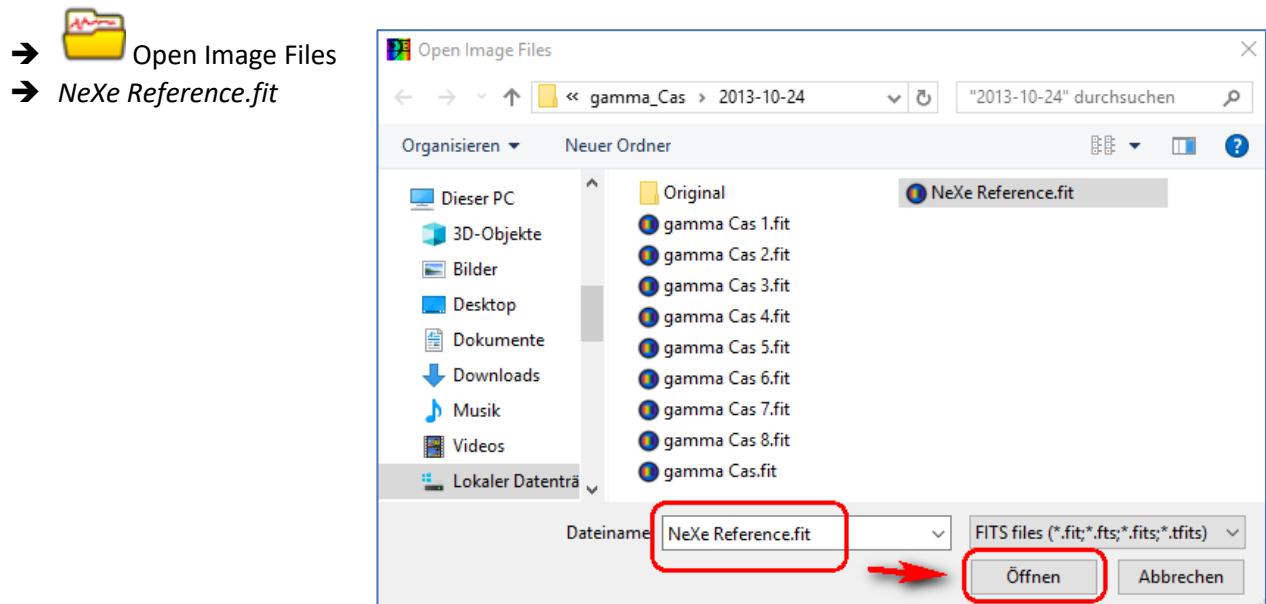


- Prüfen, ob Projekt korrekt gespeichert ist: New Projekt → Open Project



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

5. Referenzspektrum öffnen



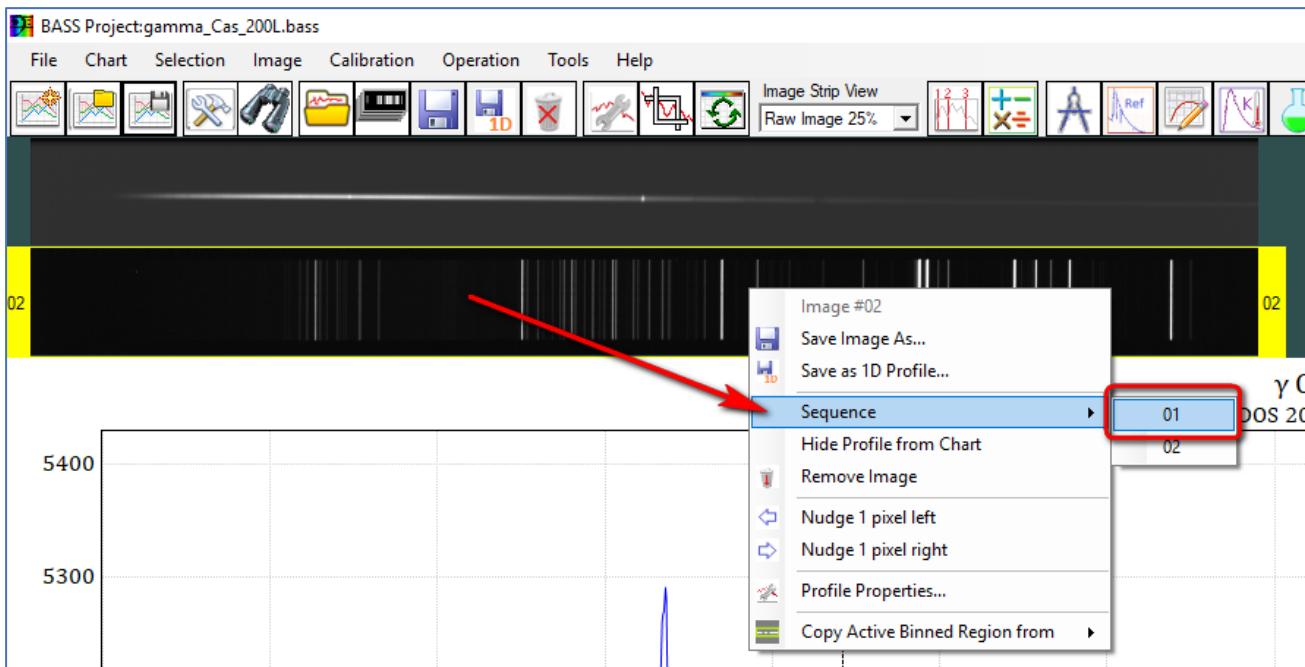
#01 (Blau): Spektrum γ Cas, #02 (Grün): Referenzspektrum der NeXe-Lampe.

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

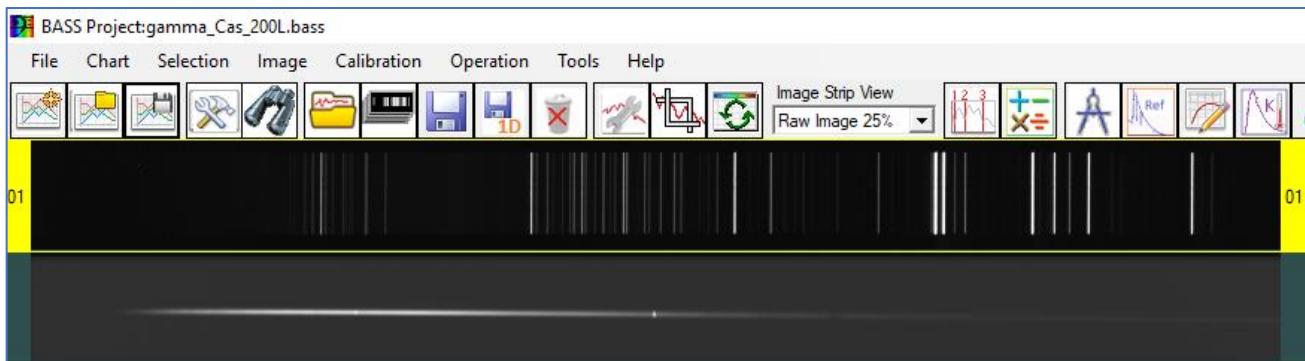
→  Speichern des Projekts unter dem Namen C:/astrobodger/gamma_Cas/2013-10-24/gamma_Cas.bass

Jetzt Positionen tauschen: Das Referenzspektrum muss an Position 1 gelangen.

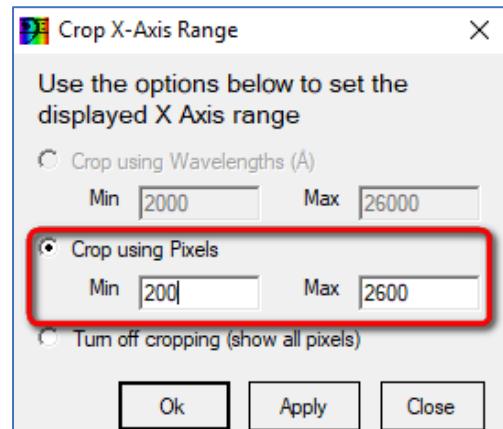
→ #02 aktivieren -> Rechte Maustaste -> Sequence -> 01



Nach dem Tausch der Position ist dies die neue Reihenfolge:



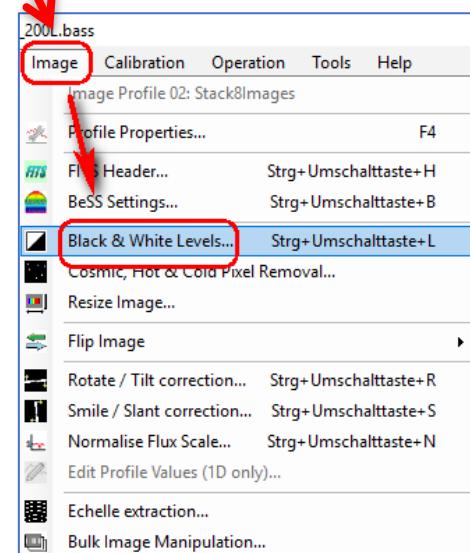
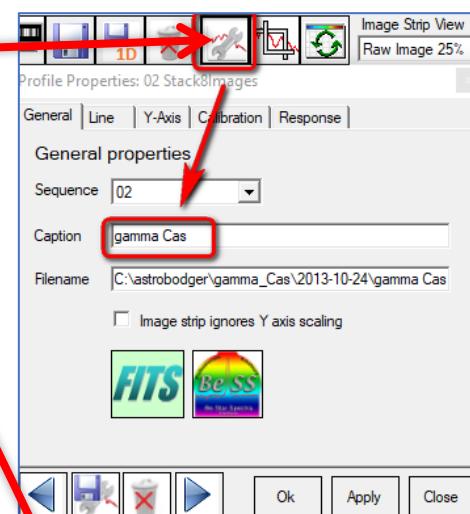
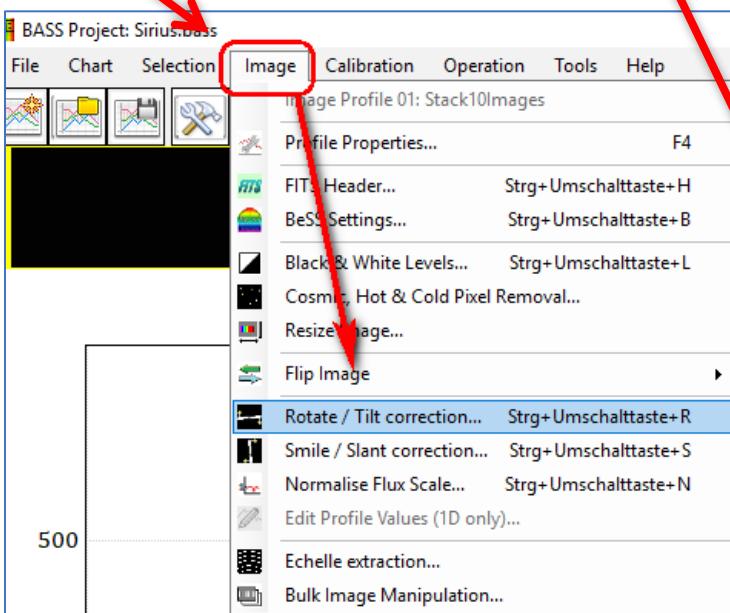
Hinweis: Jetzt nochmal Crop X-Axis Range ausführen mit
Min=200, Max=2600



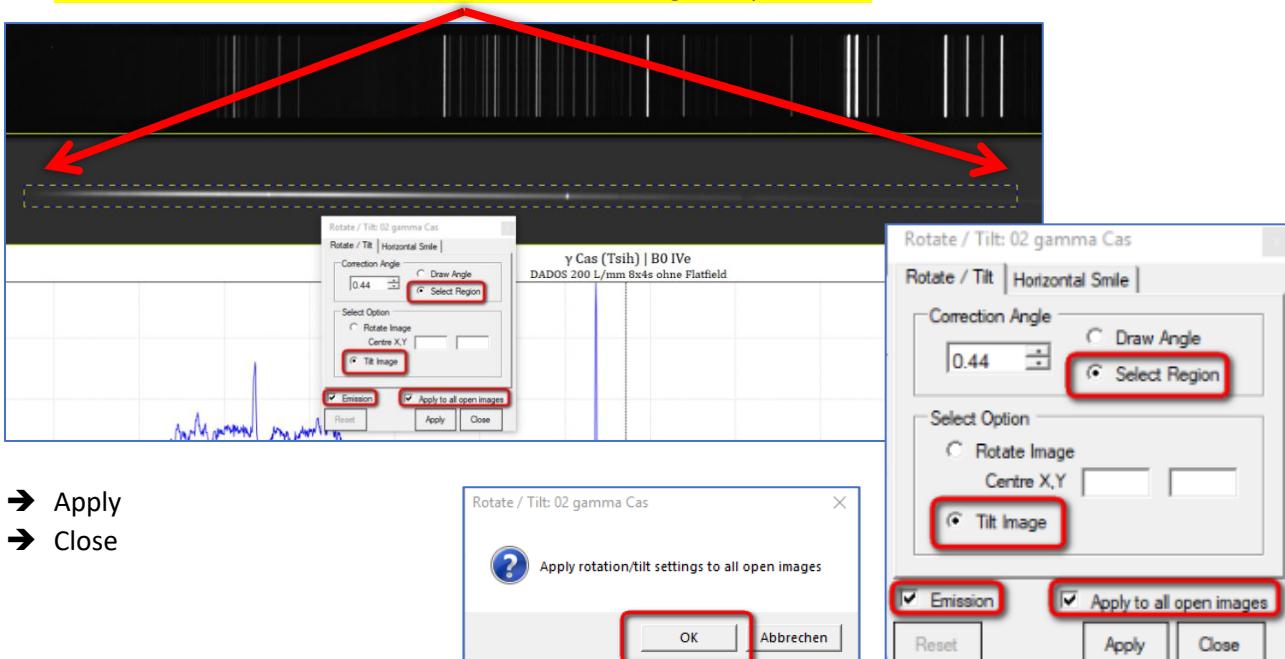
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

6. Gamma Cas Spektrum und Referenzspektrum horizontal ausrichten.

- Spektrum *Stack8Images* umbenennen in *gamma Cas*
- *gamma Cas* aktivieren
- Image Strip View 50%
- Falls zu dunkel: Image → Black & White Levels
- Image → Rotate/Tilt correction



- Select Option → Select Region, Tilt Image, Emission wählen.
- Dann mit der Maus einen Rahmen aufziehen entlang des Spektrums.

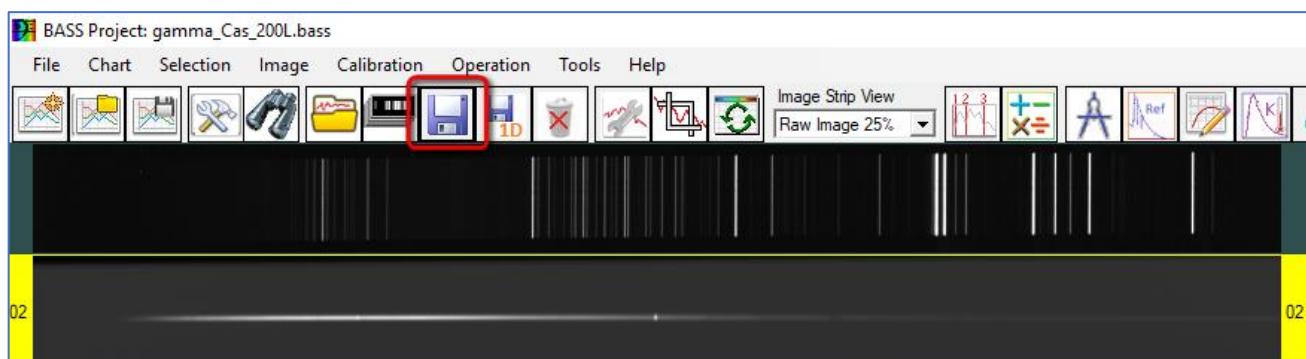
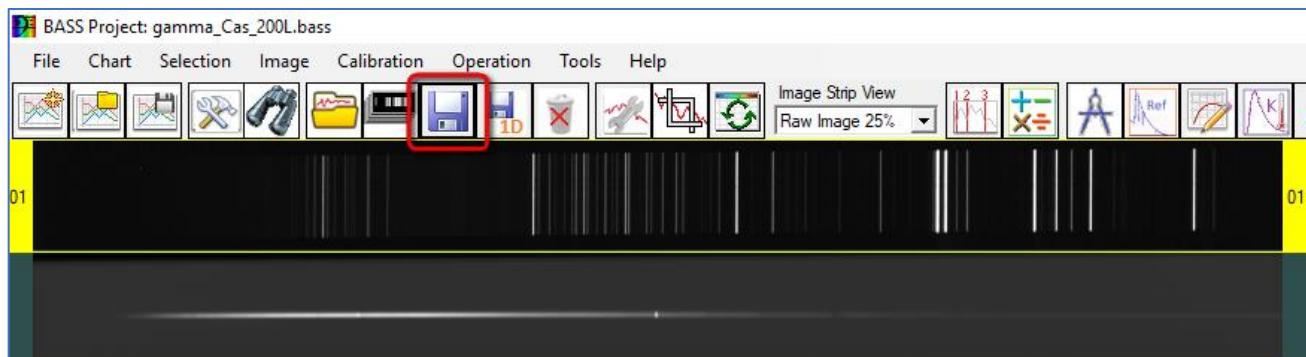


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

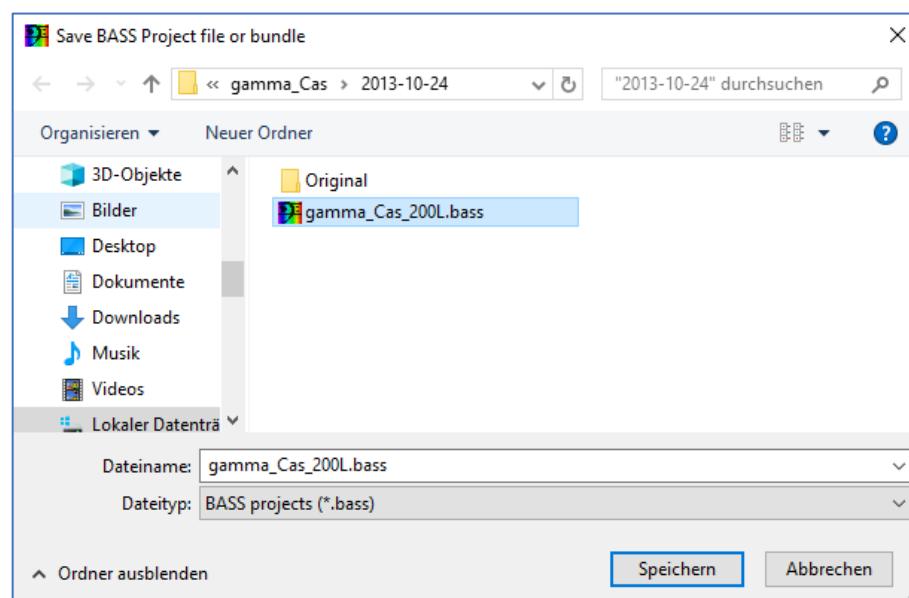
Nun sind alle Spektren gleichermaßen horizontal ausgerichtet.

Hinweis: Im Falle geneigter oder gebogener Spektrallinien muss die Funktion *Tilt Image* bzw. *Horizontal Smile* ausgeführt werden. Die Neigung der Referenzlinien im vorliegenden Spektrum ist in bezug auf die geringe Höhe des Sternspektrums zu vernachlässigen. Bei einem hochauflösten Spektrum würden man die Neigung ggf. korrigieren.

→ Abspeichern der soeben gedrehten beiden Spektren: Save the selected image strip (selbe Namen)



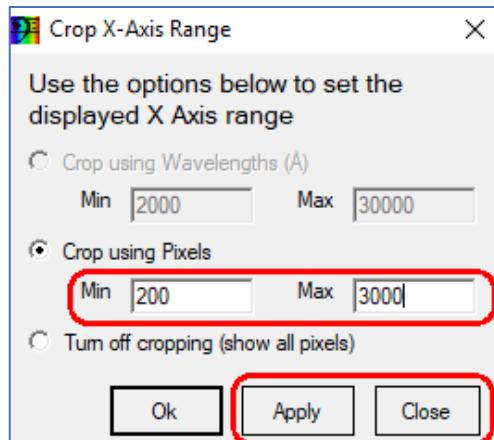
→ Speichern des Projekts: unter dem selben Namen *gamma_Cas.bass*



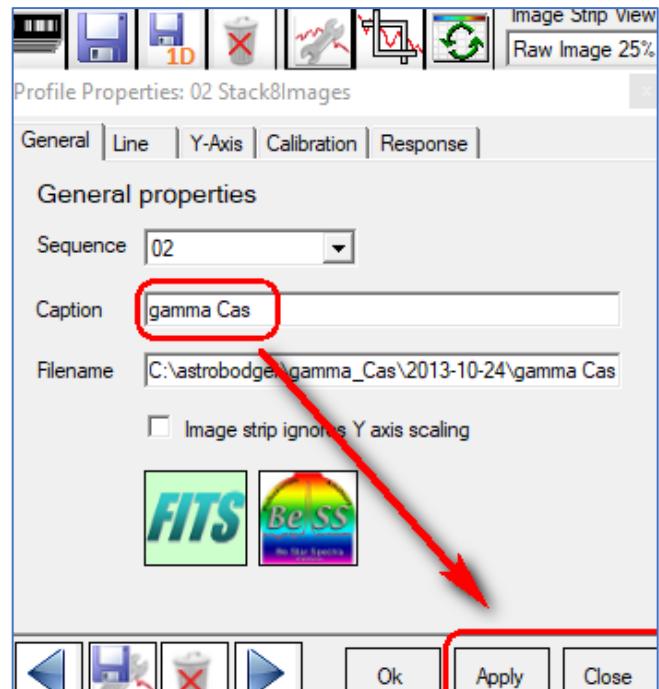
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

7. Spektralbereich eingrenzen -> Crop X-Axis Range

→  Mit der linken Maustaste einen Pixel-Bereich aufziehen von 200px bis 3000px.



- Apply -> Close -> Ok
- Falls noch nicht: Caption des Profils #2 ändern:
Stack8Images -> *gamma Cas*
- Projekt speichern

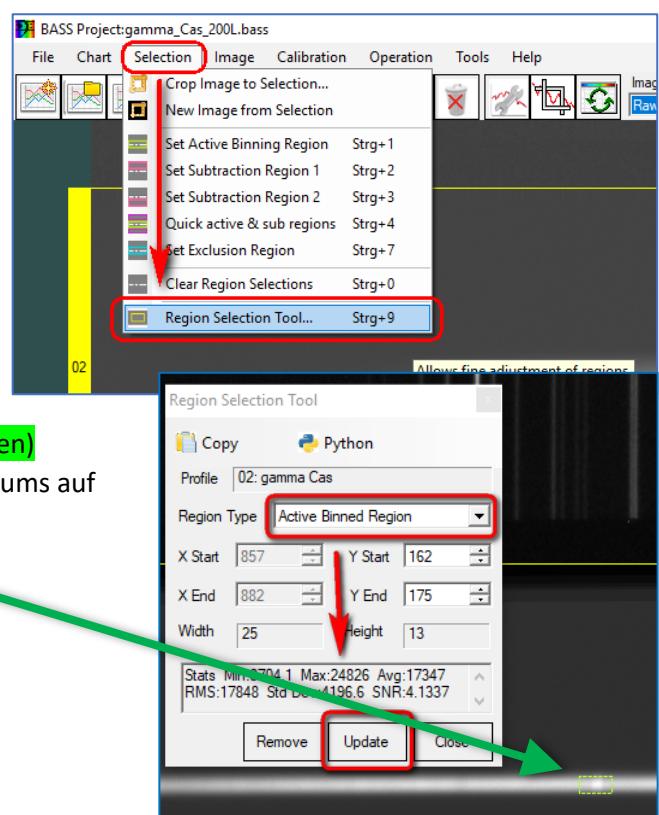


8. Auswahl des Scanbereichs für Spektrum und Himmelshintergrund

- Spektrum #02 auswählen
- Image Strip View: 100%
- Selection → Region Selection Tool

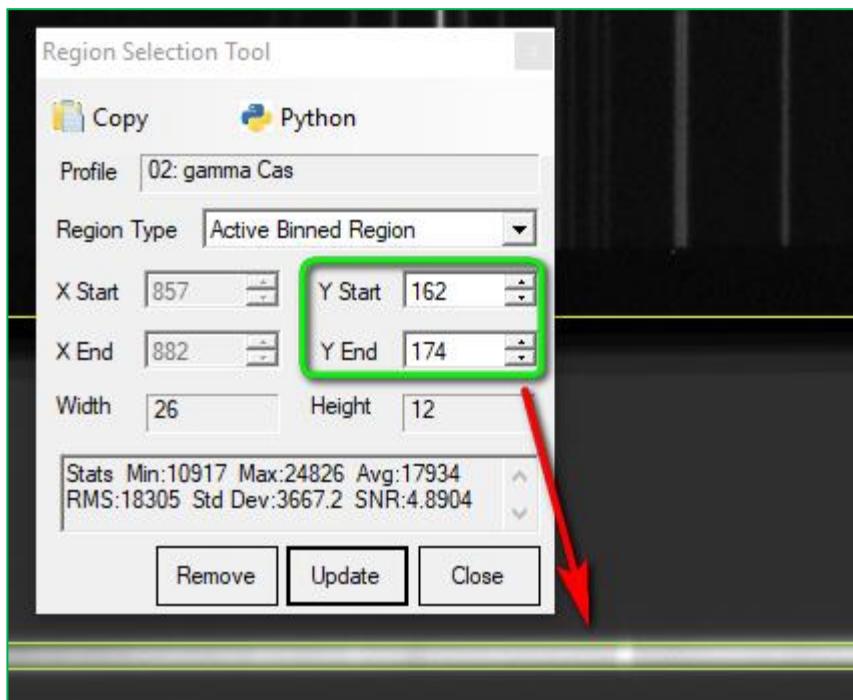
Es erscheint das Menüfenster Region Selection Tool.

- Active Binned Region (Sternspektrum definieren)
- Ziehe nun einen Rahmen innerhalb des Spektrums auf
- Update



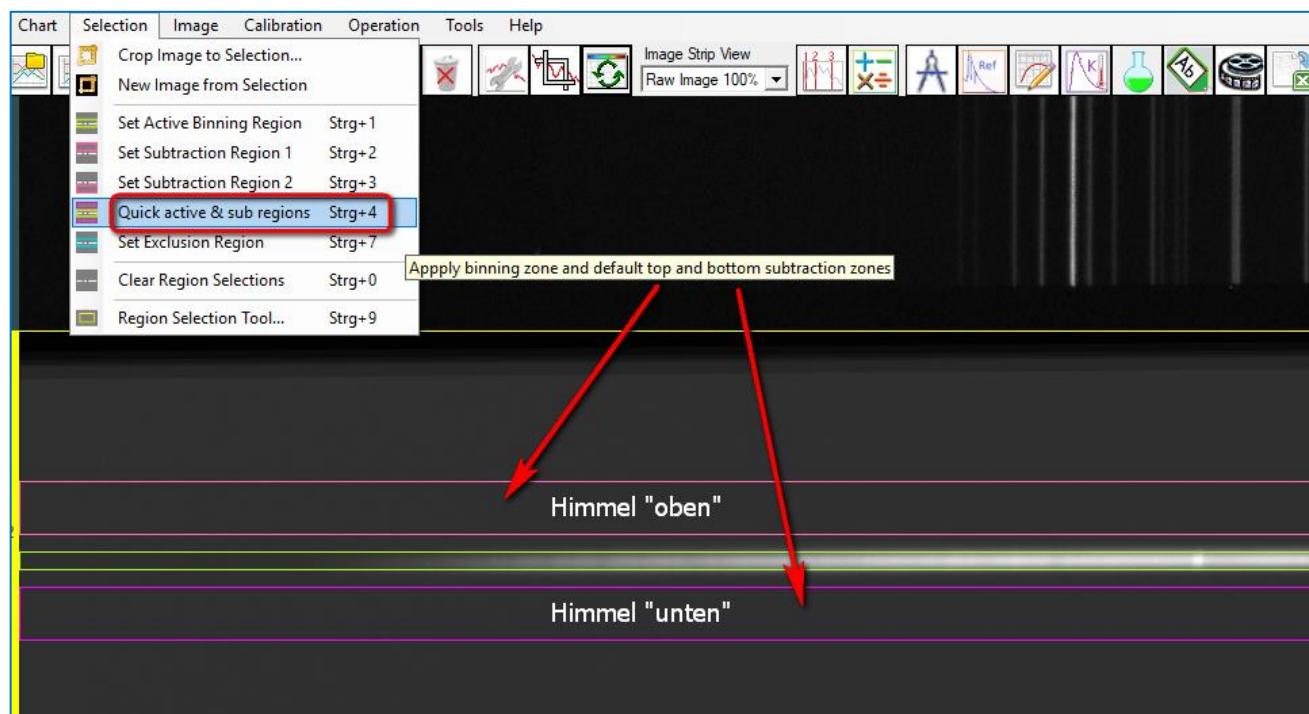
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Verändere die Werte für *Y Start* und *Y End*, bis der Rahmen das Spektrum in nahezu voller Höhe umfasst. Die Breite wird automatisch angepasst.



→ Update

Nun werden die beiden Regionen für den Himmelshintergrund oben/unten automatisch definiert:

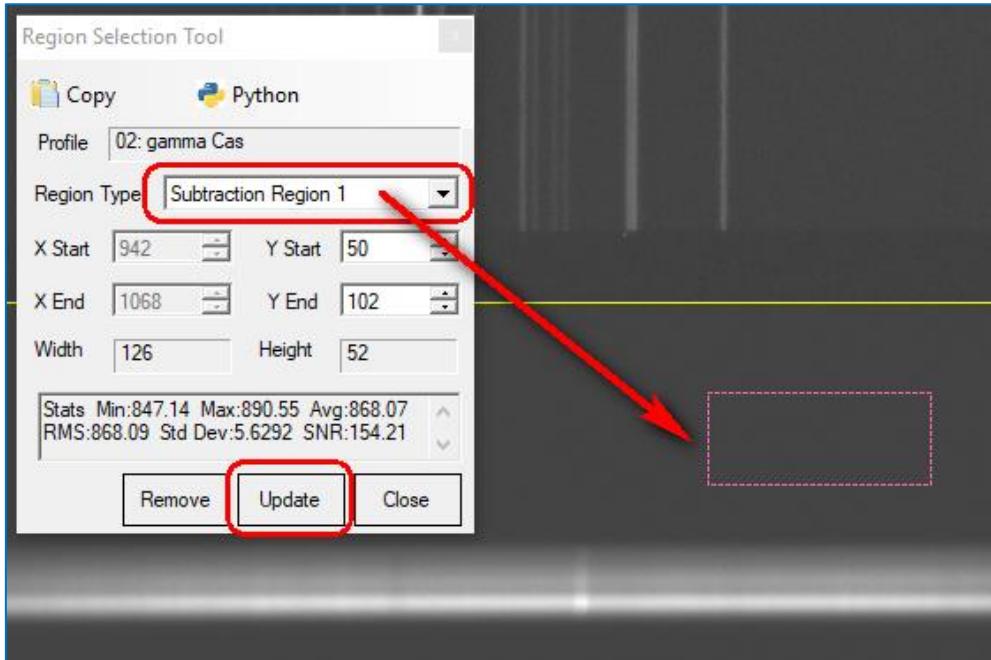


Hinweis: Bildschirm-Refresh nicht vergessen!!

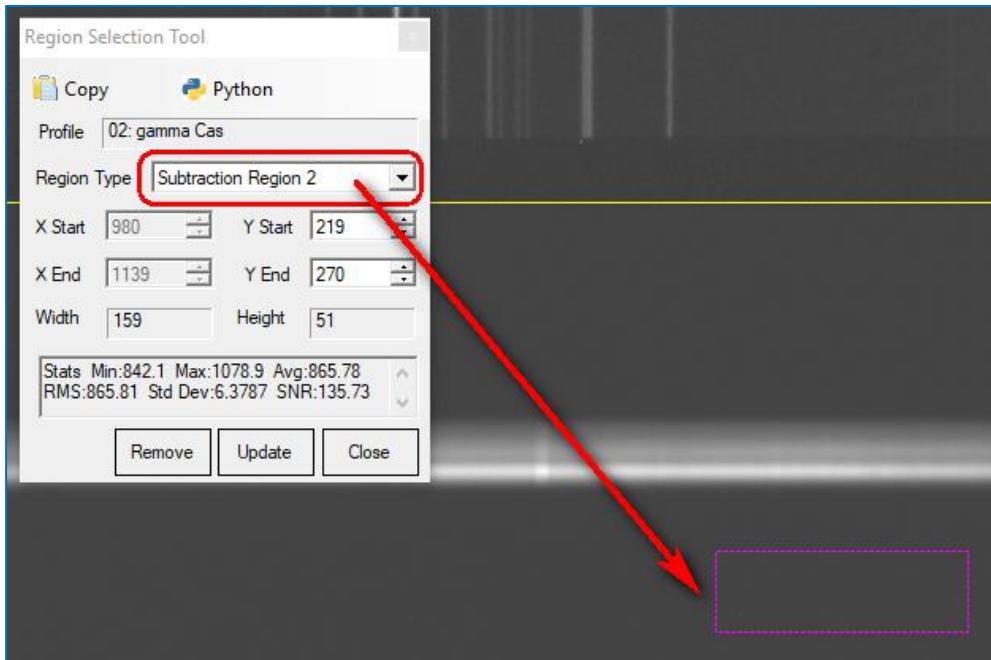
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Alternative zur Automatik: Manuelle Festlegung der beiden Himmelshintergrundbereiche oben/unten:

- Subtraction Region 1 (für Himmel „oben“, also oberhalb des Siriusspektrums)
- Rahmen aufziehen für Himmel „oben“



- Update
- Subtraction Region 2 (Himmel „unten“, also unterhalb des Siriusspektrums)
- Rahmen aufziehen für Himmel „unten“

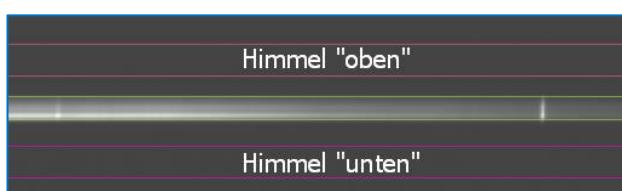


- Update
- Close

Und das ist das Ergebnis der Festlegung der Bereiche:



Bildschirm-Refresh nicht vergessen!!



