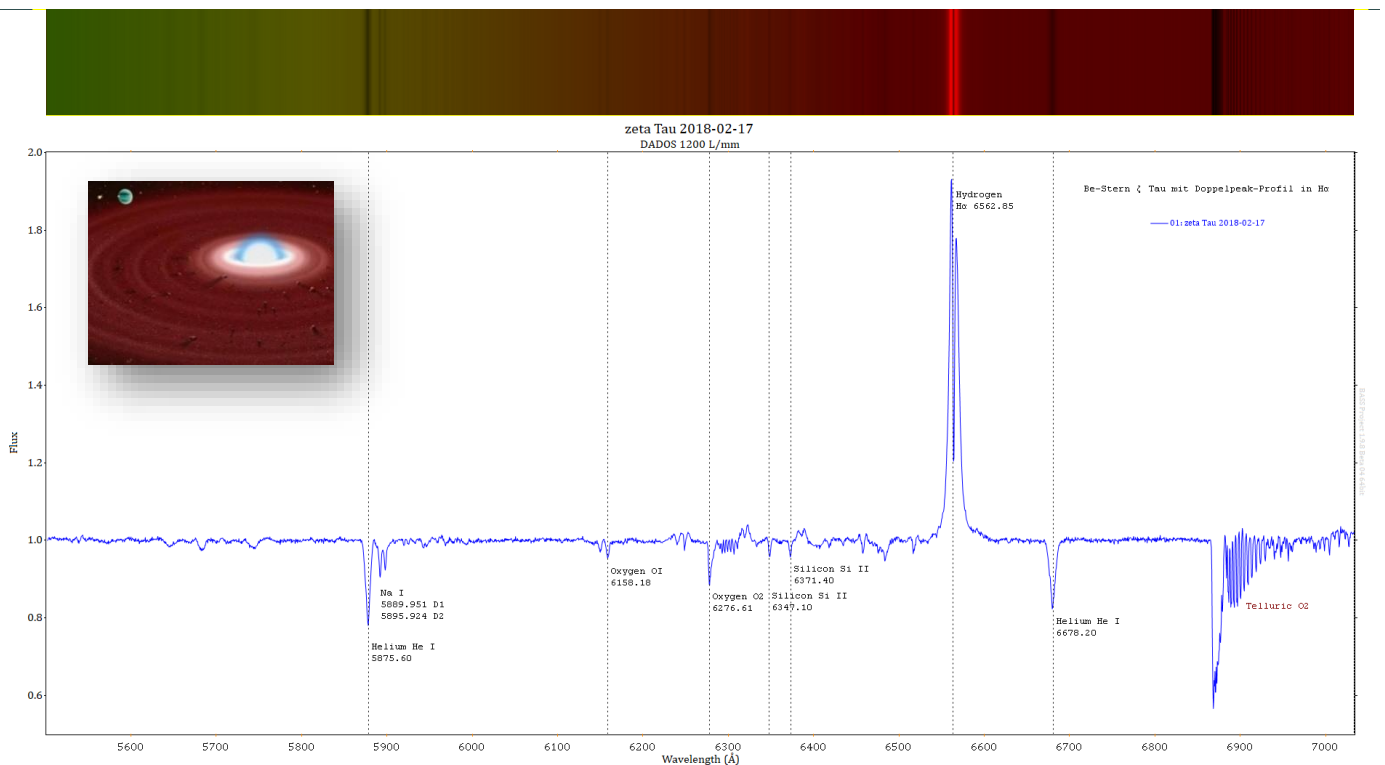


Be-Stern ζ (zeta) Tau im Bereich $H\alpha$ Kalibrierung eines 1200L/mm DADOS- Spektrums mit einer Neon-Referenzlampe

Wellenlängenkalibrierung – Normierung
Äquivalentbreite EW - V/R-Verhältnis – Tiefe der zentralen
Absorption CA – Heliozentrische Radialgeschwindigkeit HRV



Tutorial 1.1

Dipl.-Phys. Bernd Koch

Schülerlabor Astronomie des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Jung-Stilling-Weg 45, 42349 Wuppertal

www.schuelerlabor-astronomie.de | Kontakt: Dipl.-Phys. Bernd Koch | Bernd.Koch@astrofoto.de

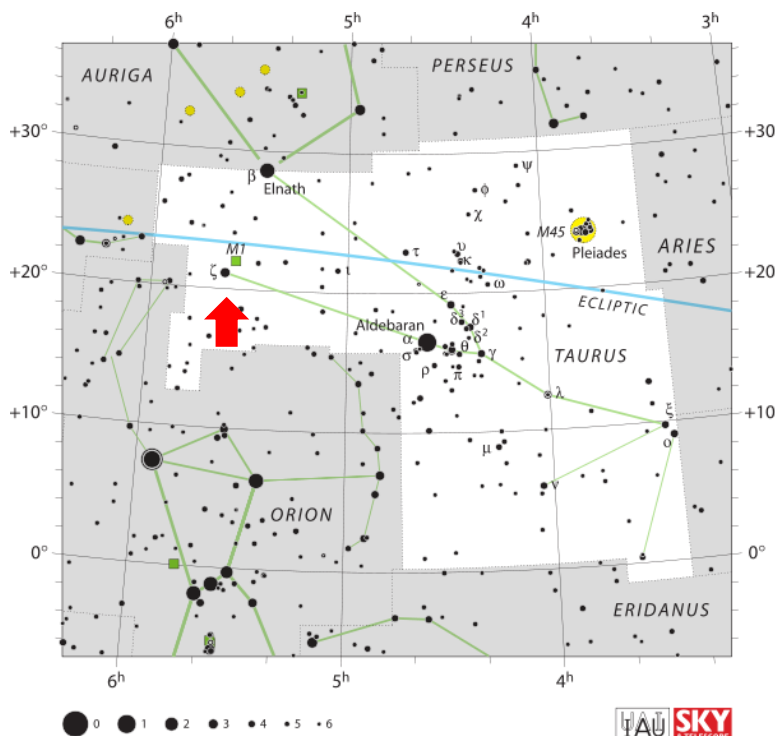
Inhalt

| | |
|---|----|
| 1. Der spektroskopische Be-Doppelstern ζ Tau | 2 |
| 1.2 Festlegung der Messgrößen | 5 |
| 2. Die Kalibriereinheit | 6 |
| 3. ζ Tau Summenspektrum und Neon-Referenzspektrum..... | 8 |
| 4. BASS starten | 9 |
| 4.1. Spektren in BASS öffnen | 10 |
| 4.2 Voreinstellungen vornehmen | 11 |
| 5. Sternspektrum und Referenzspektrum horizontal ausrichten..... | 13 |
| 6. Auswahl des Scanbereichs für Spektrum und Himmelshintergrund | 15 |
| 7. Einzelne Spektralbereiche genauer betrachten | 19 |
| 8. Wellenlängenkalibrierung..... | 20 |
| 8.1 Das Neon-Referenzspektrum | 20 |
| 8.2 Wellenlängenkalibrierung des Spektrums des Referenzspektrums | 21 |
| 8.3 Übertragung der Wellenlängenkalibrierung auf das Spektrum von zeta Tau..... | 28 |
| 9. Normierung der relativen Intensität des Spektrums | 29 |
| 9.1 Pseudokontinuum entfernen | 29 |
| 9.2 Normierung auf „1“ | 33 |
| 9.3 Manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux, relative Intensität)..... | 34 |
| 10. Beschriftung des normierten Spektrums..... | 35 |
| 11. Notizen erstellen und einblenden | 36 |
| 12. Speichern eines 1D-Profiles (Wellenlänge, Intensität) im FITS-Format..... | 36 |
| 13. Datenerfassung im 1D-Profil für die BeSS-Datenbank | 37 |
| 13.1 Zeta Tau in der BeSS-Datenbank | 37 |
| 13.2 Öffnen des 1D-Profiles | 38 |
| 13.3 BeSS-Settings | 38 |
| 13.4 Der FITS-Header | 43 |
| 14. Erfassung der Messgrößen EW, V, R, CA, HRV-CA | 44 |
| 15. Das Langzeitmonitoring des Sterns zeta Tau bis 17.2.2018 (JD 58167) | 47 |
| 16. Übertragung des Projekts an einem anderen Ort („Bundles“) | 49 |
| 17. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal | 50 |

Der Gruppe beitreten und Software downloaden: <https://groups.io/g/BassSpectro>

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

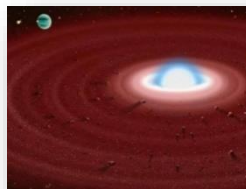
1. Der spektroskopische Be-Doppelstern ζ Tau



ζ Tau ist ein interessanter spektroskopischer Doppelstern in rund 400 Lj. Entfernung. Seine hohe scheinbare Helligkeit von 3 mag. prädestiniert ihn für die Spektroskopie auch mit kleineren Teleskopen. Sinnvolle spektroskopische Auswertungen erfordern jedoch ein spektrales Auflösungsvermögen von $R > 4000$, welches unter anderem der DADOS mit den Gittern 900 L/mm und 1200 L/mm ermöglicht.

Die Literaturdaten zum Stern sind uneinheitlich. Der Spektraltyp des ca. 15500K heißen Sterns wird unterschiedlich angegeben: B1 IVe shell (SIMBAD), B2 IVe, B2 IIIpe. Sicher ist, dass er von einer leuchtenden Wasserstoffscheibe umgeben ist.

Die Rotationsgeschwindigkeit des einzig in Erscheinung tretenden Hauptsterns beträgt 320-330 km/s¹. Die Fliehkräfte aufgrund der hohen Rotationsgeschwindigkeit sind die Ursache der etwa 100 Sonnendurchmesser großen äquatorialen Gasscheibe um den Hauptstern. Sie leuchtet in Form eines sich periodisch verändernden Doppelpeakprofils, welches durch eine V- und eine R-Komponente geprägt ist.



| Observation data | |
|-------------------------------------|--|
| Epoch J2000.0 | Equinox J2000.0 (ICRS) |
| Constellation | Taurus |
| Right ascension | 05 ^h 37 ^m 38.68542 ^s [1] |
| Declination | +21° 08' 33.1588" ^[1] |
| Apparent magnitude (V) | 3.010 ^[2] (2.88 - 3.17 ^[3]) |
| Characteristics | |
| Spectral type | B2 IIIpe ^[4] |
| U-B color index | -0.749 ^[2] |
| B-V color index | -0.164 ^[2] |
| Variable type | Eclipsing + γ Cas ^[3] |
| Astrometry | |
| Radial velocity (R_v) | +20 ^[5] km/s |
| Proper motion (μ) | RA: +1.78 ^[1] mas/yr Dec: -20.07 ^[1] mas/yr |
| Parallax (π) | 7.33 \pm 0.82 ^[1] mas |
| Distance | approx. 440 ly (approx. 140 pc) |
| Absolute magnitude (M_v) | -2.67 ^[6] |
| Orbit ^[4] | |
| Period (P) | 132.987 d |
| Semi-major axis (a) | 1.17 AU |
| Eccentricity (e) | 0.0 (assumed) |
| Inclination (i) | 92.8° |
| Longitude of the node (Ω) | -58.0° |
| Periastron epoch (τ) | 2,447,025.6 HJD |
| Argument of periastron (ω) | 0.0 (assumed) [*] |
| (secondary) | |
| Semi-amplitude (K_1) | 7.43 km/s |
| (primary) | |
| Details | |
| ζ Tau A | |
| Mass | 11.2 ^[4] M_{\odot} |
| Radius | 5.5 ^[4] R_{\odot} |
| Luminosity | 4,169 ^[7] L_{\odot} |
| Temperature | 15,500 ^[7] K |
| Rotational velocity ($v \sin i$) | 125 ^[8] km/s |
| Age | 22.5 \pm 2.6 ^[9] Myr |
| ζ Tau B | |
| Mass | 0.94 ^[4] M_{\odot} |

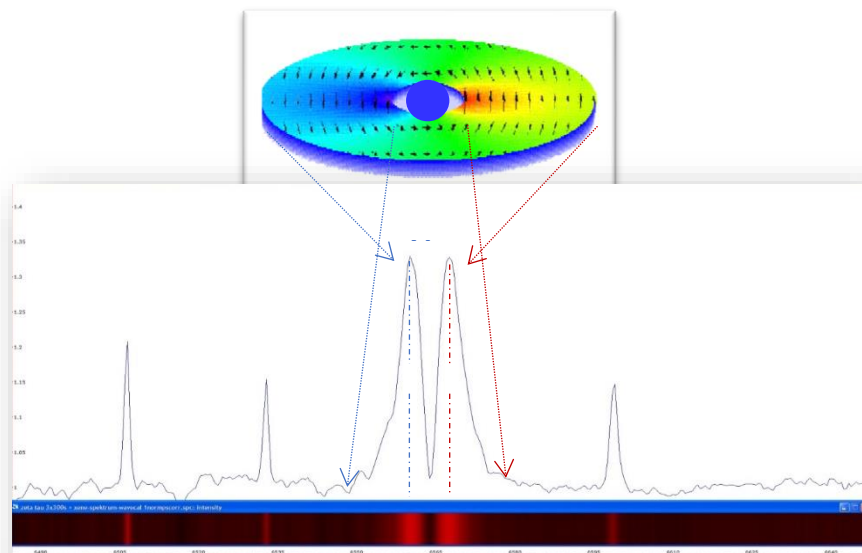
¹ Quelle: Ernst Pollmann

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

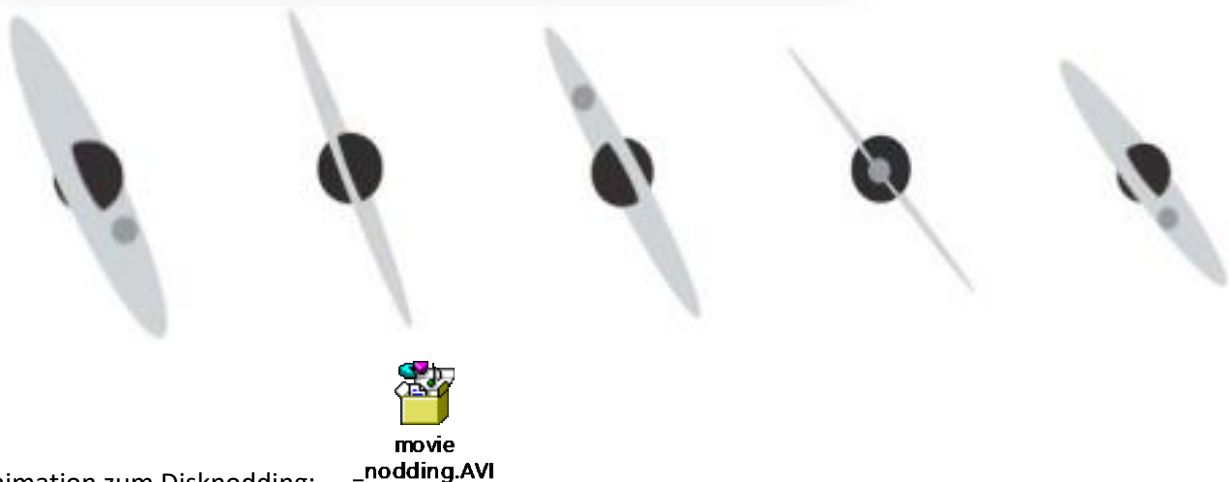
BeSS-Datenbank, <http://basebe.obspm.fr/basebe/>

| | |
|--|--|
| Be Stern : zet Tau | Jaschek & Egret, 1982, IAUS 98, 261 |
| HD Nummer : 37202 | |
| Koordinaten : 05 37 38.69 +21 08 33.16 (2000) | van Leeuwen, 2007, A&A 474, 653 |
| V magnitude : 3.03 | Simbad database, CDS |
| Spektraltyp : B2IVe | Simbad database, CDS |
| Teff : 21500 K | Chauville, Zorec, Ballereau et al., 2001, A&A 378, 861 |
| logg : 4.22 | Chauville, Zorec, Ballereau et al., 2001, A&A 378, 861 |
| vsini : 245 \pm 33 km/s | Chauville, Zorec, Ballereau et al., 2001, A&A 378, 861 |
| Inclinationswinkel : 79 degrés | Chauville, Zorec, Ballereau et al., 2001, A&A 378, 861 |
| Entfernung : 136 [123-154] pc | van Leeuwen, 2007, A&A 474, 653 |
| Radialgeschwindigkeit : 20 \pm 5 km/s | Evans, 1967, IAUS 30, 57 |



Doch ganz so einfach ist das Modell nicht. Mit einer Periode von 1471 ± 15 Tagen präzediert eine Wasserstoffscheibe, die eine lokale Verdichtung aufweist. Eine weitere Zyklusperiode beträgt 69 Tage.