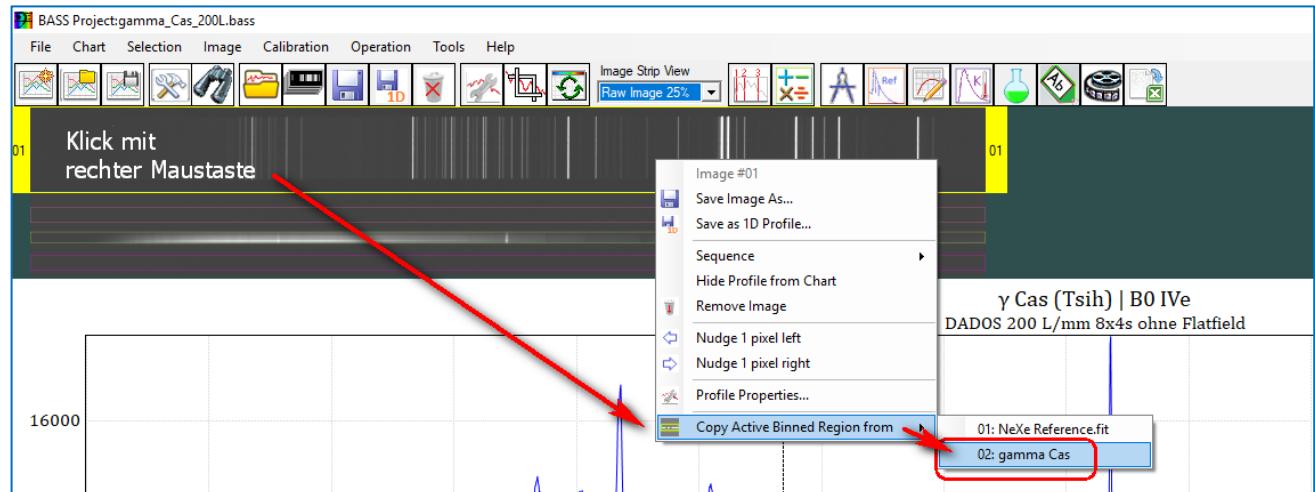
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Zurück zur Gesamtansicht:



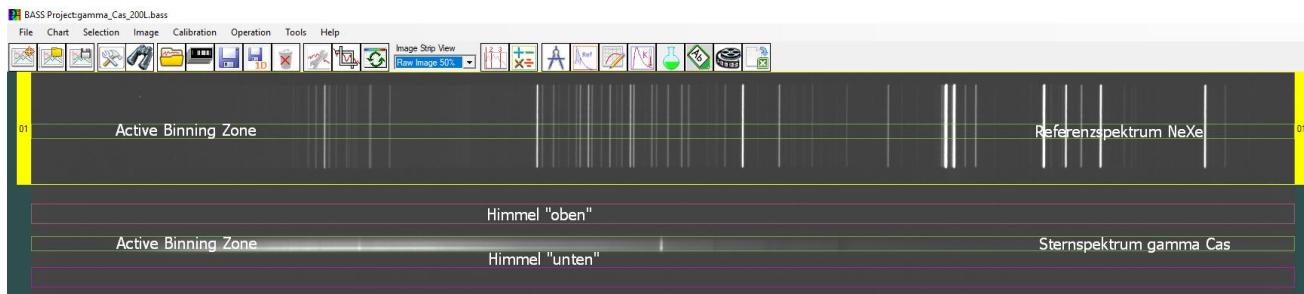
Nun wird die „Active Binning Zone“, also der Bereich des Sternspektrums γ Cas, der gescannt wird, auf das Referenzspektrum übertragen:

- Mit rechter Maustaste in das Spektrum 01: NeXe Reference.fit klicken
- Copy Active Binned Region from
- 02: gamma Cas



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Ergebnis: Es sind alle benötigten Bereiche in **beiden** Spektren definiert:



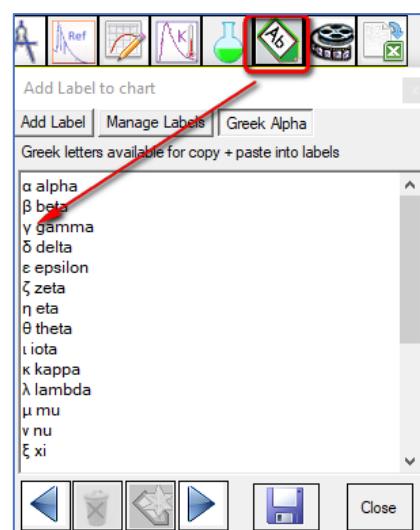
→ Speichern des Projekts unter dem selben Namen *gamma Cas.bass*

Falls gewünscht, in der Bildbeschriftung ggf. nun die Namensänderung vornehmen:

→ Spektrum #02 aktivieren mit Mausklick

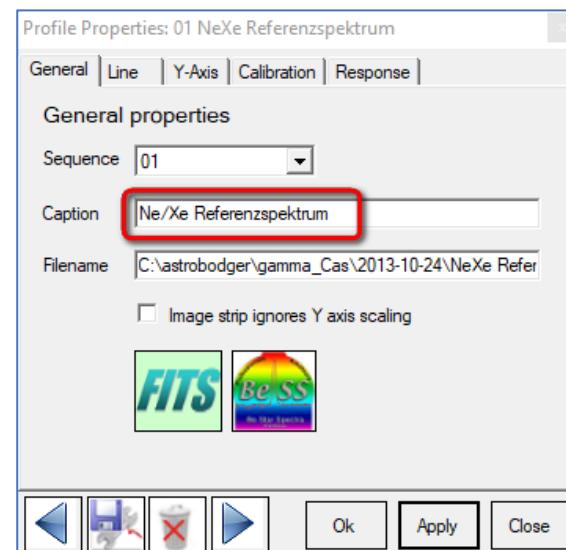
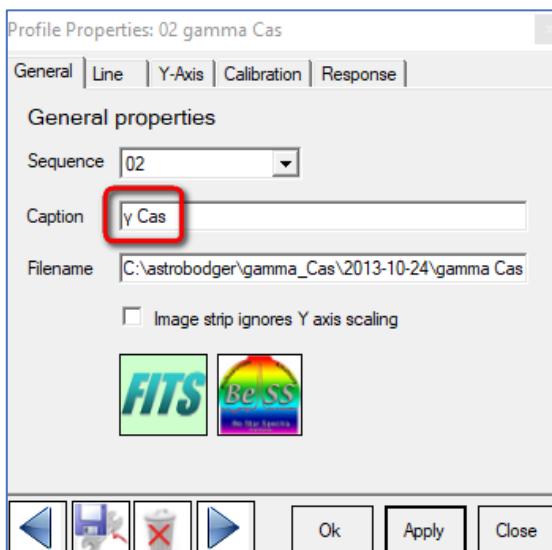


→ Buchstaben „ γ “ kopieren:



→ Profile Properties: 02 *gamma Cas*

→ Neue Captions: γ Cas bzw. Ne/Xe Referenzspektrum für Spektrum #01

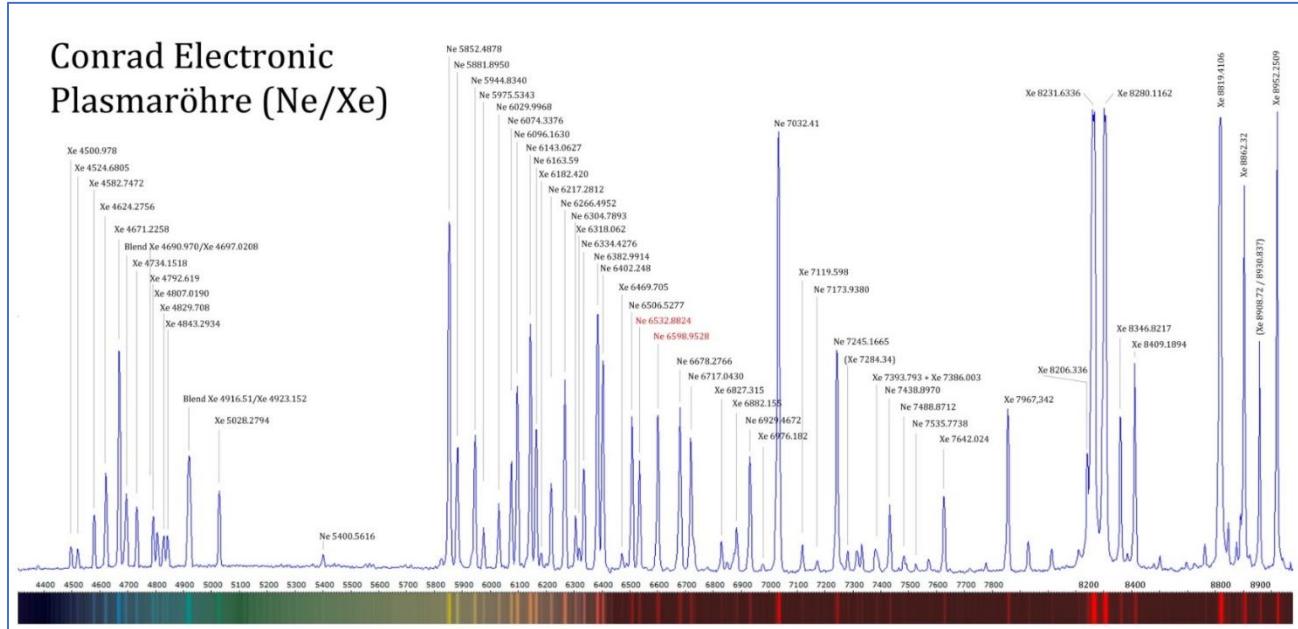


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

9. Wellenlängenkalibrierung

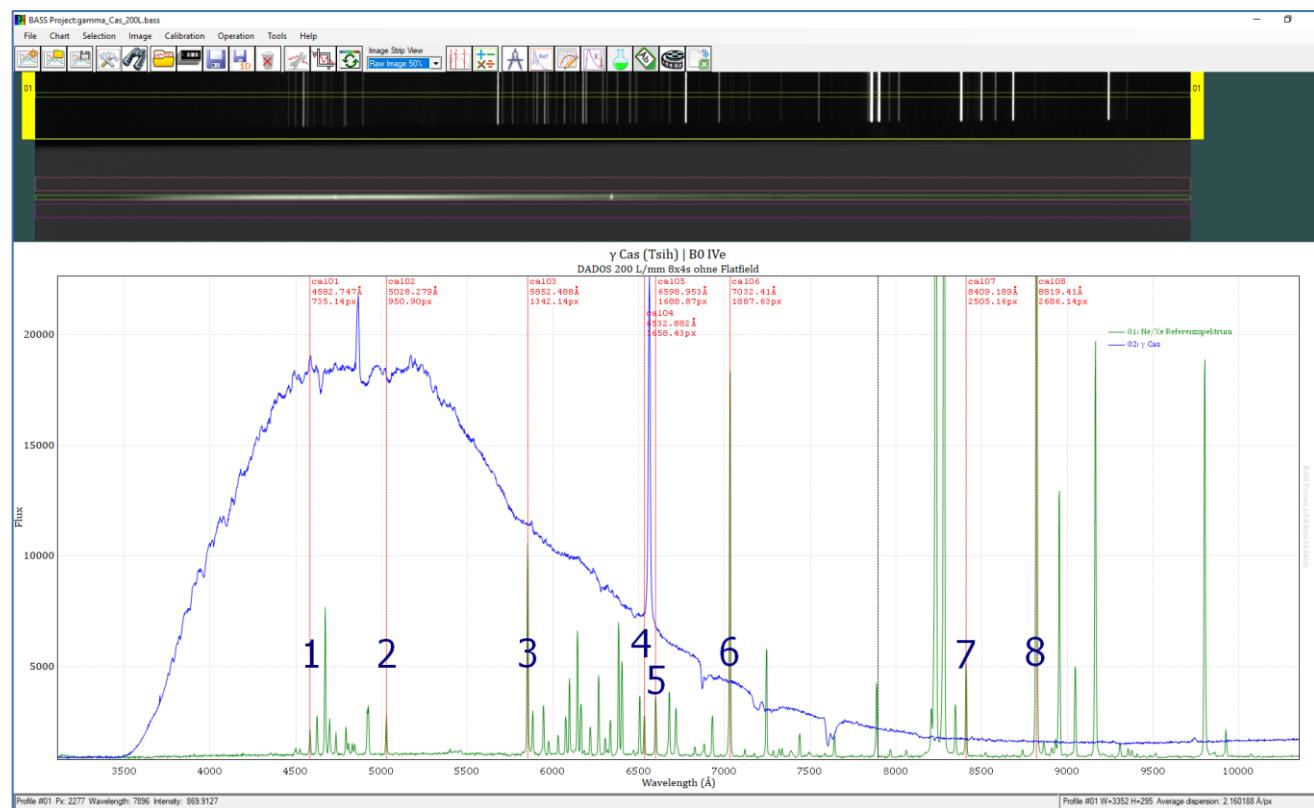
9.1 Das Spektrum der Neon/Xenon Referenzlampe

Die Wellenlängendatei befindet sich im Ordner *c:/astrobodger/Reference/NeXe Plasmatube.dat*



9.2 Wellenlängenkalibrierung der Ne/Xe-Referenzlampe

Dies sind die hier verwendeten acht Referenzlinien mit Ergebnis der Kalibrierung.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

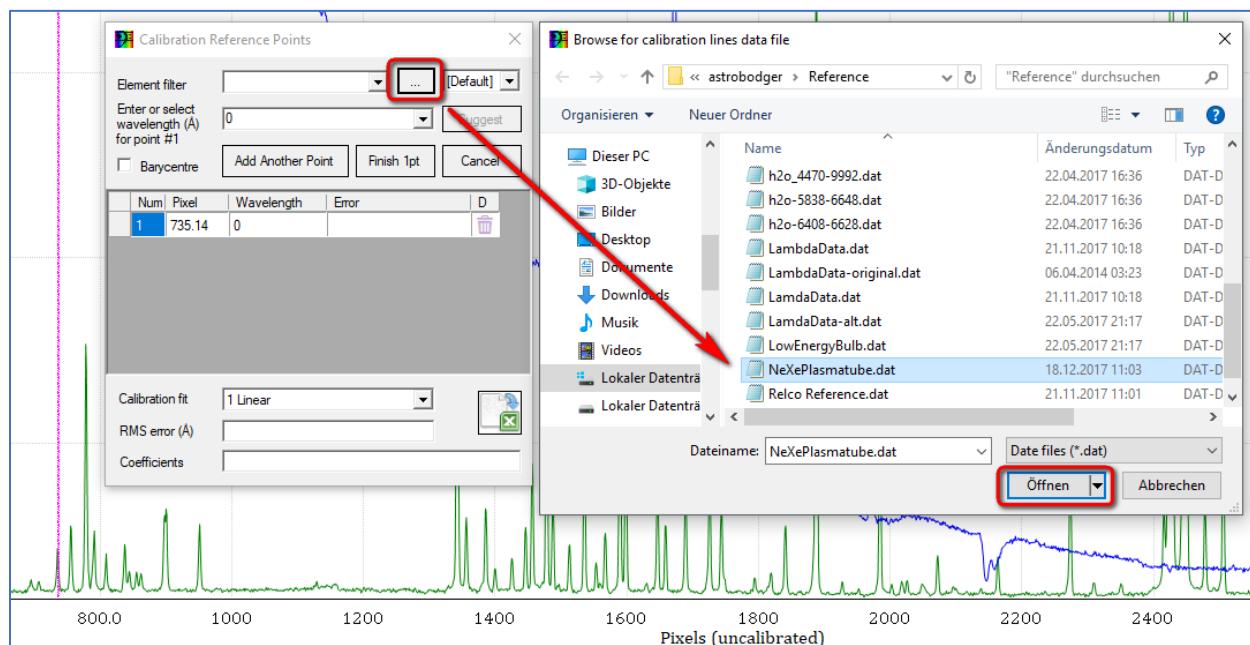
→ 01: Ne/Xe Referenzspektrum aktivieren

→ Profile Properties -> Y-Axis -> Automatic Scaling 400% -> Apply -> Ok

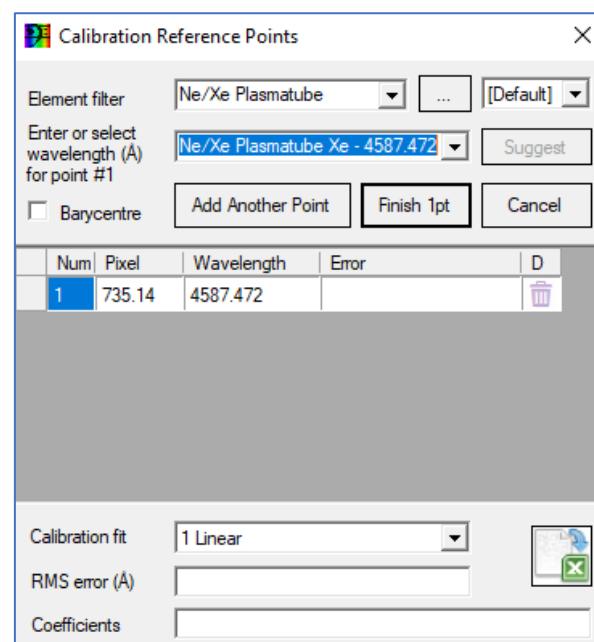
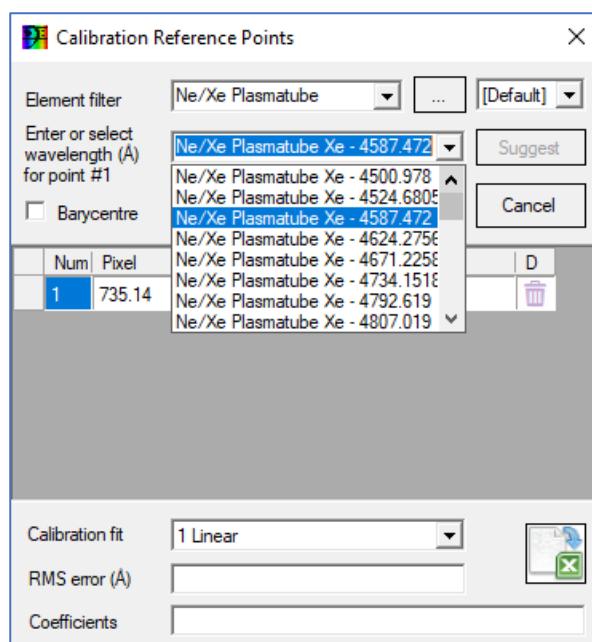
→ Enter Line Calibration Mode

→ Erste Referenzline 4582.7472Å eng eingrenzen

→ Element filter: Ne/XePlasmatube

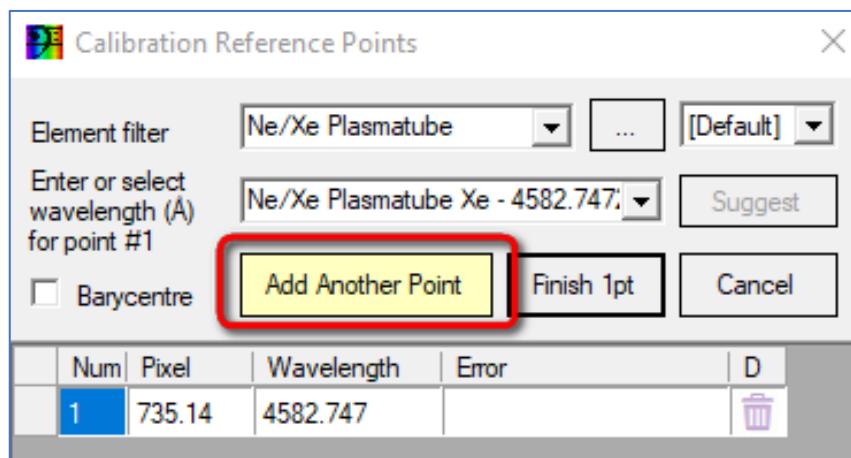


→ Xe – 4582.7472 wählen



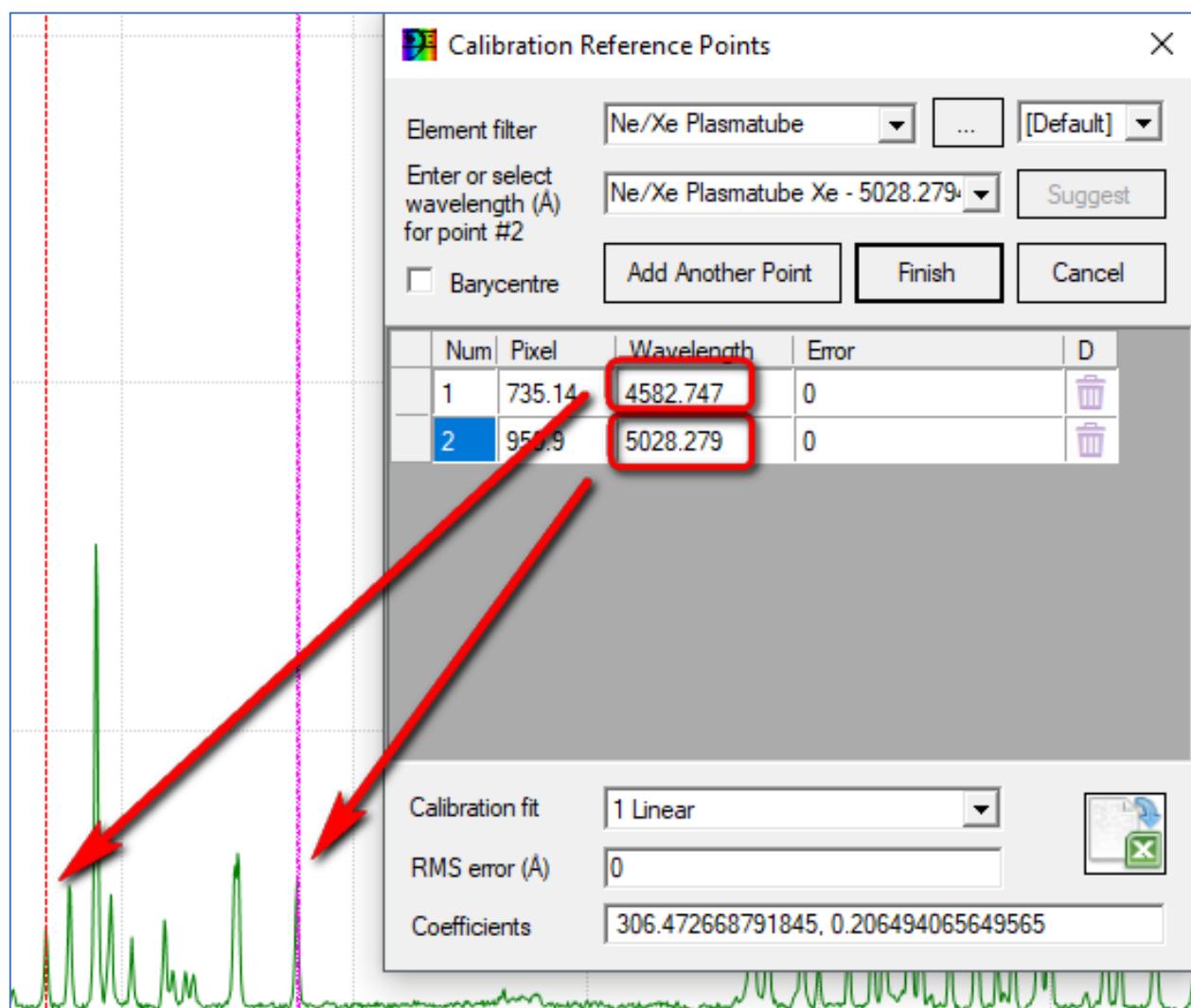
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Add Another Point



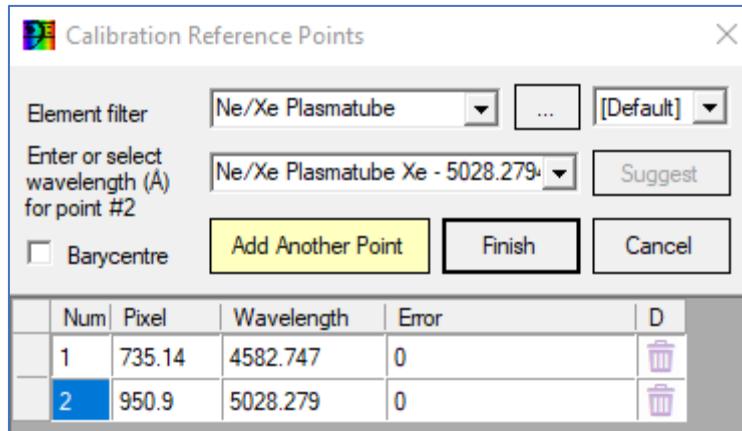
→ Referenzline eng eingrenzen: 5028.279 Å

→ Xe – 5028.279 wählen

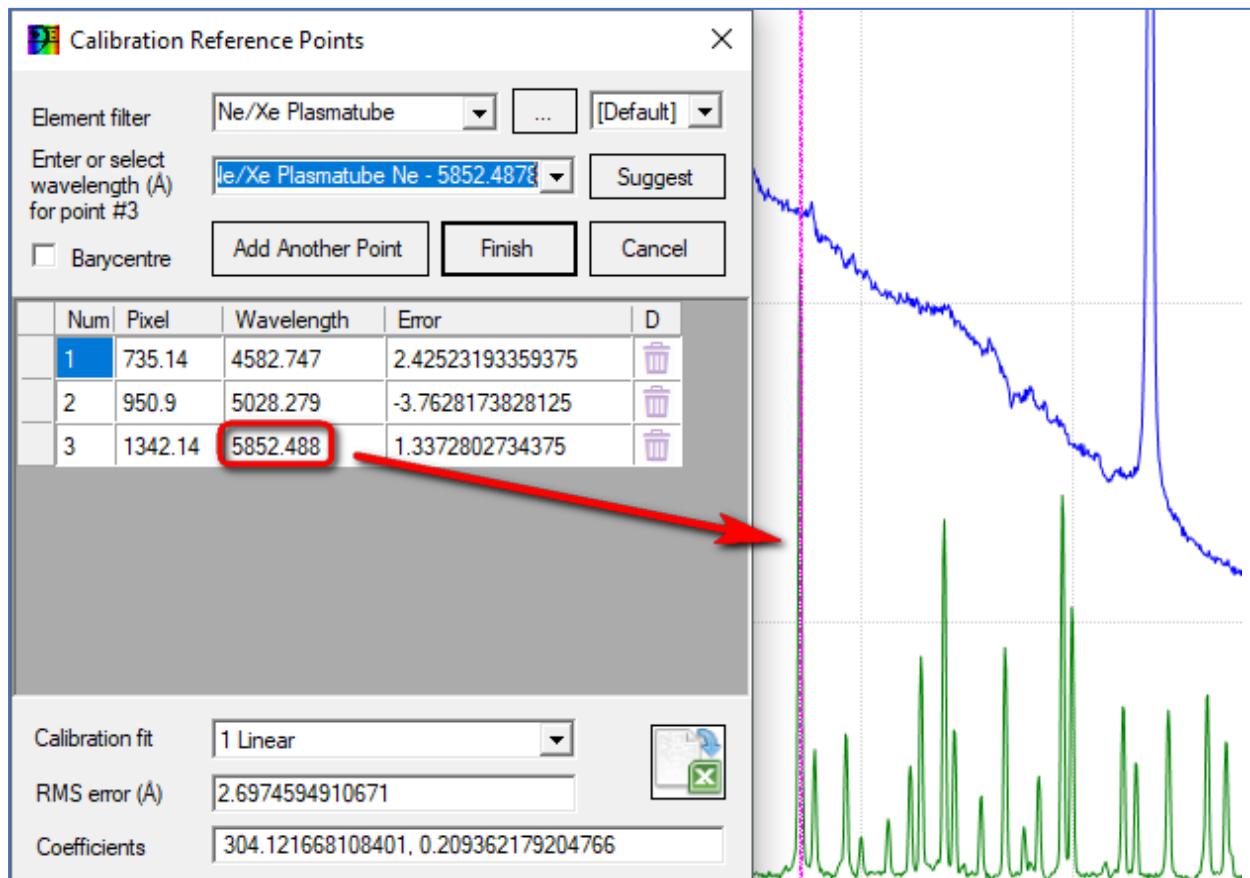


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Add Another Point

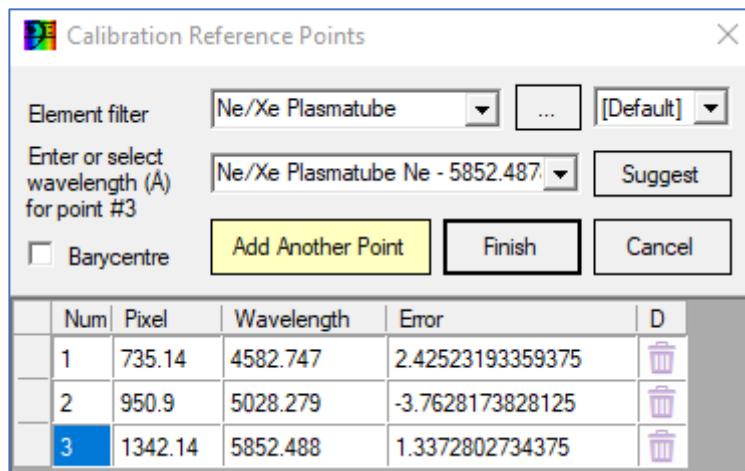


→ Dritte Referenzline eng eingrenzen: 5852.488 Å
→ Xe – 5852.488 wählen



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

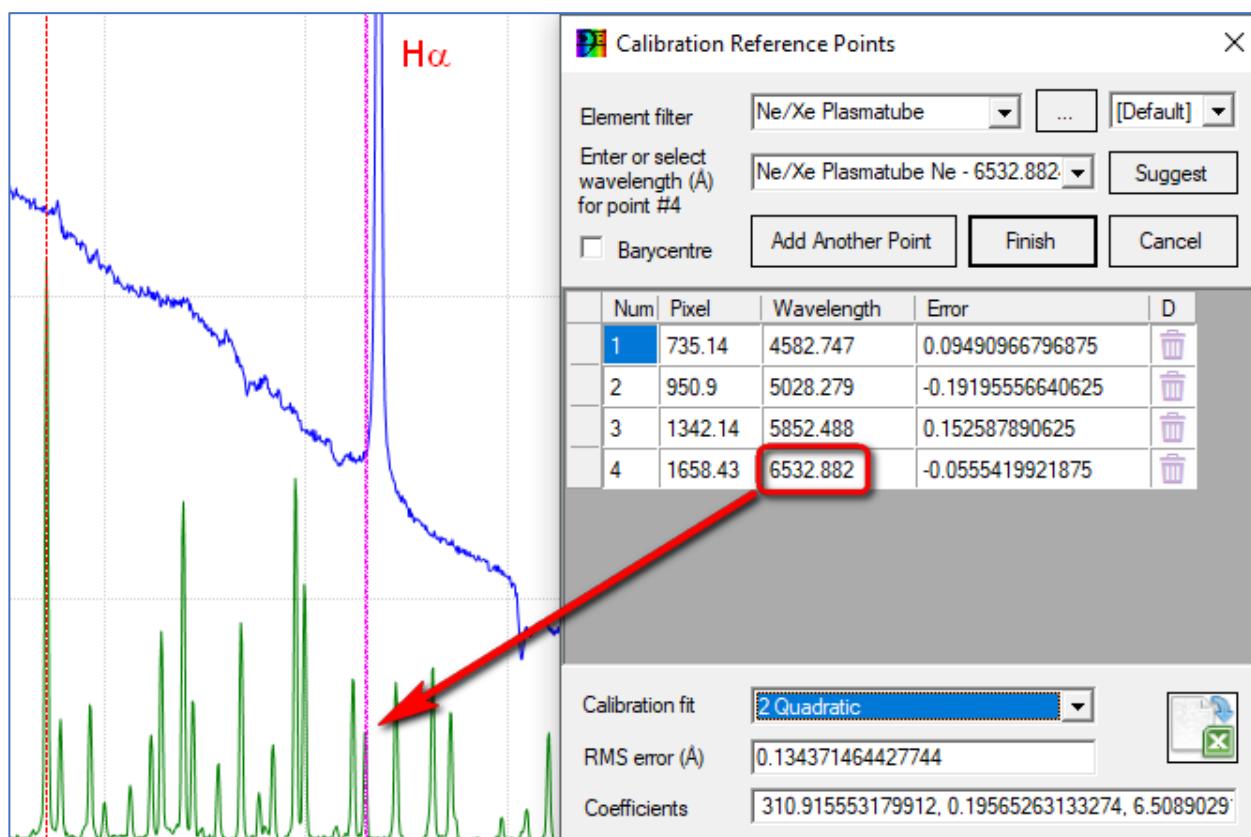
→ Add Another Point



→ Vierte Referenzline eng eingrenzen: 6532.882 Å

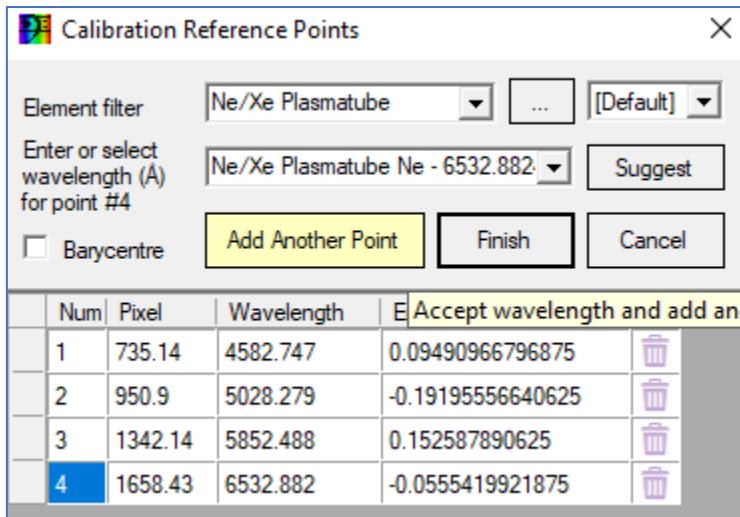
→ Ne – 6532.882 wählen

→ Calibration fit umstellen auf 2 Quadratic (Polynom zweiten Grades). Restfehler bisher: 0.134 Å