Schließlich ist eine weitere Periode von 442 ± 5 Tagen in der Lage der Zentralen Absorptionseinsenkung zu finden².

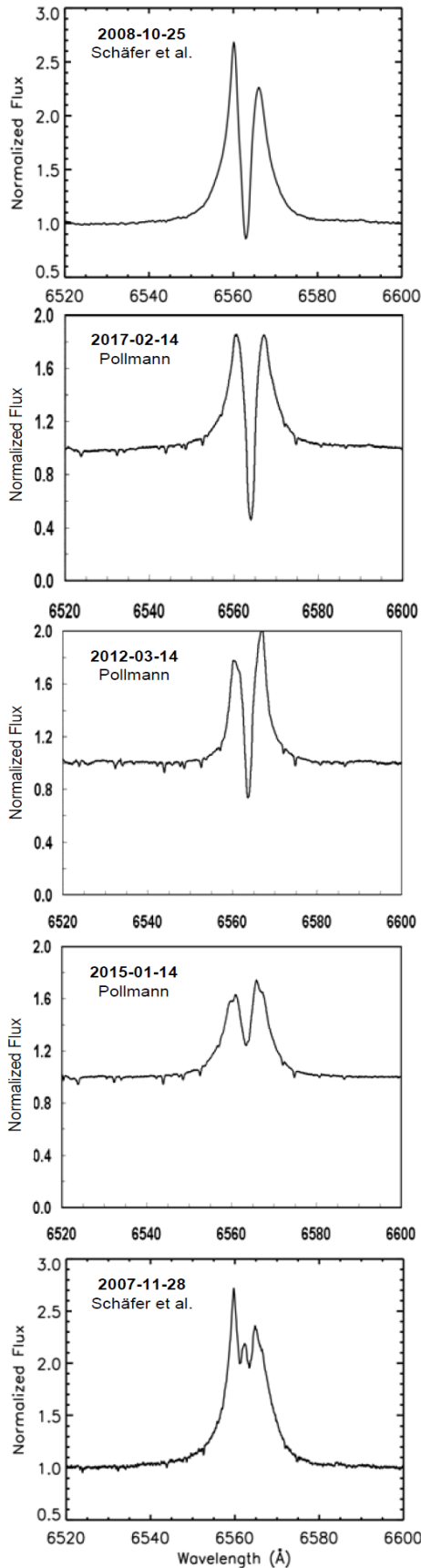


Animation zum Disknodding:

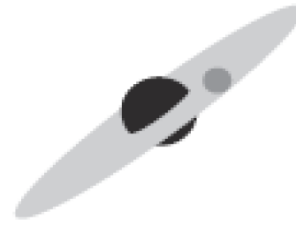
² Quelle: Ernst Pollmann, Unterlagen zum Herbstkurs Sternspektroskopie 2017 am CFG Wuppertal

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

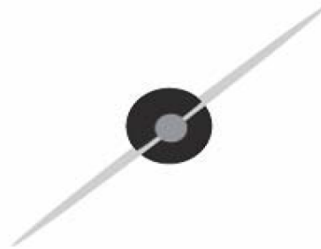
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$



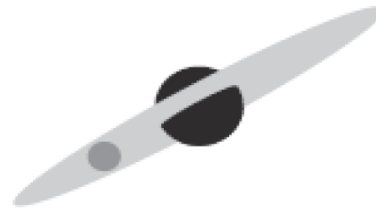
Phase = 0.125



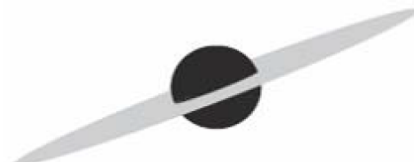
Phase = 0.25



Phase = 0.50



Phase = 0.75



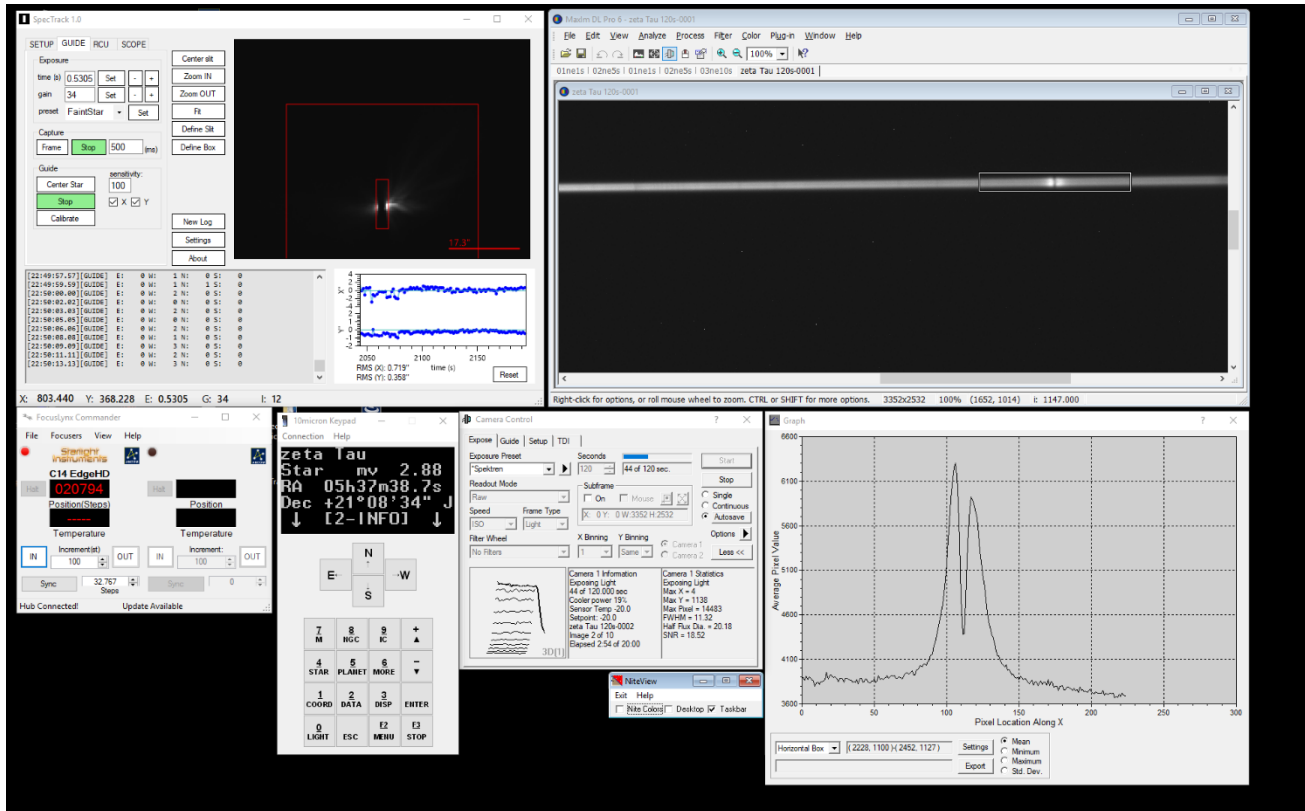
Phase = 0.875



Phases corresp. Schäfer et al.; The Astronomical Journal, 140, 2010

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

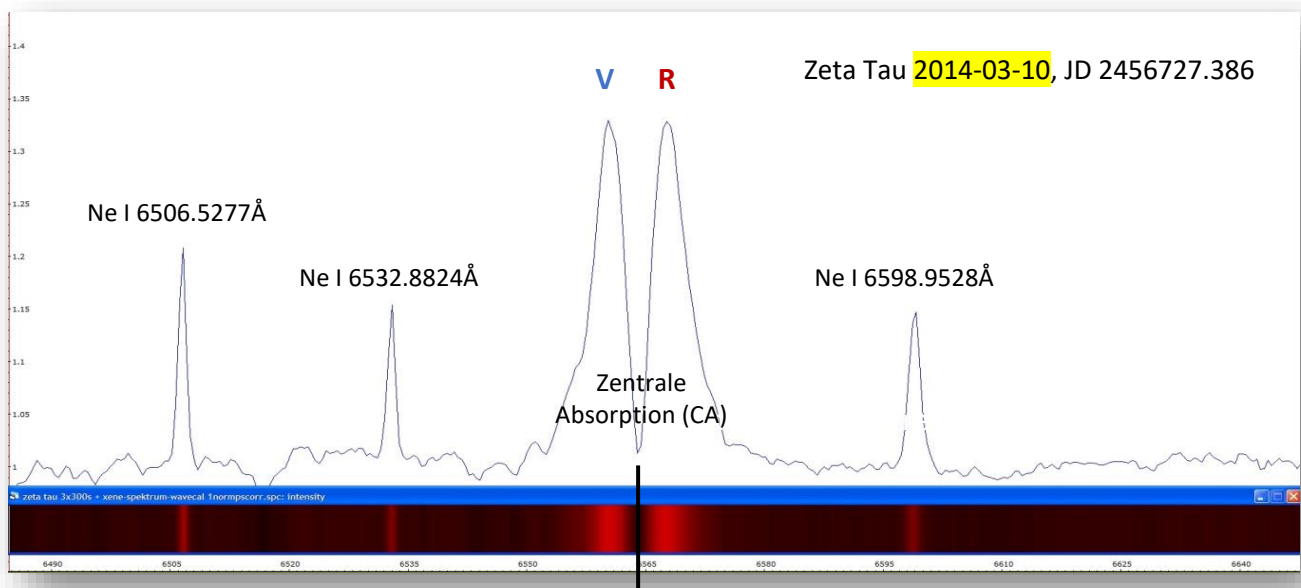
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$



1.2 Festlegung der Messgrößen

Im von Ernst Pollmann moderierten Langzeit Monitoring sind folgende Messgrößen bei der $H\alpha$ -Linie zu ermitteln:

- $H\alpha$ -Äquivalentbreite EW: 6520Å-6600Å
- Intensität des $H\alpha$ V-Peaks
- Intensität des $H\alpha$ R-Peaks
- V/R-Verhältnis der $H\alpha$ -Linie
- Tiefe der zentralen Absorption CA
- Heliozentrische Radialgeschwindigkeit HRV des $H\alpha$ -Absorptionsminimums (CA, Central Absorption)



2. Die Kalibriereinheit

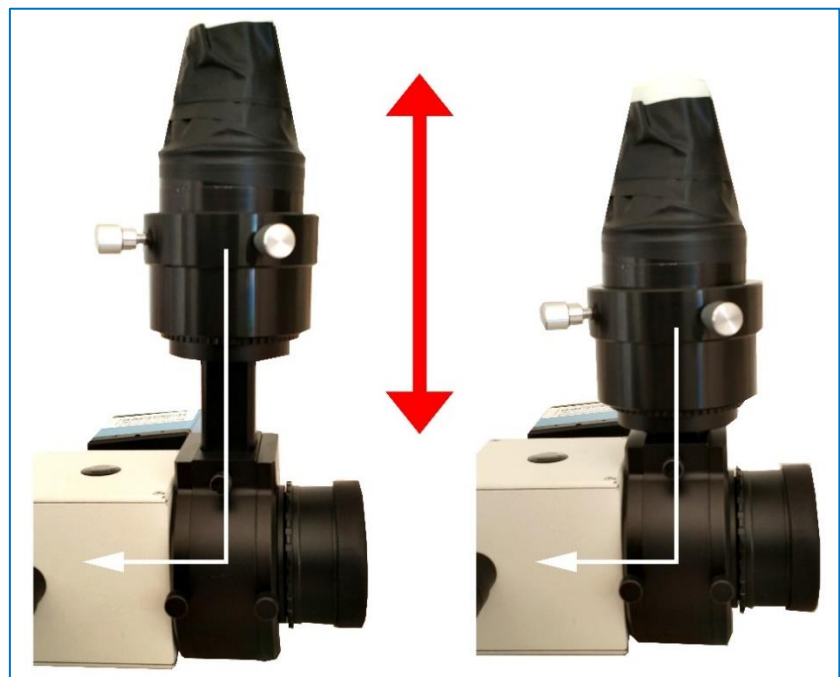
Diese einfach zu realisierende Selbstbau-Kalibriereinheit beruht auf dem TSFLIP³ und zeichnet sich dadurch aus, dass unterschiedliche Lichtquellen, wie hier die helle, sehr empfehlenswerte Baader Neon-Kalibrierlampe (#2458590) eingebündelt werden können. Man schraubt die 2-Zoll Steckhülse TST2-2 auf den Guiderausgang des TSFLIP und fasst die Lichtquelle mit der Hülse TSVF230.



Dann setzt man die Guidereinheit um 180° gedreht wieder ein, so dass das Licht der Kalibrierlampe in Richtung Spektrografeingang umgelenkt wird. Zum Ein- und Ausblenden wird die Guiderhülse ganz einfach hinein- bzw. herausgeschoben.

Bemerkung:

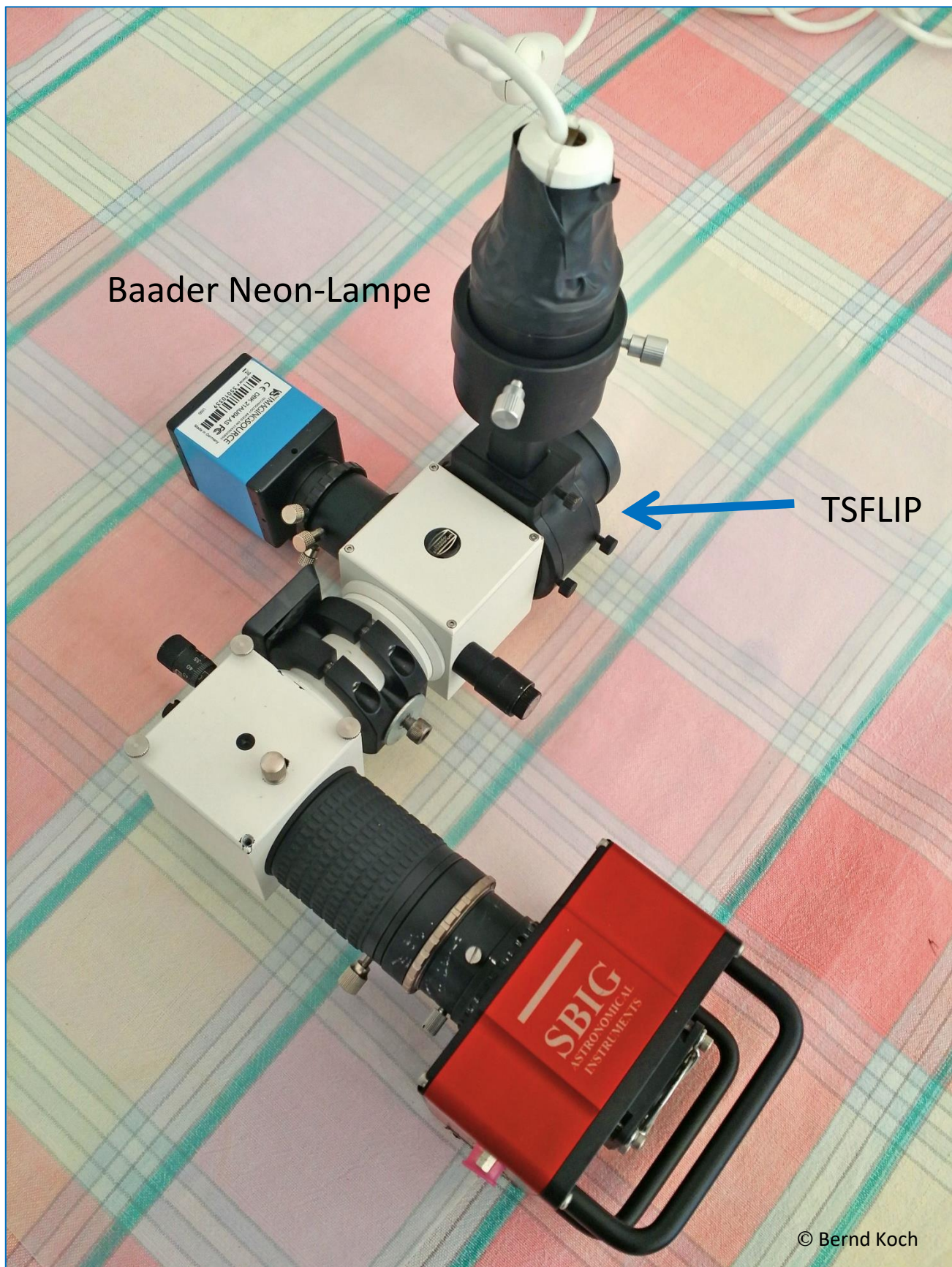
Der Autor dankt Dr. Dieter Hess für den Hinweis auf die Eignung des TSFLIP für Kalibrierzwecke mit dem DADOS.



Alle Fotos © Bernd Koch

³ https://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p5190_TS-Optics-2--Flip-Mirror-System---Off-Axis-Guider---kurzbauend.html

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$



3. ζ Tau Summenspektrum und Neon-Referenzspektrum

Aufnahmedaten:

DADOS, Gitter 1200 L/mm, mittlerer Spalt: 25 μm

SBIG ST-8300M (KAF-8300M) im 1x1-Binning, Pixelgröße 5.4 μm , CCD-Temperatur: -20°C

Celestron 14 @f/8 auf 10Micron GM2000HPS

Aufnahmedatum: 17.2.2018, Mitte der Aufnahme: 21:56:59 UT (JD 2458167.414572),

Belichtung: 8x120s

Die Aufnahmen wurden in dieser Reihenfolge (Aufnahmebeginn) gewonnen

21.42 UT: Neon Spektrum, 10s

21.47 UT: zeta Tau, 120s

21.49 UT: zeta Tau, 120s

21.51 UT: zeta Tau, 120s

21.53 UT: zeta Tau, 120s

21.56 UT: zeta Tau, 120s

21.58 UT: zeta Tau, 120s

22.00 UT: zeta Tau, 120s

22.02 UT: zeta Tau, 120s

22.04 UT: Neon Spektrum, 10s

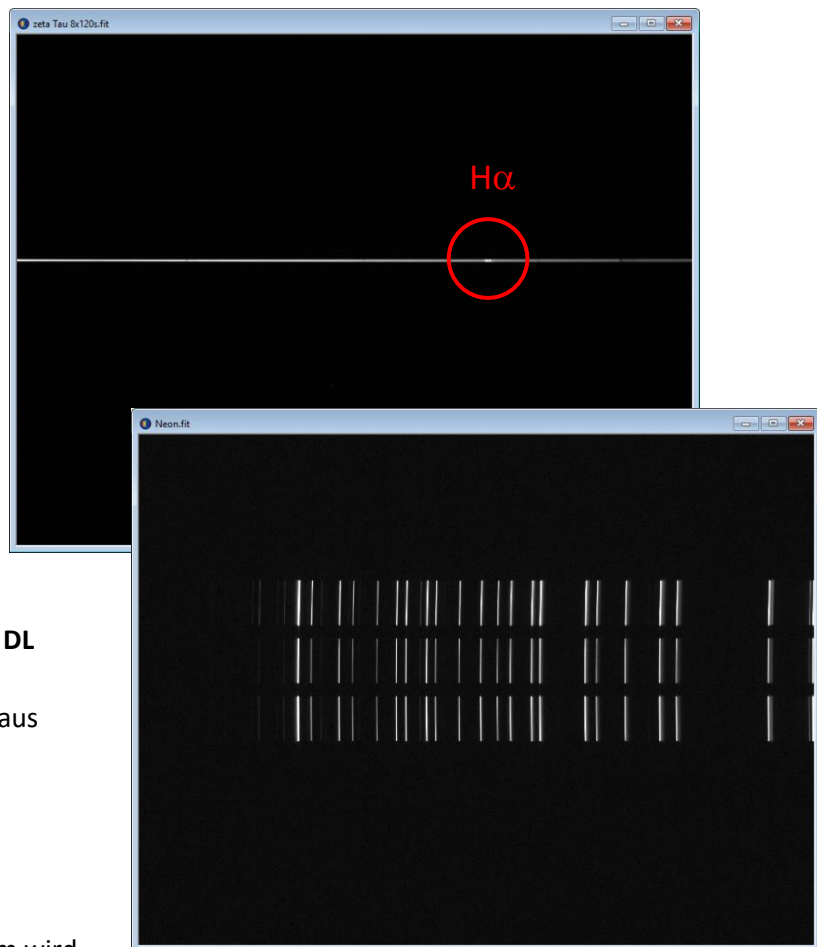
22.10 UT: Dark, 120s

22.12 UT: Dark, 120s

22.14 UT: Dark, 120s

22.16 UT: Dark, 120s

22.18 UT: Dark, 120s



Vorbereitung der Rohdaten in MaxIm DL

Schritt 1: Master-Darkframe (Median) aus 5x120s Einzeldarks erzeugen.

Schritt 2: Beide Neonspektren mitteln (Average): **Neon.fit**

Schritt 3: Von jedem zeta-Tau-Spektrum wird das Masterdark subtrahiert.

Schritt 4: Stacking der korrigierten Einzelspektren von zeta Tau (Sum, IEEE Floating Point): **zeta Tau 8x120s.fit**

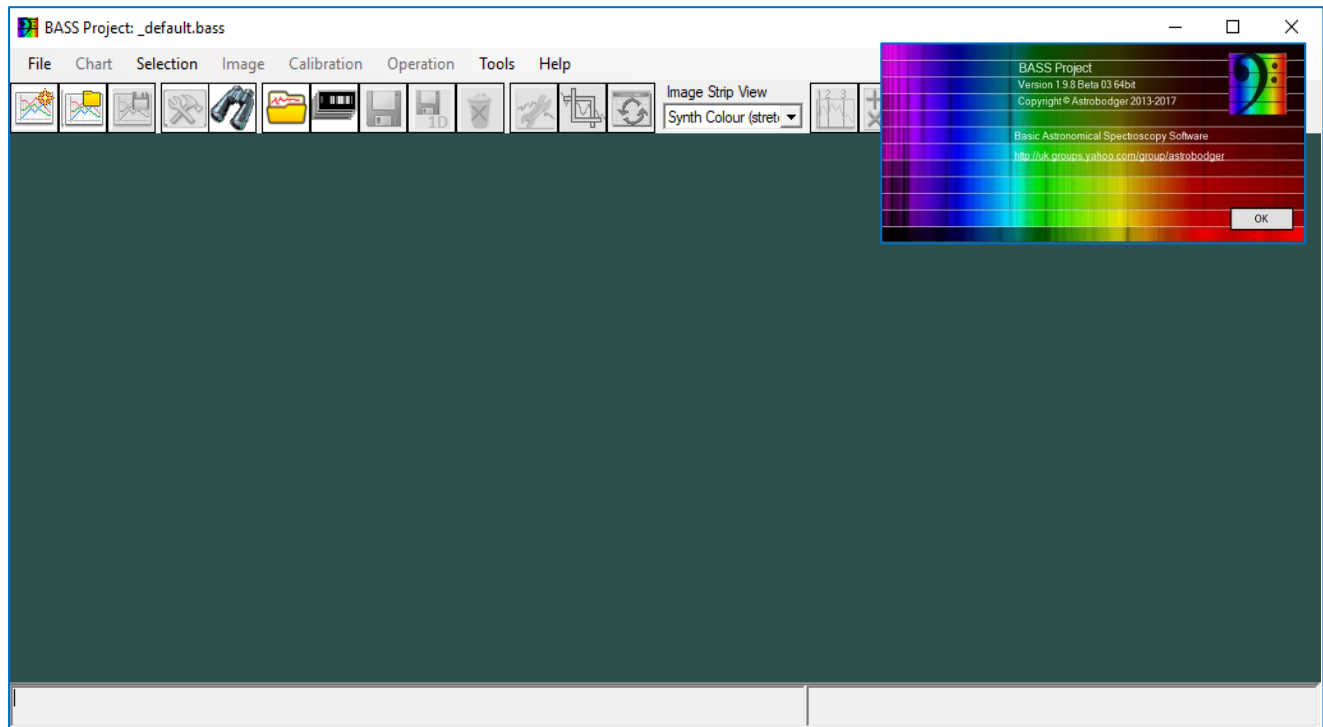
Referenzspektren und Objektspektren müssen zeitlich nah beieinander aufgenommen werden. Grund: Der Spektrograf kann sich thermisch ausdehnen oder zusammenziehen, wenn sich die Außentemperatur ändert. Deshalb lässt man den DADOS und das Teleskop zunächst eine halbe Stunde auskühlen, bevor man beginnt. Zuerst wird ein Referenzspektrum aufgenommen, dann eine Serie von Objektspektren und zum Schluss wieder ein Referenzspektrum. Ein Flatfield wurde in diesem Fall nicht aufgenommen. Außerdem sollte der Spektralfaden bereits möglichst exakt horizontal orientiert sein, **blaues Ende links, rotes rechts**.

4. BASS starten

Dieses Tutorial setzt voraus, dass das Objektspektrum **zeta Tau 8x120s.fit** und das Neon-Referenzspektrum **Neon.fit** im Ordner *C:/astrobodger/zeta Tau 2018-02-17/....* im Format FIT vorliegen.

Start der aktuellen Version *BASSProject.exe* im Ordner *C:/astroboger*


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

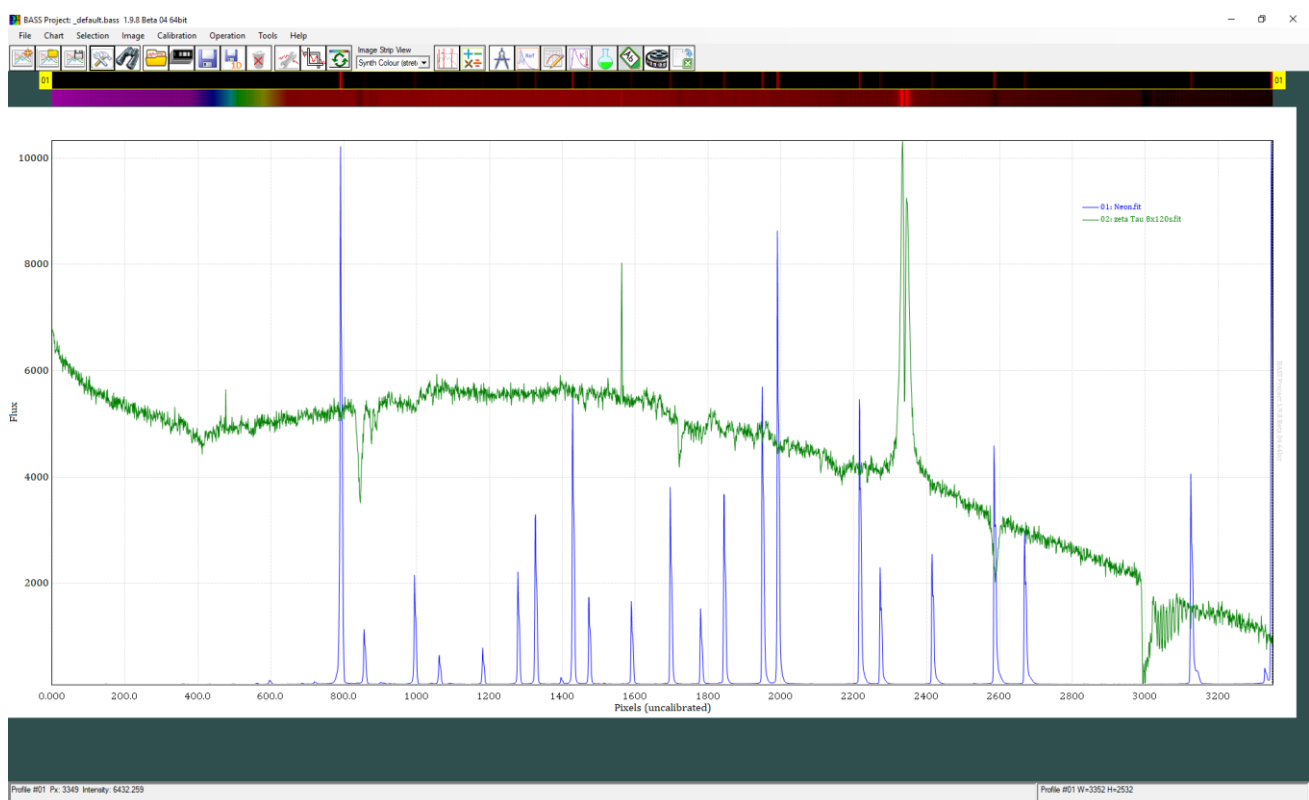
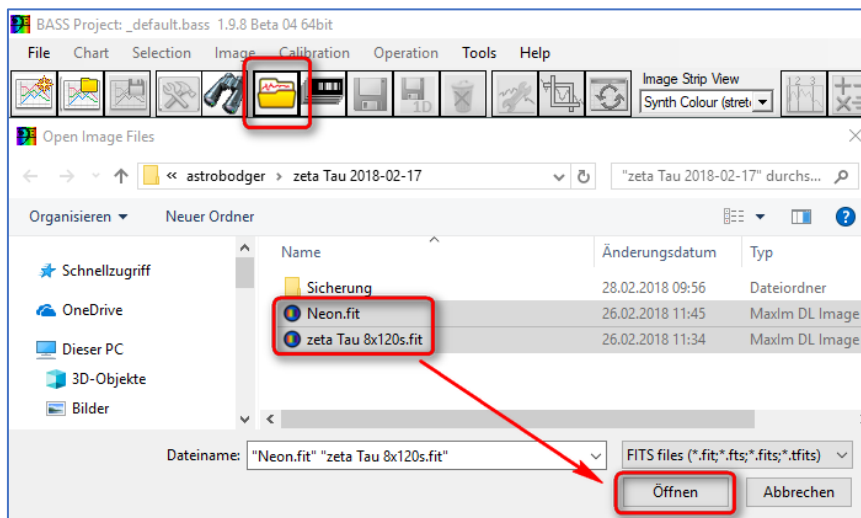


BASS arbeitet mit sogenannten „Projekten“, bei denen alle verwendeten 2D-Rohspektren, Ergebnisse und Beschriftungen gespeichert werden an einem festen Speicherort, *C:/astrobodger*. Projekte werden im Format **.bass** abgespeichert. BASS meldet sich, wenn Teile des Projekts (neue oder geänderte Spektralprofile) 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.

4.1. Spektren in BASS öffnen

-  Open Image Files
- *Neon.fit und zeta Tau 8x120s.fit*




Grün: unkalibriertes zeta-Tau-Spektrum. Blau: Neon-Referenzspektrum

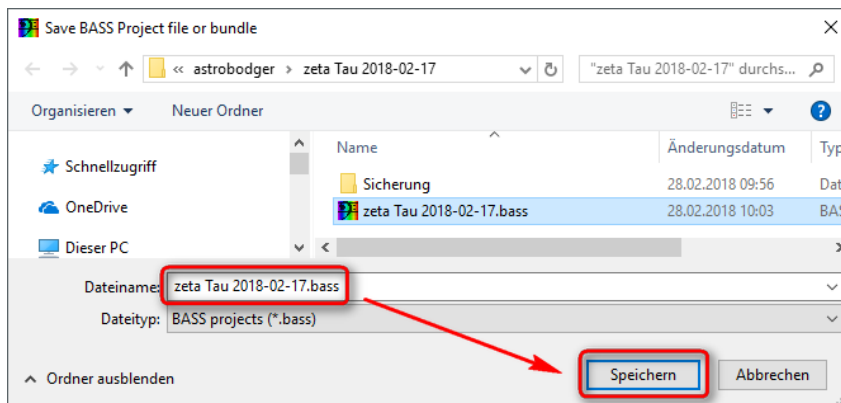
Erläuterung: Die x-Achse („Pixels uncalibrated“) entspricht der Pixelposition in horizontaler x-Richtung auf dem Foto. Dieser Pixelwert muss in einen Wert für die Wellenlänge λ (Lambda) umgerechnet werden. Die Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Pixelposition (x) und Wellenlänge (λ) in 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 in diesem Tutorial kalibriert: Beseitigung des Pseudokontinuums (Normierung auf „1“).

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

-  Speichern des Projekts unter dem Namen C:/astrobodger/zeta Tau 2018-02-17/zeta Tau 2018-02-17.bass




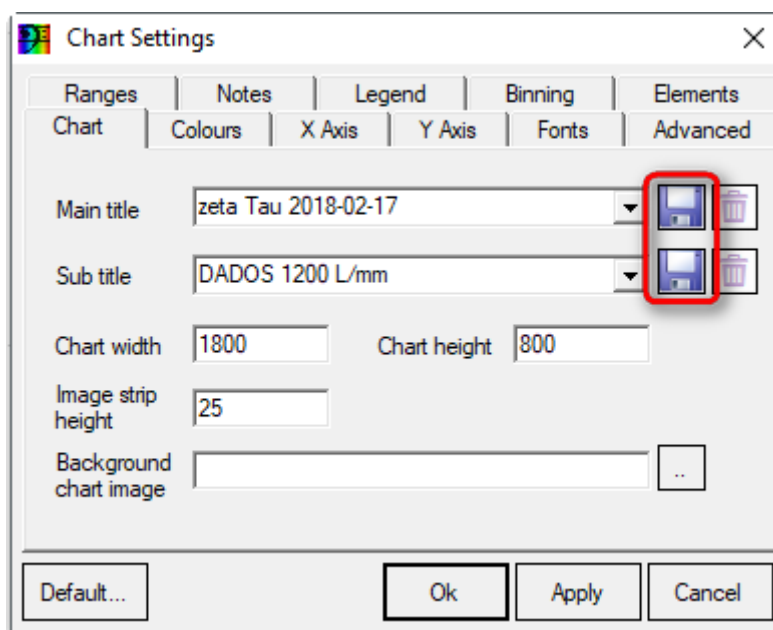
- Prüfen, ob Projekt korrekt gespeichert ist: New Projekt  → Open Project 

Hinweis: Das Neon-Spektrum muss an Position 1 stehen. Falls dies nicht der Fall ist, jetzt Positionen tauschen:

- #02 aktivieren → Rechte Maustaste → Sequence → 01

4.2 Voreinstellungen vornehmen

-  Project Chart Settings: Hier alle Daten eingeben.
→ Main Title und Sub Title speichern



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning | Elements

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

Main title: zeta Tau 2018-02-17

Sub title: DADOS 1200 L/mm

Chart width: 1800 Chart height: 800

Image strip height: 25

Background chart image: ..