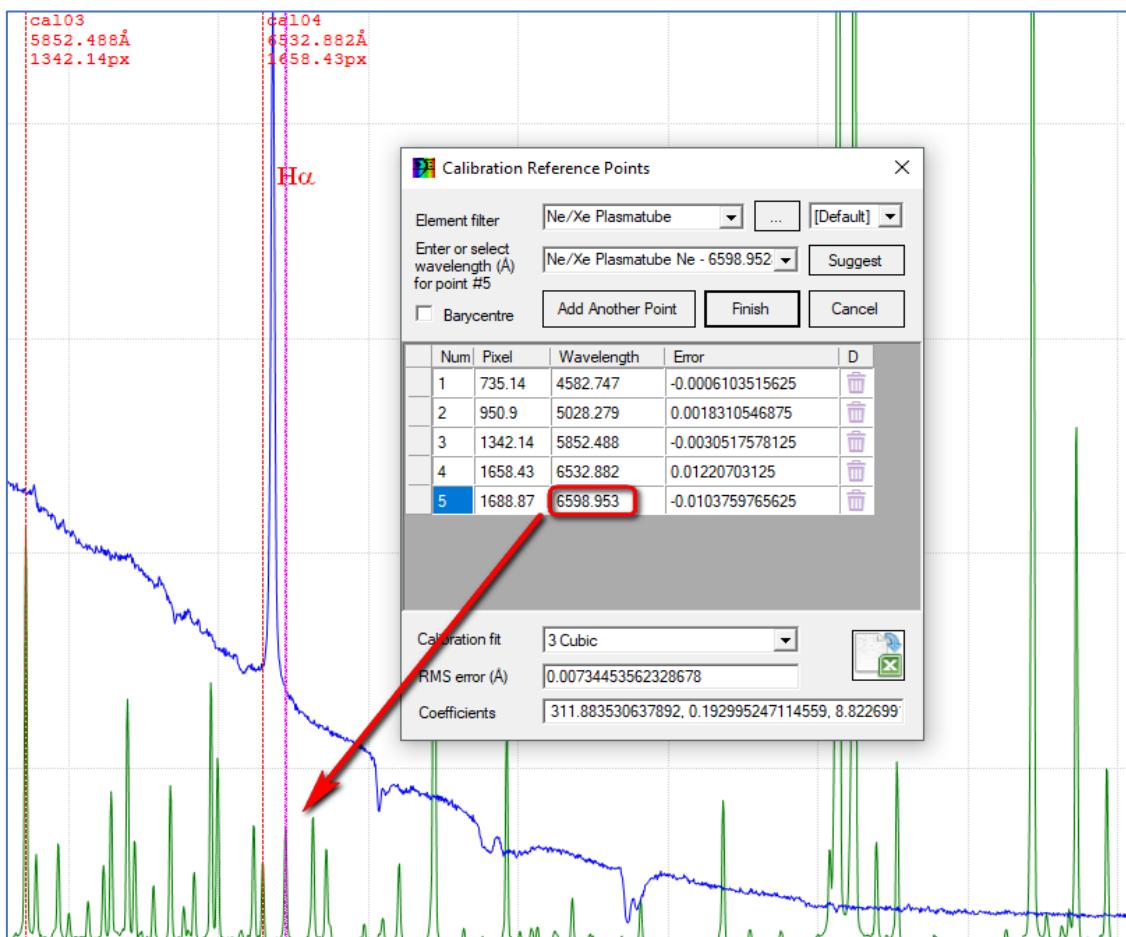


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Add Another Point

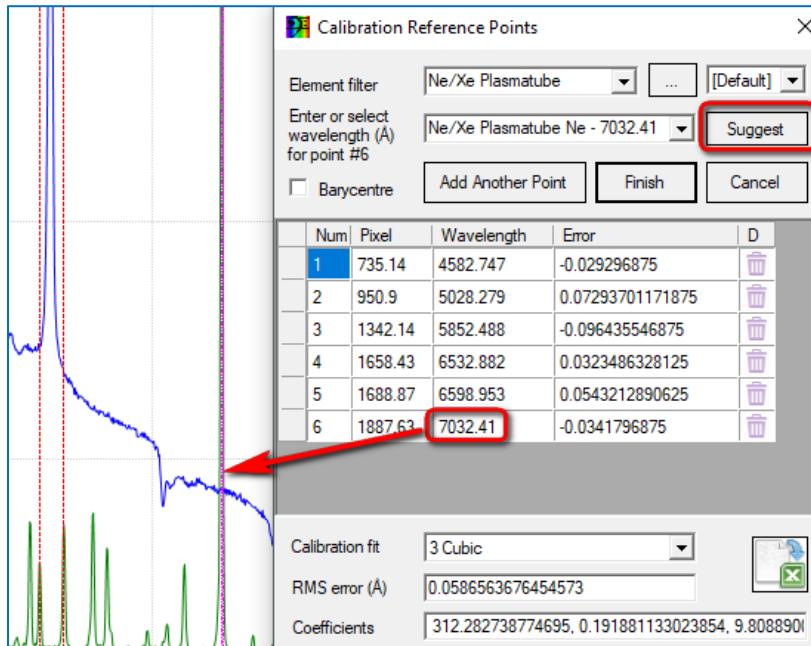


- Fünfte Referenzline eng eingrenzen: 6598.953Å
- Suggest schlägt Ne – 6598.952 vor
- Calibration fit umstellen auf 3 Cubic (Polynom dritten Grades). Restfehler bisher: 0.0073Å
- Wenn wir uns darauf beschränken würden, nur bis zu H α zu kalibrieren, könnten wir die Kalibrierung mit Finish beenden.
- In diesem Fall möchten wir jedoch das Spektrum bis in das Infrarote hinein weiter kalibrieren

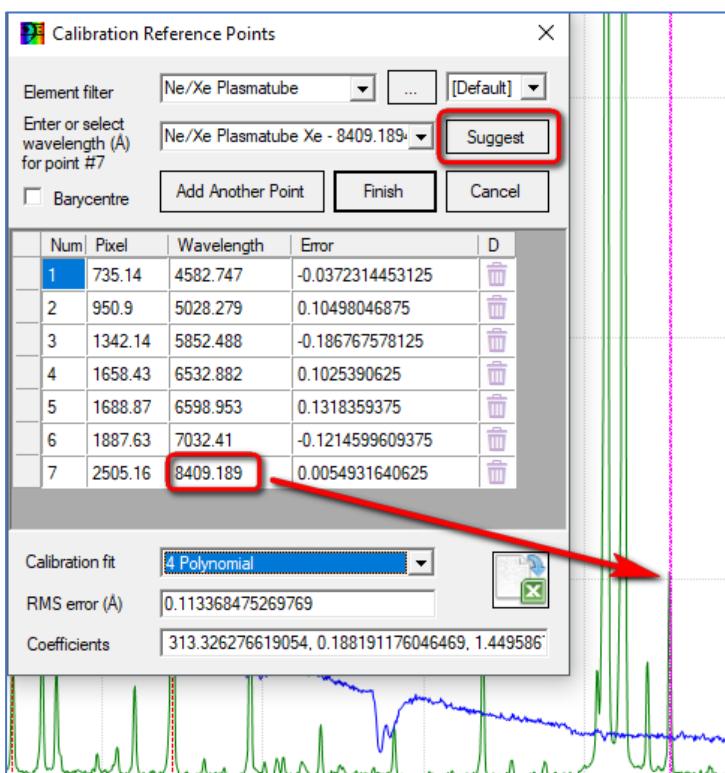


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

- Add Another Point
- Sechste Referenzline eng eingrenzen: 7032.41Å
- Suggest schlägt Ne – 7032.41 vor
- Calibration fit umstellen auf 3 Cubic (Polynom dritten Grades). Restfehler bisher: 0.059Å



- Add Another Point
- Siebte Referenzline eng eingrenzen: 8409.189Å
- Suggest schlägt Xe – 8409.189 vor
- Calibration fit umstellen auf 4 Polynomial (Polynom vierten Grades). Restfehler bisher: 0.11Å



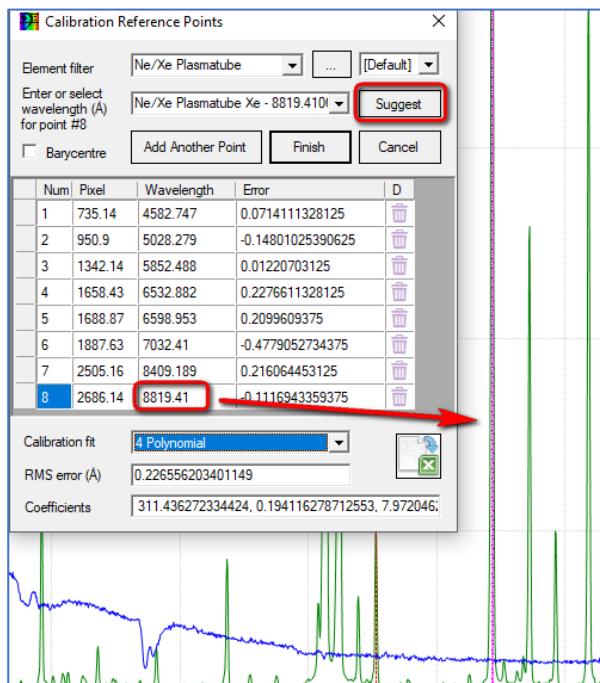
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Add Another Point

→ Achte Referenzline eng eingrenzen: 8819.41 Å

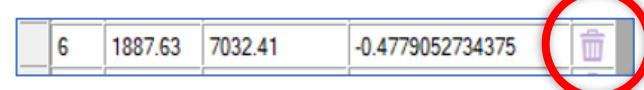
→ Suggest schlägt Xe – 8819.41 vor

→ Calibration fit mit 4 Polynominal (Polynom vierten Grades). Restfehler bisher: 0.22 Å

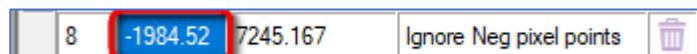


Es ist nicht sinnvoll, hier einen höheren Polynomgrad als 4 zu wählen. Der Dispersionsverlauf des Spektrografen entspricht einer flachen Kurve, die sich nur gerinfügig von einer linearen Funktion unterscheidet. Die Dispersion beträgt 2.15 Å/px, so dass wir mit einer anfänglichen Kalibriergenauigkeit von RMS 0.22 Å/px sehr zufrieden sein können; insbesondere, wenn man den überspannten Spektralbereich in Betracht zieht. Kleinere Intervalle können mit höherer Genauigkeit kalibriert werden.

Aber wir können probieren, die Genauigkeit durch Löschen der ungenauesten der acht Linien zu erhöhen.

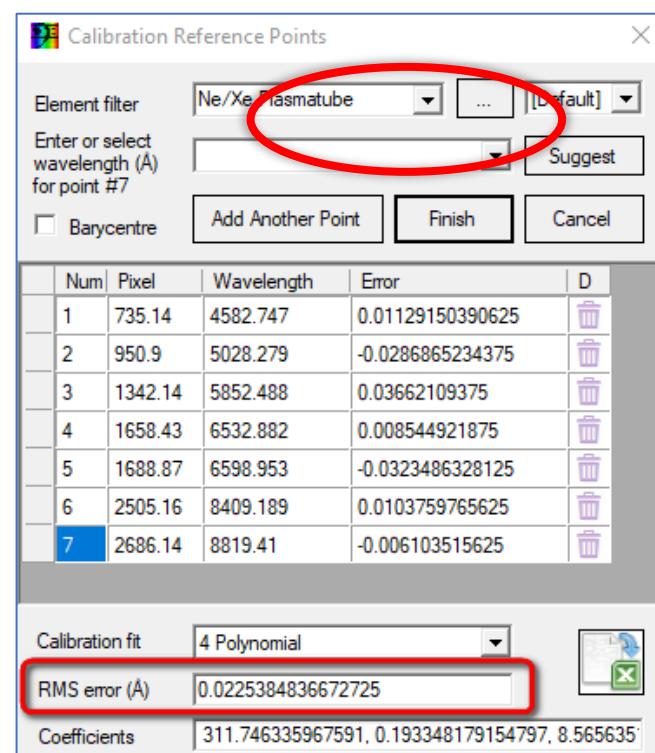


Ab Version 1.9.8b4 geht auch folgendes: Man setzt ein Minuszeichen vor die Pixelposition einer Linie, die nicht berücksichtigt werden soll. Nach viermaligem Drücken auf die Tabulatortaste wird die neue Berechnung durchgeführt. Oder man klickt in eine Zeile darüber oder darunter. Mit Löschen des Minuszeichens kann die Linie wieder aktiviert werden.



Die Wellenlängenkalibrierung verbessert sich erheblich auf RMS=0.023 Å

→ Finish



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

9.3 Übertragung der Wellenlängenkalibrierung auf das Spektrum von γ Cas

→ 02: γ Cas anwählen



→ Profile properties 02: g Cas

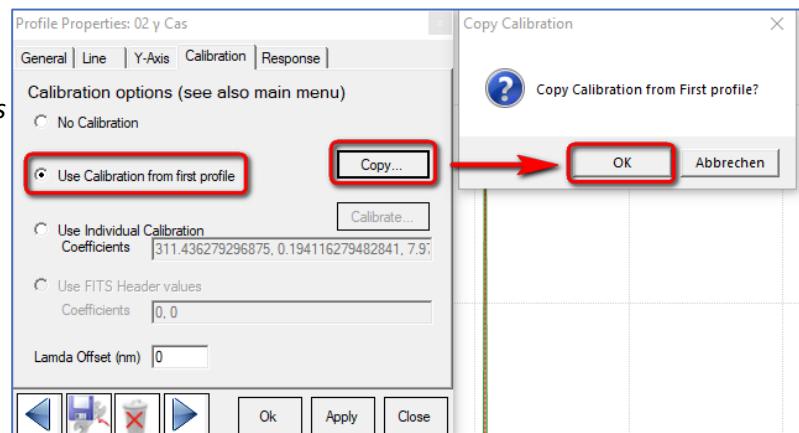
→ Use Calibration from first profile

→ Copy

→ Ok

→ Apply

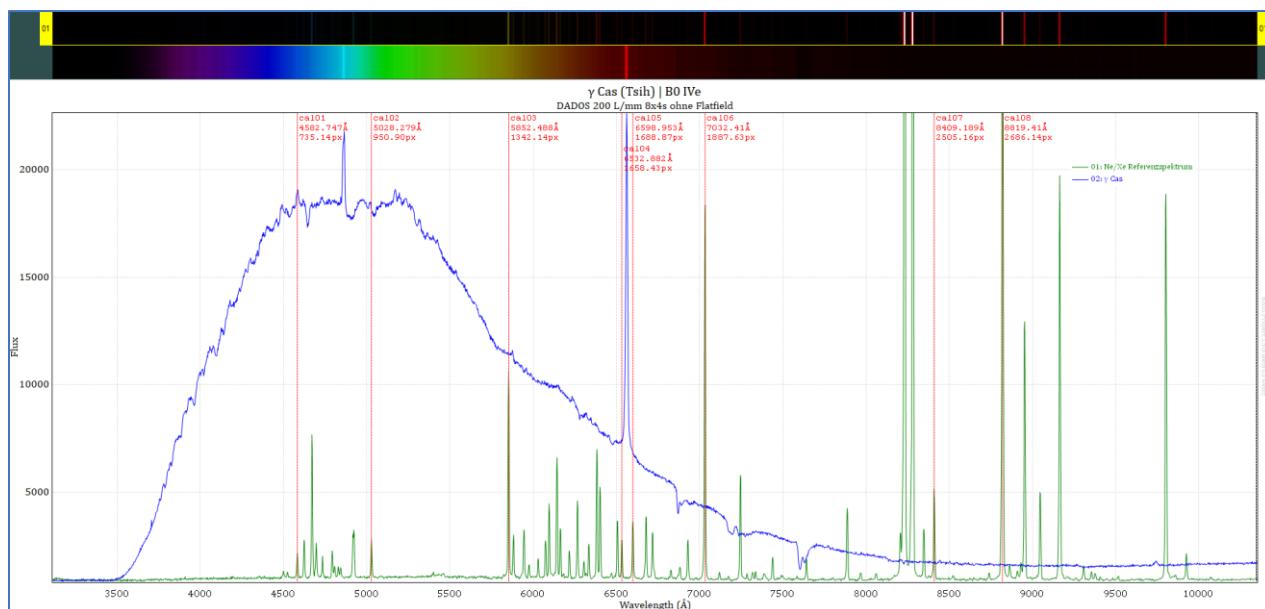
→ Ok



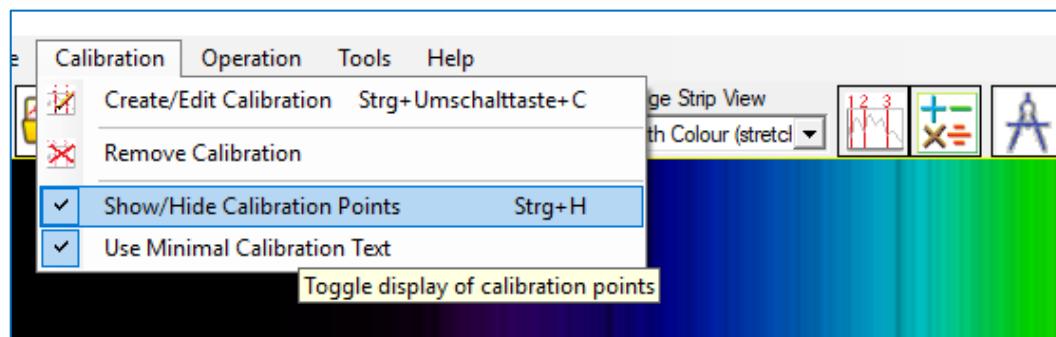
→ Image Strip View umstellen auf Synth Color stretched (synthetisches Sternspektrum)



→ Speichern des Projekts unter dem selben Namen *gamma_Cas_200L.bass*

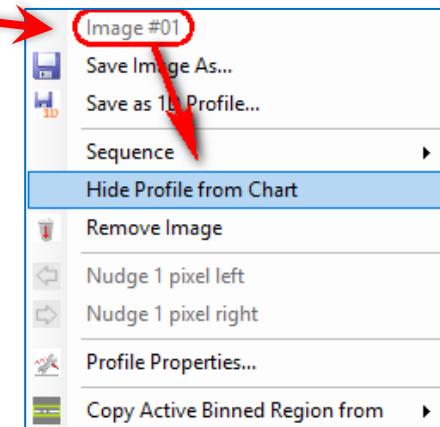
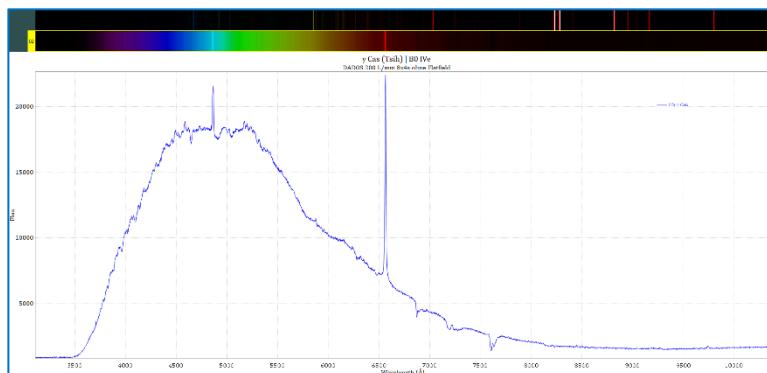


→ Show/Hide Calibration Points: Schaltet die Anzeige der Kalibrierpunkte ein und aus!

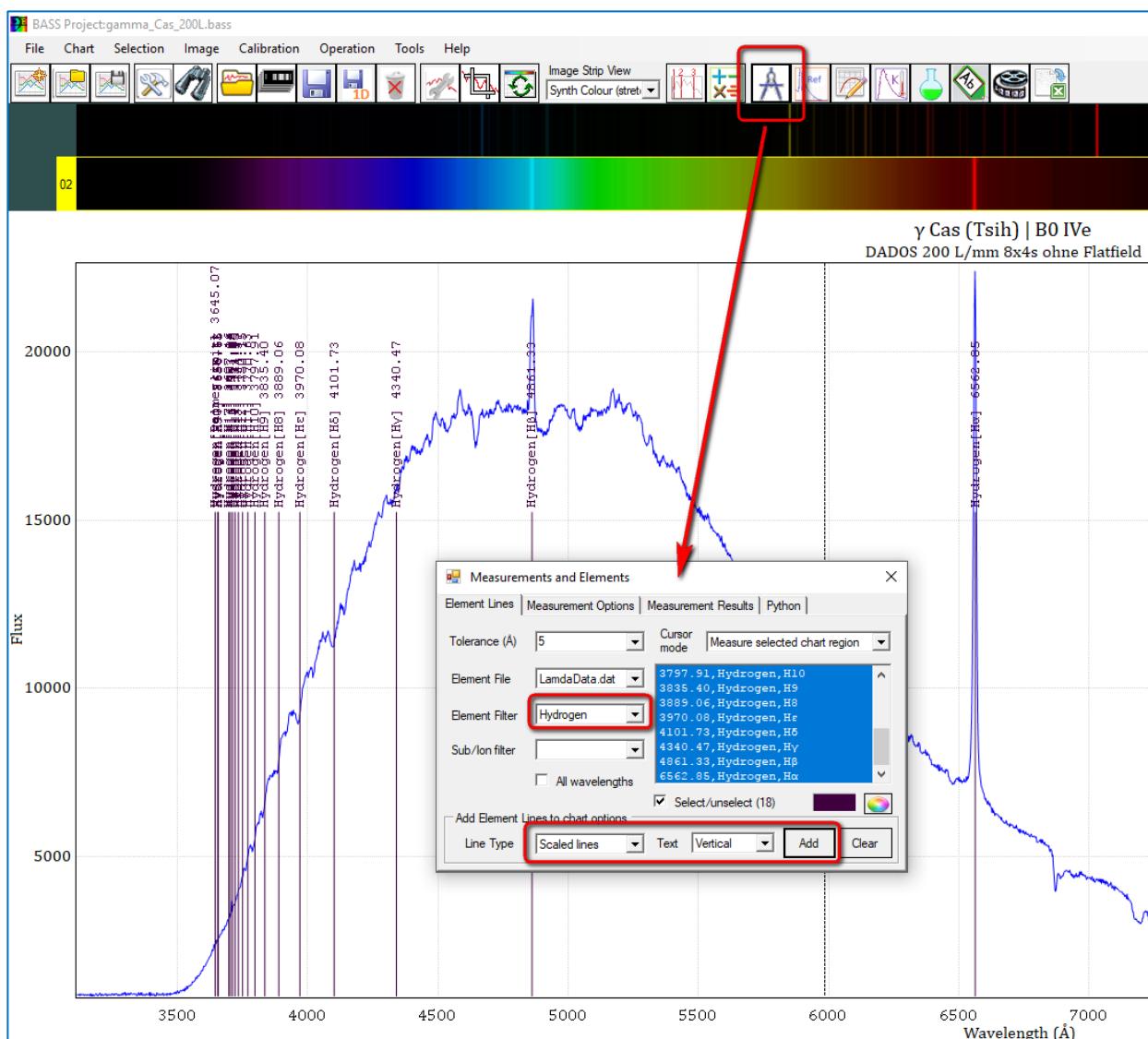


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

- Ausblenden des Referenzspektrums #01:
- Spektrum 02: γ Cas mit der Maus aktivieren:



- Measurements and Element Lines. Hiermit kann man seine Kalibrierung gezielt an einzelnen Linien oder einer ganzen Linienserie überprüfen. Beispiel: Einblenden der Balmerserie des Wasserstoffs.
- Mit *Clear* entfernt man alle Markierungen wieder.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

10. Normierung der Intensität des Spektrums

Der Intensitätsverlauf des wellenlängenkalibrierten Spektrums stellt nicht den wahren Kontinuumsverlauf dar. Dieser wird durch verschiedene Faktoren verfälscht. Dazu zählt die Instrumentenfunktion („Response“) von Teleskop, Spektrograf und Kamera, sowie Absorption und Streuung an interstellarem Staub und Molekülen in der Erdatmosphäre. Zusammengefasst spricht man von einem **Pseudokontinuum**.

Auf zwei verschiedene Arten können diese Einflüsse beseitigt werden: Normierung auf „1“ oder Flusskalibrierung.

10.1 Pseudokontinuum entfernen

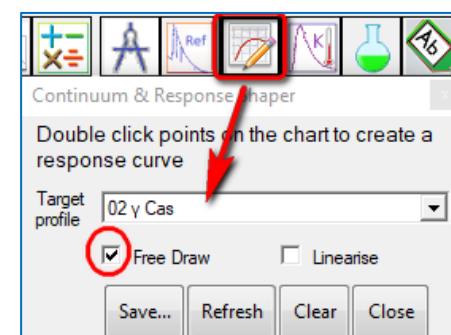
Unter der *Normierung eines Spektrums* versteht man die Eliminierung des pseudokontinuierlichen Anteils im Spektrum (Continuum Removal), so dass nur noch die Spektrallinien im Spektrum verbleiben.

Subtraktion des Kontinuums: Hat den Nachteil, dass bei einer Subtraktion die relativen Intensitäten der Spektrallinien zueinander nicht stimmen. Wird in der Regel nicht angewendet.

Division durch das Kontinuum: Die relativen Intensitäten bleiben erhalten, das Divisionsergebnis ergibt im Spektrum im Idealfall einen exakt horizontalen Verlauf, dessen Intensität den Wert „1“ aufweist. Deshalb spricht man auch von der **Normierung auf „1“**. Dies wird im Folgenden beschrieben.

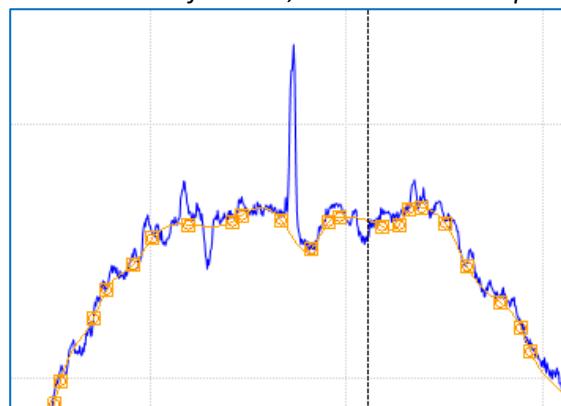
Durchführung einer Normierung:

- Spektrum 02: γ Cas aktivieren
-  Continuum and Response Shaper anwenden auf 02 γ Cas
- Free Draw wählen



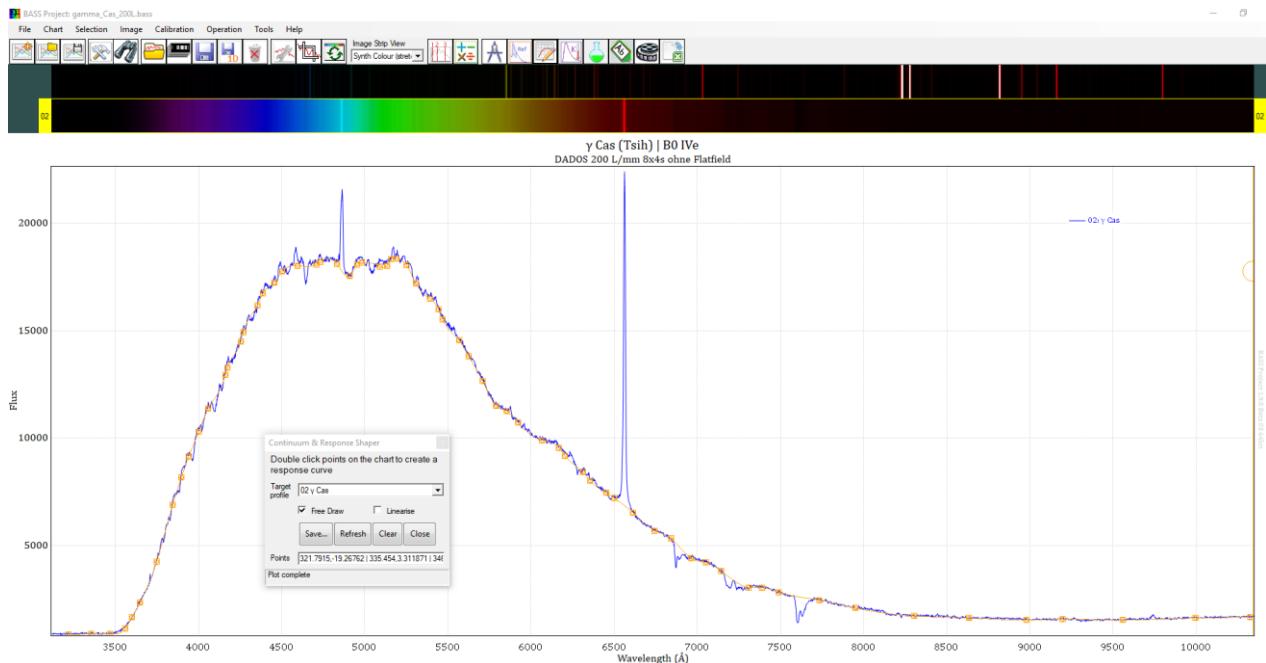
- Kästchen setzen per Doppelklick entlang des Kontinuums.

-  Refresh aktualisiert das Bild. Kästchen löschen mit mittlerer Maustaste. Spektrallinien großzügig überbrücken, ohne die Flügel der Linien zu kappen. Die so definierte orangene Kurve ist die sogenannte *Instrumentenfunktion*, meist auch als *Response* bezeichnet.