Default... Ok Apply Cancel

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

☐ Show X-axis gridlines

X-axis raw text: Pixels (uncalibrated)

X-axis calibrated text: Wavelength ({0})

Doppler Shift

☐ Show Doppler shift axis

Rest wavelength (Å): 0

X-axis doppler text: Velocity km/s ({0}{1})

Default... Ok Apply Cancel

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning | Elements

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

☒ Show Y-axis gridlines

Y-axis labels: Show Values *Taken from TOP profile

Y-axis text: Flux

Note: The Y-Axis scaling values are determined by the top profile. See Y-Axis tab of the Profile Properties screen.

Default... Ok Apply Cancel

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

Processing range (Å)

Start: 3600 End: 9000

Continuum range for flux normalisation (Å)

Start: 5500 End: 5550

Default... Ok Apply Cancel

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

Wavelength unit: Angstrom 1x10-10m

Graphics antialiasing: Antialiasing (default)

Graphics line join method: Line (default)

☒ Apply response correction on image open

Default... Ok Apply Cancel

Chart Settings

Ranges | Notes | Legend | Binning | Elements

Chart | Colours | X Axis | Y Axis | Fonts | Advanced

☒ Show sequence number in legend

☒ Show line style in legend

Legend display option: Transparent text

Default... Ok Apply Cancel

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

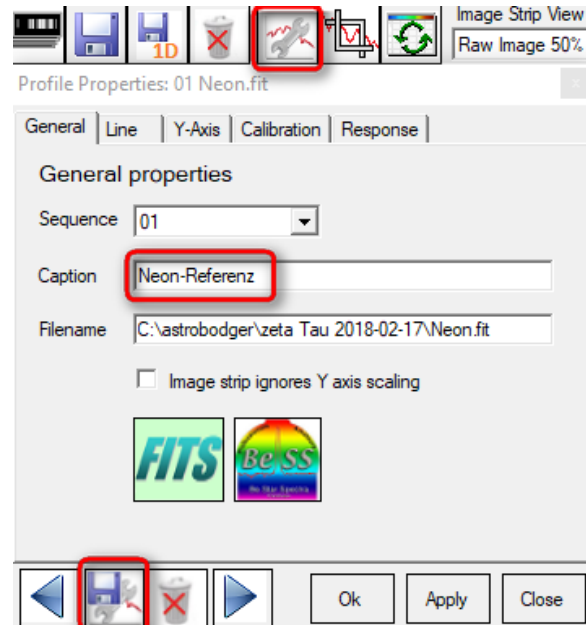
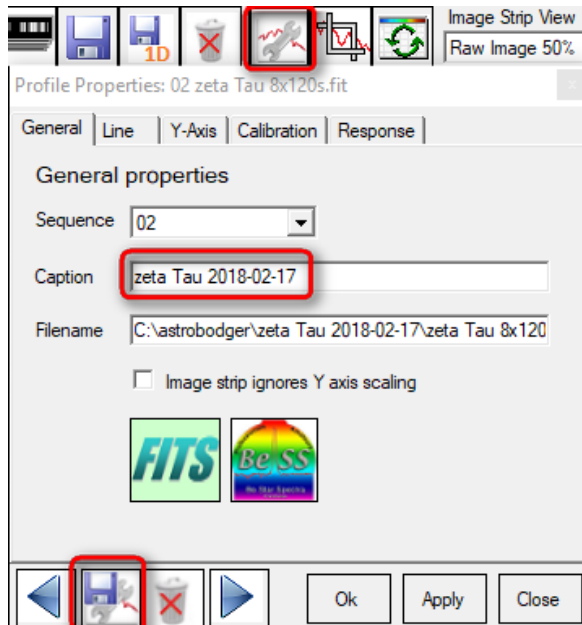
→ Speichern des Projekts unter dem Namen C:/astrobodger/zeta Tau 2018-02-17/zeta Tau 2018-02-17.bass

5. Sternspektrum und Referenzspektrum horizontal ausrichten.

Zuerst werden die Captions (Namen) der Scans geändert

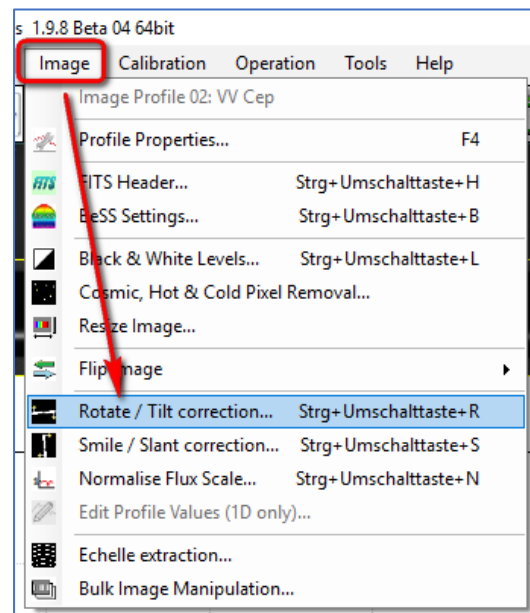
- *Neon.fit* umbenennen in *Neon-Referenz*
- *zeta tau 8x120s.fit* umbenennen zeta tau in *VV Cep*

— 01: Neon-Referenz
— 02: zeta Tau 2018-02-17



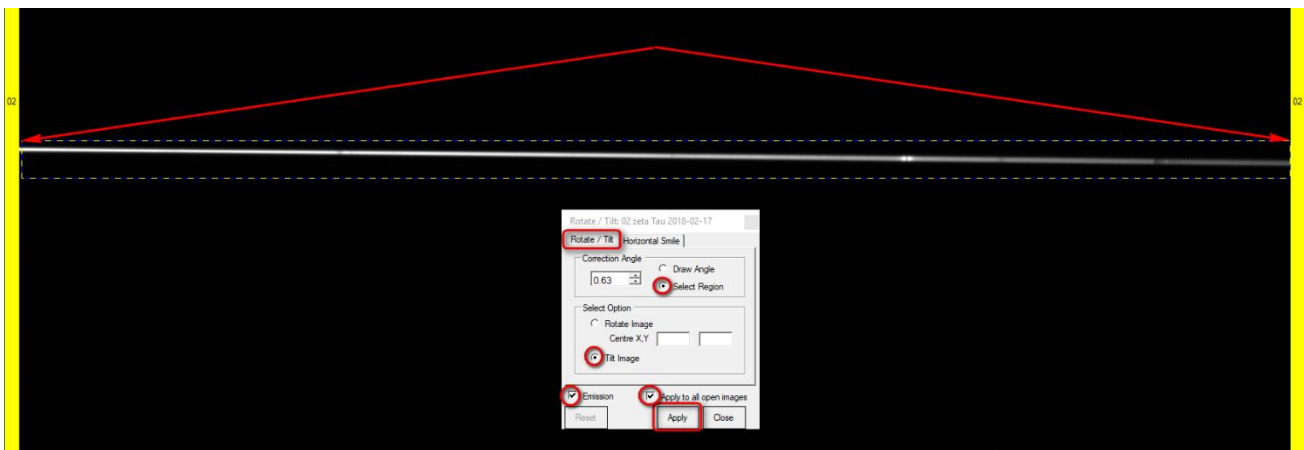
Spektren horizontal ausrichten

- Image Strip View
- Raw Image 50%
- Spektrum #02 (zeta Tau) aktivieren
- Image → Rotate/Tilt correction
- Select Region, Tilt Image, Emission, Apply to all open images wählen.



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

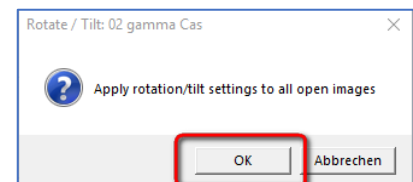
→ Dann mit der Maus um das Spektrum einen Rahmen aufziehen:



→ Apply → Close

Nun sind **beide** Spektren gleichermaßen um einen Winkel von 0.63° horizontal ausgerichtet.

Eine Smile/Slant-Korrektur muss hier nicht vorgenommen werden, da im genutzten Spektralbereich des Sternspektrums die Linien gerade sind und senkrecht auf dem Spektrum stehen.



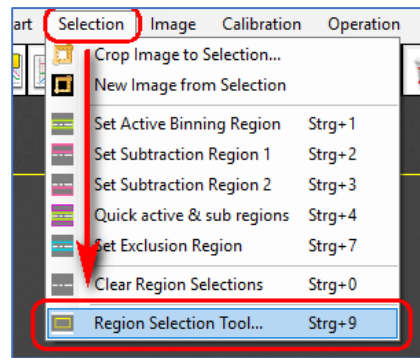
→  Abspeichern der beiden gedrehten Spektren: Save the selected image strip (selbe Namen)



→  Speichern des Projekts: Unter dem selben Namen

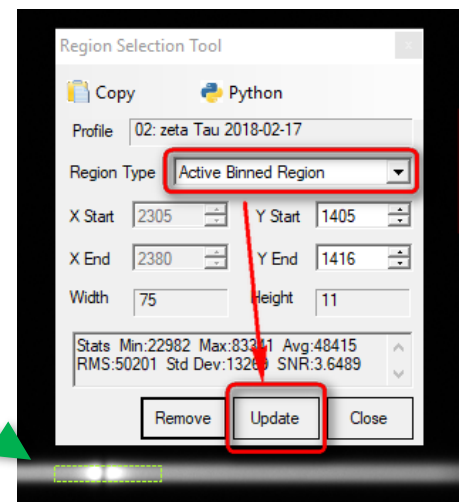
6. Auswahl des Scanbereichs für Spektrum und Himmelshintergrund

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

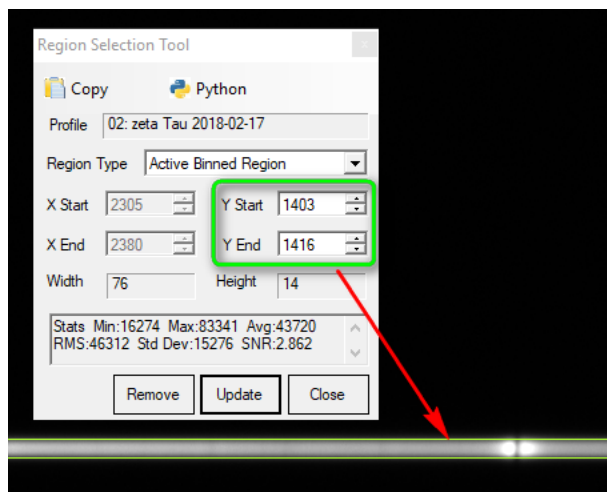


Es erscheint das Menüfenster Region Selection Tool.

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



- 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 →  Bildschirm-Refresh → Close

Hinweis: Unklar ist, inwieweit die Statistik der aktiven Binning-Zone hinsichtlich der Erzielung eines optimalen SNR innerhalb des Scanbereichs verwendet werden kann.

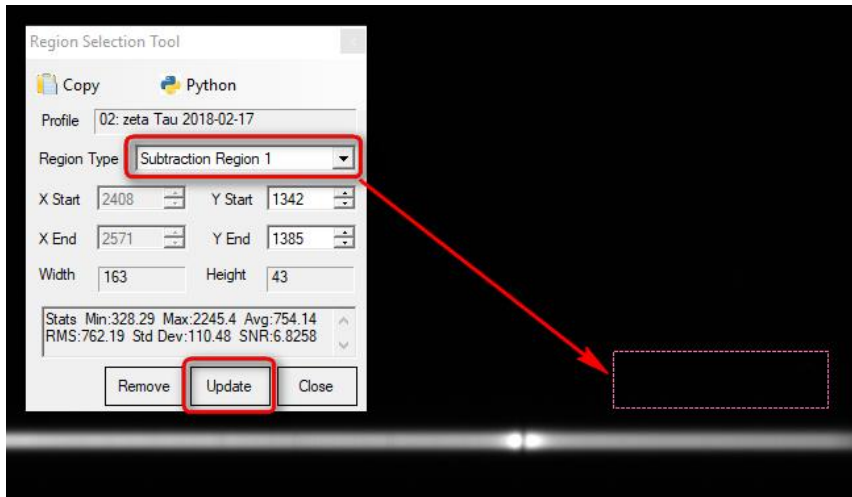
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

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

Manuelle Festlegung der beiden Himmelshintergrundbereiche oben/unten:

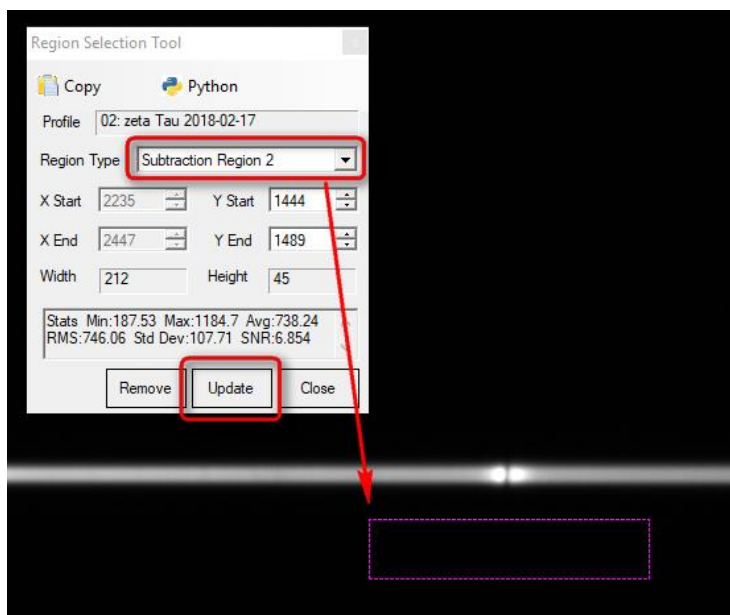
- ➔ Subtraction Region 1 (für Himmel „oben“, also oberhalb des Sternspektrums)
- ➔ Rahmen aufziehen für Himmel „oben“



- ➔ Update. Der Rahmen wird automatisch über die ganze Breite aufgezoogen.