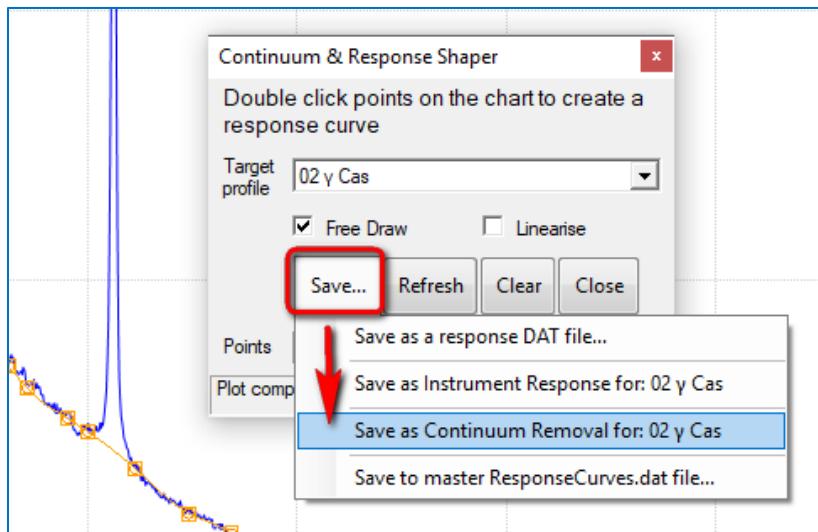


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

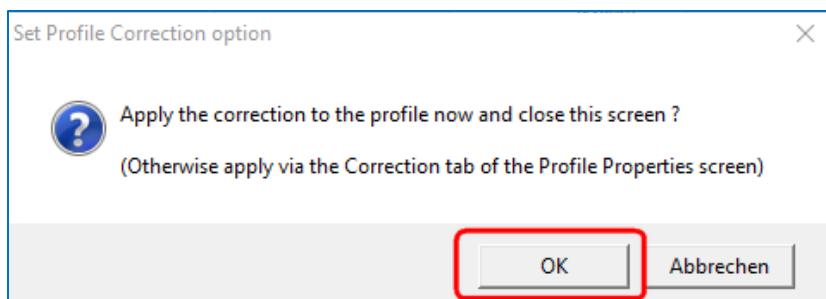
→ Die orangene Kurve ist das Pseudokontinuum (Response)



→ Save as Continuum Removal for: 02 γ Cas

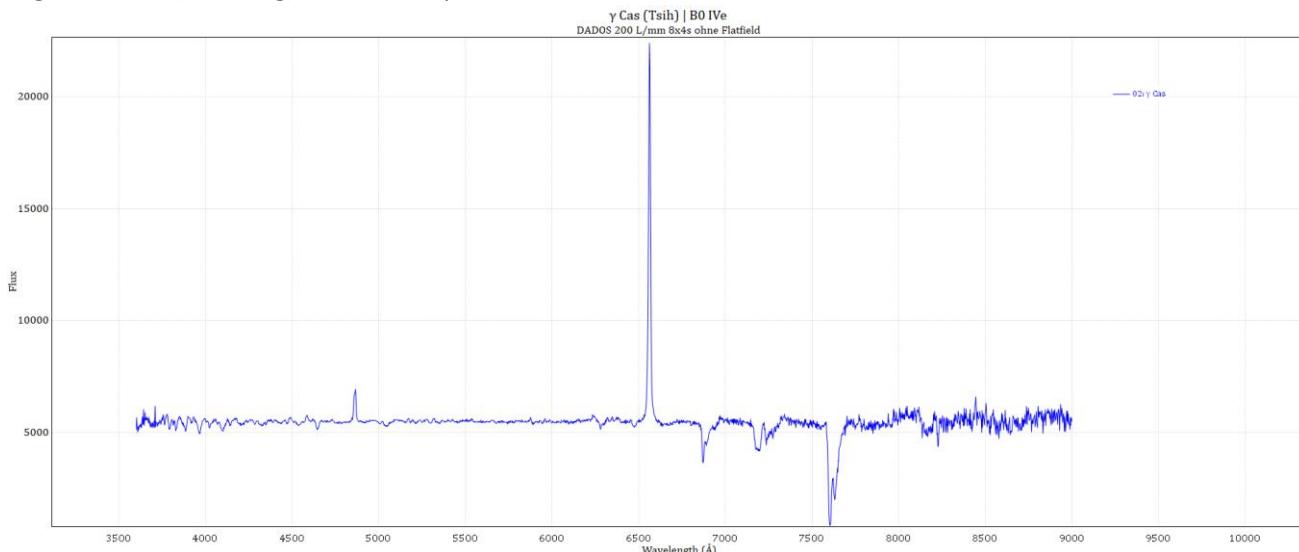


→ Normierung direkt anwenden: Abfrage mit Ok beantworten

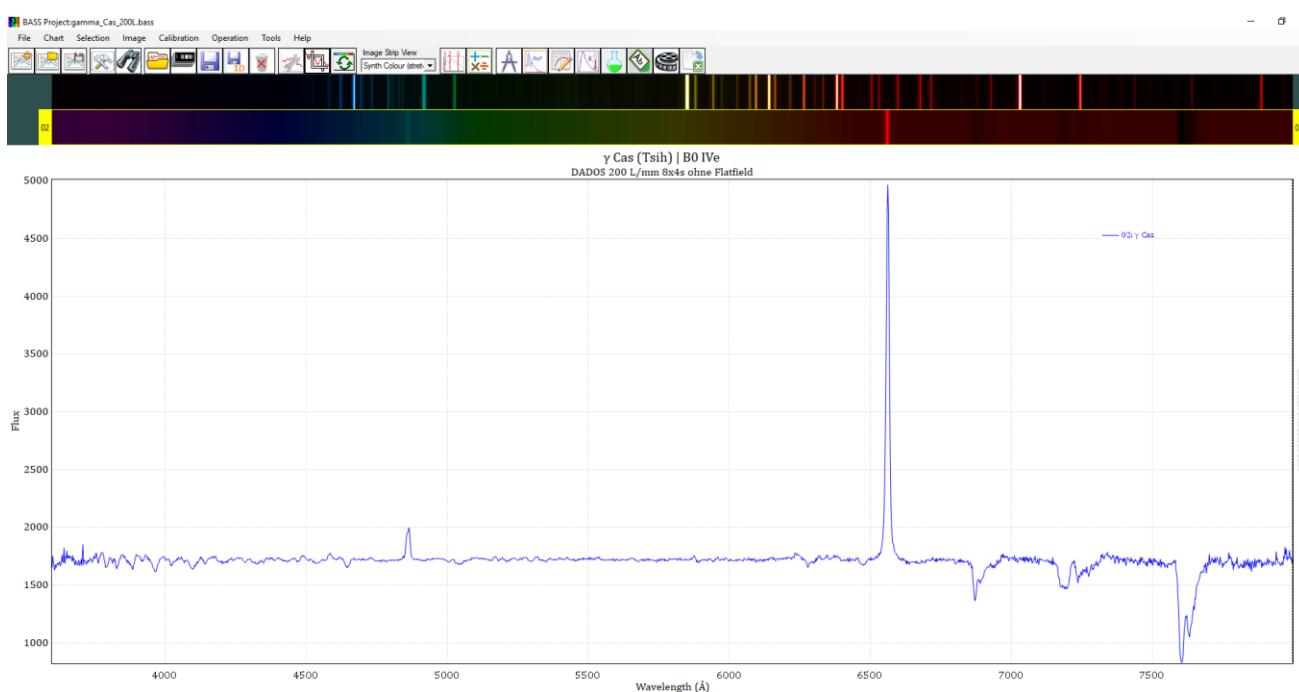
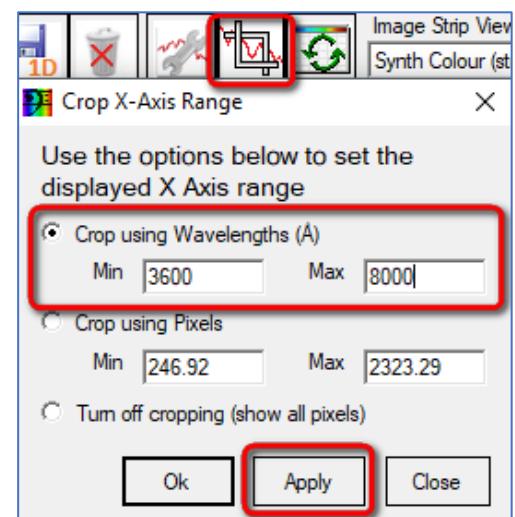


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Ergebnis: Das (vorläufig) normierte Spektrum mit einem etwas erhöhten Rauschen oberhalb 7500Å.

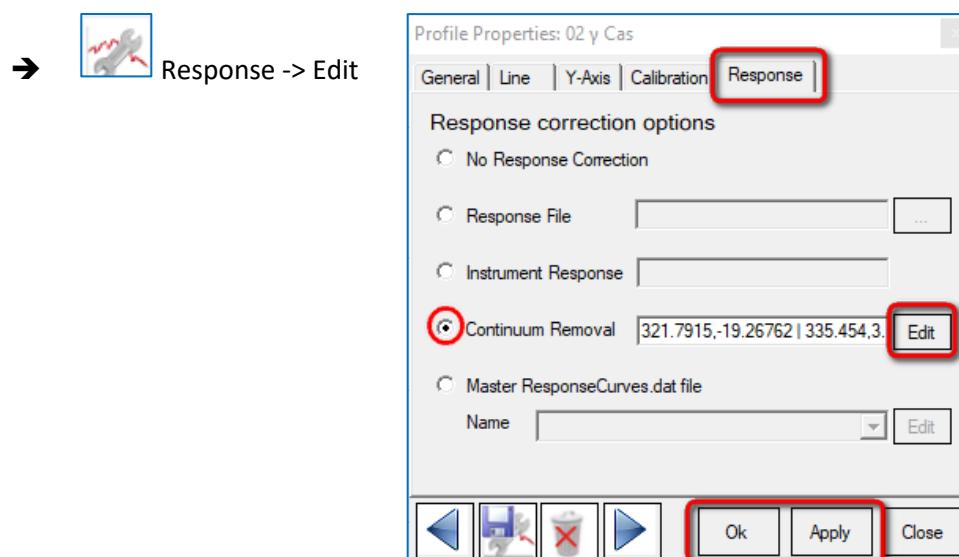


→ Nun den Wellenlängenbereich eingrenzen mit der Maus von ca. 3600Å bis 8000Å

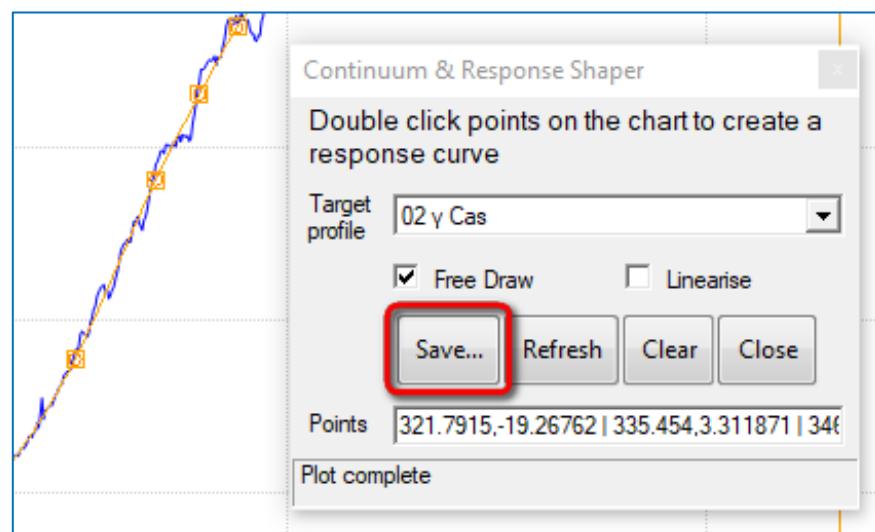


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

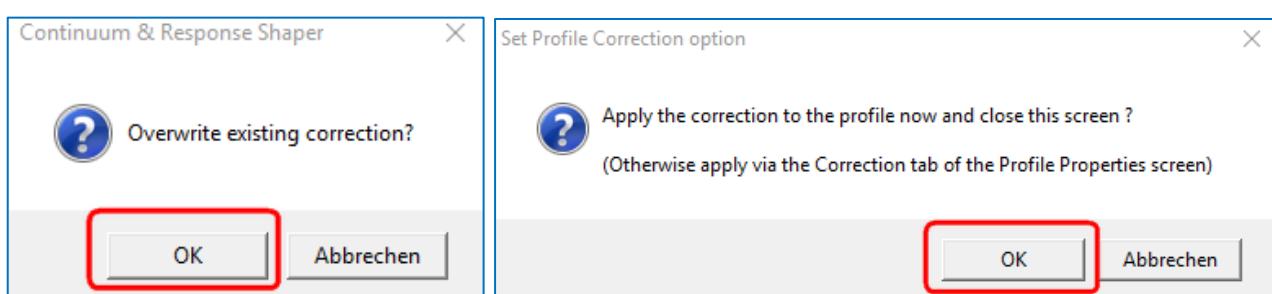
- Falls das durchschnittliche Kontinuum in Bereichen **NICHT** auf einer horizontalen Linie liegt, kann die Datei *response_norm.dat* nochmals editiert werden.



- Target Profile: 02 γ Cas
→ Free Draw
→ Neue Kästchen können gesetzt und/oder alte entfernt werden



- Save



- Ok

- Projekt zwischendurch immer mal speichern: *gamma_Cas_200L.bass*

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

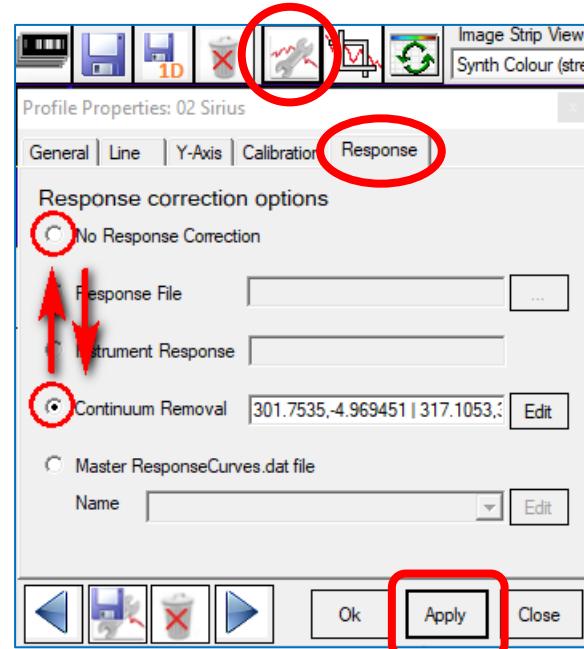
Ansicht Vorher/Nachher: Wie sieht das Profil mit bzw. ohne Kontinuumsbeseitigung aus?

→  Profile Properties

→ Response

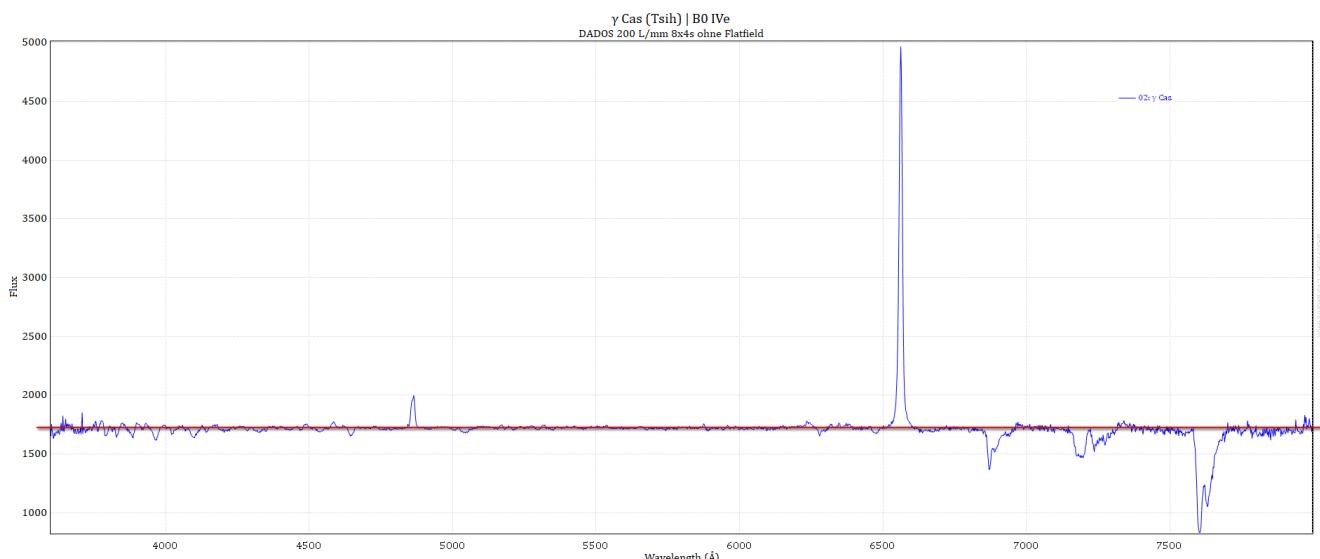
→ Continuum Removal <-> No Response Correction

→ Jeweils Apply



10.2 Normierung auf „1“

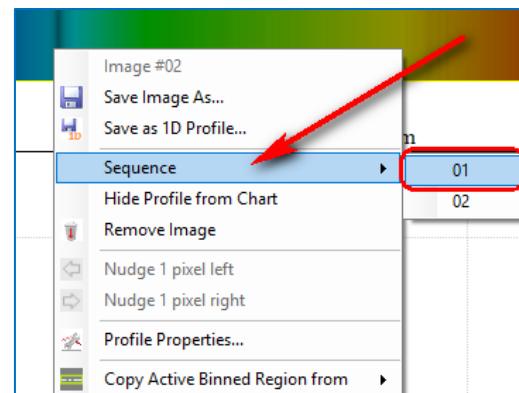
„Normierung auf 1“ bedeutet, dass das Kontinuum auf den Wert 1 festgelegt wird. Die rote Linie wurde hier in diesem Bild per Hand eingezogen, um zu zeigen, wo ungefähr das Intensitätsniveau 1 liegen soll. Eine höchst subjektive Einschätzung, die eine gewisse Erfahrung des Spektroskopikers erfordert.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

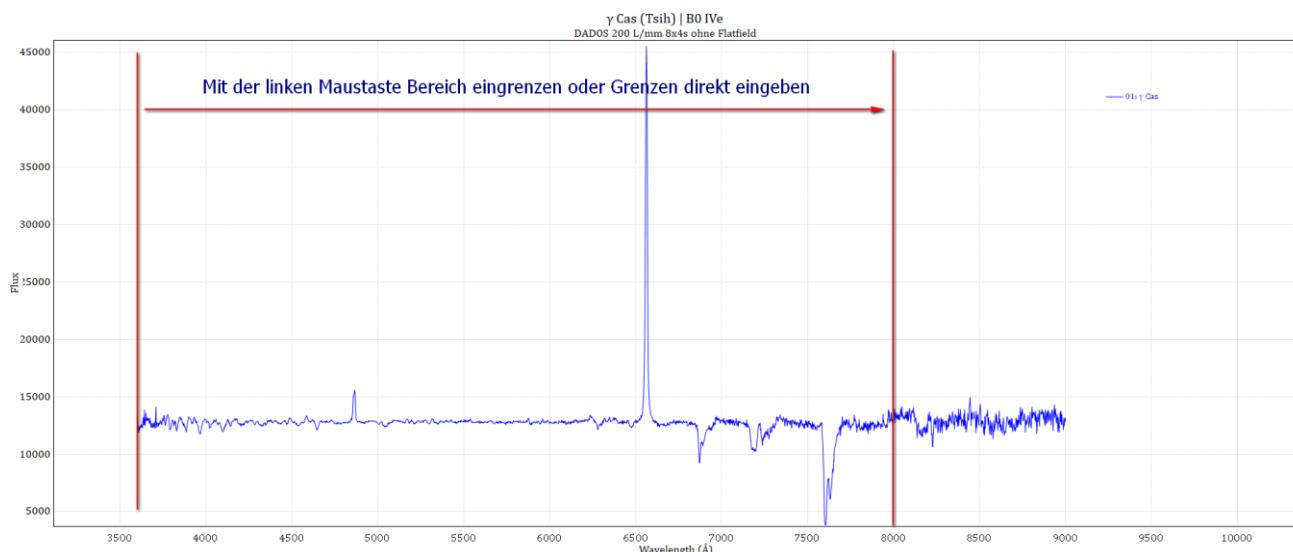
Spektrum 02: γ Cas an die erste Position setzen

- Mit rechter Maustaste in das γ Cas Spektrum klicken
- Sequence
- 01 auswählen

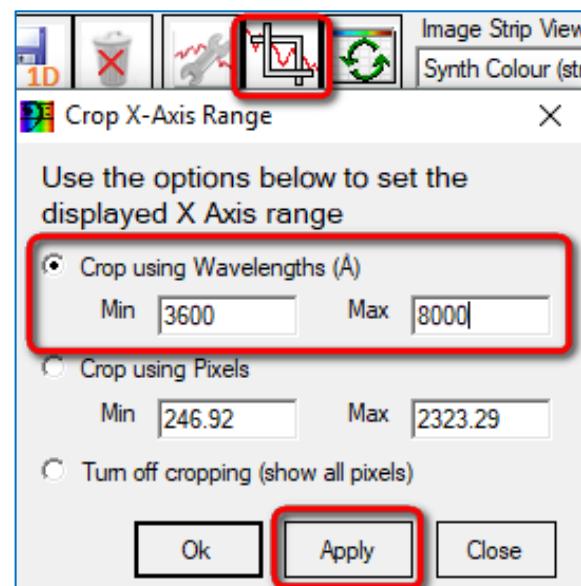


Unerwünschte Bereiche links und rechts des Spektrums ausgegrenzen. Ein vollständiges Entfernen aus dem Datensatz ist in dieser späten Phase aber nicht mehr möglich!

- Mit der linken Maustaste das Spektrum wie gewünscht eingrenzen



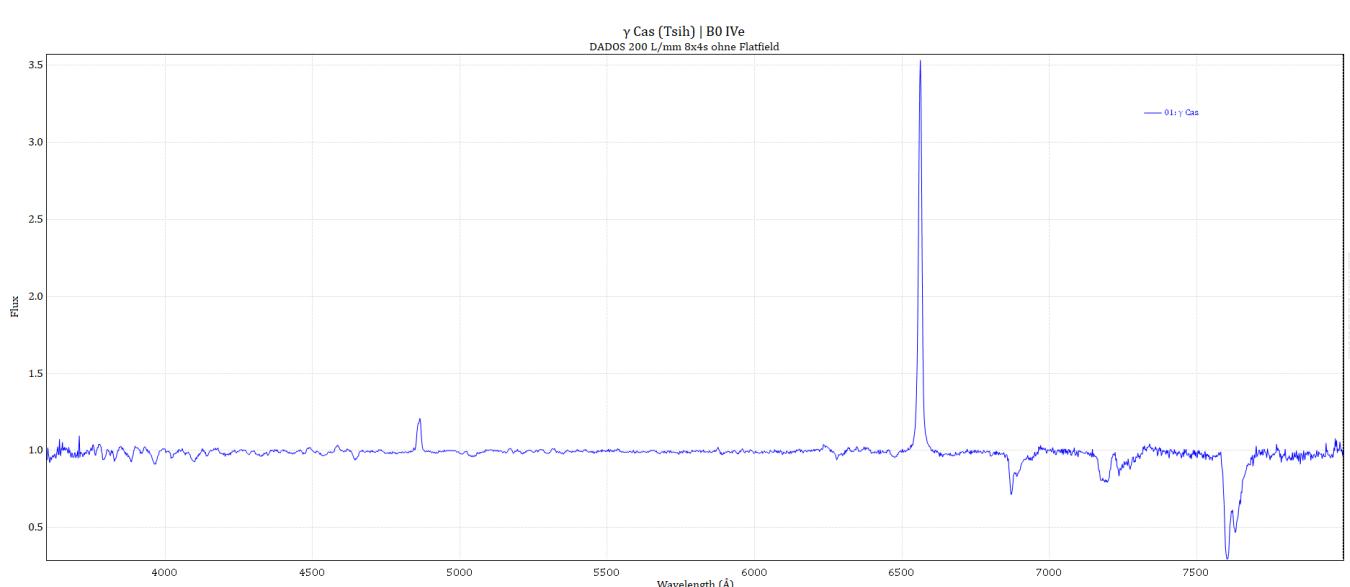
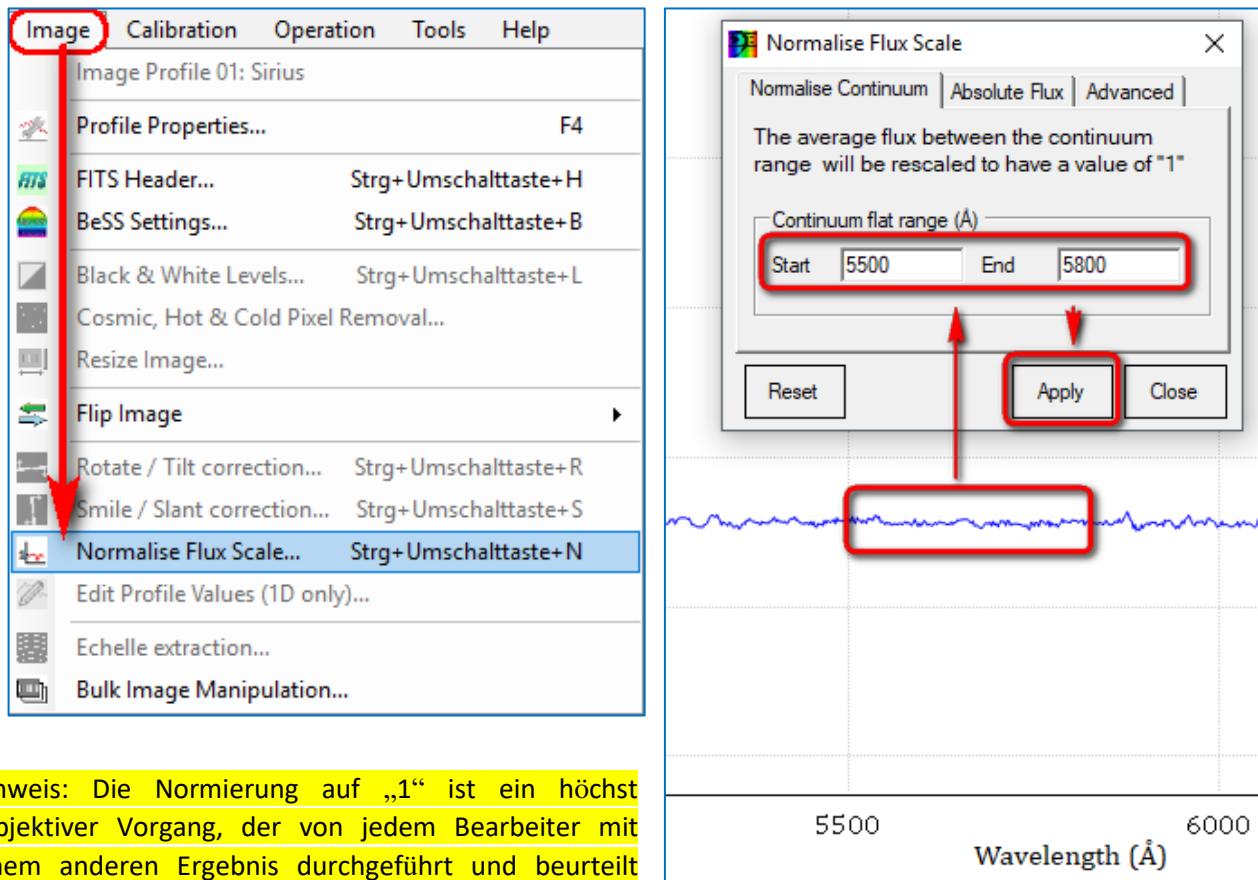
- Crop X-Axis Range
- Wellenlängenbereich eingrenzen mit der Maus von ca. 3600 Å bis 8000 Å
- Apply
- File -> Save Project File



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVE) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Normierung auf „1“ durchführen:

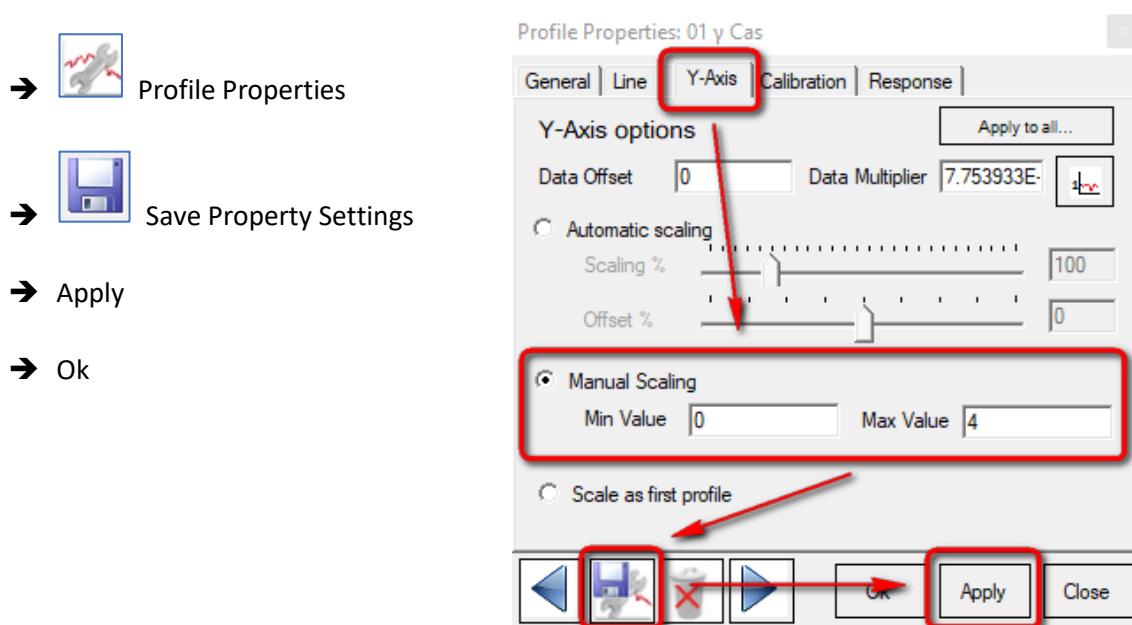
- Image
- Normalize Flux Scale
- Im Spektrum einen Bereich definieren, der den Wert 1 erreichen soll. Hier bei ca. 5500Å-5800Å
- Falls unzufrieden mit der Lage der „1“-Linie, neue Start- oder Endwerte eingeben und Apply drücken.
- Falls zufrieden: Close



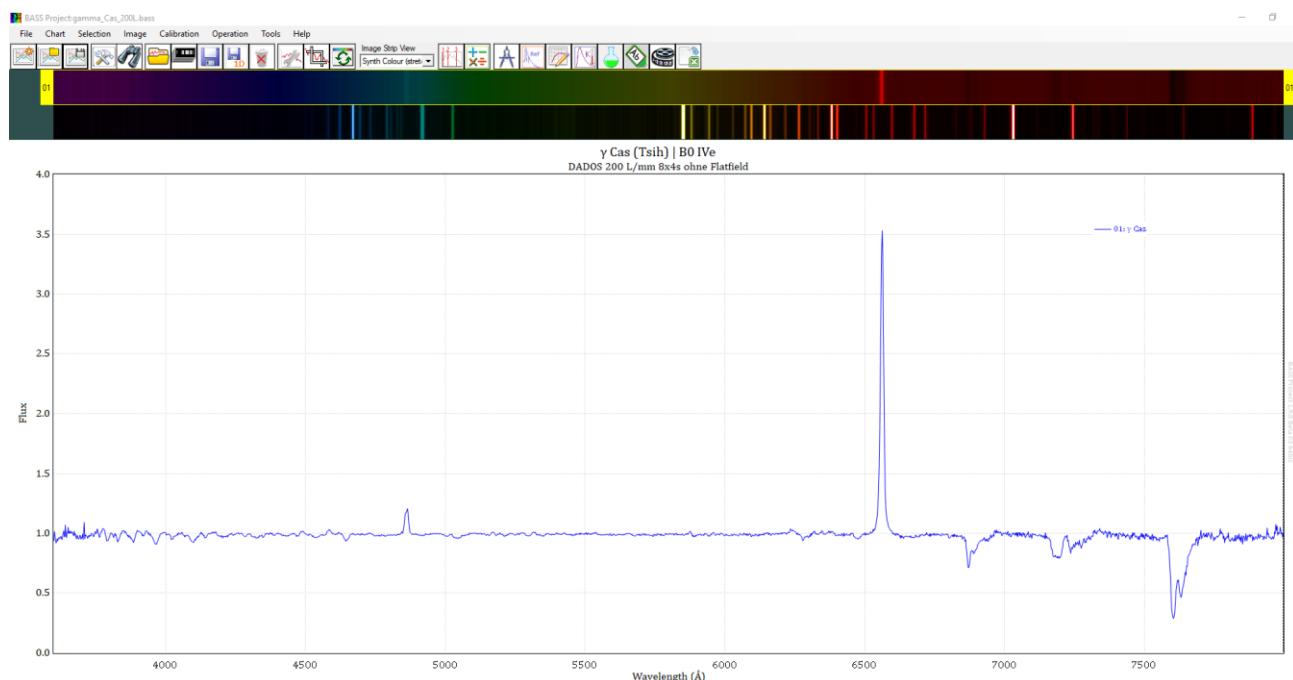
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

10.3 Manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux, relative Intensität)

Die manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux) des Spektrums von γ Cas beträgt in diesem Beispiel 0 bis 4:



Ergebnis: Das auf „1“ normierte Sonnenspektrum, in der Intensität von 0 bis 4 skaliert. Das Referenzspektrum bleibt ausgeblendet.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

10.4 Identifikation von Spektrallinien im Spektrum von γ Cas

Die physikalischen Angaben zu γ Cas streuen je nach zitierter Quelle¹. γ Cas ist ein rund 25.000K heißer, früher B-Stern der Leuchtkraftklasse IV mit etwa 17 Sonnenmassen und einem Radius von 10 Sonnenradien.

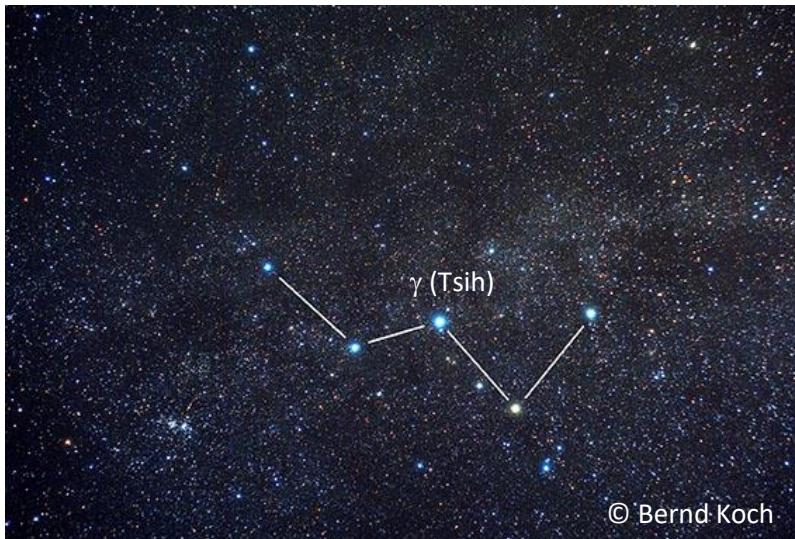


TABLE 3
STELLAR PARAMETERS FOR γ CAS.

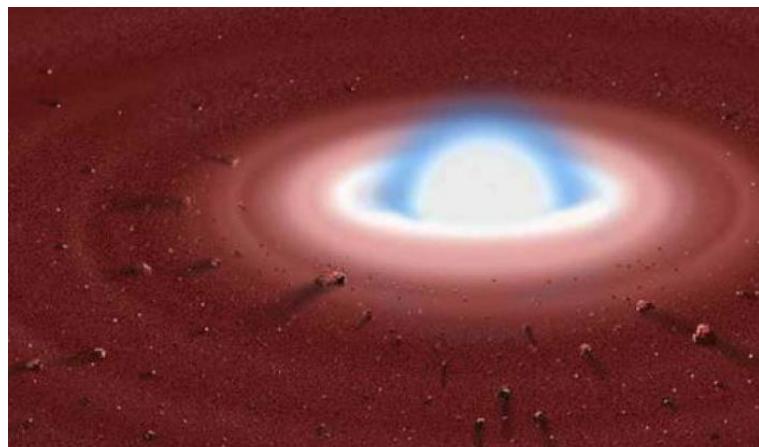
Parameter	Value	Unit
Spectral Class	B0 IVe	...
Radius	10.0	R_\odot
Mass	17.0	M_\odot
Luminosity	$3.4 \cdot 10^4$	L_\odot
T_{eff}	25,000	K
$\log(g)$	3.50	cm s^{-2}
Distance ^a	188^{+22}_{-18}	pc

^a Distance from the Hipparcos catalogue (Perryman et al 1997).

Die charakteristischen Wasserstoffemissionen entstehen in einer zirkumstellaren, rotierenden Scheibe infolge Photoionisation und Rekombination der Elektronen des Wasserstoffs. Die Tabelle zeigt die relative Häufigkeit ausgewählter Atomsorten, deren Linien man im Spektrum erkennen kann. Die Temperatur der Scheibe beträgt $9.500\text{K} \pm 1.000\text{K}^2$.