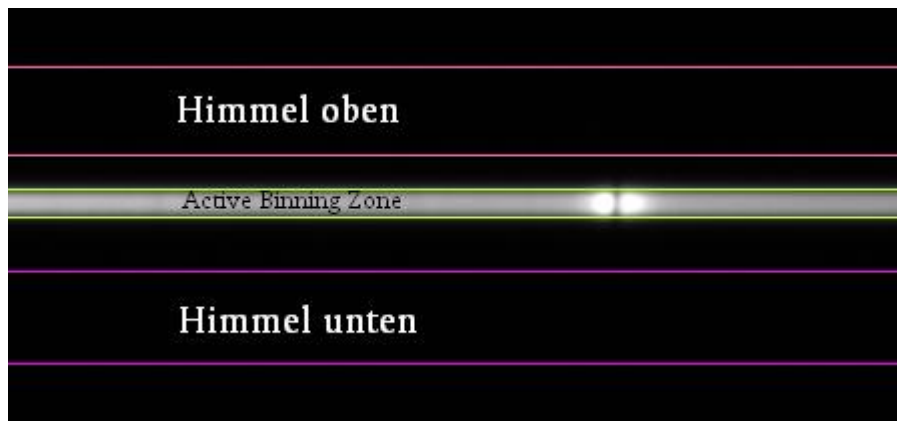
- ➔ Subtraction Region 2 (Himmel „unten“, also unterhalb des Sternspektrums)
- ➔ Rahmen aufziehen für Himmel „unten“




Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

Und das ist das Ergebnis der Festlegung der Bereiche:

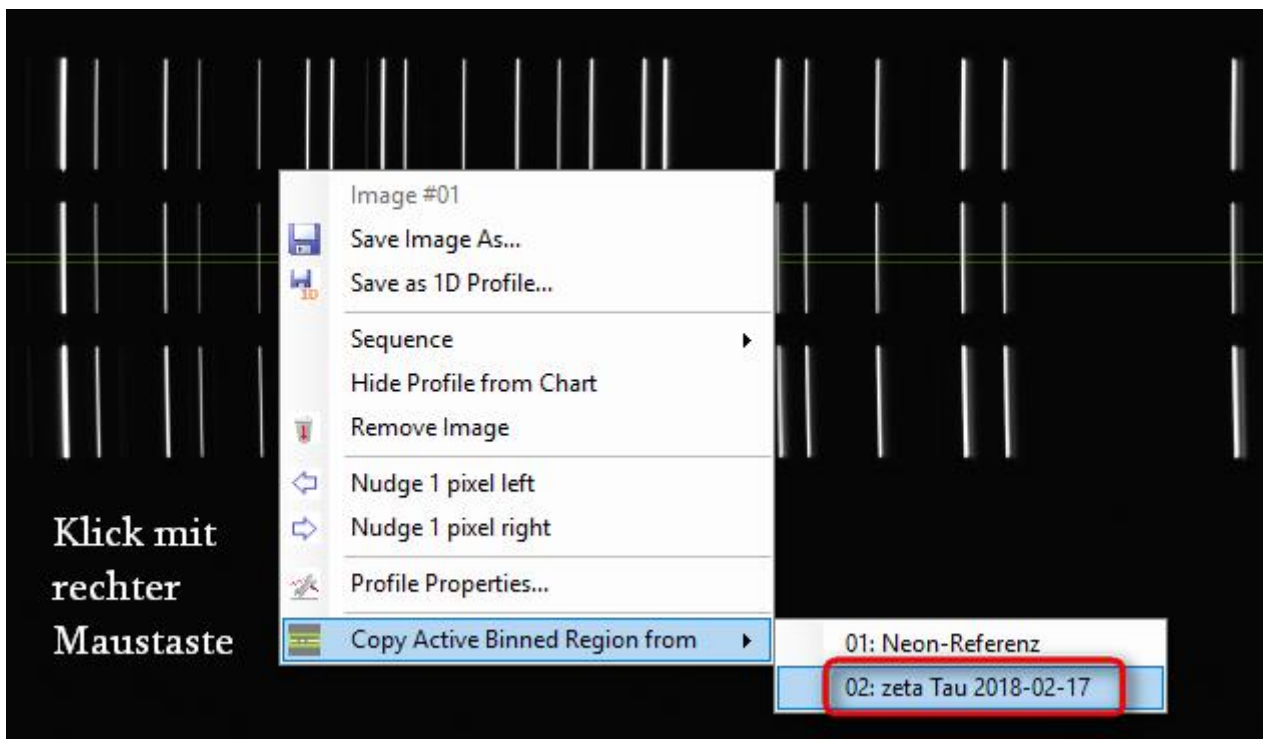


→ Update → Close

→  Bildschirm-Refresh nicht vergessen!!

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

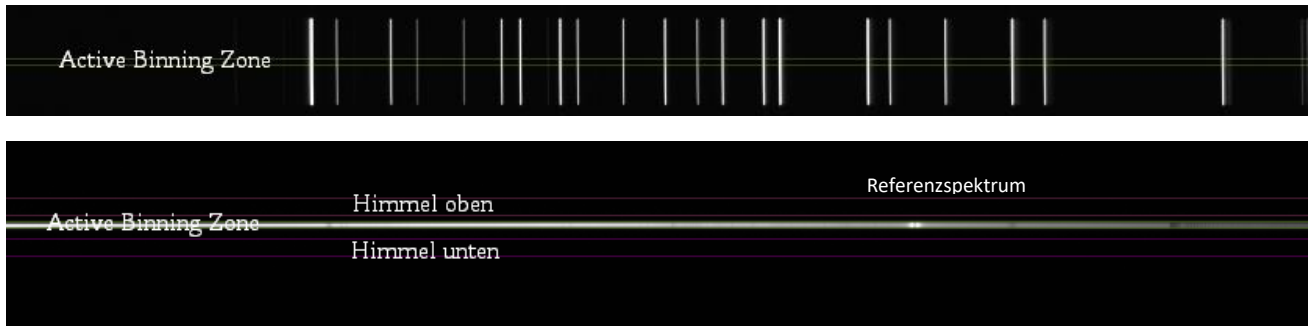
- Mit linker Maustaste in das Spektrum 01: Neon-Referenz aktivieren
- Mit rechter Maustaste in das Spektrum 01: Neon-Referenz klicken
- Copy Active Binned Region from
- 02: zeta Tau 2018-02-17




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

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

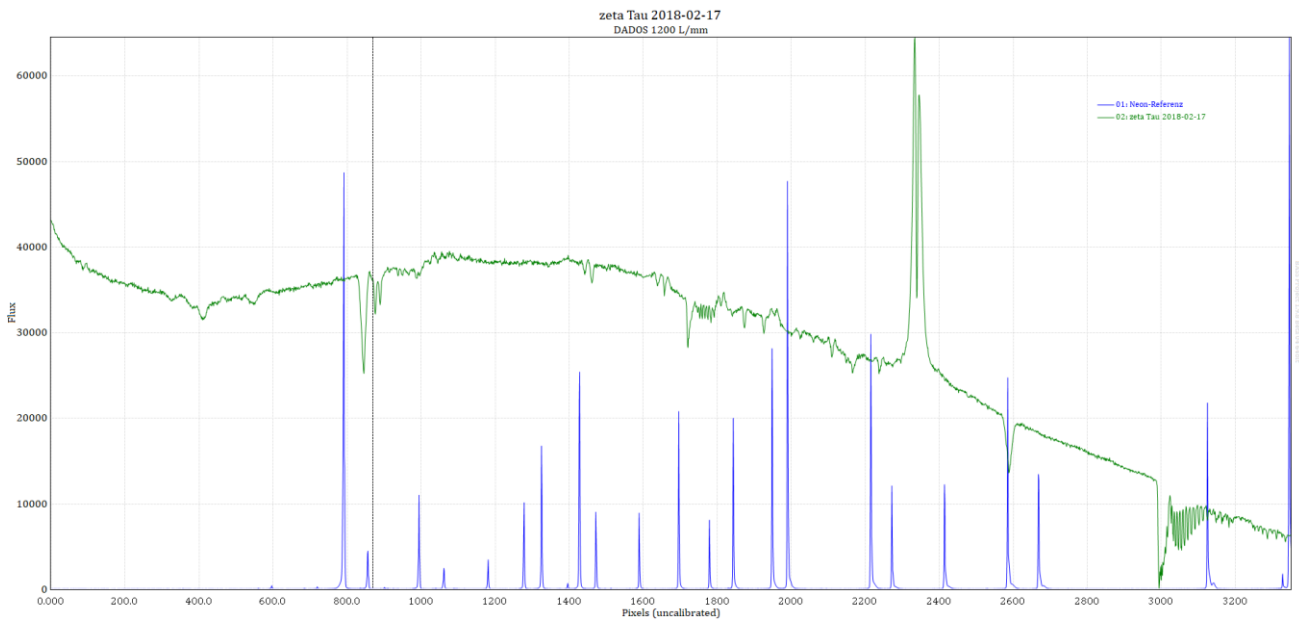
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$



→  Speichern des Projekts

Das grüne Spektrum von zeta Tau ist das Resultat folgender Operation:

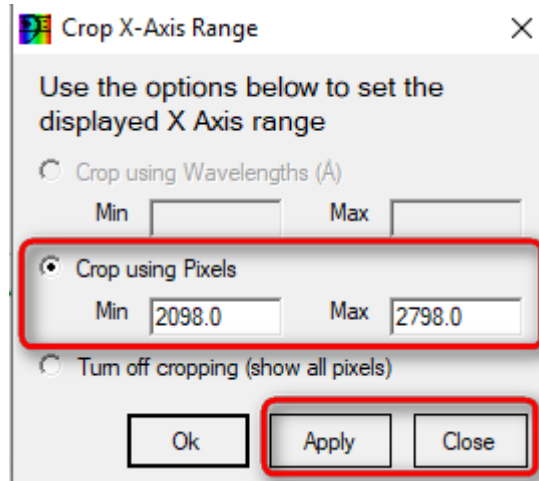
Intensität des Spektrums von zeta Tau = Intensität der Active Binning-Zone – Intensität (Himmel oben + Himmel unten)/2



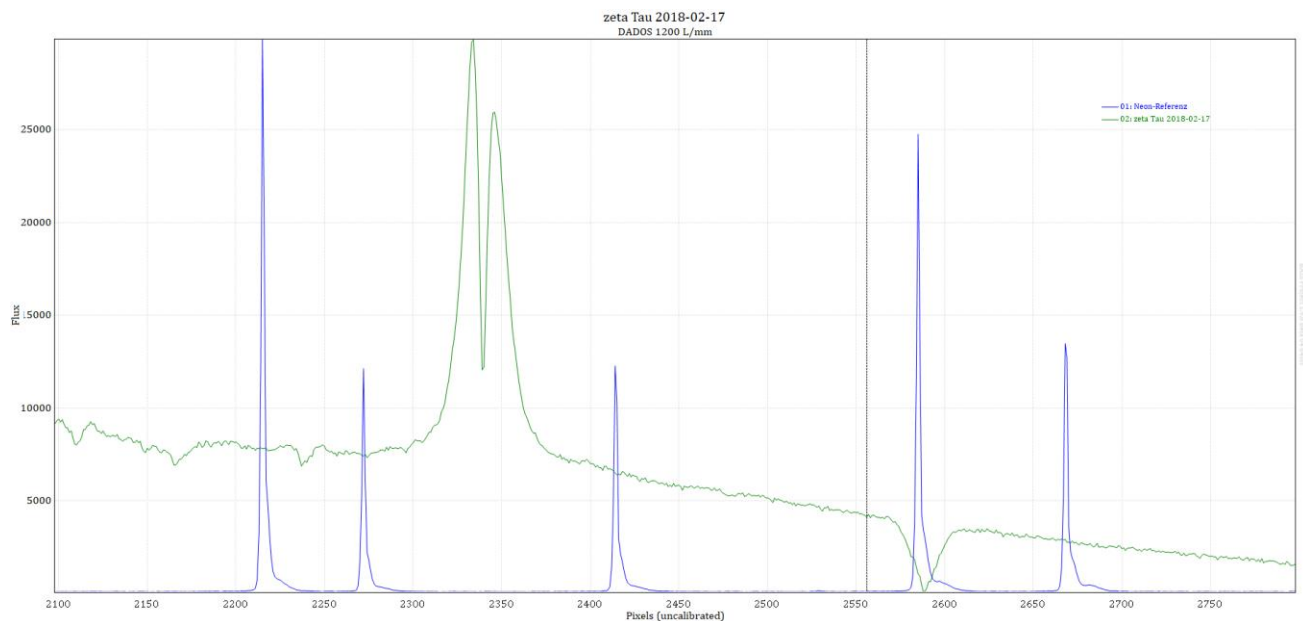
7. Einzelne Spektralbereiche genauer betrachten

- Beispiel: H α -Linie
- Ziehe mit der linken Maustaste einen Bereich von ca. 2100px bis 2800px auf

-  Crop X-Axis Range



- Apply

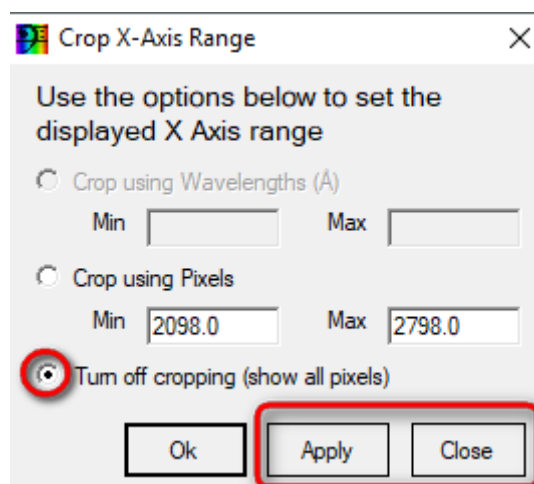


- Zurück zur Gesamtansicht

-  Crop X-Axis Range

- Turn off cropping → Apply → Ok

- Projekt speichern



8. Wellenlängenkalibrierung

8.1 Das Neon-Referenzspektrum

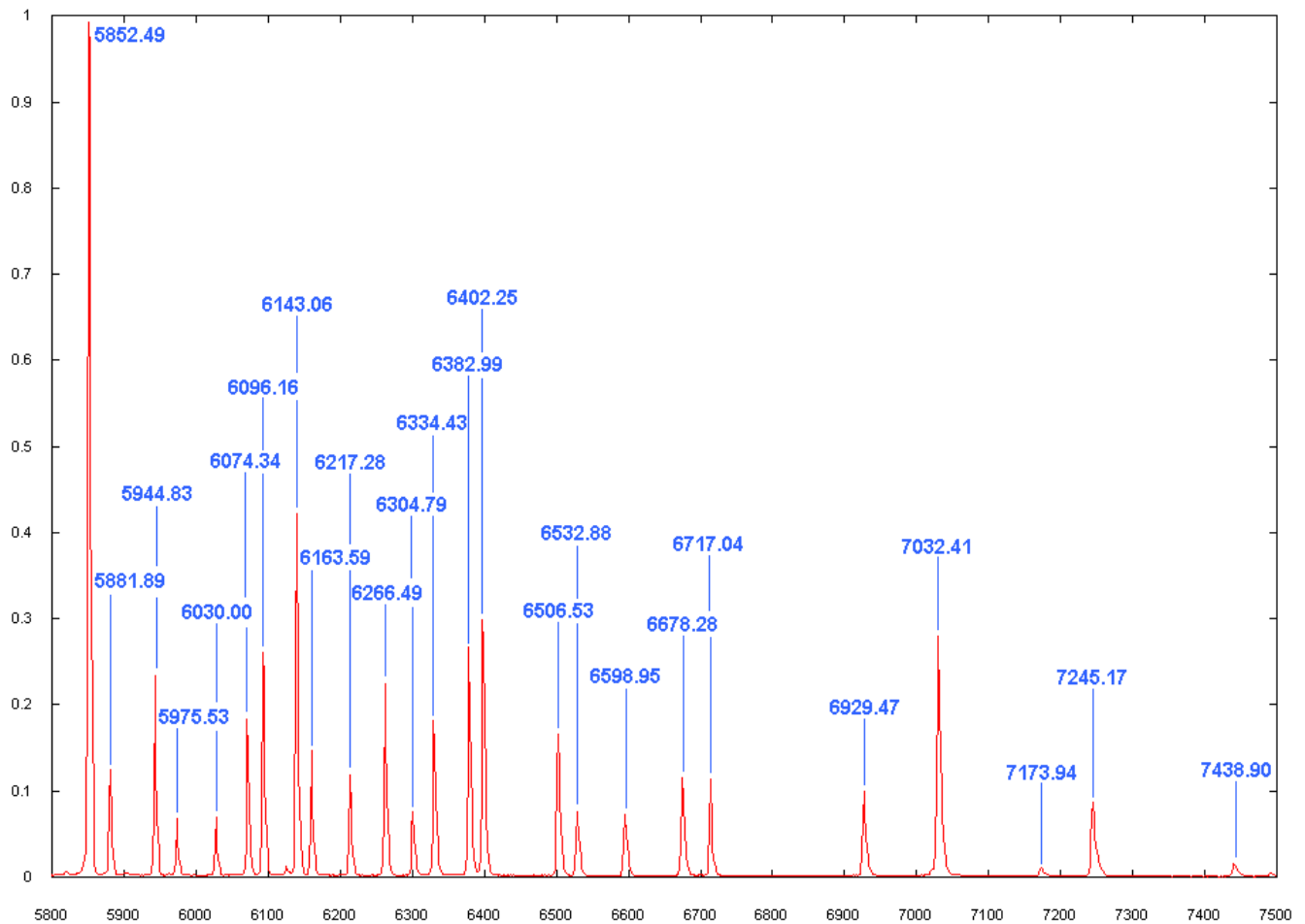
Die Wellenlängendatei befindet sich im Ordner `c:/astrobodger/Reference/Neon.dat` (**NEU!**)⁴

| | | | | | |
|------------------|------------|------------------|------------|-----------|-----|
| 3417.9035 | NeI | 5944.8342 | NeI | | |
| 3472.5711 | NeI | 5975.534 | NeI | 8300.3263 | NeI |
| 3515.1900 | NeI | 6029.9971 | NeI | 8377.6065 | NeI |
| 3593.5263 | NeI | 6074.3377 | NeI | 8495.3598 | NeI |
| 3600.1691 | NeI | 6096.1631 | NeI | 8591.2583 | NeI |
| 4488.0926 | NeI | 6128.4499 | NeI | 8634.647 | NeI |
| 4636.125 | NeI | 6143.0626 | NeI | 8654.3831 | NeI |
| 4837.3139 | NeI | 6163.5939 | NeI | 8655.522 | NeI |
| 5005.1587 | NeI | 6217.2812 | NeI | 8679.493 | NeI |
| 5031.3504 | NeI | 6266.495 | NeI | 8681.921 | NeI |
| 5104.7011 | NeI | 6304.789 | NeI | 8704.111 | NeI |
| 5113.6724 | NeI | 6334.4278 | NeI | 8771.656 | NeI |
| 5144.9384 | NeI | 6382.9917 | NeI | 8780.621 | NeI |
| 5188.6122 | NeI | 6402.246 | NeI | 8783.75 | NeI |
| 5330.7775 | NeI | 6506.5281 | NeI | 8830.907 | NeI |
| 5341.0938 | NeI | 6532.8822 | NeI | 8853.867 | NeI |
| 5360.0121 | NeI | 6598.9529 | NeI | 8919.5007 | NeI |
| 5400.5617 | NeI | 6678.2764 | NeI | 9148.672 | NeI |
| 5562.7662 | NeI | 6717.043 | NeI | 9201.759 | NeI |
| 5656.5664 | NeI | 6929.4673 | NeI | 9300.853 | NeI |
| 5689.8163 | NeI | 7024.0504 | NeI | 9326.507 | NeI |
| 5719.2248 | NeI | 7032.4131 | NeI | 9425.379 | NeI |
| 5748.2985 | NeI | 7173.9381 | NeI | 9486.68 | NeI |
| 5764.4188 | NeI | 7245.1666 | NeI | 9534.163 | NeI |
| 5804.4496 | NeI | 7438.899 | NeI | 9665.424 | NeI |
| 5820.1558 | NeI | 7488.8712 | NeI | 10798.12 | NeI |
| 5852.4878 | NeI | 7535.7739 | NeI | 10844.54 | NeI |
| 5881.895 | NeI | 8136.4057 | NeI | 11143.02 | NeI |

⁴ <http://www.astrosurf.com/buil/us/spe2/hresol4.htm>

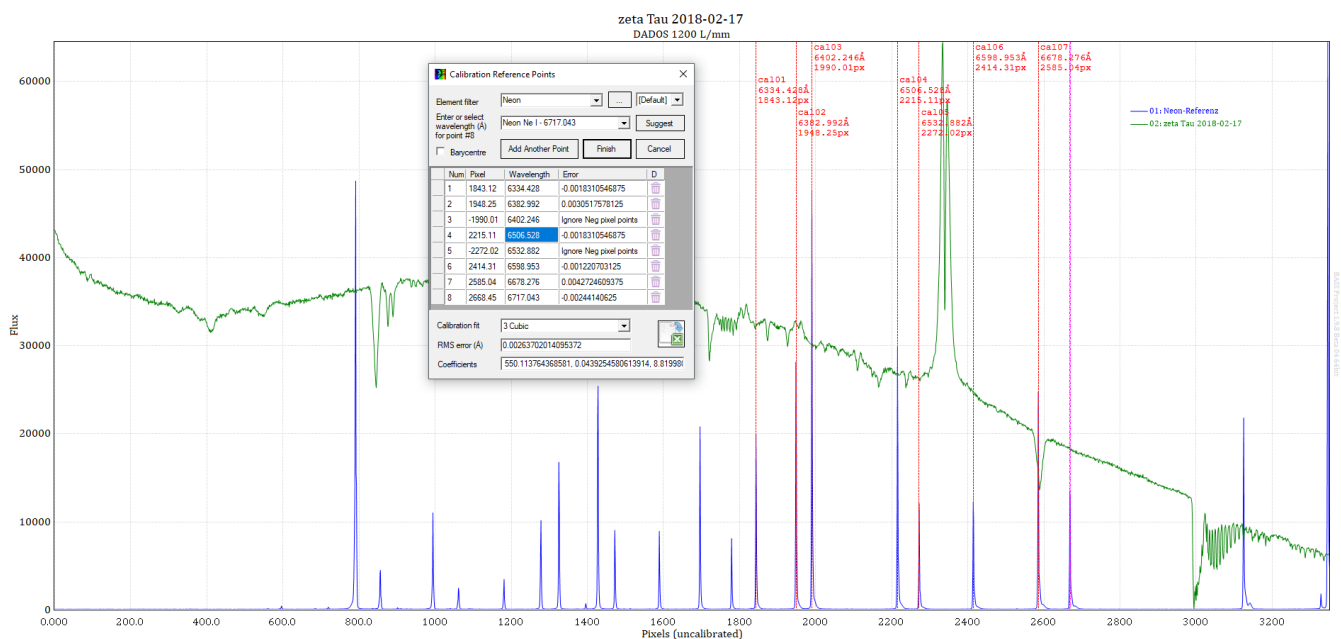
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α




8.2 Wellenlängenkalibrierung des Spektrums des Referenzspektrums

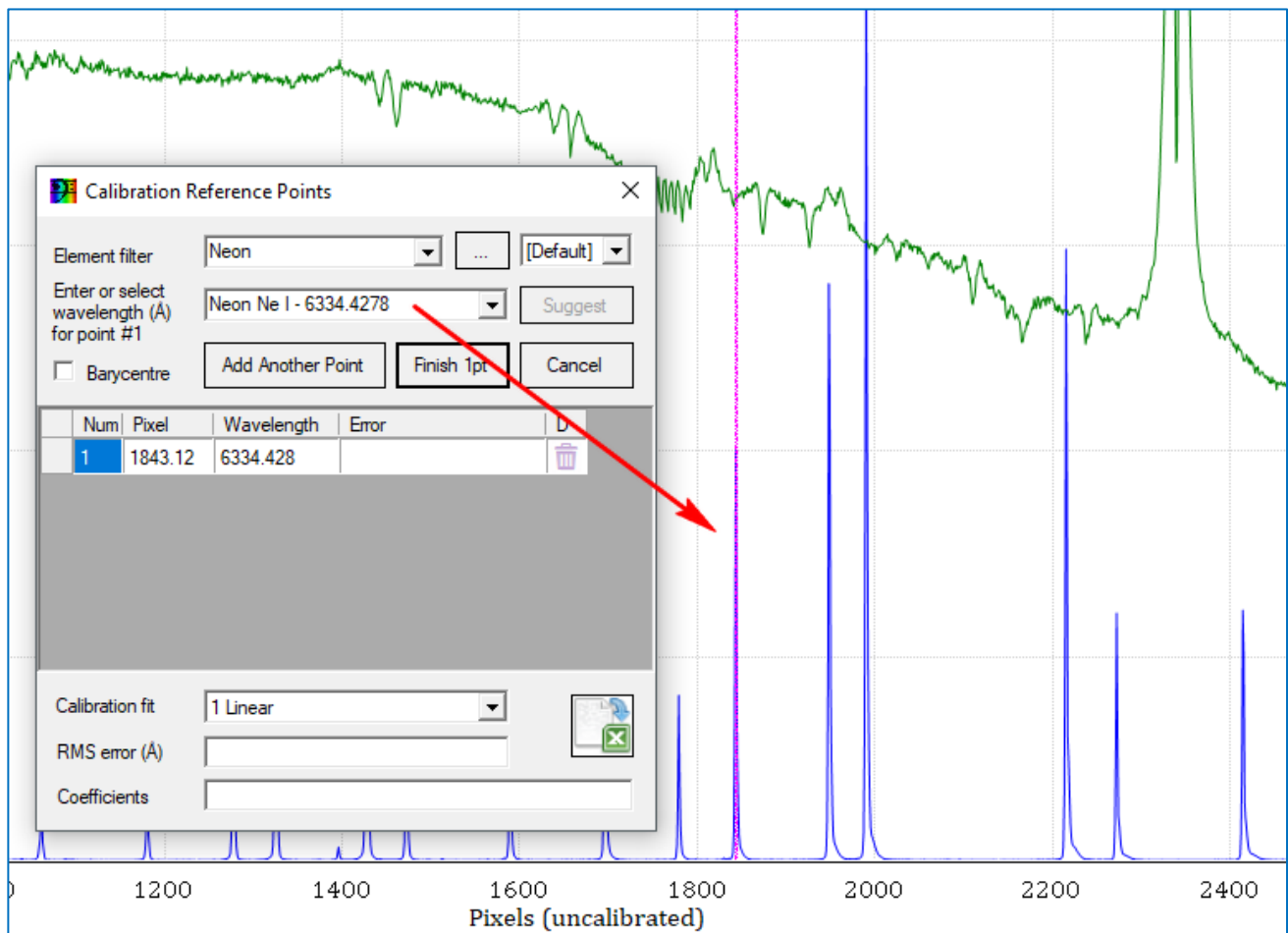
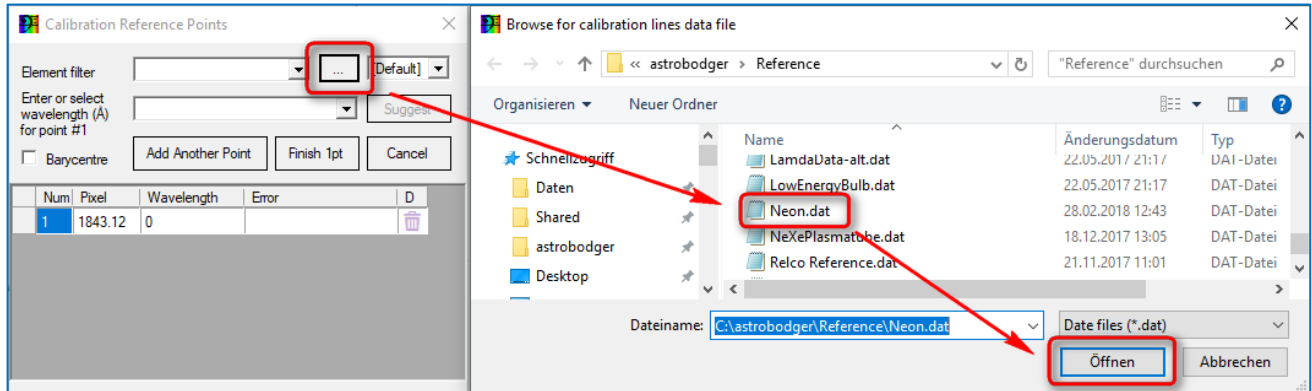
Hinweis: Die Kalibrierung wird hier nicht über das gesamte Spektrum durchgeführt, sondern nur im Bereich um H α . Dies sind die hier verwendeten acht Referenzlinien mit dem vorweggenommenen Ergebnis der Kalibrierung. In die Nähe dieses Ergebnisses wollen wir gelangen.



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

-  Enter Line Calibration Mode
- Erste Referenzline 6334.4278 Å eng eingrenzen
- Element filter: Neon.dat auswählen