Element	Abundance ^a
H	12.00
He	10.90
C	8.55
N	7.97
O	8.87
Mg	7.58
Si	7.55
Ca	6.36
Fe	7.51

^a The tabulated abundance is $\log(N/N_H) + 12$.



Das Spektrum von γ Cas zeigt neben den prominenten Emissionslinien H α und H β viele Linien schwererer Elemente. Diese sind in einem niedrig aufgelösten Spektrum manchmal nicht eindeutig zuzuordnen.

Zur Identifikation wurde ein Vergleichsspektrum von Richard Walker³ herangezogen. Dieser hat γ Cas mit dem DADOS und dem 200er-Gitter aufgenommen und klassifiziert.

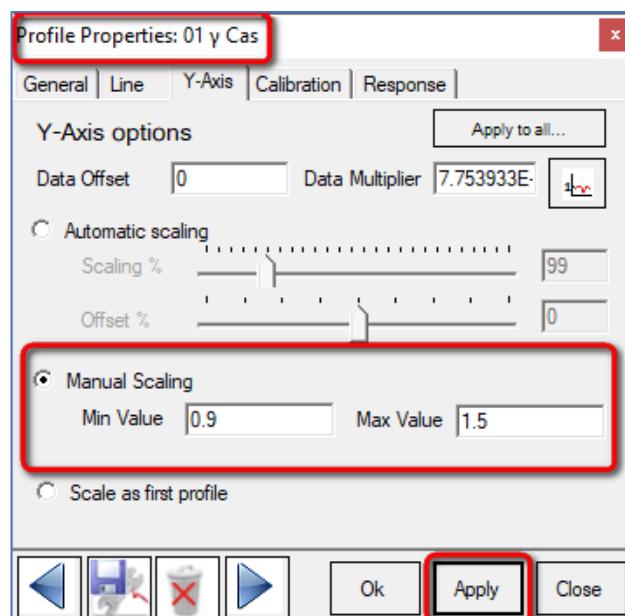
¹ THE THERMAL STRUCTURE OF THE CIRCUMSTELLAR DISK SURROUNDING THE CLASSICAL BE STAR γ CASSIOPEIA
<https://arxiv.org/pdf/0706.4036.pdf>

² Hony, S., Waters, L.B.F.M., Zaal, P.A., de Koter, A., Marlborough, J.M., Millar, C.E., Trams, N.R., Morris, P.W., & de Graauw, Th. 2000 A&A, 355, 187

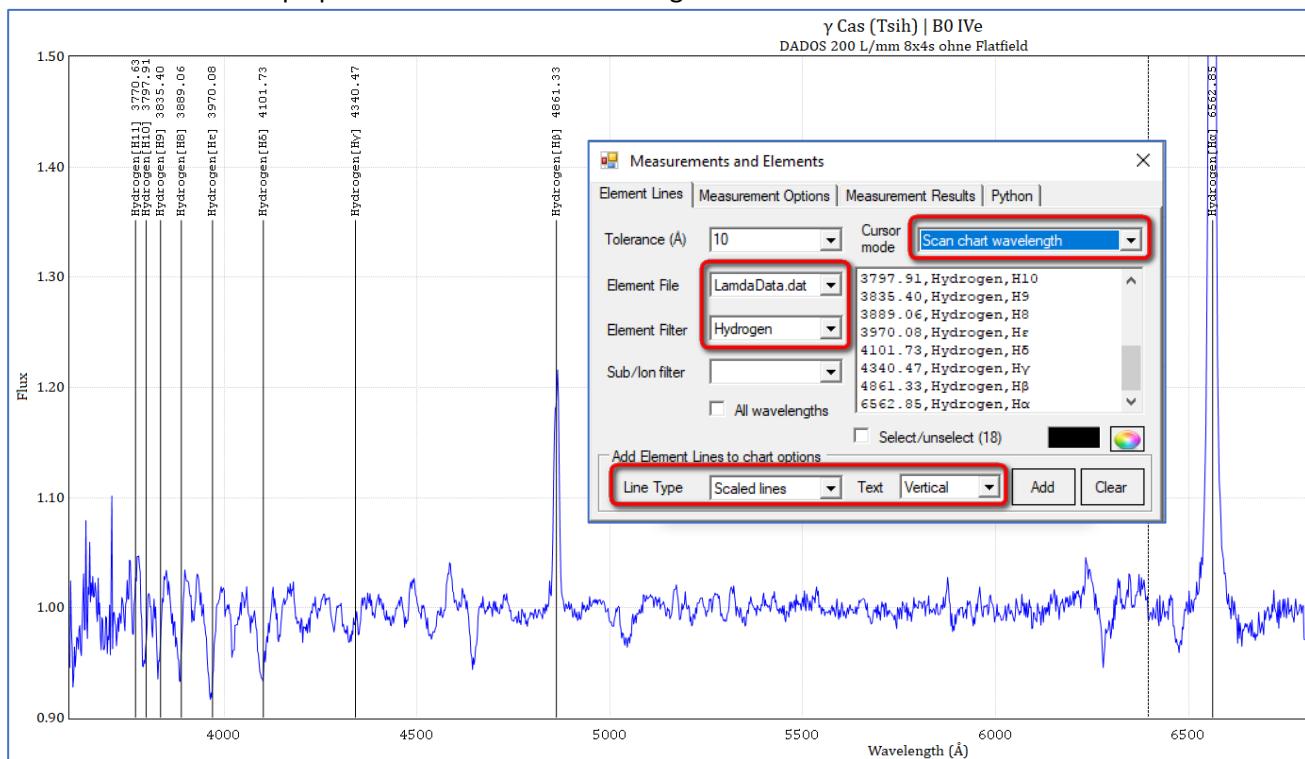
³ Walker, Richard: Spectral Atlas for Amateurs (Cambridge University Press, 2017)

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

-  Profile Properties. Zunächst wird die Skalierung der Intensitätsachse verändert, damit die Spektrallinien besser erkennbar sind.
- Manual Scaling 0.9 ... 1.5



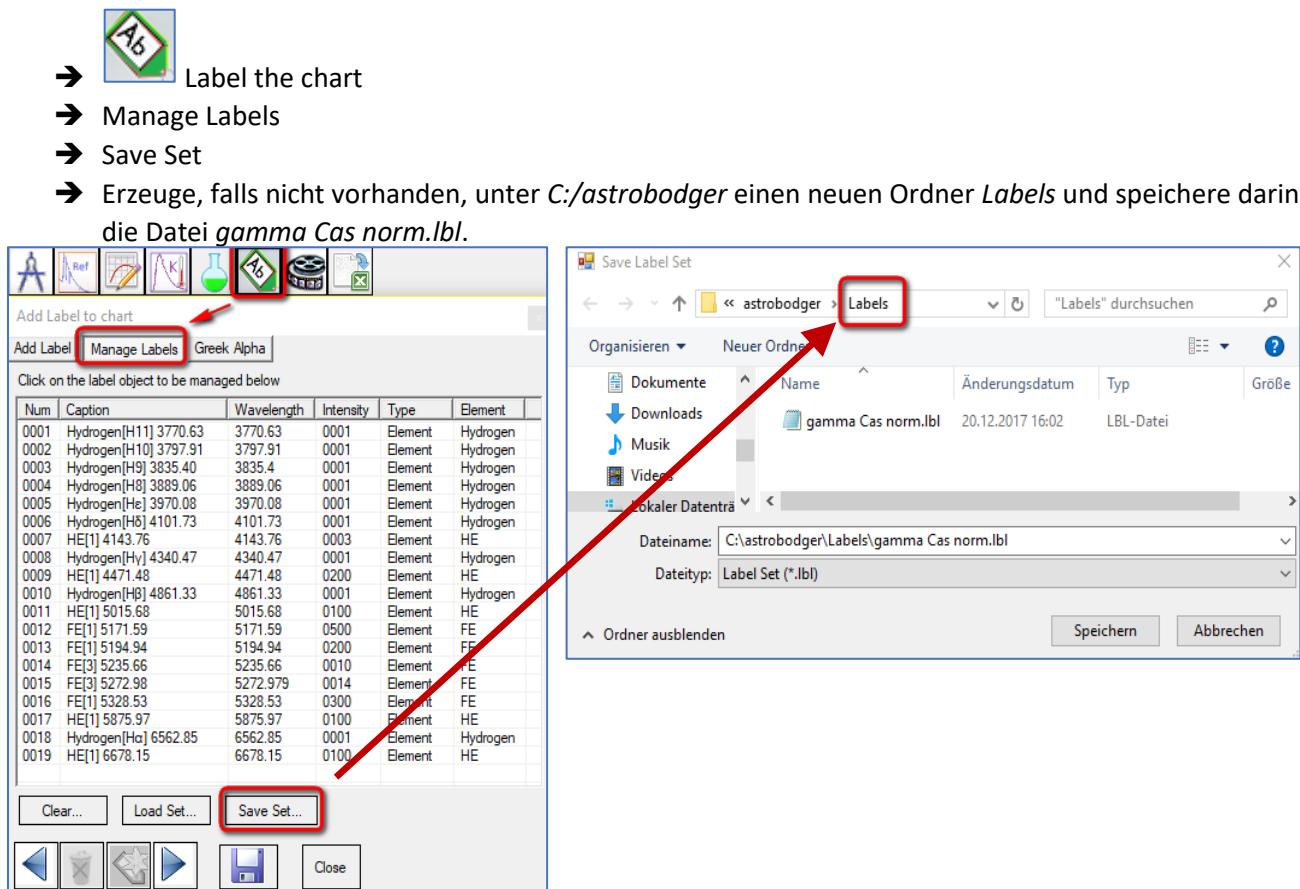
-  Measurements and Elements
- Zuerst fügen wir die Markierungen für die Balmerserie ein. Dazu werden nacheinander die Tabelleneinträge von H α bis H 11 angeklickt und mit Add hinzugefügt.
- Hinweis: Die leichte Abweichung in der nominellen Position liegt an der Wellenlängenkalibrierung ohne Stützstellen unterhalb von 4500Å aufgrund fehlender markanter Linien der Neon/Xenon-Lampe. Eine Nachkalibrierung mit Linien der Balmerserie würde aber nicht zu den Ruhewellenlängen der Kalibrierlampe passen und wird daher im Folgenden unterlassen.



- Nun wird als *Element File* die umfassendere Sammlung *AllElements.dat* gewählt und davon Helium He. Eingrenzen oder Auswählen der Linien He I 4471.48, 5015.68, 5875.97, 6678.15.
- Und zum Abschluss das Element Eisen (Fe)
- Hinweis: Eine Entfernung eines einzelnen Eintrags ist in dieser Funktion nicht möglich. Das Editieren/Löschen/Hinzufügen kann später erfolgen, wenn die Beschriftung verfeinert wird (Labels).

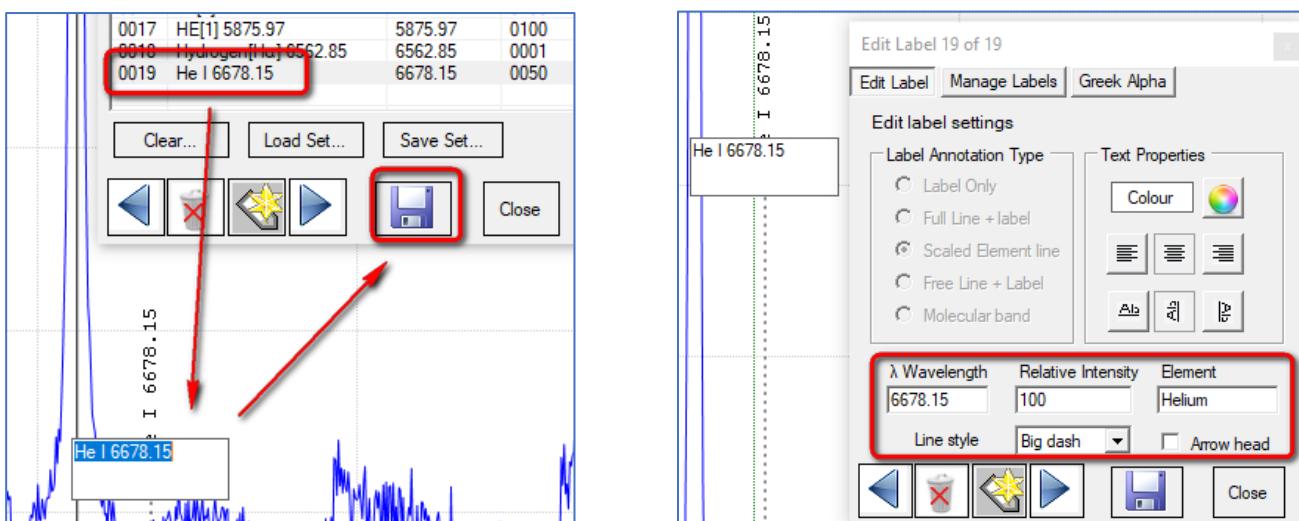
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

10.5 Beschriftung des normierten Spektrums

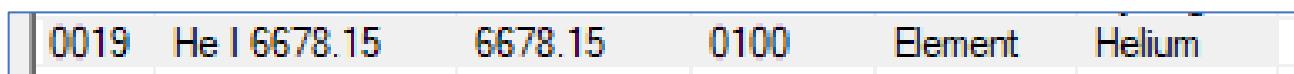


Beispiel zum Editieren der Einträge:

- Klicken auf Eintrag des Labels Num 0019 HE[1] 6678.15 und editieren zu He I 6678.15. bestimmt die vertikale Position des Labels



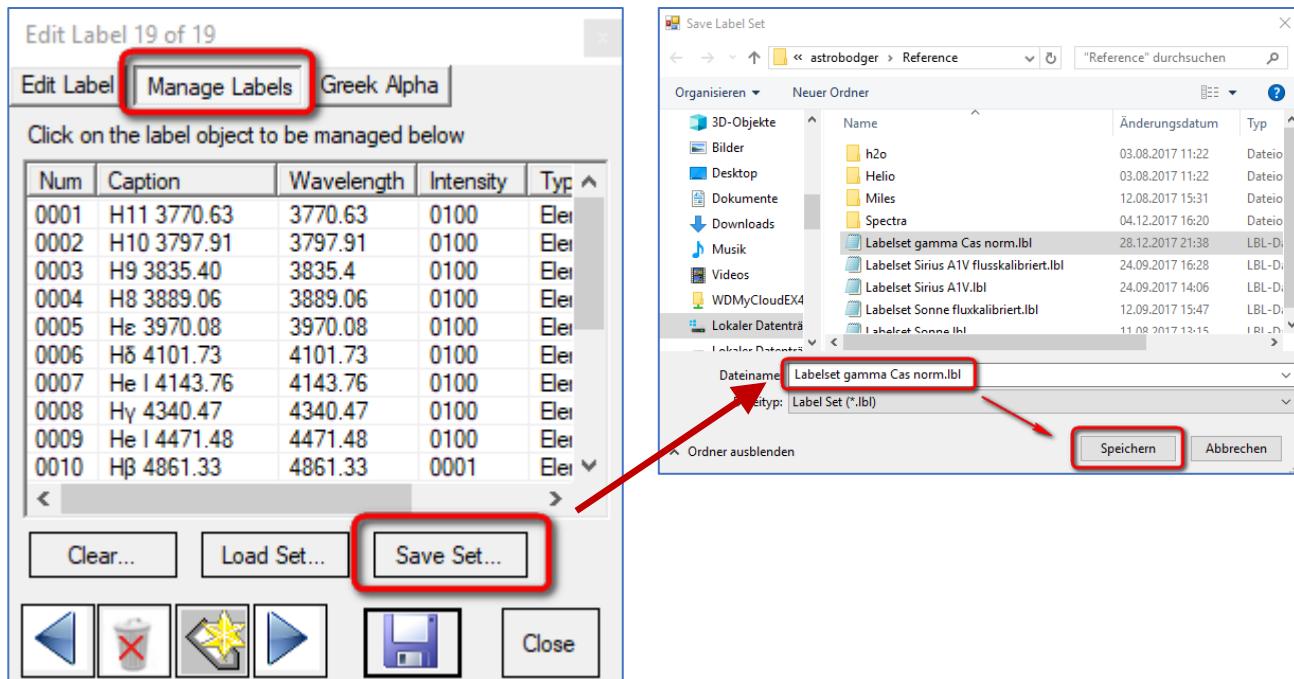
Die Zahl *Relative Intensity* gibt die rel. Höhe der Beschriftung an (-> ausprobieren).



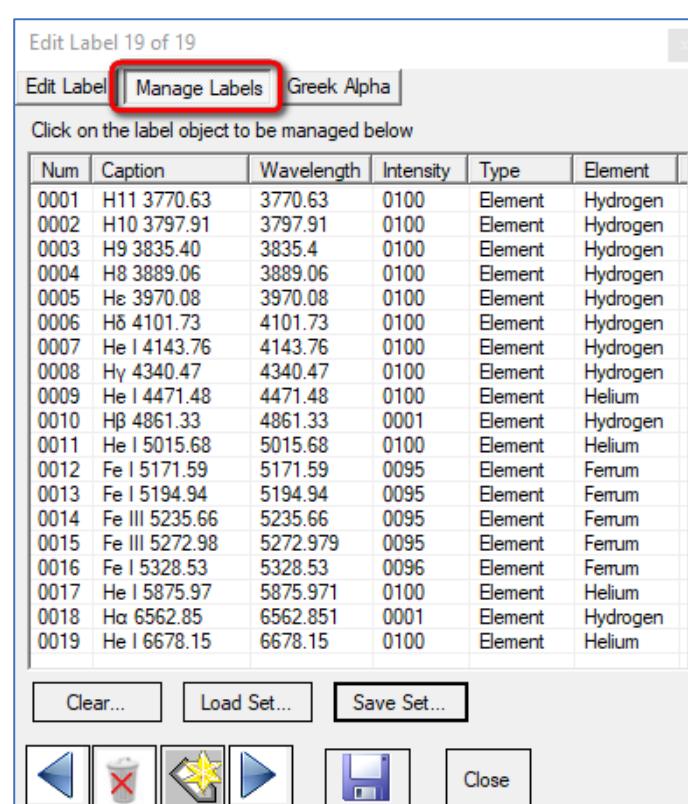
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

10.6 Labelset abspeichern

-  Label the chart -> Manage Labels -> Save Set
 → Labelset *gamma Cas norm.lbl* speichern



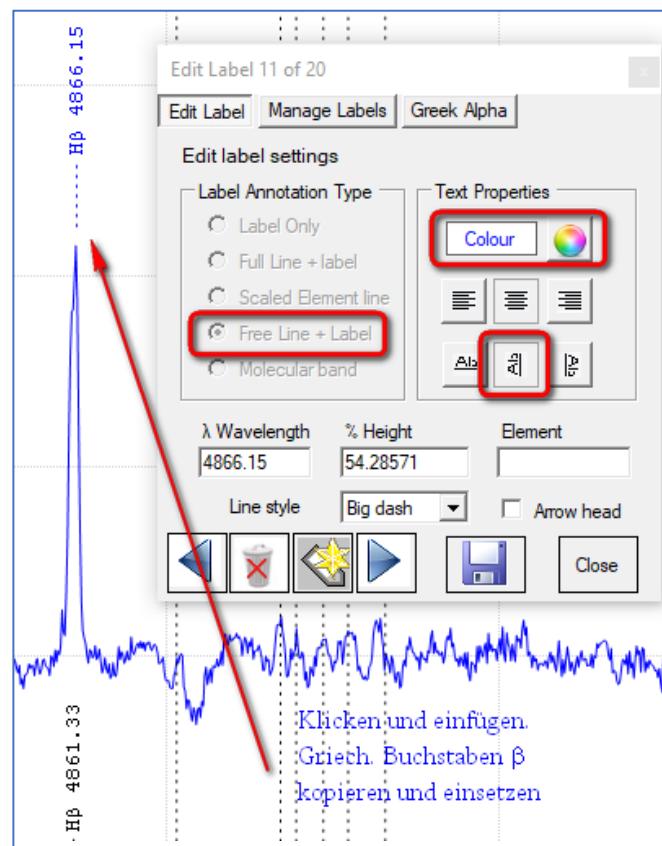
Das Labelset *gamma Cas norm* ist vom Autor in dieser Stufe mit 19 Linien bestückt worden. Das Set kann editiert und mit weiteren Einträgen ergänzt werden. Die Datei liegt als Text-Datei im Ordner *c:/astrododger/Reference*



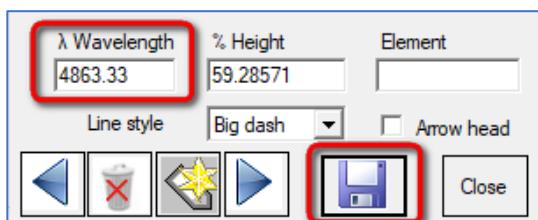
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Beispiel: Neues Label im Hochformat hinzufügen

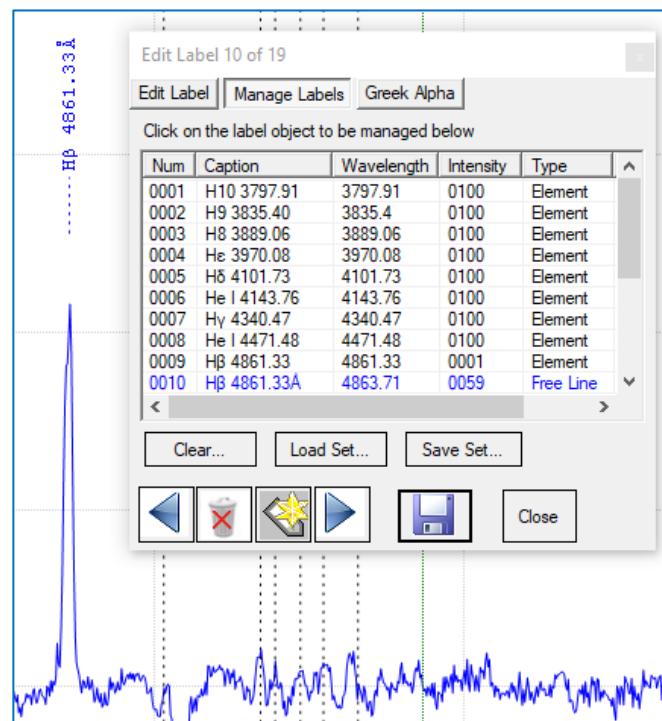
-  Farbe und Ausrichtung wählen



- Über der Spitze der H β -Linie klicken und Text editieren.
- Beispiel: H β 4861.33Å. Hinweis: Ein Ängstrom-Zeichen Å findet man unter „Linke ALT-Taste 0197“.
- Hinweis: λ Wavelength ist nur die Position der Beschriftung im Spektrum. Hat nichts mit der realen Wellenlänge zu tun.

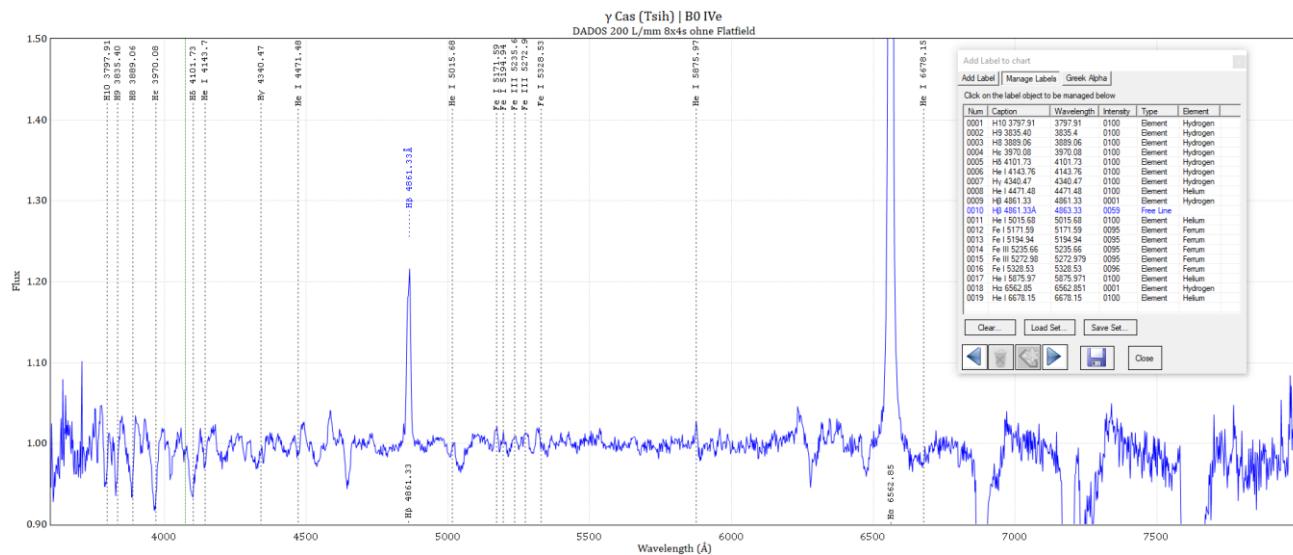


- Speichern.

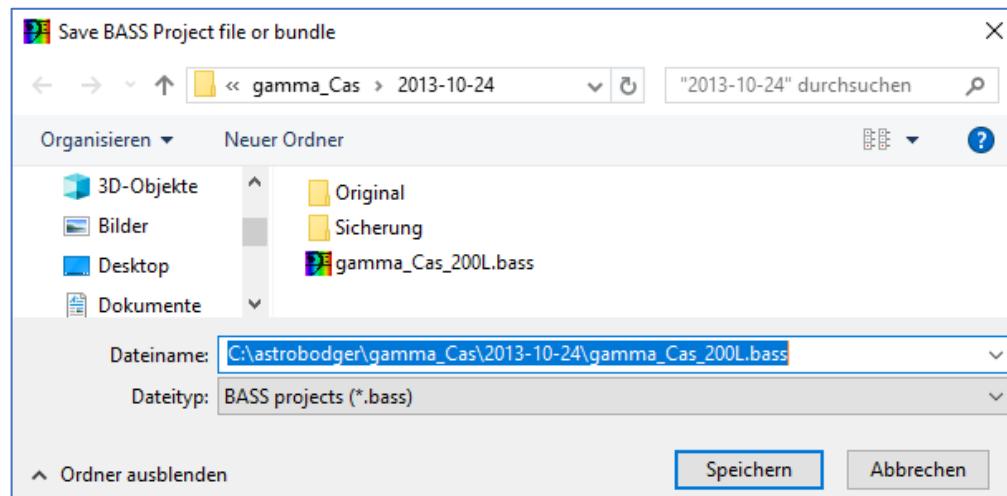


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

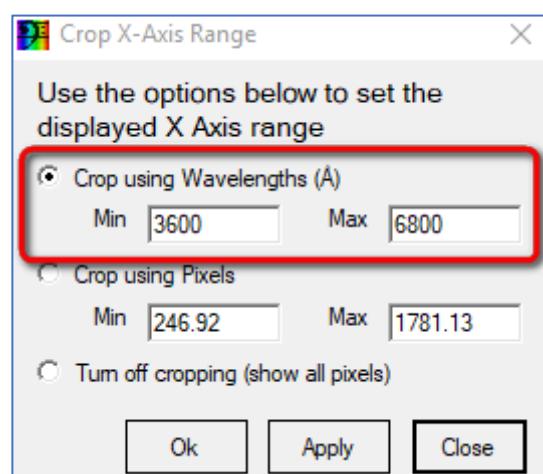
Ergebnis: Ein mit Labels beschriftetes Spektrum



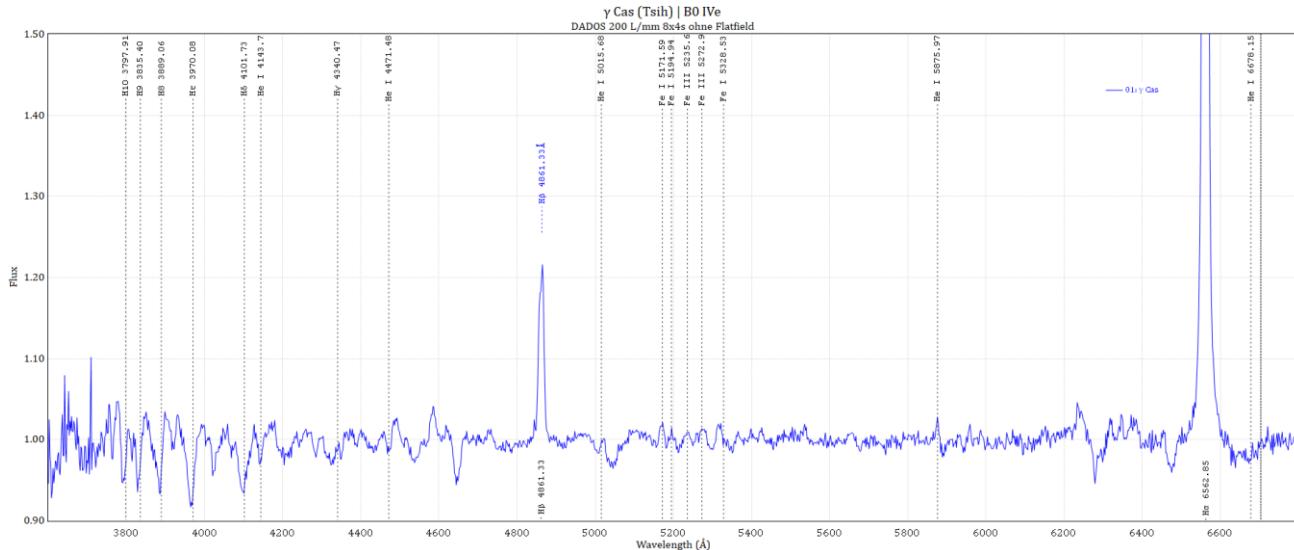
→ File -> Save Project File *gamma Cas 200L.bass*



→ Crop X-Axis Range 3600....6800



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)



10.7 Notizen erstellen, einblenden und Hintergrund gestalten

Die griechischen Buchstaben kopiert man zuerst aus dem Label-Menü





Chart Settings

Chart Colours X Axis Y Axis Fonts Advanced

Ranges	Notes
Legend	<input type="button" value="Default..."/>
Binning	<input type="button" value="Ok"/>
Elements	<input type="button" value="Apply"/>
<input type="button" value="Cancel"/>	

Spectrum of γ Cas (Tsih). The prominent α and Hydrogen β originate around γ Cas.

Right mouse click the chart to display or hide notes

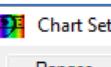
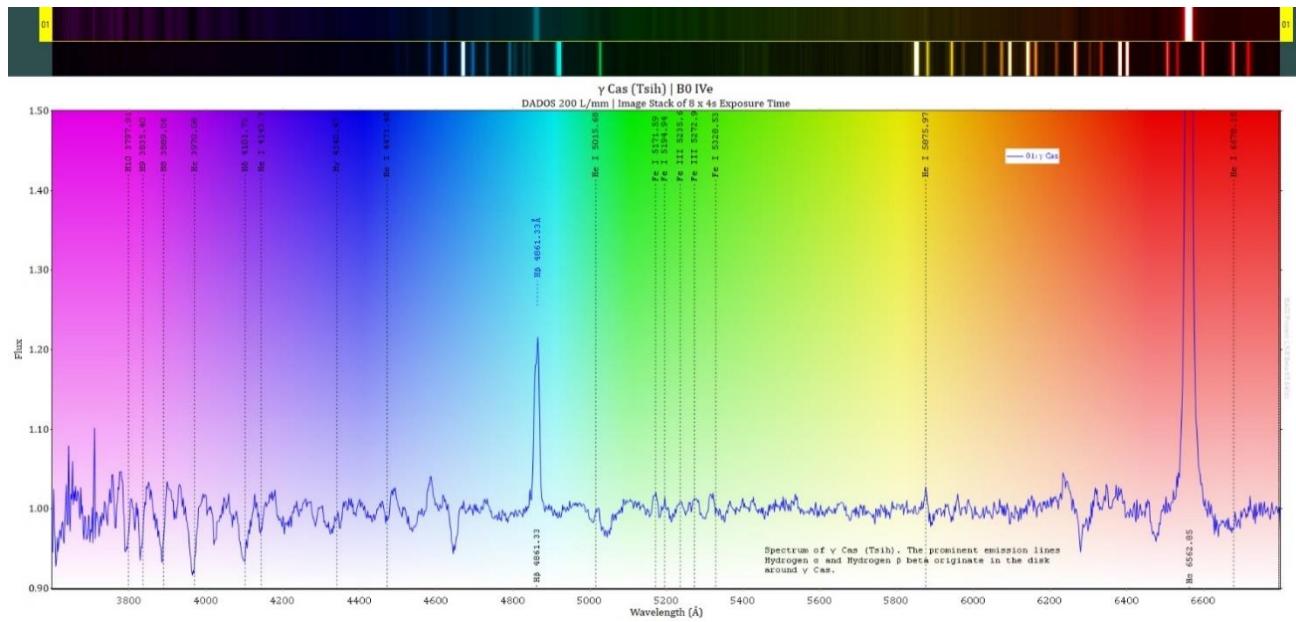


Chart Settings

Ranges Notes Legend Binning Elements

Background colour	<input type="color"/>
Border colour	<input type="color"/>
Text colour	<input type="color"/> Example text
Grid colour	<input type="color"/>
<input type="button" value="Default..."/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Wavelength Colour blend	
<input type="button" value="Ok"/>	
<input type="button" value="Apply"/>	
<input type="button" value="Cancel"/>	



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

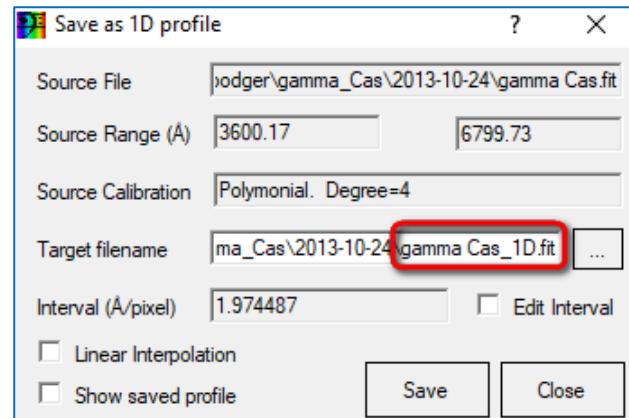
10.8 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips



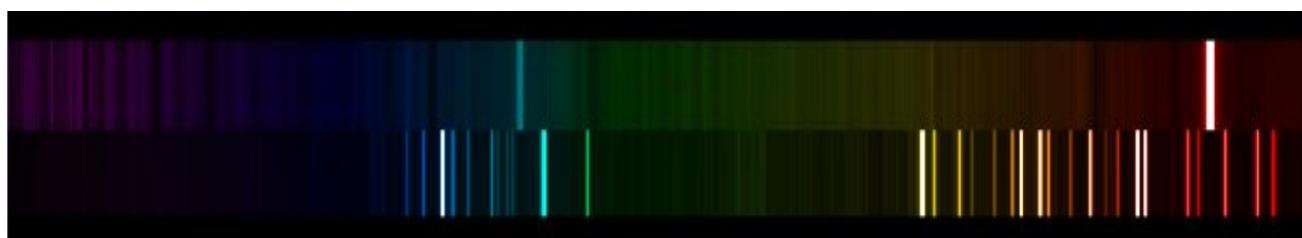
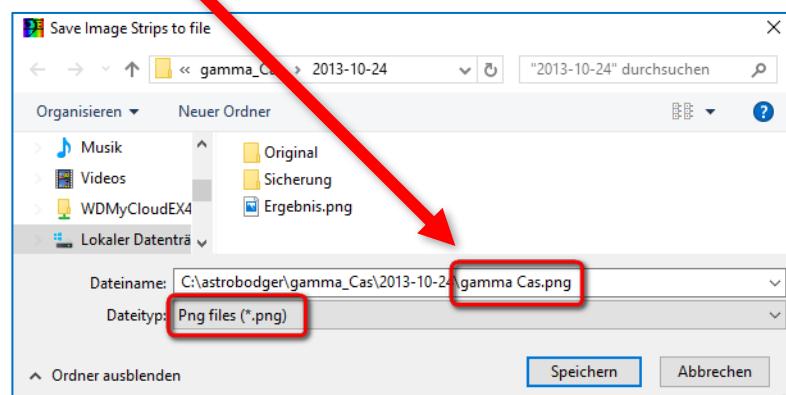
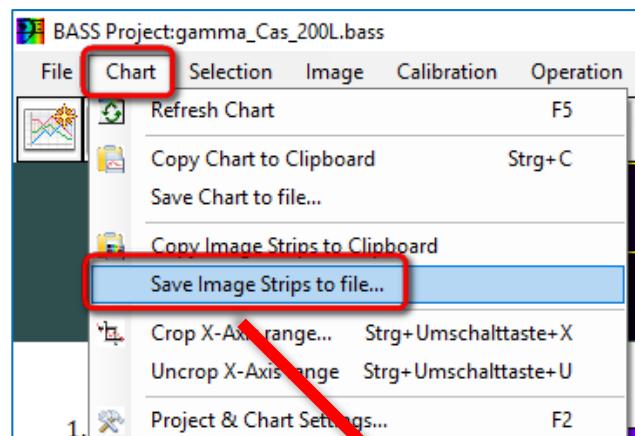
→ Speichern des Projekts mit allen Skalierungen und Beschriftungen: *gamma_Cas_200L.bass*



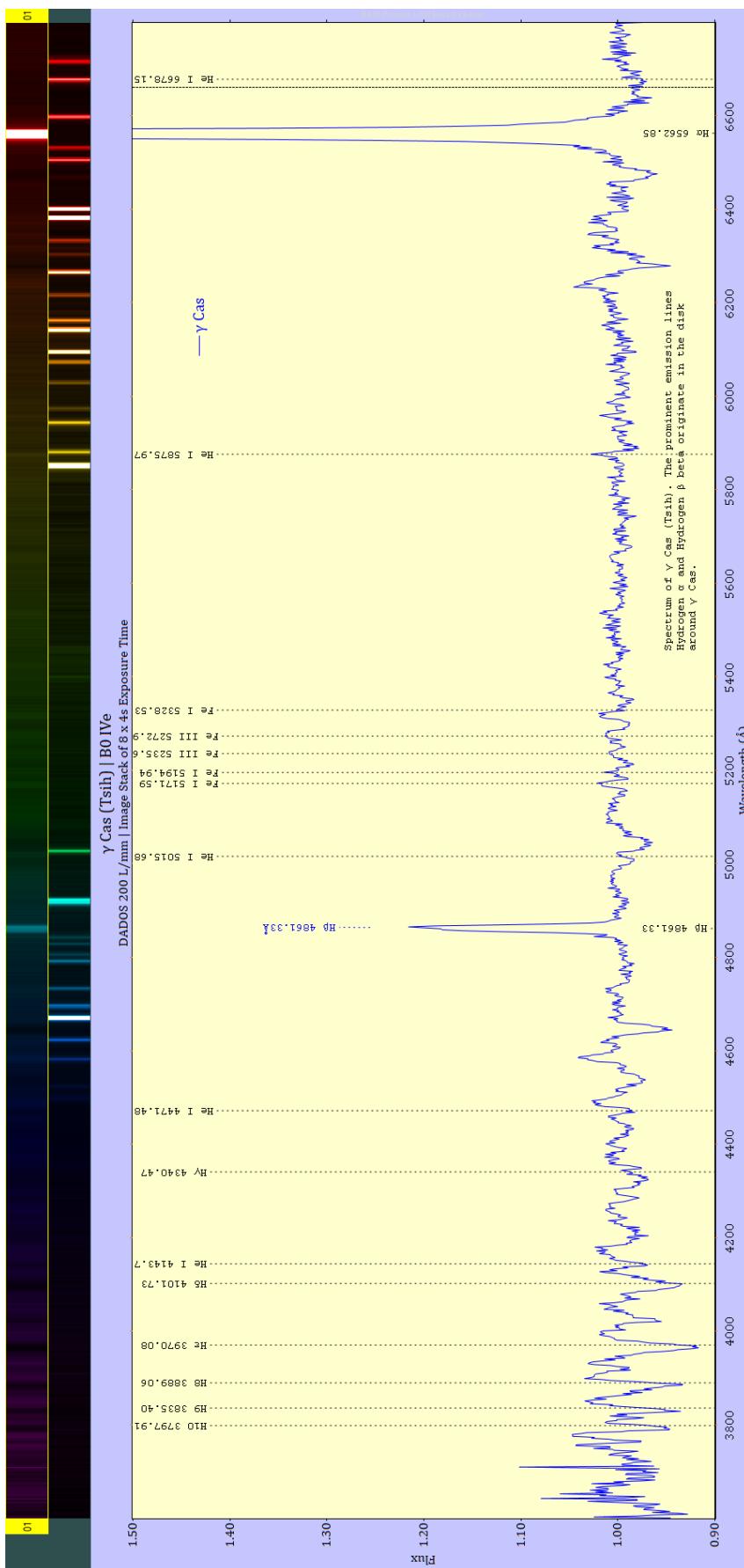
→ Speichern des Spektralprofils (_1D), um es bsp. in VisualSpec oder MIDAS zu verarbeiten: *gamma Cas_1D.fit*



→ Speichern des synthetischen Spektrums von gamma Cas und der Referenzlampe zusammen unter *gamma Cas.png*

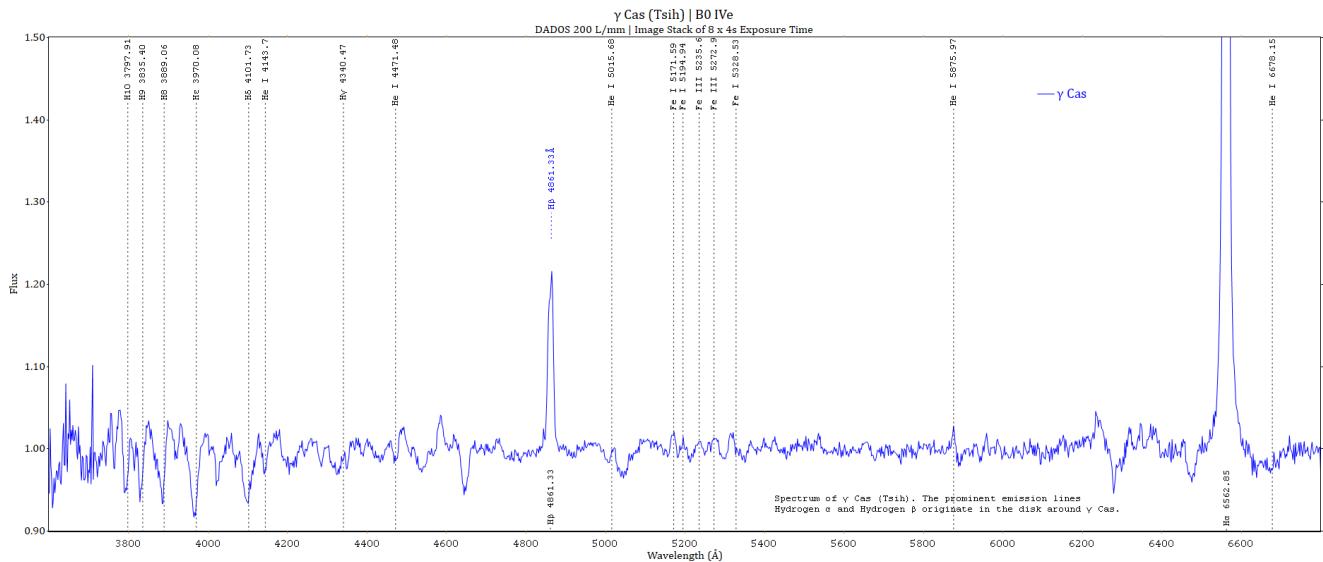
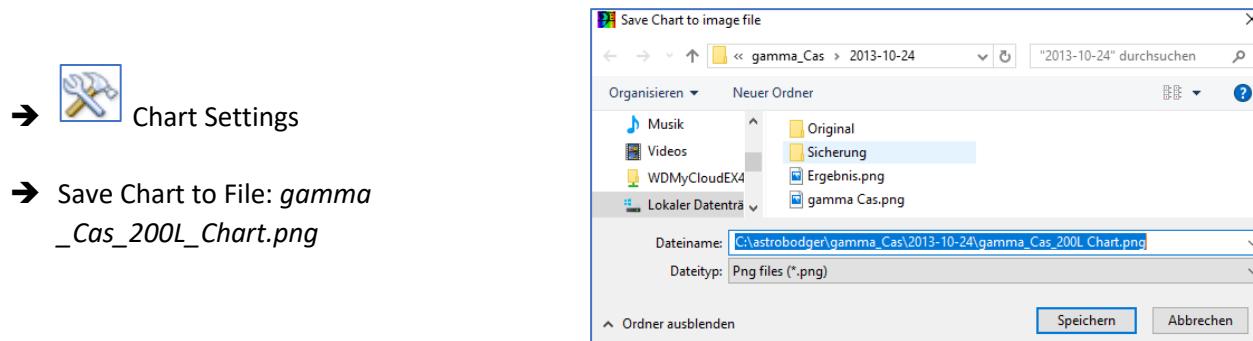


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)



◀ Chart Settings (Colours etc.)
◀ Screenshot

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)



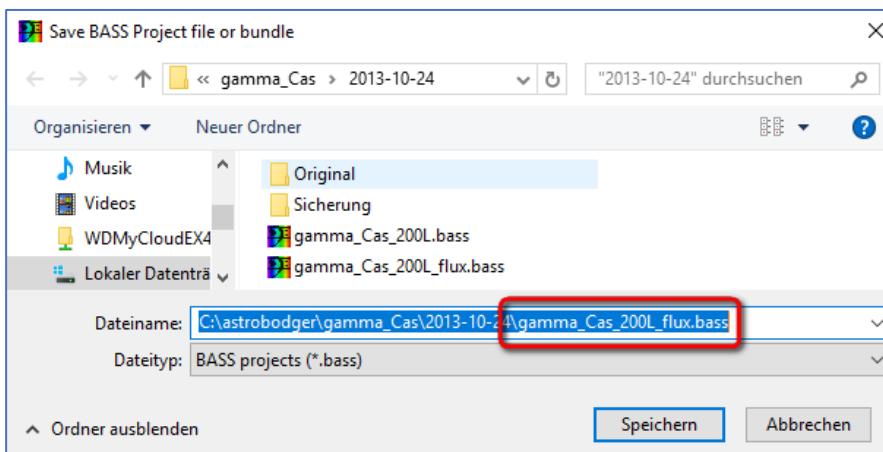
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVE) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11. Flusskalibrierung mit einem kalibrierten Referenzstern

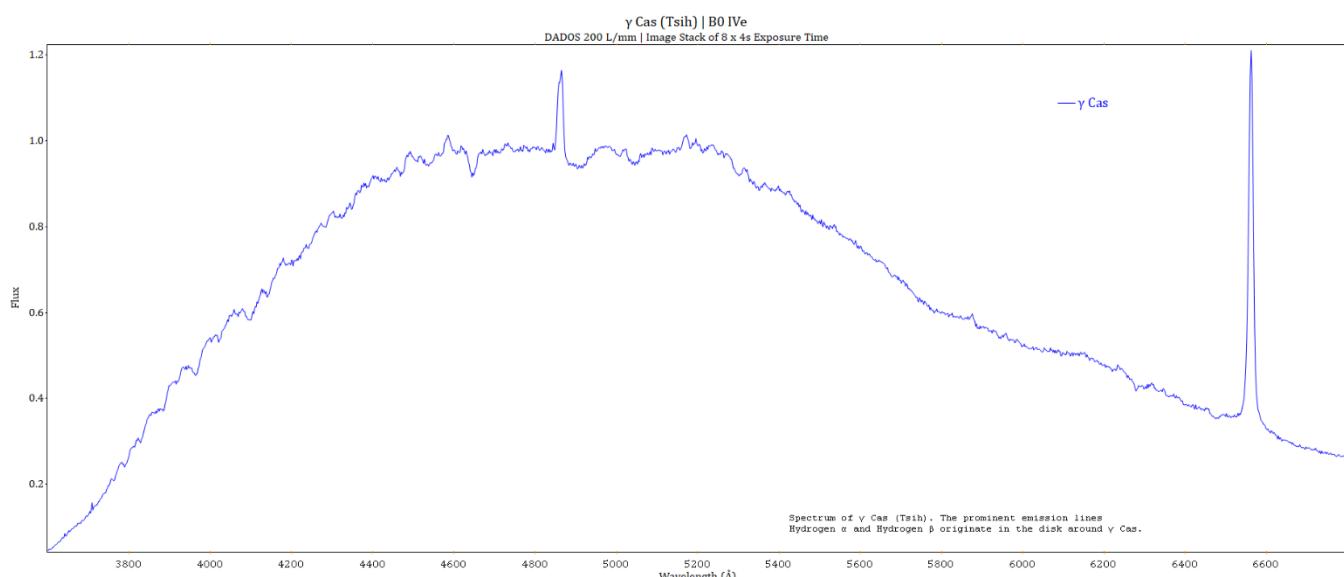
Unter dem Begriff der Flusskalibrierung versteht man eine Intensitätskalibrierung, die die relative Intensität bei der jeweiligen Wellenlänge korrekt wiedergibt. Relativ auf einen normierten Bereich bezogen, nicht in absoluten physikalischen Einheiten.

Mit etwas Erfahrung kann man die Flusskalibrierung parallel zur Normierung in einem Arbeitsblatt durchführen. Zur Sicherheit erstellen wir aber eine Kopie der bisherigen Arbeit und arbeiten mit dieser weiter.

- File -> Save Project or Bundle
- *gamma_Cas_200L_flux.bass* ist eine Kopie der bisherigen wellenlängenkalibrierten Datei.



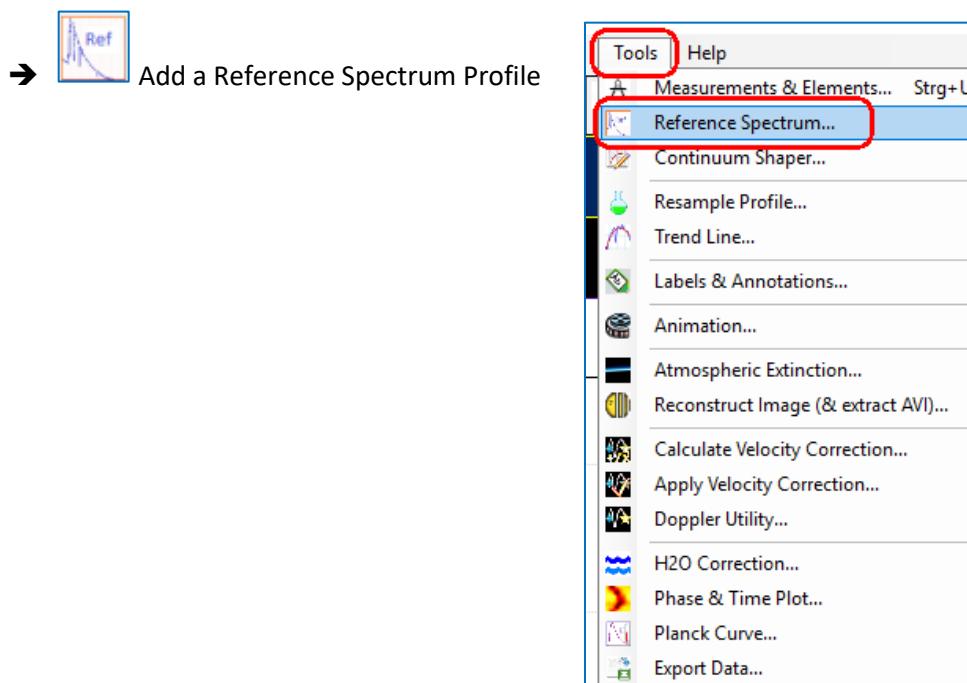
- Löschen der Labels: Manage Labels -> Clear
- Profile Properties: 01 γ Cas -> Automatic Scaling 100%
- Response: "No Response Correction"
- OK
- Save Project File *gamma_Cas_200L_flux.bass*
- Dies ist unsere Ausgangsdatei für die Flusskalibrierung



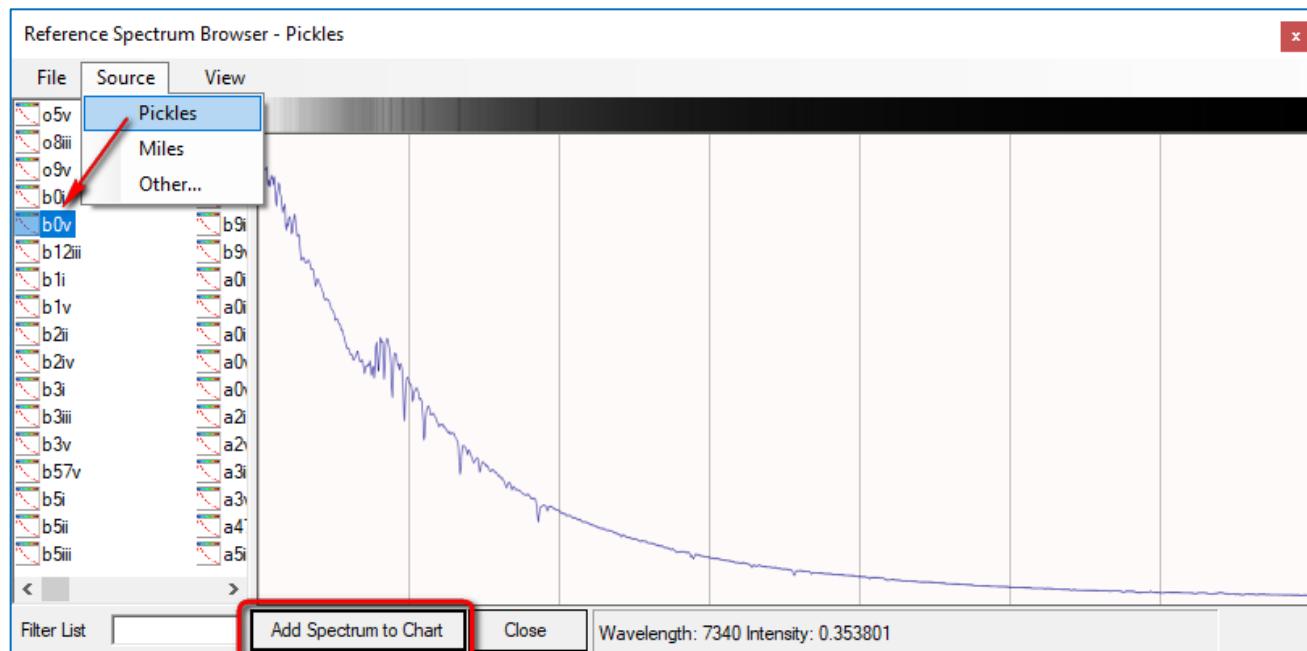
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11.1 Öffnen und dividieren eines flusskalibrierten Referenzspektrums

Um die Intensität absolut kalibrieren zu können, ziehen wir ein bereits flusskalibriertes Spektrum eines Sterns heran. Aber nicht ein beliebiges, sondern eines von einem Stern (nahezu) **dieselben Spektraltyps** wie γ Cas (B0 IV).



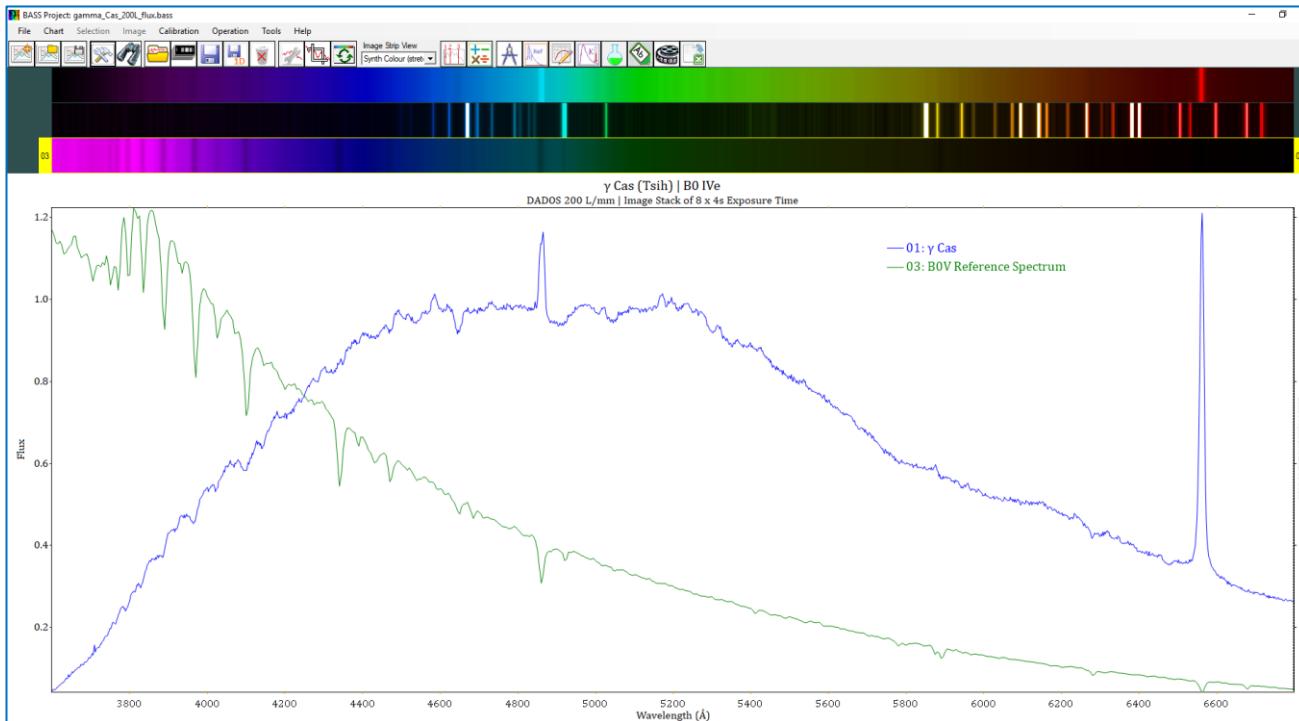
→ **Pickles-Datenbank.** Wähle a0v. (Es gibt hier kein A0 IV-Spektrum!). Wir nehmen es dennoch, weil es weiter in den IR-Bereich reicht als das Spektrum aus der MILES-Datenbank.



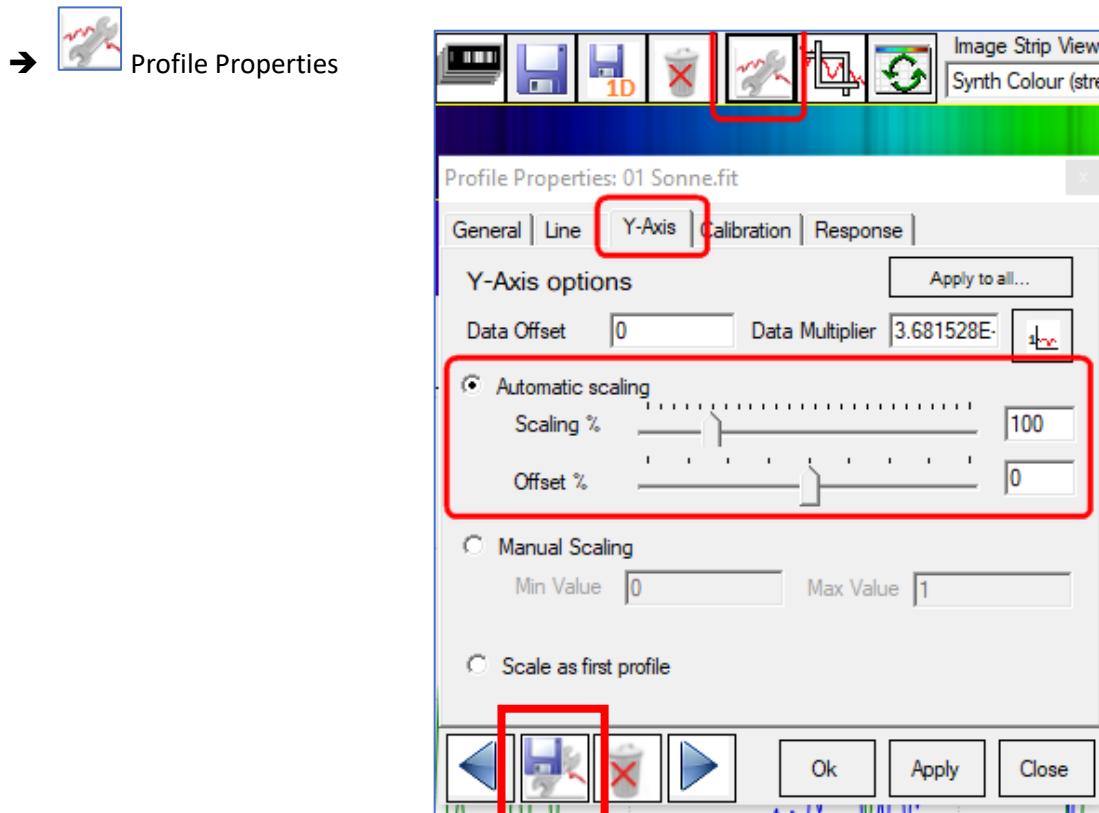
- Add Spectrum to Chart
- Close

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Das hier grün dargestellte Spektrum #03 B0 V Reference Spectrum ist ein vollständig flusskalibriertes Spektrum aus der PICKLES-Datenbank, aus dem die auf Absorption in der Erdatmosphäre beruhenden tellurischen Linien/Banden des Sauerstoffs und Wasserdampfs bereits entfernt worden sind. Das Strahlungsmaximum des Referenzsterns liegt weit vor 3600Å im UV-Bereich.



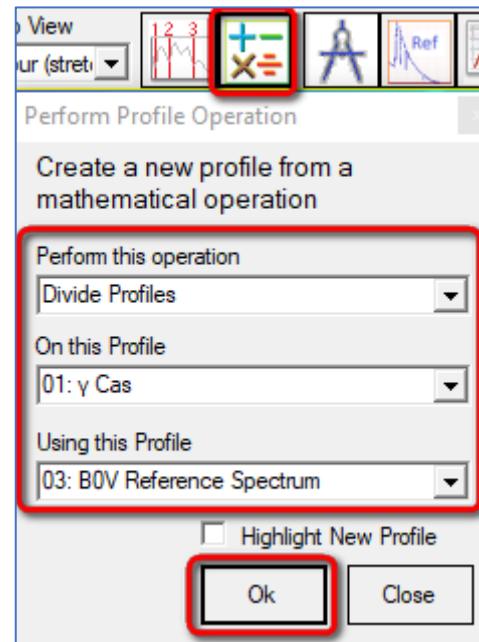
Falls die Spektren nicht gut sichtbar dargestellt werden, bitte die Skalierung der Y-Achse (Intensität) überprüfen.



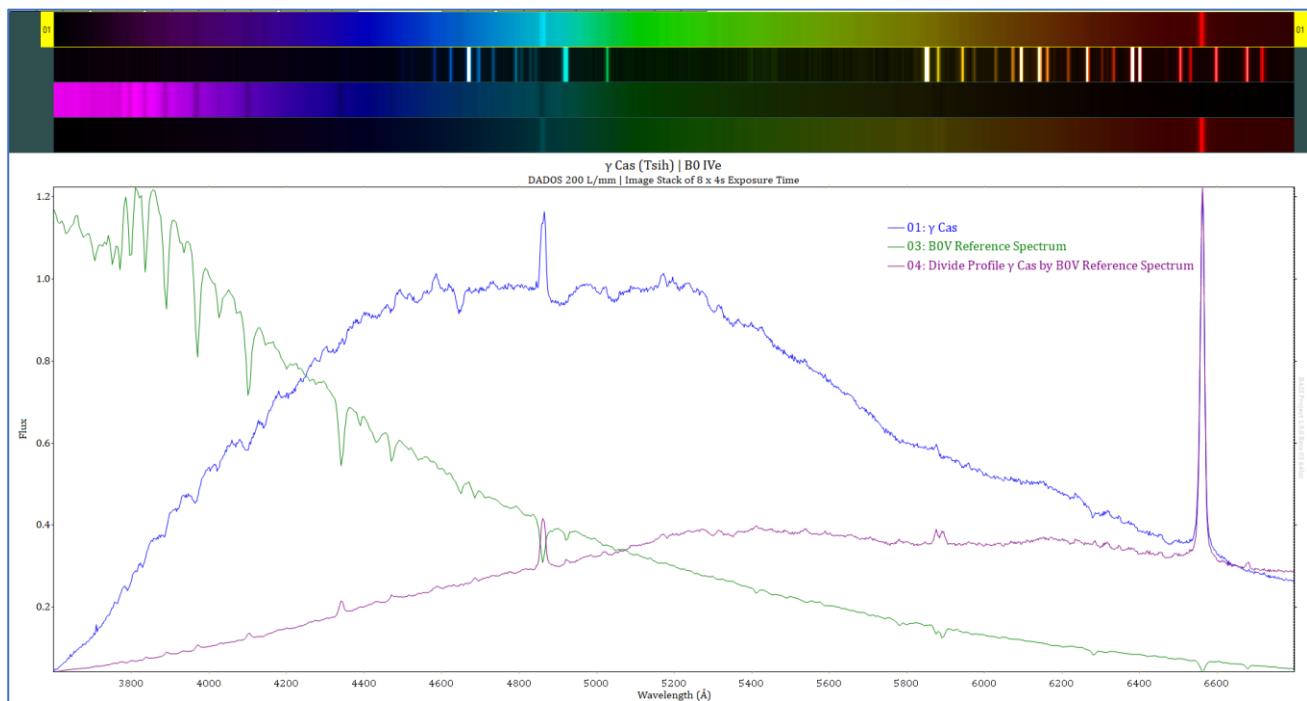
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Zur Ermittlung des Pseudokontinuums („Response“) werden beide Spektren nun durcheinander dividiert:

- Perform this operation: *Divide Profiles*
On this Profile: *01: γ Cas*
Using this profile: *03 B0V Reference Spectrum*
- Ok



Divisionsergebnis: *04 Divide Profile g Cas by B0 V Reference Spectrum*



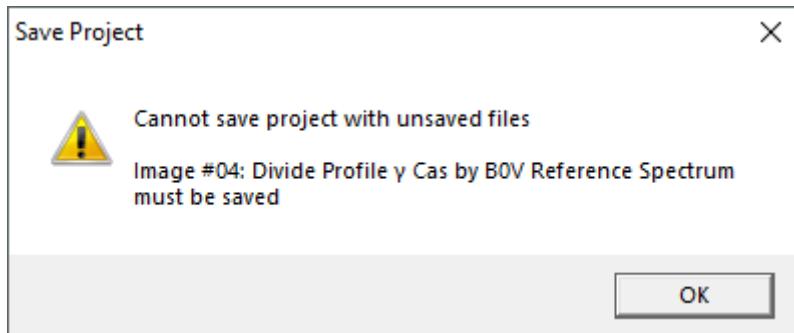
04 Divide Profile g Cas by B0 V Reference Spectrum muss das Aktive sein:



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

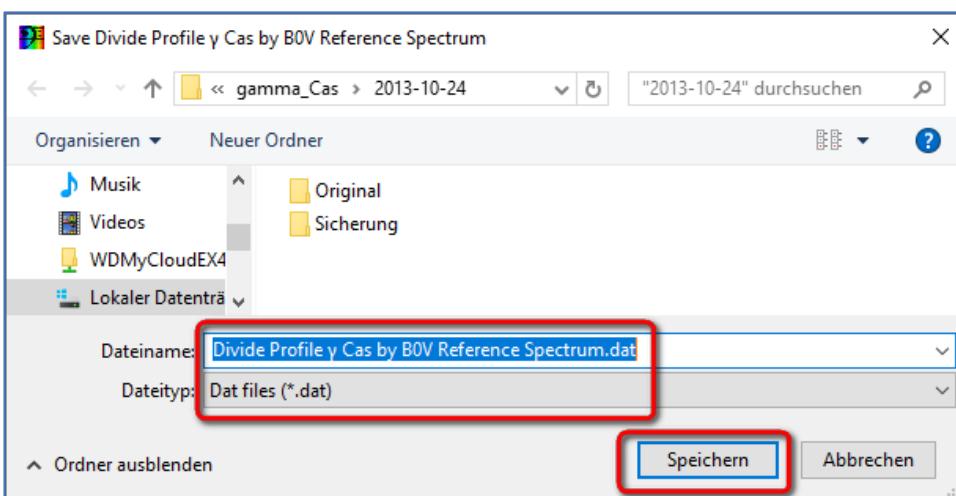
Nun wird das Divisionsergebnis #04 geglättet mit einem Polynom, welches nur den Kontinuumsverlauf nachzeichnet.