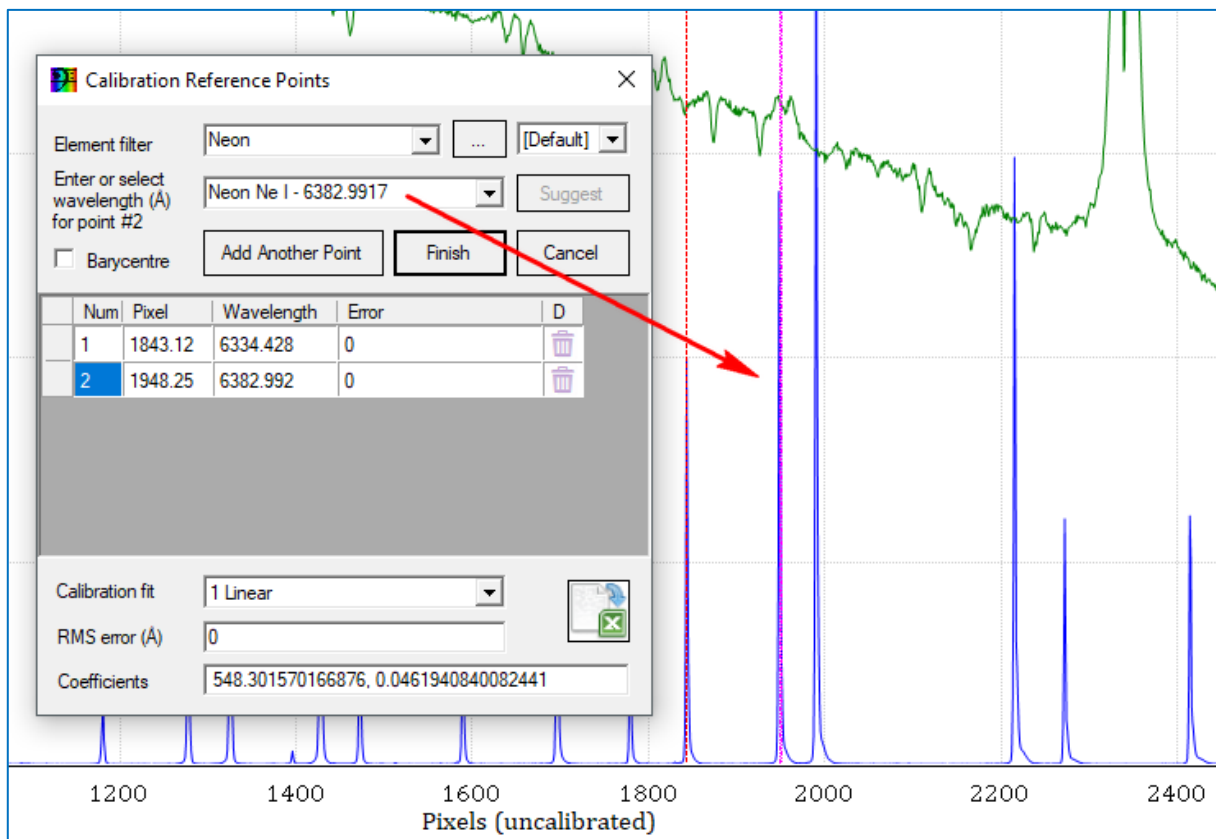


Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

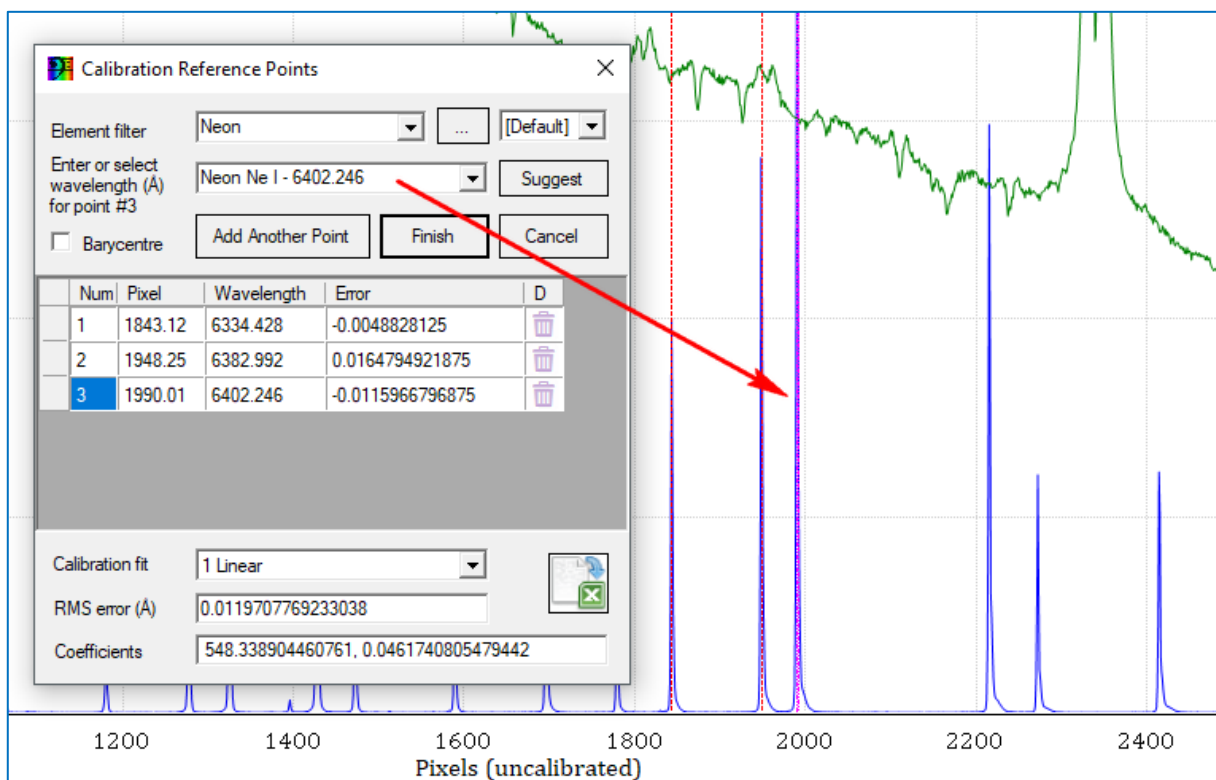
➔ Add Another Point

➔ Referenzline eng eingrenzen: 6382.9917 Å



➔ Add Another Point

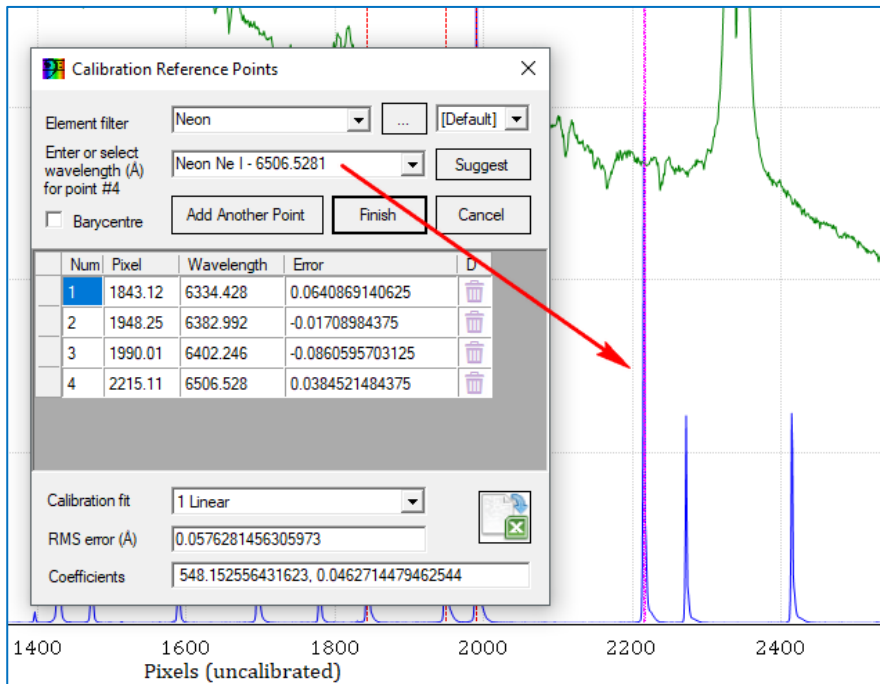
➔ Referenzline eng eingrenzen: 6402.246 Å



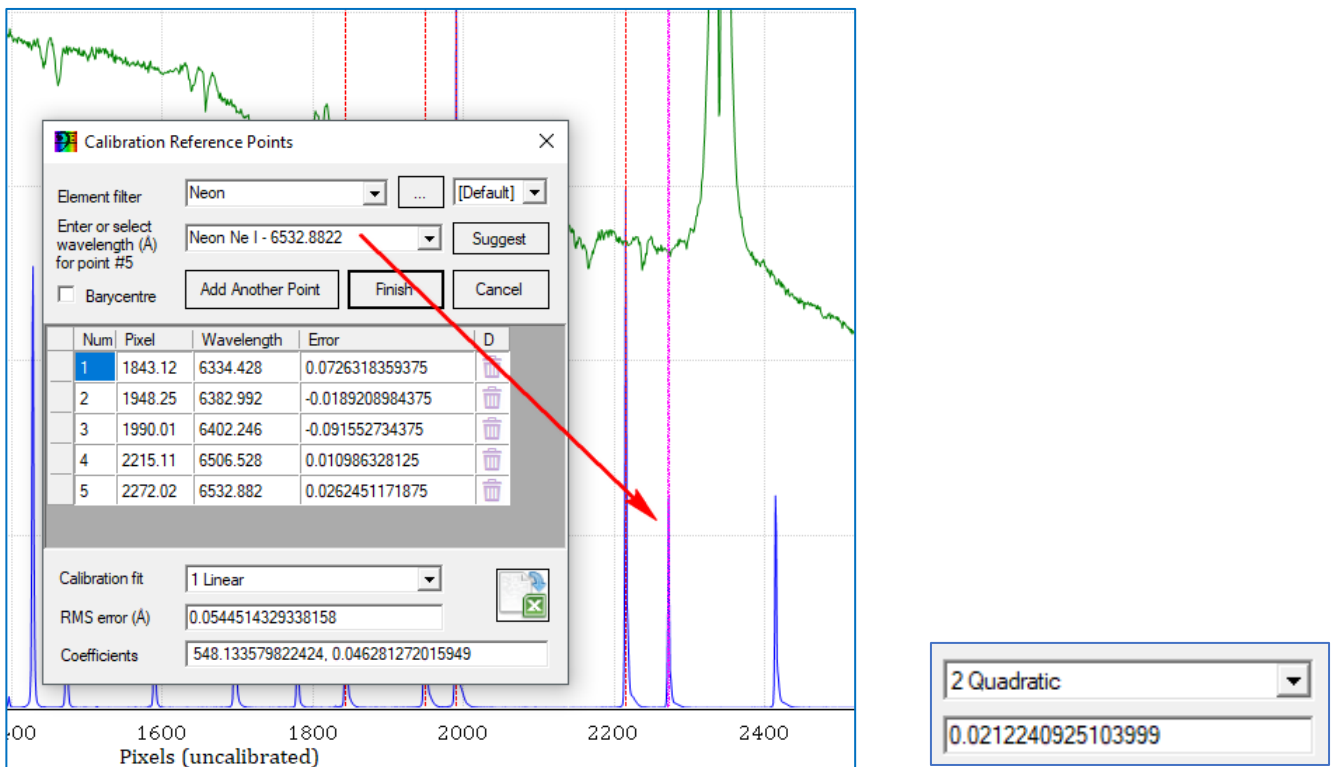
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

- ➔ Add Another Point
- ➔ Referenzline eng eingrenzen: 6506.5281Å
- ➔ Suggest bietet an: Die korrekte Wellenlänge 6506.5281Å wird angeboten



- ➔ Add Another Point
- ➔ Referenzline eng eingrenzen: 6532.882Å
- ➔ Suggest bietet an: 6532.882Å

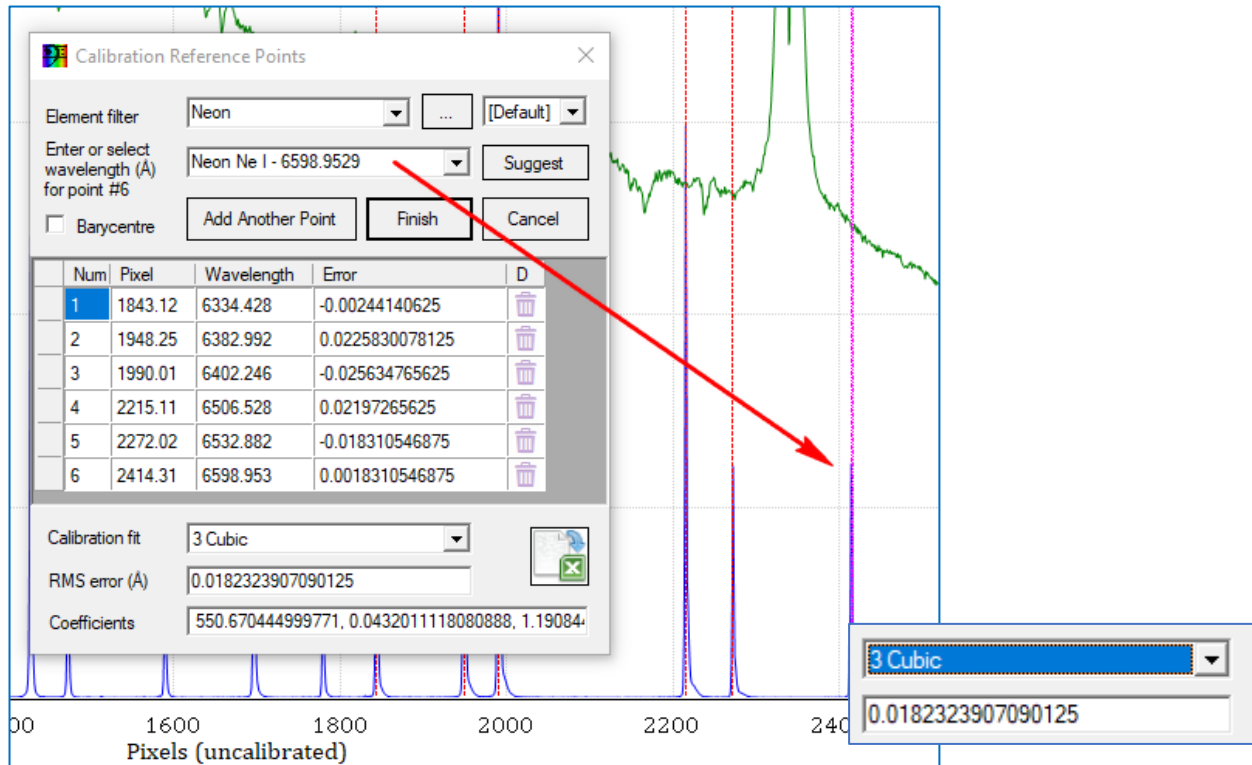


- ➔ Calibration fit umstellen auf 2 Quadratic (Polynom zweiten Grades). Restfehler nun: 0.02122Å

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

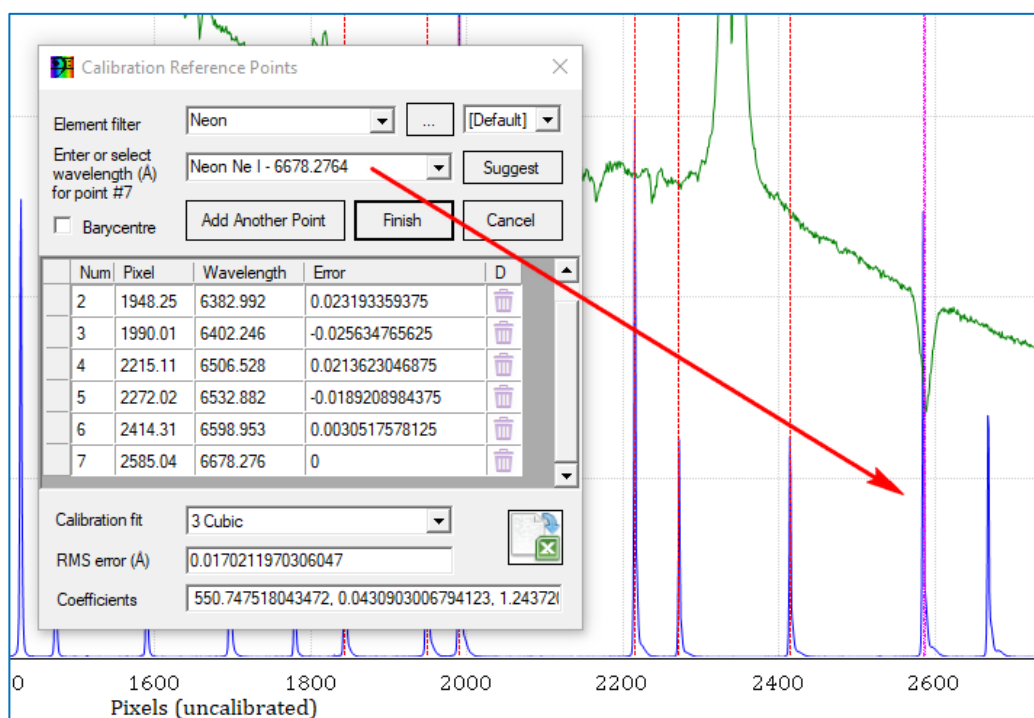
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

- ➔ Add Another Point
- ➔ Referenzline eng eingrenzen: 6598.9529Å
- ➔ Suggest bietet an: 6598.9529Å



- ➔ Calibration fit umstellen auf 3 Cubic (Polynom dritten Grades). Restfehler nun: 0.018Å

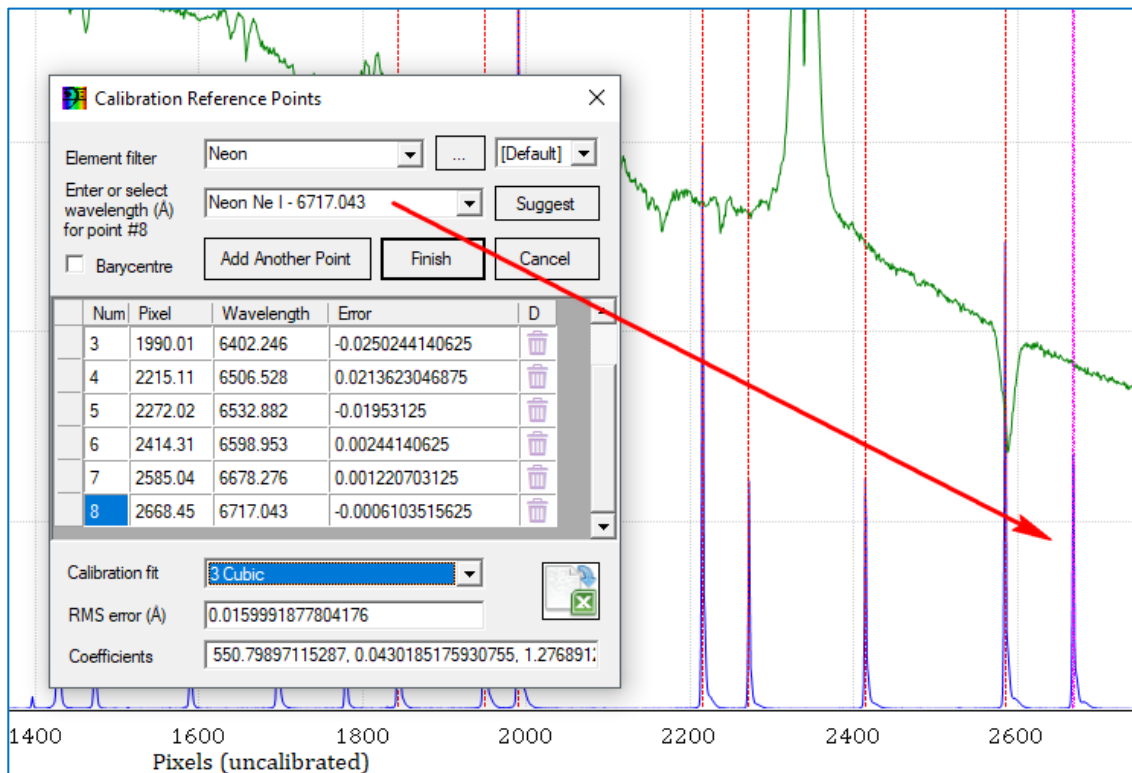
- ➔ Add Another Point
- ➔ Referenzline eng eingrenzen: 6678.276Å
- ➔ Suggest bietet an: 6678.276Å



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

- ➔ Add Another Point
- ➔ Referenzline eng eingrenzen: 6717.043Å
- ➔ Suggest bietet an: 6717.043Å

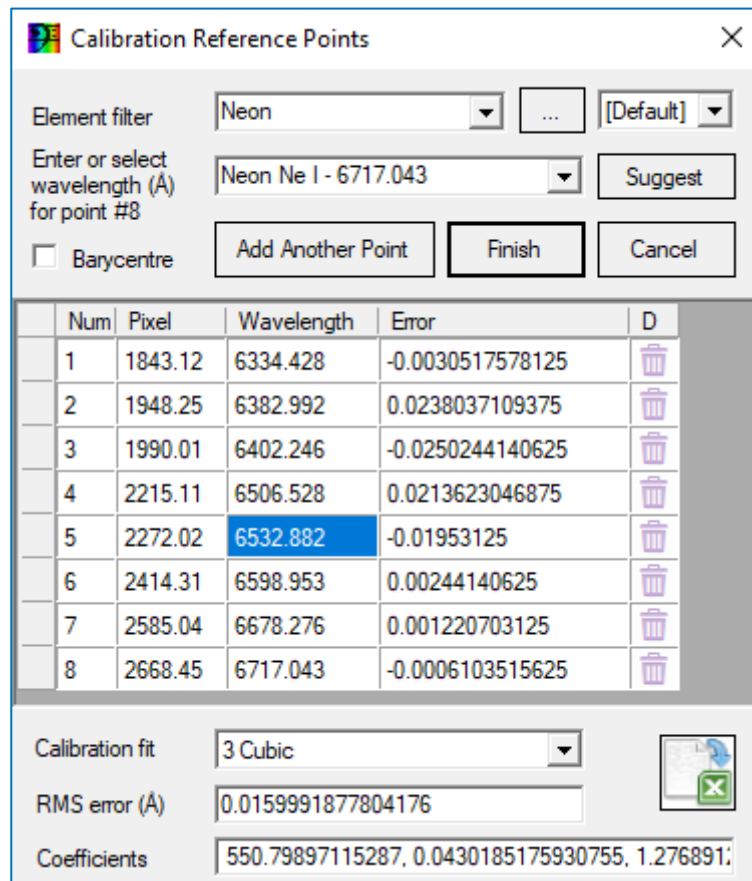


- ➔ Vorläufiger Restfehler nun: 0.016Å

Es ist nicht sinnvoll, hier einen höheren Polynomgrad als 3 oder maximal 4 zu wählen. Der Dispersionsverlauf des Spektrografen entspricht einer flachen Kurve, die sich nur geringfügig von einer linearen Funktion unterscheidet.