Falls im Folgenden dazu aufgefordert, wird das Spektrum gespeichert:



→ Ok

→ Save Divide Profile γ Cas by B0V Reference Spectrum

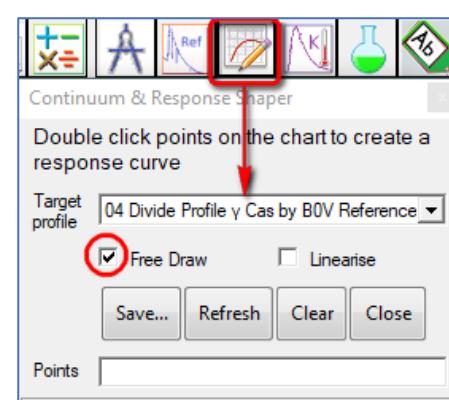


→ Speichern

→ Save Project File

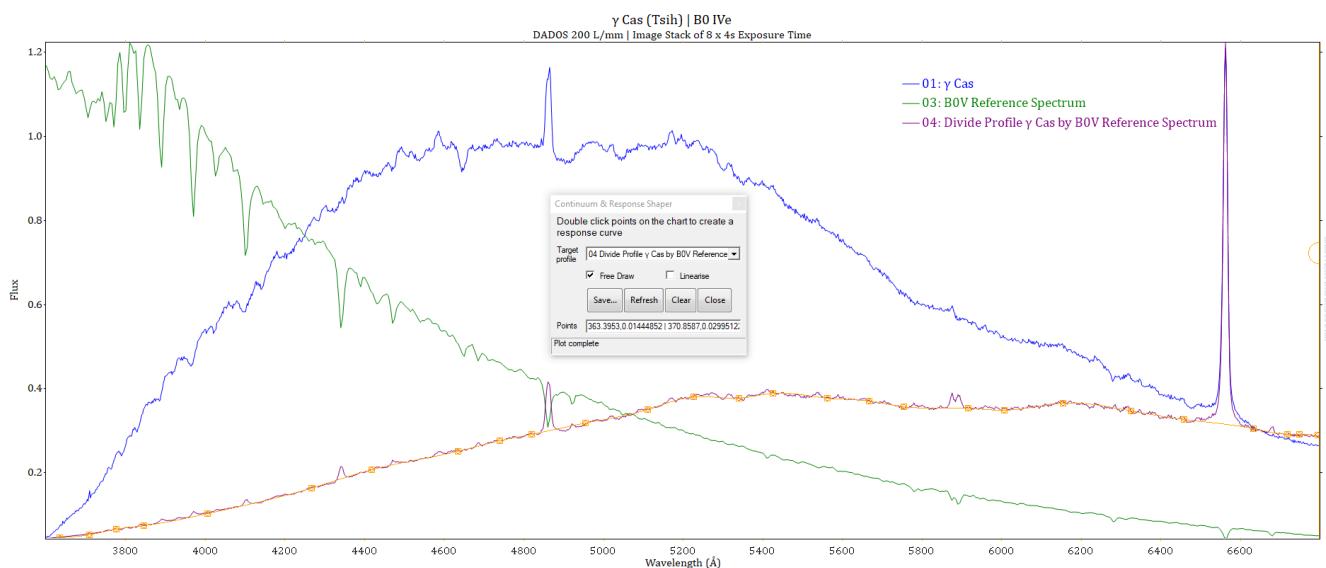
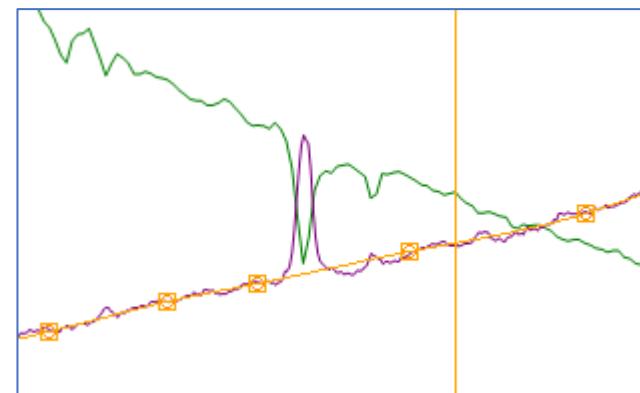
Nun erfolgt die Glättung von *04 Divide Profile g Cas by B0 V Reference Spectrum*

- Continuum & Response Shaper
- Target Profile: *04 Divide Profile g Cas by B0 V Reference Spectrum*
- Free Draw

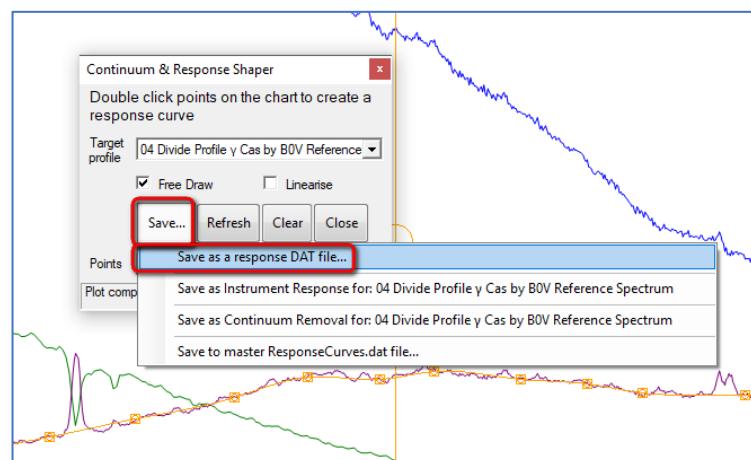


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

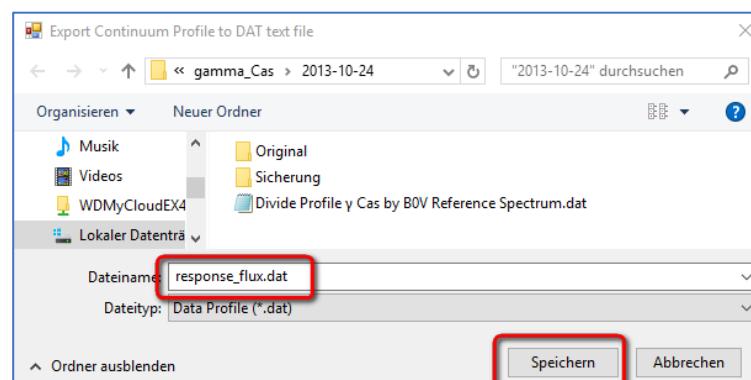
- Punkte setzen entlang des Kontinuums des Spektrums **04 Divide Profile γ Cas by B0 V Reference Spectrum**. Das berechnete Polynom mit den gesetzten Stützstellen ist hier in der Farbe **Orange** sichtbar.
- Löschen von Punkten mit Doppelklick auf das Mausrad



- Save
- Save as response DAT file ...
- **response_flux.dat**
- close



Die Datei **response_flux.dat** ist das geglättete Divisionsergebnis und stellt nun eine Korrektur dar, die wir auf das Spektrum von γ Cas anwenden müssen:

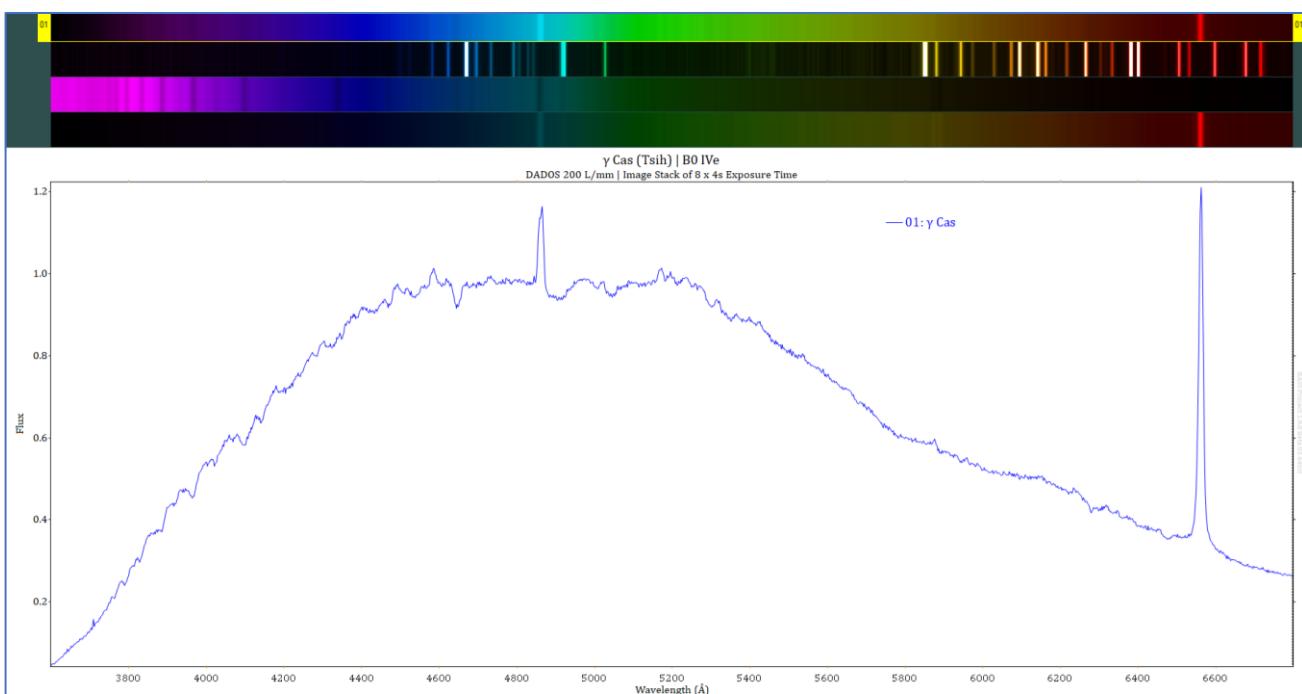
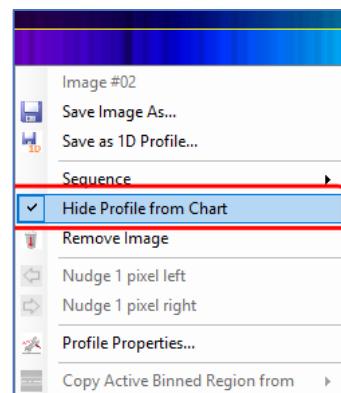


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

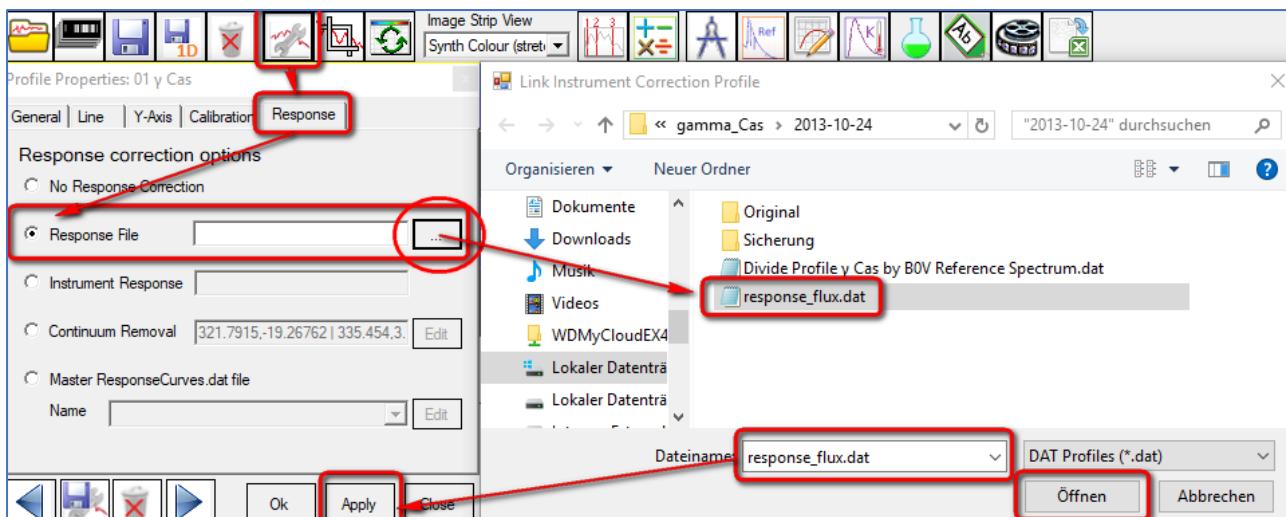
11.2 Flusskalibrierung mit *response_flux.dat*

Bildschirm aufräumen: Spektren mit Hide Profile from Chart:

- Nr. 2 ausblenden: *Hide Profile from Chart*
- Nr. 3 ausblenden: *Hide Profile from Chart*
- Nr. 4 ausblenden: *Hide Profile from Chart*
- Nr. 1 muss aktiv sein

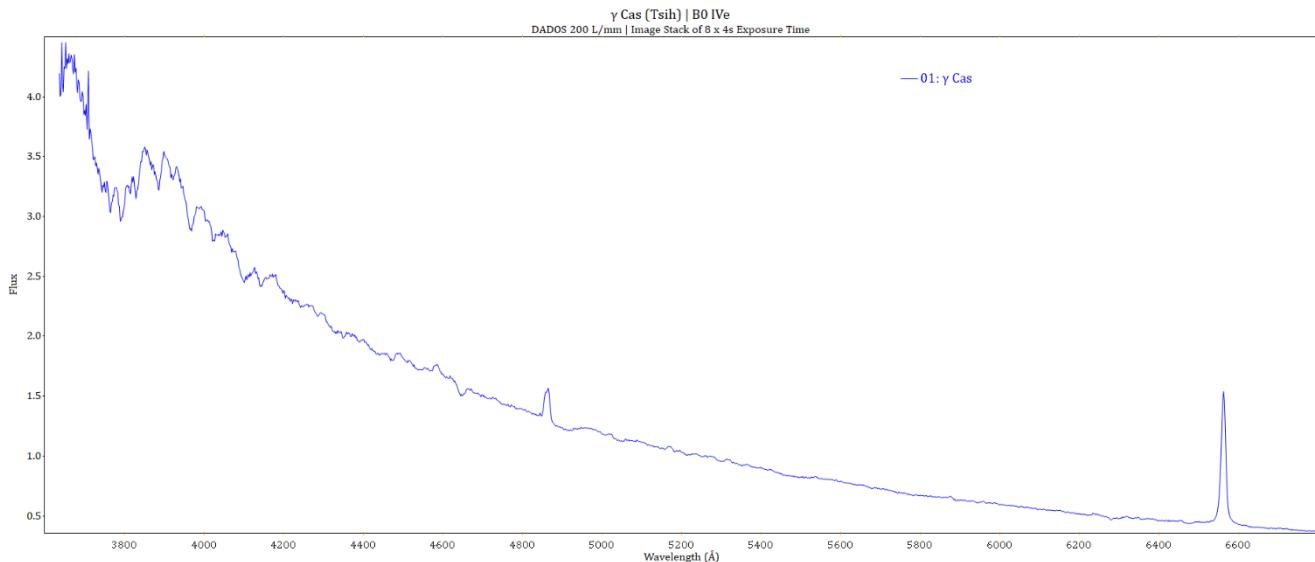


- Profile Properties: *01: gamma Cas*
- Response -> Response File: *response_flux.dat* öffnen
- Apply



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Ergebnis: Das eigene flusskalibrierte γ Cas Spektrum



Profile properties: 01: γ Cas

Man kann nun hin- und herschalten zwischen:

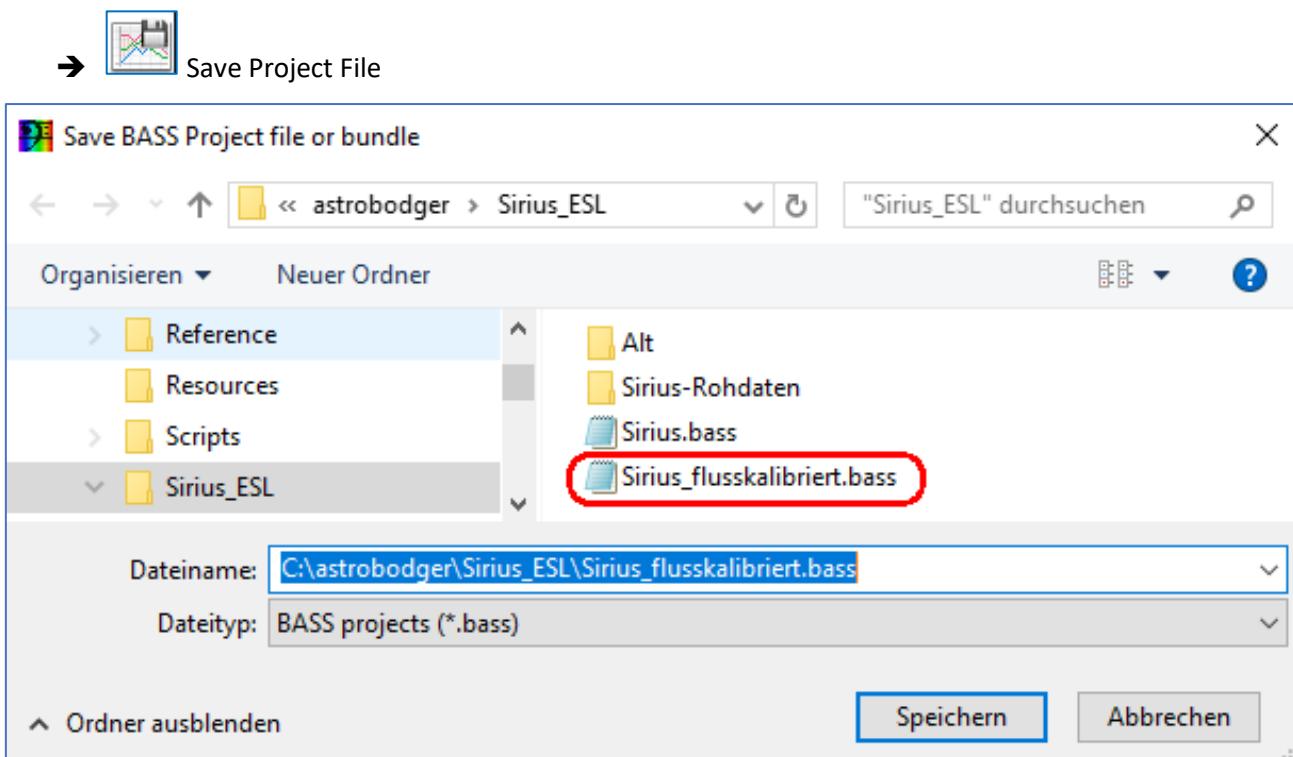
- No Response Correction (unkalibriertes Spektrum)
- Response File (flusskalibriert, Flux)
- Continuum Removal (Normierung)
- Speichere Spektrum mit Response File

Ohne Korrektur der Intensität
Flusskalibrierung

Normierung auf "1"

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11.3 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips



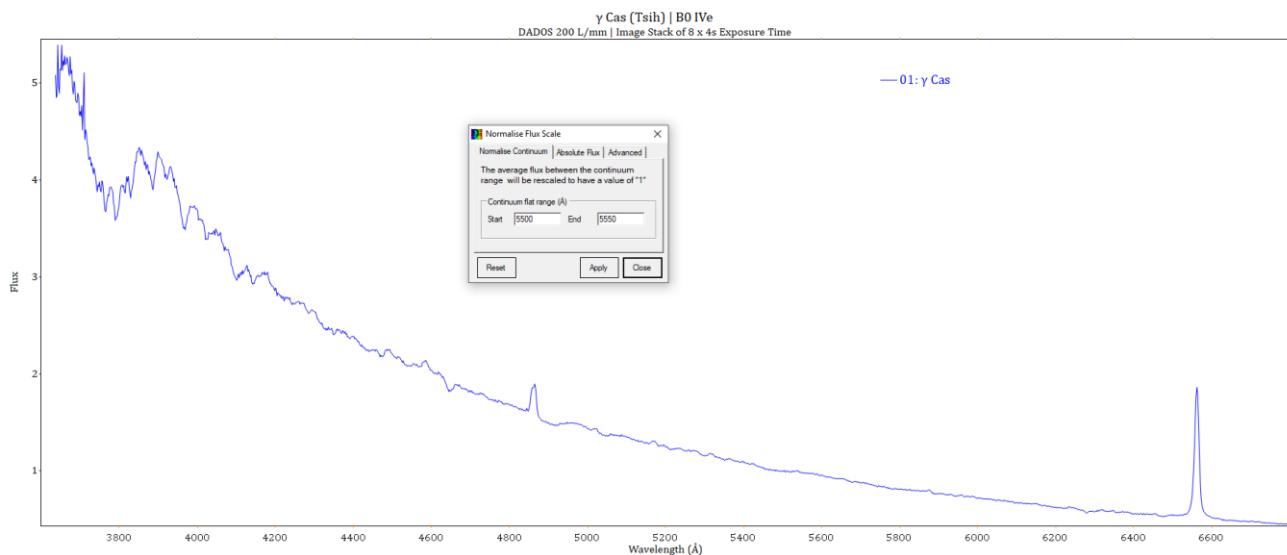
Hinweis: Falls eine andere Speicheraufforderung kommt, bitte zunächst mit **Diskettensymbol** speichern.

Normierung des Spektrums im Bereich 5500Å bis 5550Å

The screenshot shows the BeSS software interface. The 'Image' menu is highlighted with a red box. A secondary window titled 'Normalise Flux Scale' is open, showing the 'Normalise Continuum' tab selected. The 'Continuum flat range (Å)' section has 'Start' set to 5500 and 'End' set to 5550, which are also highlighted with a red box. Buttons for 'Reset', 'Apply', and 'Close' are visible at the bottom of the dialog box.

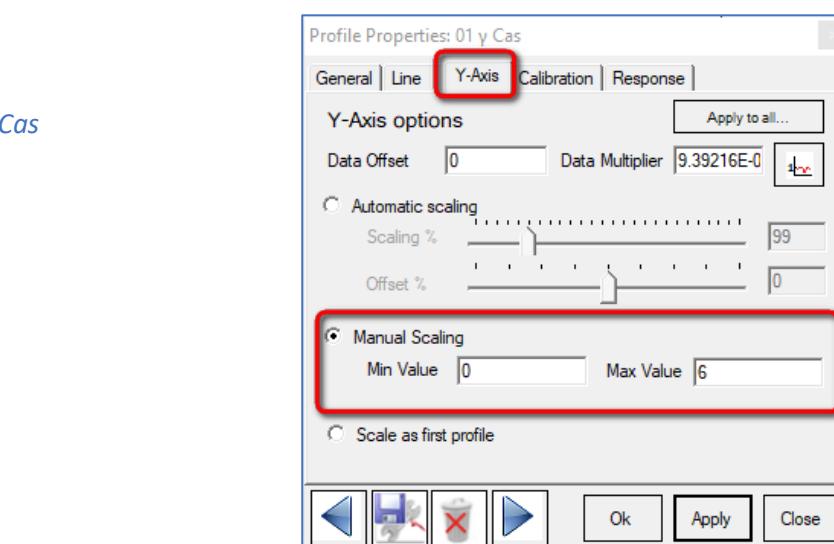
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

→ Ergebnis: Flusskalibriertes Spektrum von $01: \gamma$ Cas

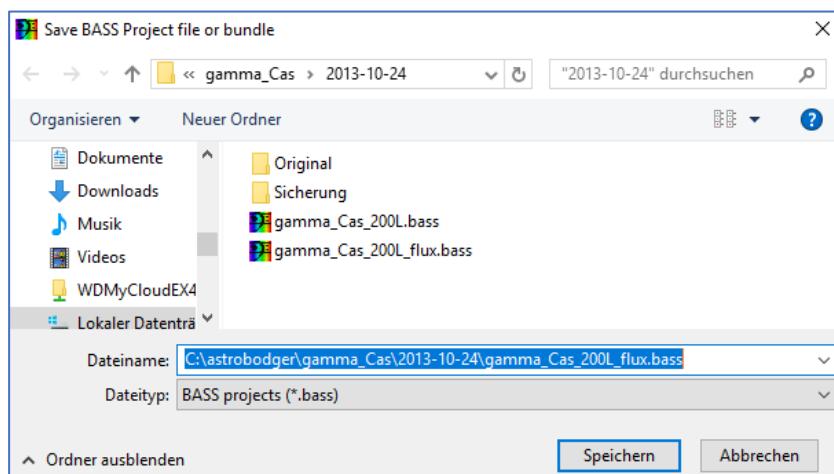


Skalierung der Y-Achse von 0 bis 6:

- Profile Properties $01: \gamma$ Cas
- Y-Axis
- Manual Scaling 0 bis 6
- Apply
- Ok



→ Speichern:

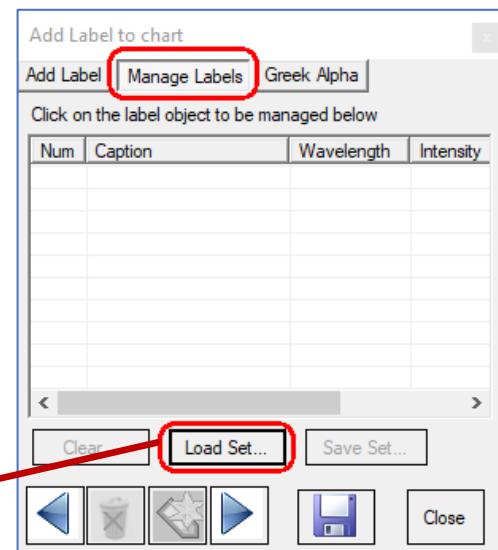
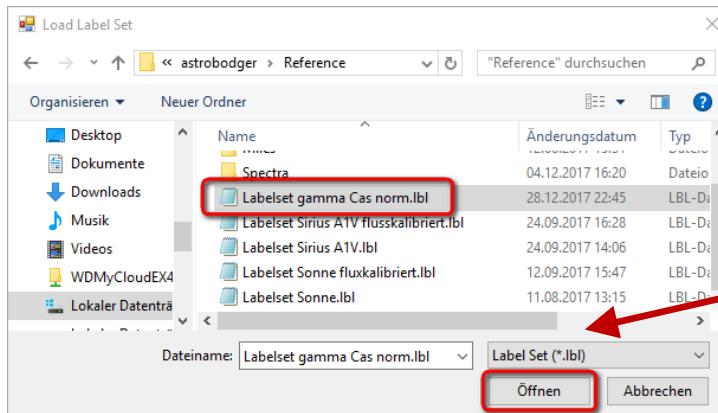


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11.4 Beschriftung des flusskalibrierten Spektrums

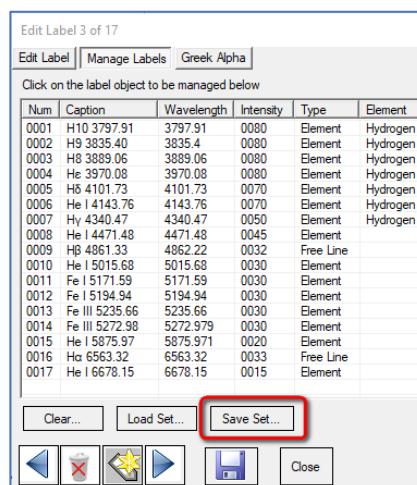
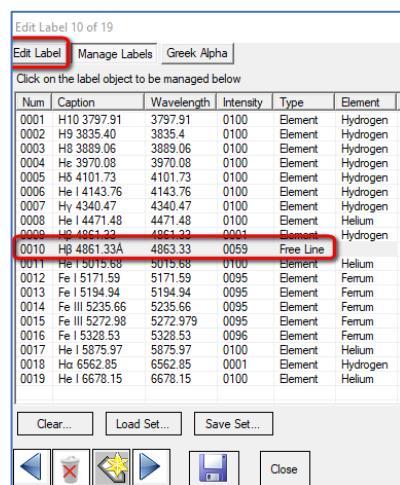
→ Add Label to chart -> Manage Labels -> Load Set

→ Labelset *gamma Cas norm.lbl* öffnen

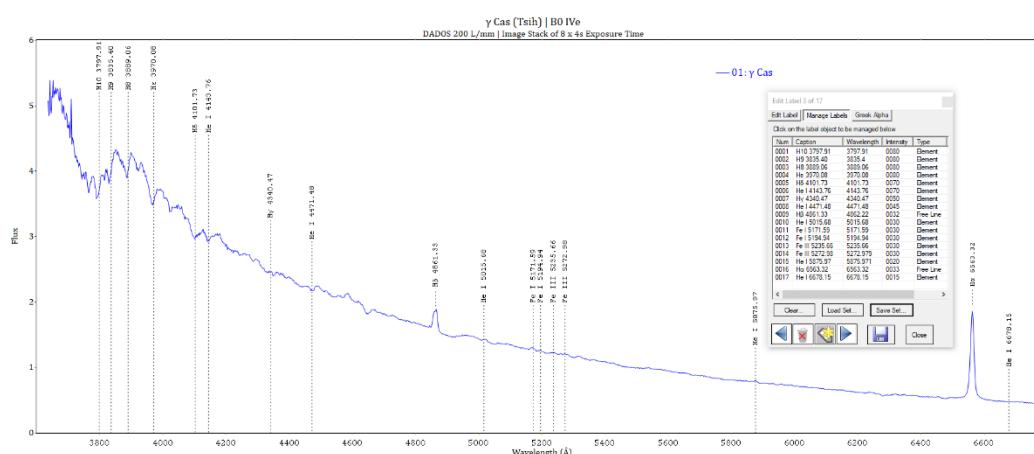
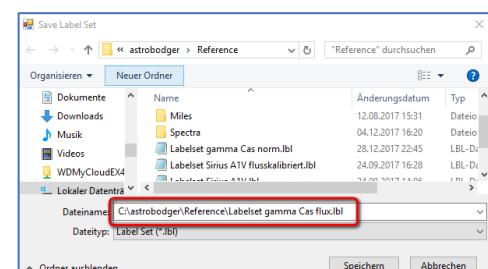


Das vorhandene Labelset war ausgerichtet auf das zuvor normierte Spektrum. Wir richten es neu aus und speichern es als neues Labelset für das flusskalibrierte Spektrum.

Einträge in diesem Labelset sind editierbar! Man kann weitere Einträge vornehmen.



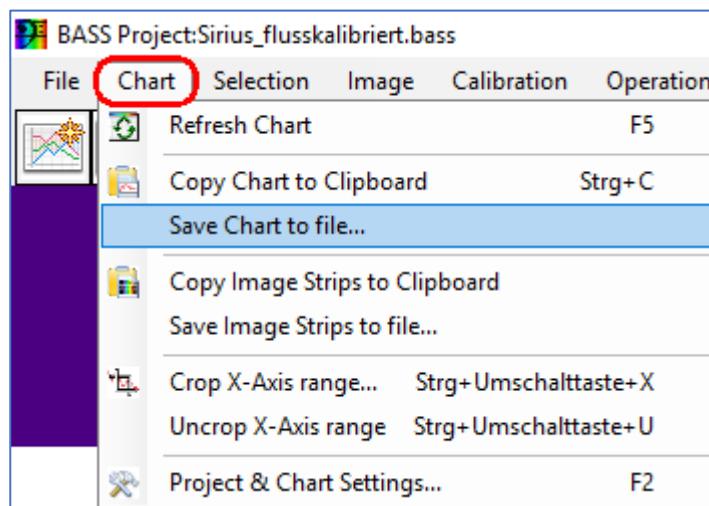
→ Save Set
→ Labelset *gamma Cas flux.lbl*



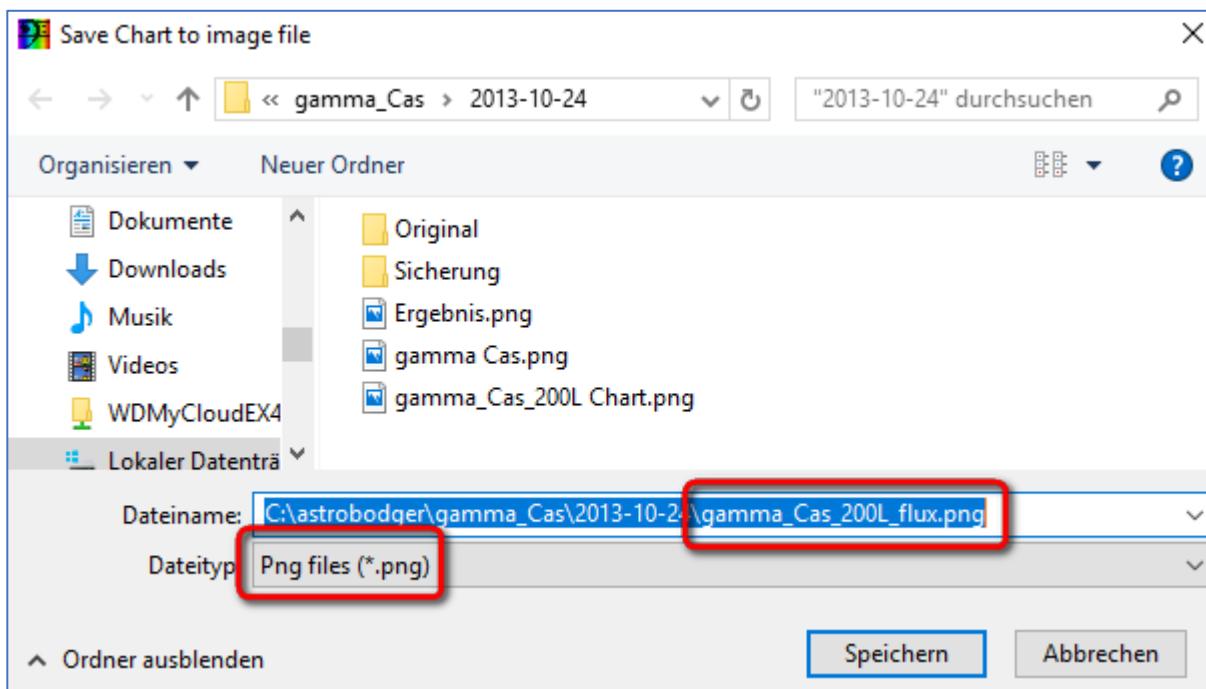
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11.5 Abspeichern des beschrifteten Spektrums

- ➔ Chart
- ➔ Save Chart to file

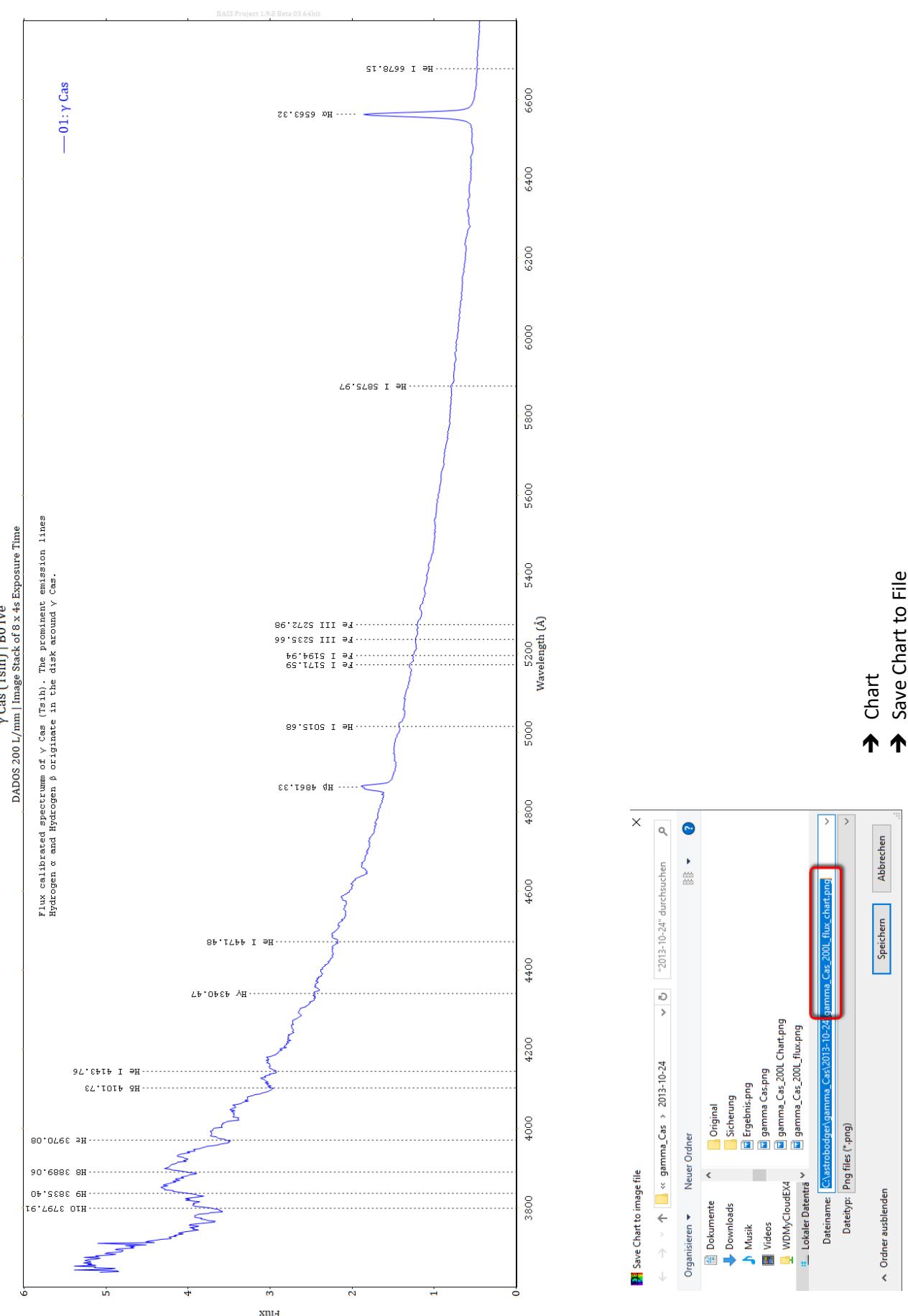


Vorsicht: Dateiendung **png** oder **jpg**, ABER NICHT **bass**



- ➔ Rechte Maustaste: Show Notes here (an gewünschte Stelle setzen) und editieren.

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)



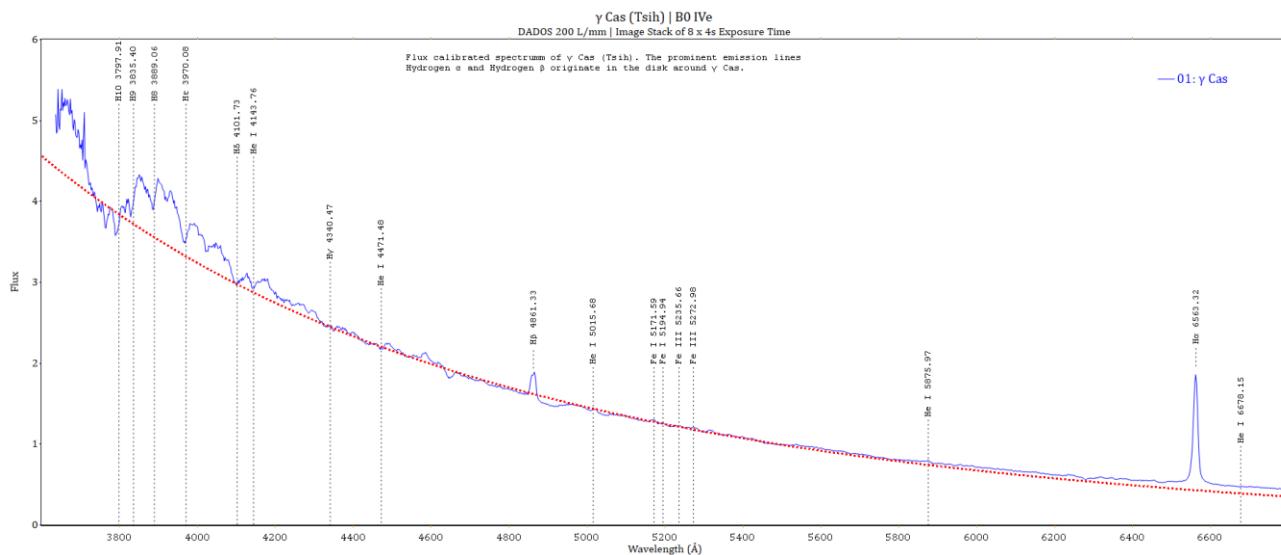
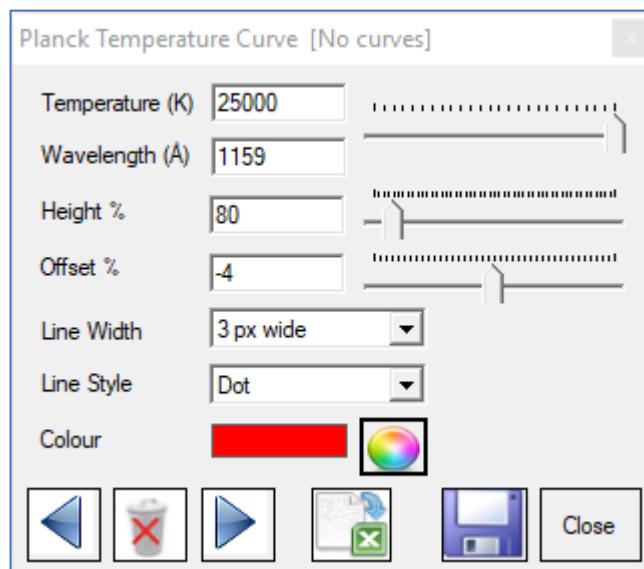
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

11.6 Anpassung einer Planckschen Strahlungskurve

γ Cas hat eine Oberflächentemperatur von ca. 25.000K⁴

→  Add a Planck temperature curve

Wellenlänge des Strahlungsmaximums und Effektivtemperatur bestimmen die Lage des Strahlungsmaximums gemäß dem Wienschen Verschiebungsgesetz. „Height“ und „Offset“ sind willkürliche Parameter für die relative Anpassung, die aber niemals optimal gelingen kann: Sterne sind keine perfekten Schwarzen Strahler.



⁴ <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2003/35/aa3846.pdf>

Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

12. Übertragung des Projekts an einem anderen Ort („Bundles“)

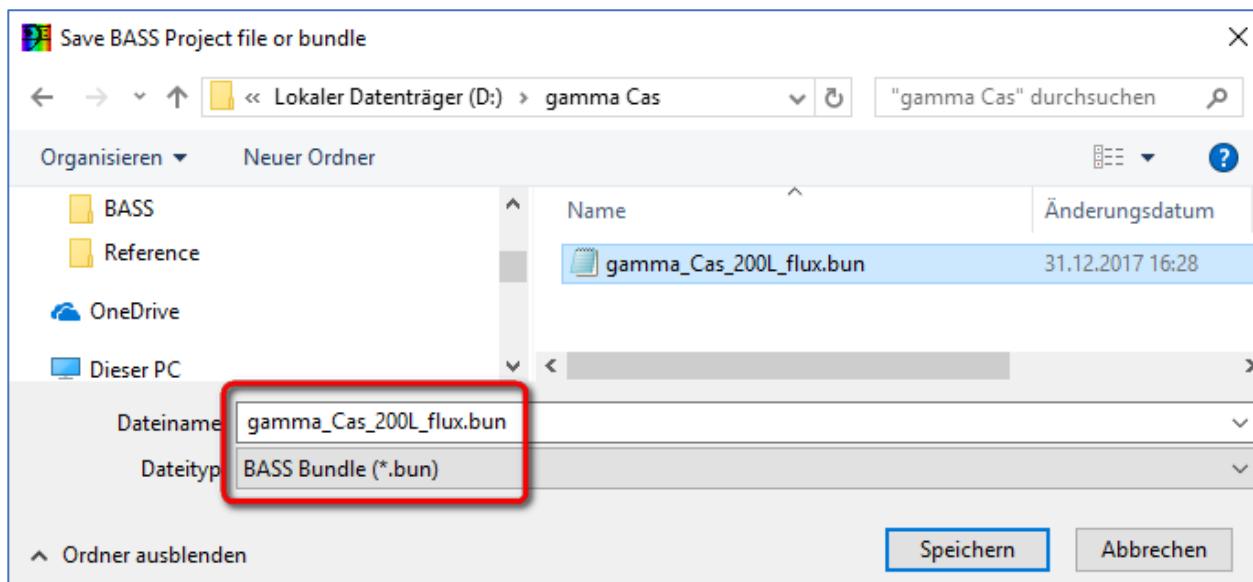
BASS arbeitet projektbezogen. Das bedeutet, dass alle für das Projekt benötigten oder erstellten Dateien **einen festen Pfad besitzen** und in einem festen Ordner, hier C:/astrobodger/ ... vorhanden sein müssen. Deshalb findet die Kalibrierung gemäß Tutorial ausschließlich im Ordner c:/astrobodger/gamma Cas/2013-10-24 statt.

Frage: Wie überträgt man die ursprüngliche Kalibrierung .bass von C:/astrobodger/ ... auf eine andere Festplatte und/oder in einen anderen Ordner, um sie von dort aus aufrufen zu können?

Antwort: Man öffnet wie gewohnt in C:/astrobodger/gamma_Cas/2013-10-24/die BASS-Datei (Beispiel: gamma_Cas_200L_flux.bass und speichert das Projekt im neuen Ordner wie folgt als „Bundle“ ab:

Speichern als Bundle am neuen Ort:

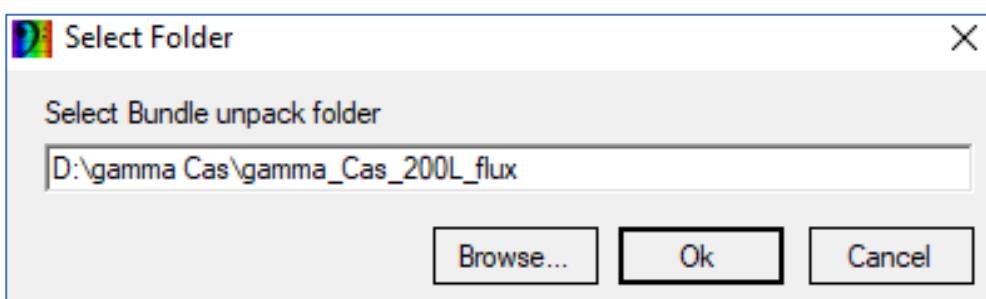
- File
- Save Project or Bundle
- D:/..../gamma Cas/gamma_Cas_200L_flux.bun



Entpacken des Bundles am neuen Ort

- File
- Open Project or Bundle
- D:/..../gamma Cas/gamma_Cas_200L_flux.bun

Dort öffnet man die .bass-Datei des Projekts und arbeitet wie gewohnt weiter.

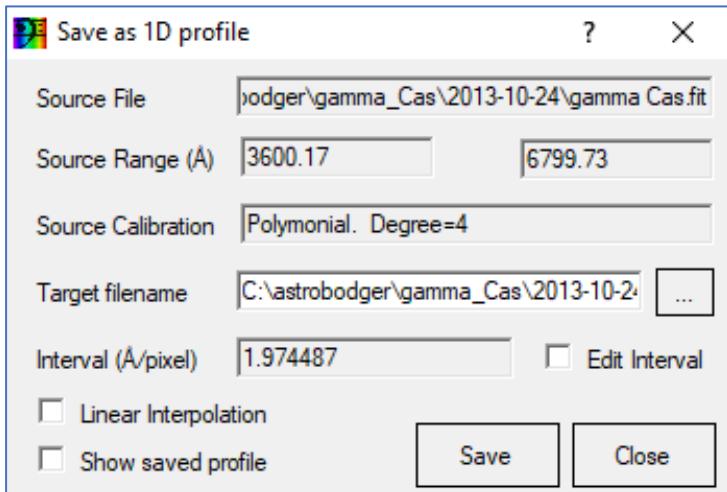


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

13. BeSS Settings (optionale Dateneintragung in 1D-Datei)

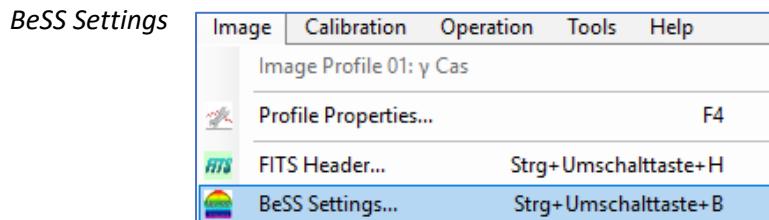
Vergleichsspektren von Be-Sternen findet man bsp. in der BeSS-Datenbank <http://basebe.obspm.fr/basebe/>

Das eigene auf 1 normierte Spektrum muss BeSS-kompatibel abgespeichert werden, bevor man es in die Datenbank (nach Anmeldung) hochladen kann. Dazu muss der Datensatz neu als 1D-Spektrum abgespeichert werden. Danach kann man in den *BeSS Settings* Angaben zu Beobachter und Objekt eintragen.

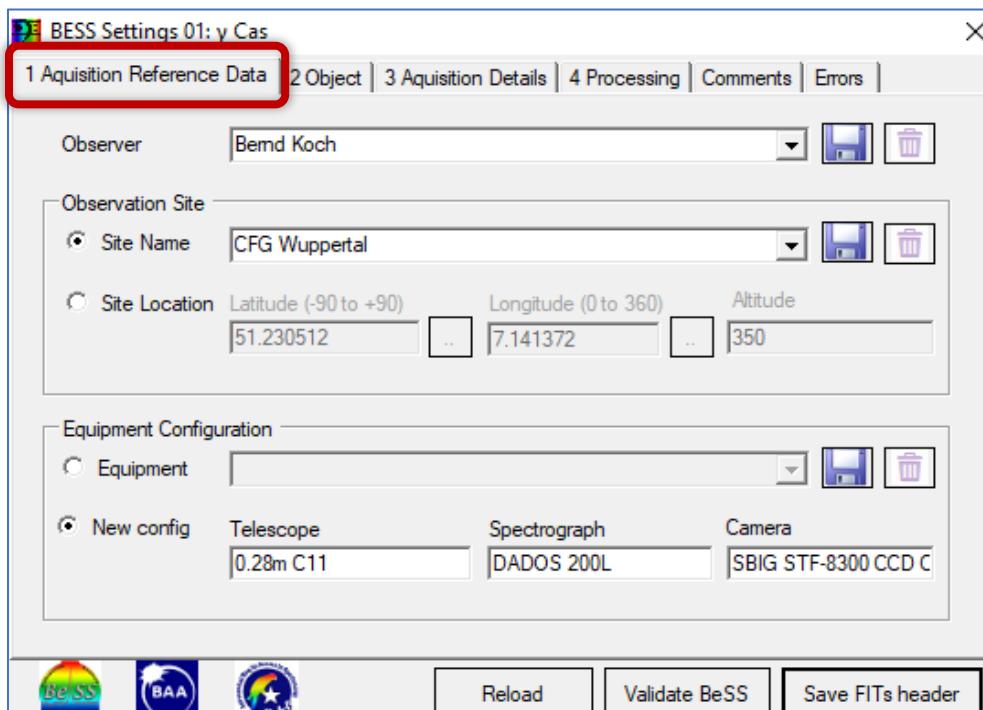


Hinweis: Niedrig aufgelöste Spektren wie dieses von γ Cas *gamma_Cas_1D.fit* sind zur genaueren Profilanalyse allerdings ungeeignet. In einem weiteren Tutorial zu γ Cas werden wir ein höher aufgelöstes Spektrum auswerten.

Nach Sichern der bisherigen Arbeit wird BASS neu gestartet und die Datei *gamma_Cas_1D.fit* geöffnet.

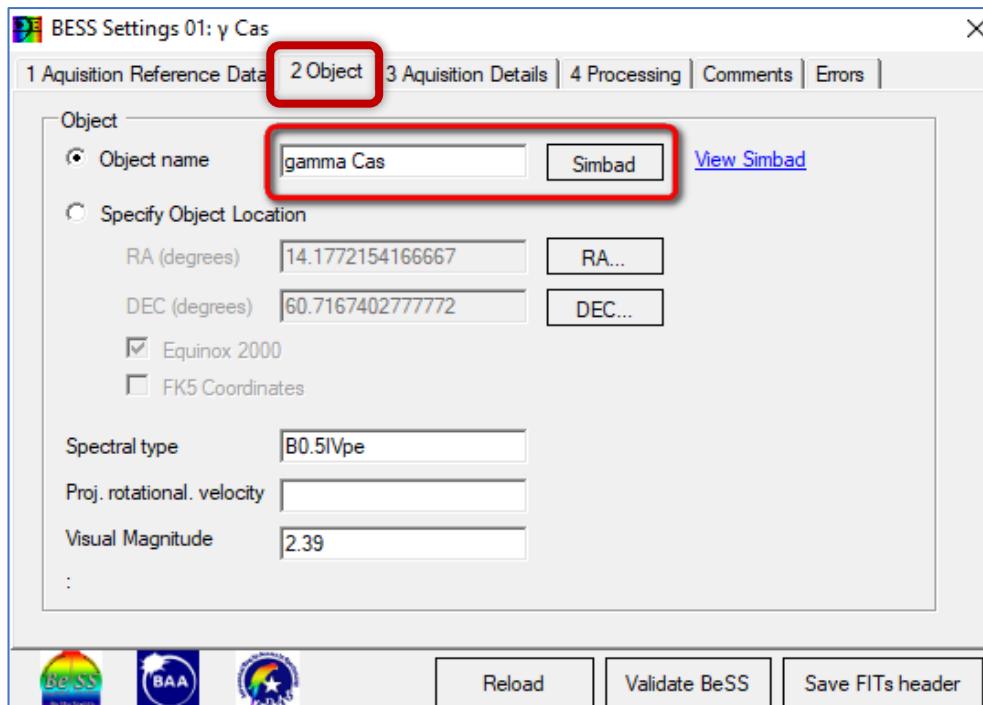


Site Location: Geografische Koordinaten des Beobachtungsorts eintragen.

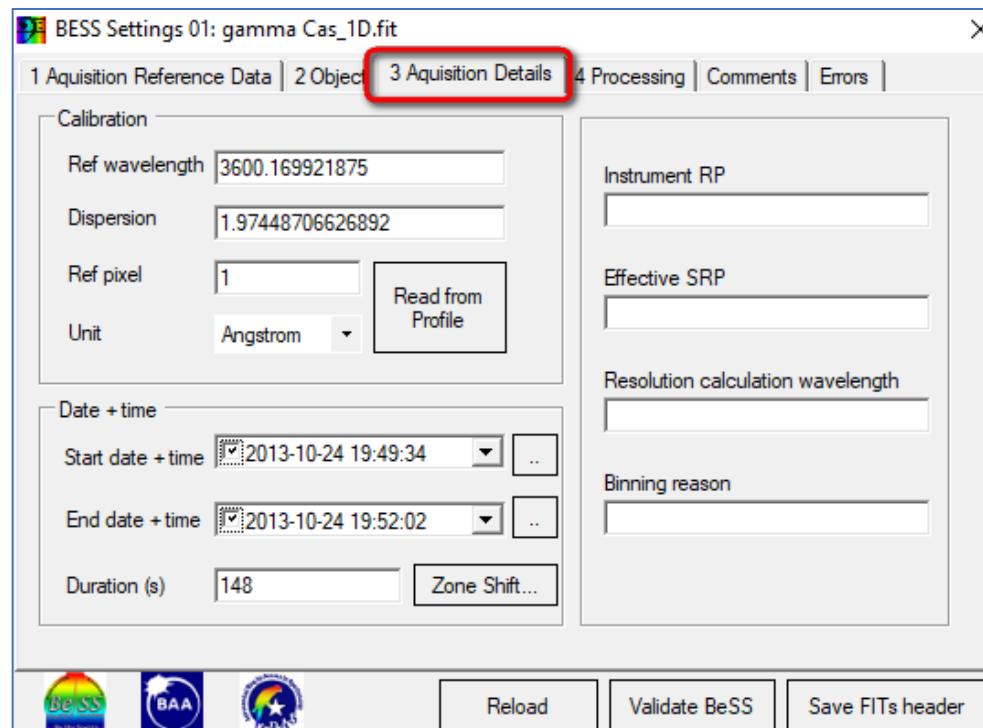


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Object name: gamma Cas. Bei Simbad online nach den Daten suchen lassen.

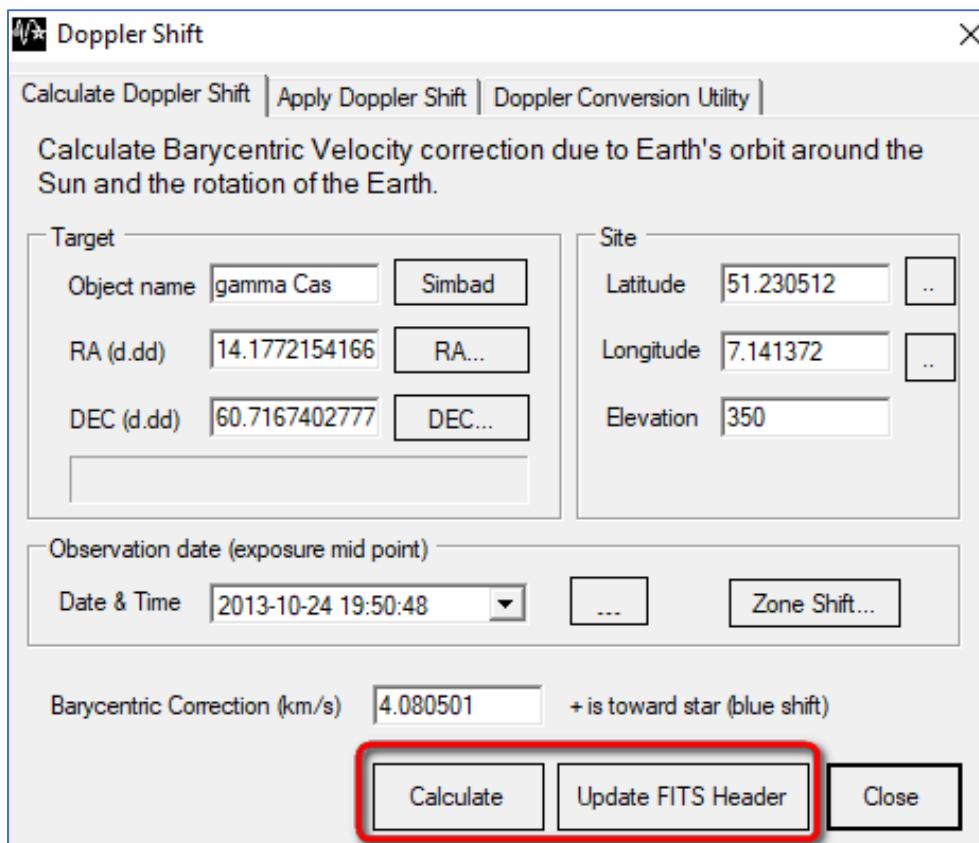
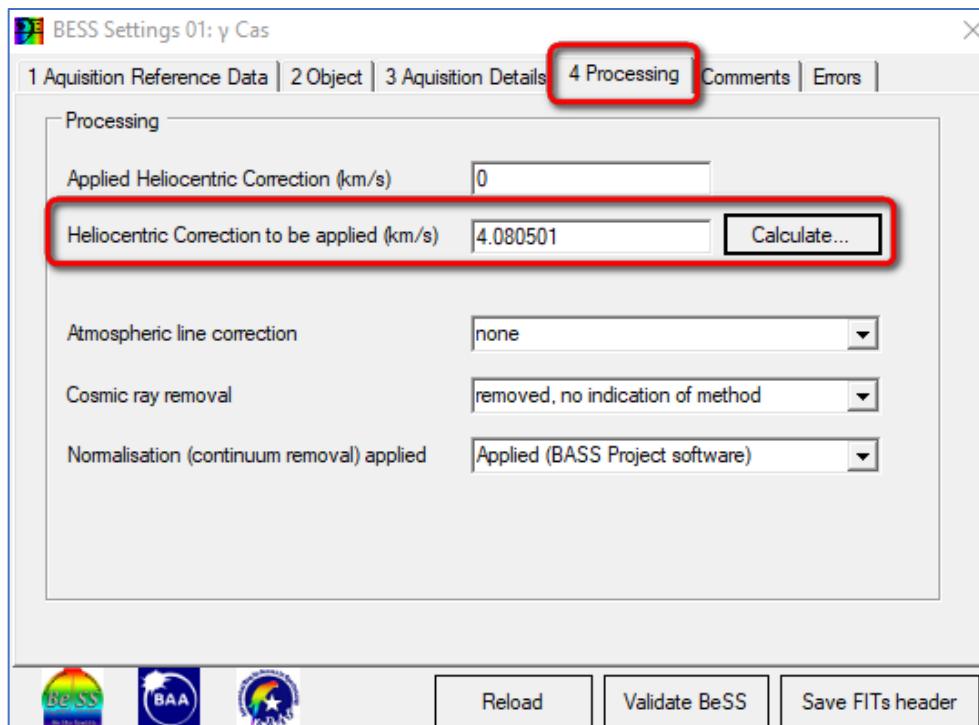


Prüfe Start und Endzeit der Aufnahmeserie



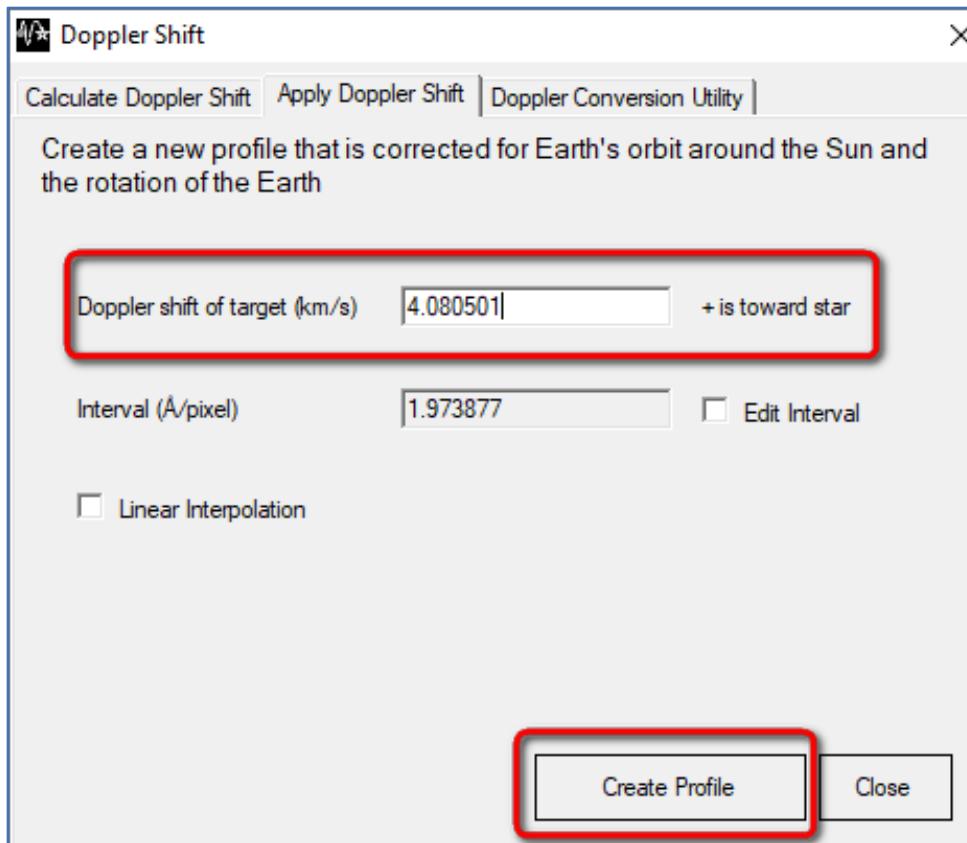
Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Berechnung der heliozentrischen Korrektur

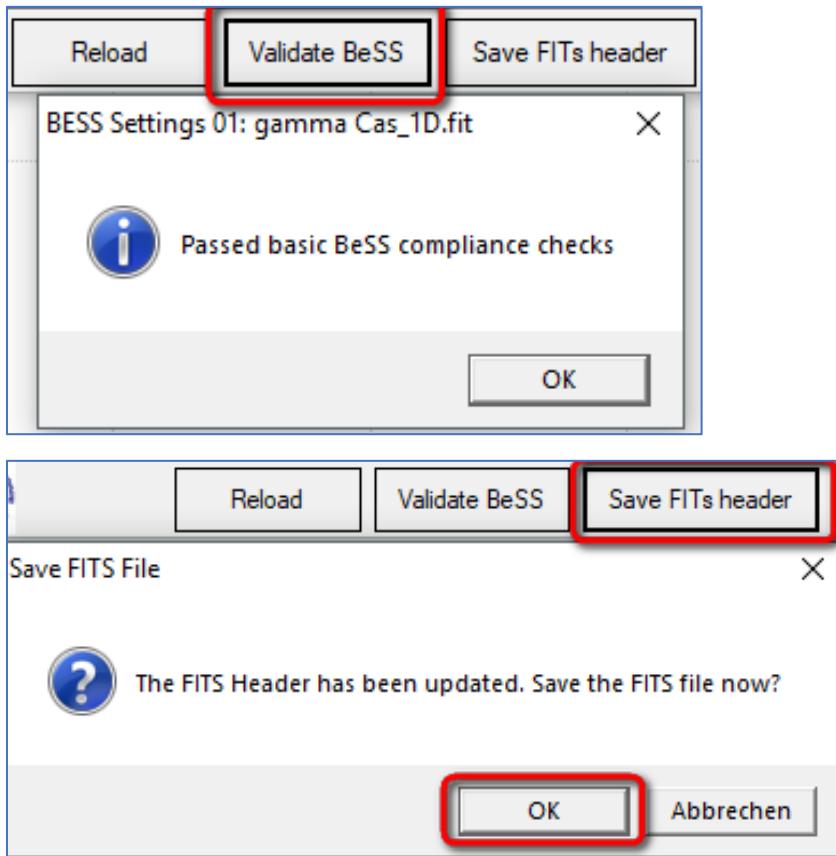


Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

Optional *Create Profile*: Ein neues Profil mit heliozentrischer Korrektur kann dargestellt und separat gespeichert werden:



Mit *Validate BeSS* wird geprüft, ob die Angaben BeSS-Kompatibel sind.



Kalibrierung eines 200L/mm-DADOS-Spektrums des Sterns Tsih (γ Cas, B0 IVe) mit der Conrad Magic Plasma Röhre (Neon/Xenon)

14. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal

Das Tutorials zur Kalibrierung eines Sonne-, bzw. Sternspektrums werden in den Kursen des Autors (rechts im Bild) am Carl-Fuhlrott-Gymnasium in Wuppertal zur Sternspektroskopie eingesetzt. Im Rahmen des Kurses wird u.a. das Tageslichtspektrum mit insgesamt sieben zur Verfügung stehenden DADOS-Spektrografen und ebenso vielen STF-8300M CCD-Kameras aufgenommen und für die Kalibrierung mit BASS vorbereitet.

Die seit 2011 verwendete Software VisualSpec wird nur noch hin- und wieder herangezogen.



Aktuelle Kursinformationen finden Sie unter:

<https://www.baader-planetarium.com/de/blog/aktuelle-spektroskopie-kurse-am-schuelerlabor-astronomie/>