Wir können probieren, die Genauigkeit durch Deaktivieren bzw. Löschen der ungenauesten der 8 Linien zu erhöhen. Betrachten wir, wie sich die Deaktivierung auf den Bereich um die H α -Linie herum auswirkt.

Da wir später den Bereich der H α -Linie ausmessen wollen, interessiert uns dieser Bereich besonders.



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

Hinweis: Seit Version 1.9.8b4 kann man „ungenau“ Stützpunkte deaktivieren/aktivieren und das Polynom jeweils neu berechnen lassen: Man setzt ein Minuszeichen vor die Pixelposition einer Linie, die nicht berücksichtigt werden soll. Nun klickt man in eine andere Zeile, was die Neuberechnung auslöst. Mit Löschen des Minuszeichens kann die Linie wieder aktiviert werden.

Man kann nun solange Linien aktivieren und deaktivieren, bis eine befriedigende Genauigkeit entweder im Zielbereich H α oder über den gesamten Bereich erreicht ist.

Allerdings sollte man immer das Ziel der Maßnahme im Auge behalten. Wenn man sich auf einen Bereich konzentriert, sollte man in dessen Nähe mehr Referenzlinien wählen.

| | Num | Pixel | Wavelength | Error | D |
|--|-----|----------|------------|-------------------------|---|
| | 1 | 1843.12 | 6334.428 | -0.0018310546875 | |
| | 2 | 1948.25 | 6382.992 | 0.0030517578125 | |
| | 3 | -1990.01 | 6402.246 | Ignore Neg pixel points | |
| | 4 | 2215.11 | 6506.528 | -0.0018310546875 | |
| | 5 | -2272.02 | 6532.882 | Ignore Neg pixel points | |
| | 6 | 2414.31 | 6598.953 | -0.001220703125 | |
| | 7 | 2585.04 | 6678.276 | 0.0042724609375 | |
| | 8 | 2668.45 | 6717.043 | -0.00244140625 | |

Calibration fit: 3 Cubic

RMS error (Å): 0.00263702014095372

Coefficients: 550.113764368581, 0.0439254580613914, 8.819981

Die Wellenlängenkalibrierung verbessert sich erheblich auf RMS=0.00264Å verbessert.

- ➔ Finish
- ➔ Speichern

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

8.3 Übertragung der Wellenlängenkalibrierung auf das Spektrum von zeta Tau

→ 02: zeta tau 2018-02-17 anwählen

→  Profile properties 02: zeta tau 2018-02-17

→ Use Calibration from first profile

→ Copy

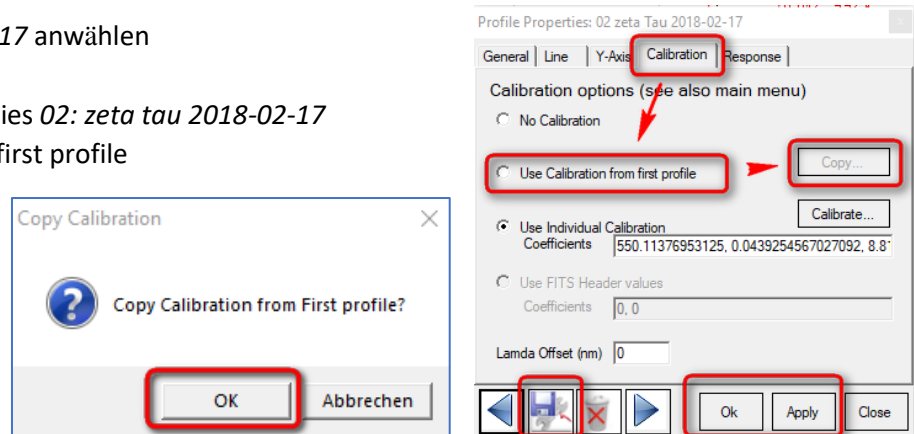
→ Ok

→ Apply


→ Ok

→  **jeweils**

speichern



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

→  Speichern des Projekts unter dem selben Namen zeta tau 2018-02-17.bass

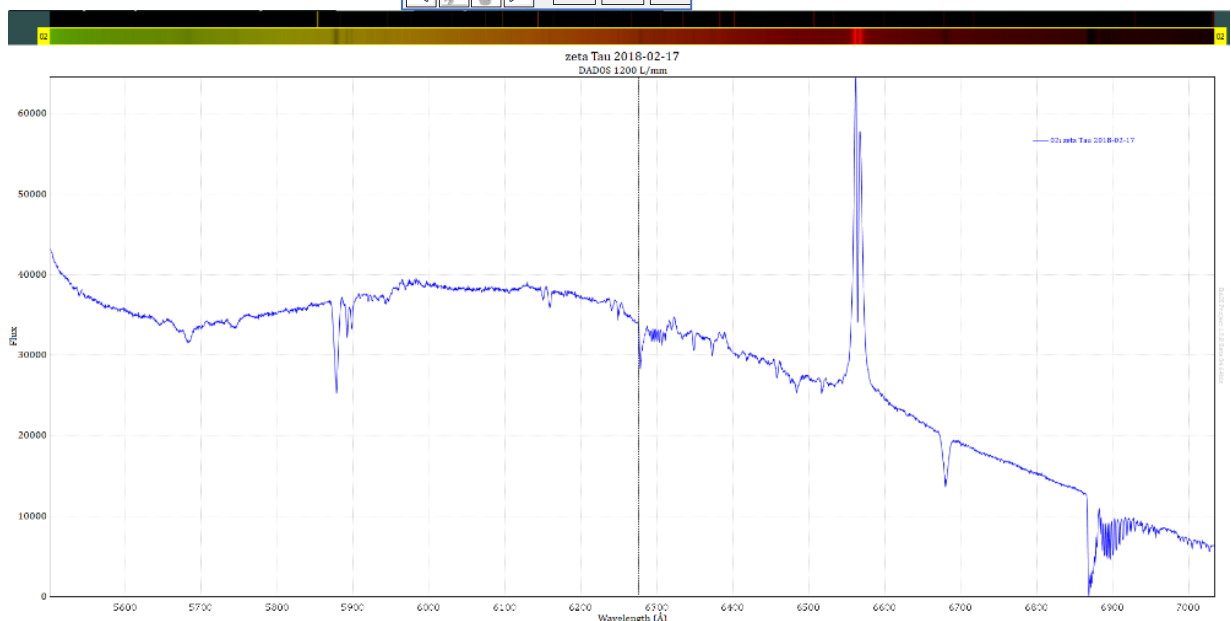
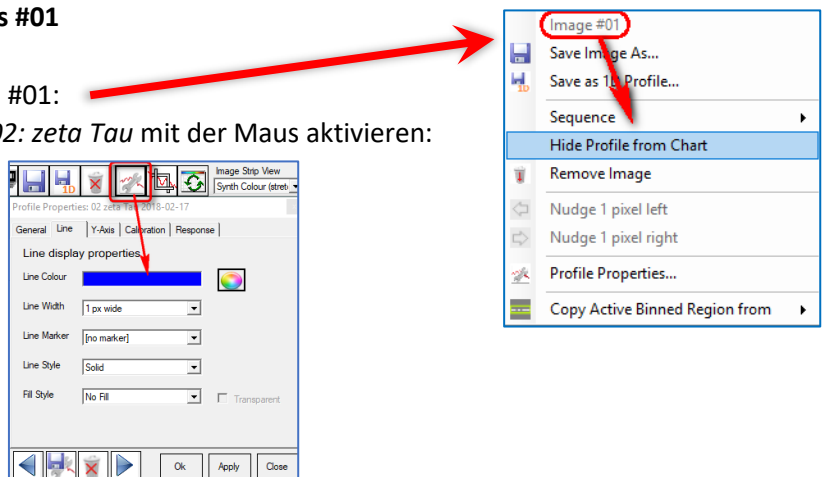
→ Show/Hide Calibration Points: Schaltet die Anzeige der Kalibrierpunkte ein und aus!

Ausblenden des Referenzspektrums #01

→ Rechte Maustaste auf Spektrum #01:

→ Linke Maustaste auf Spektrum 02: zeta Tau mit der Maus aktivieren:

→ Falls gewünscht, Farbe ändern:



9. Normierung der relativen 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.


9.1 Pseudokontinuum entfernen

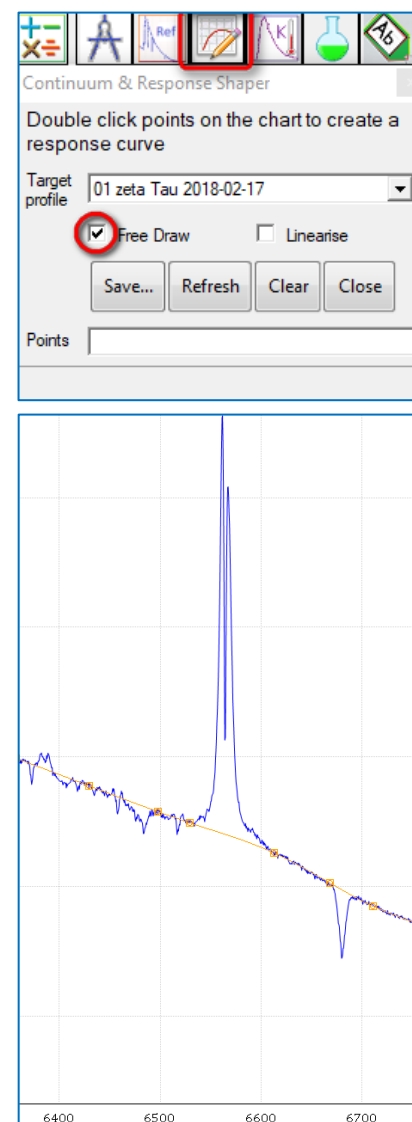
Unter der *Normierung eines Spektrums* versteht man die Eliminierung des pseudokontinuierlichen Anteils im Spektrum (Continuum Removal), so dass nur noch die Spektrallinien im Spektrum verbleiben.

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.

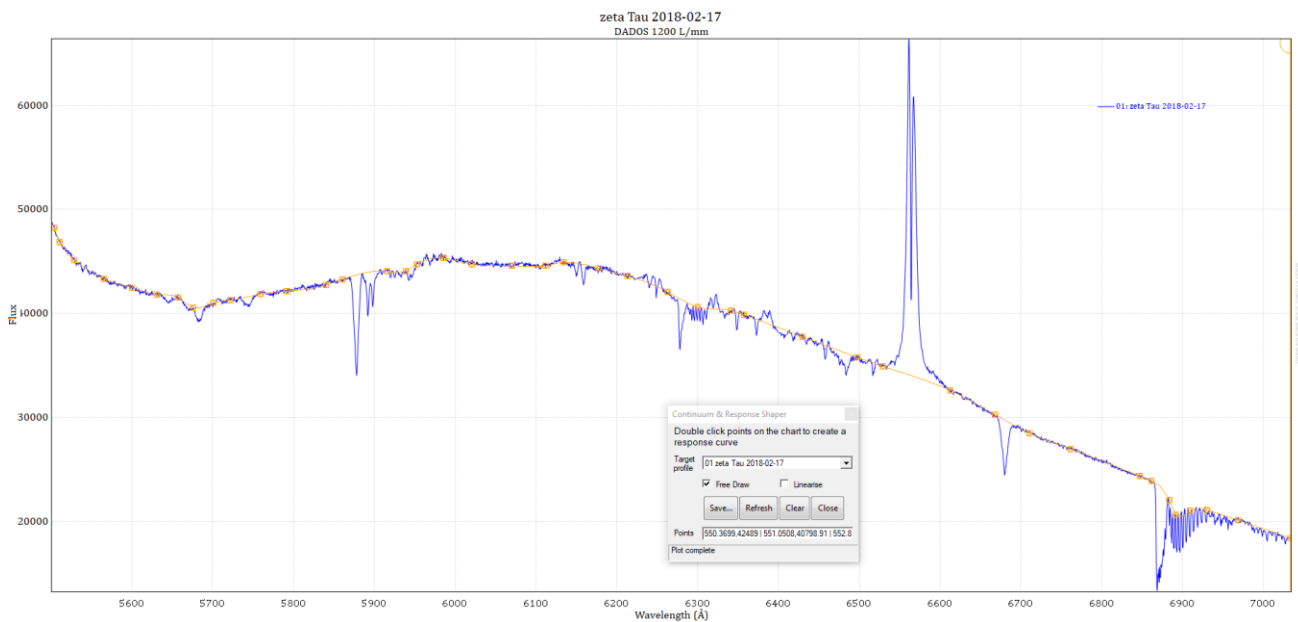
1. Durchführung einer Normierung des gesamten Spektrums

- Spektrum 02: zeta Tau an Position 1 bringen
- Hide Profile from chart 01: Neon-Referenz
- Spektrum 01: zeta Tau aktivieren
-  Continuum and Response Shaper anwenden auf 01:zeta Tau
- 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 das sogenannte *Pseudokontinuum*, meist auch als *Response* bezeichnet.

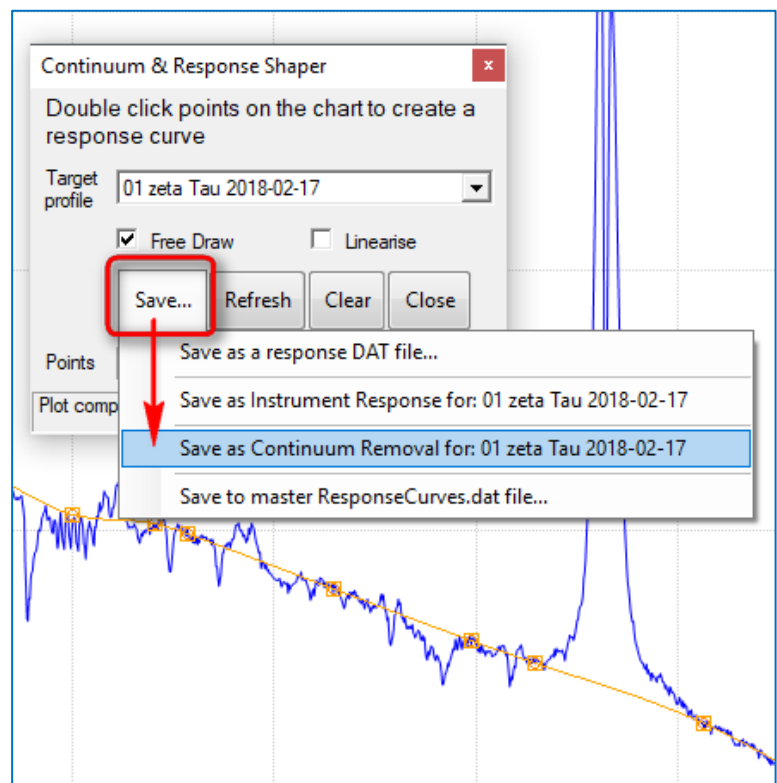


Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

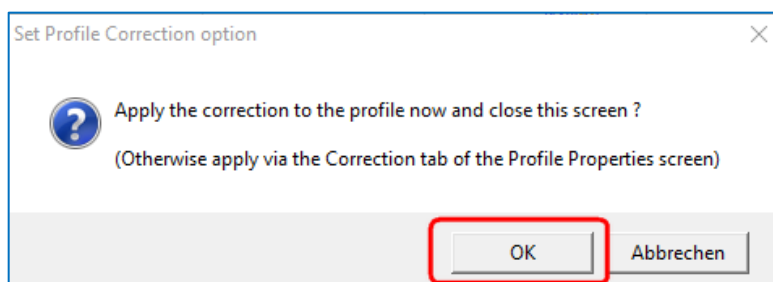
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α



→ Save as Continuum Removal for: 02 zeta Tau



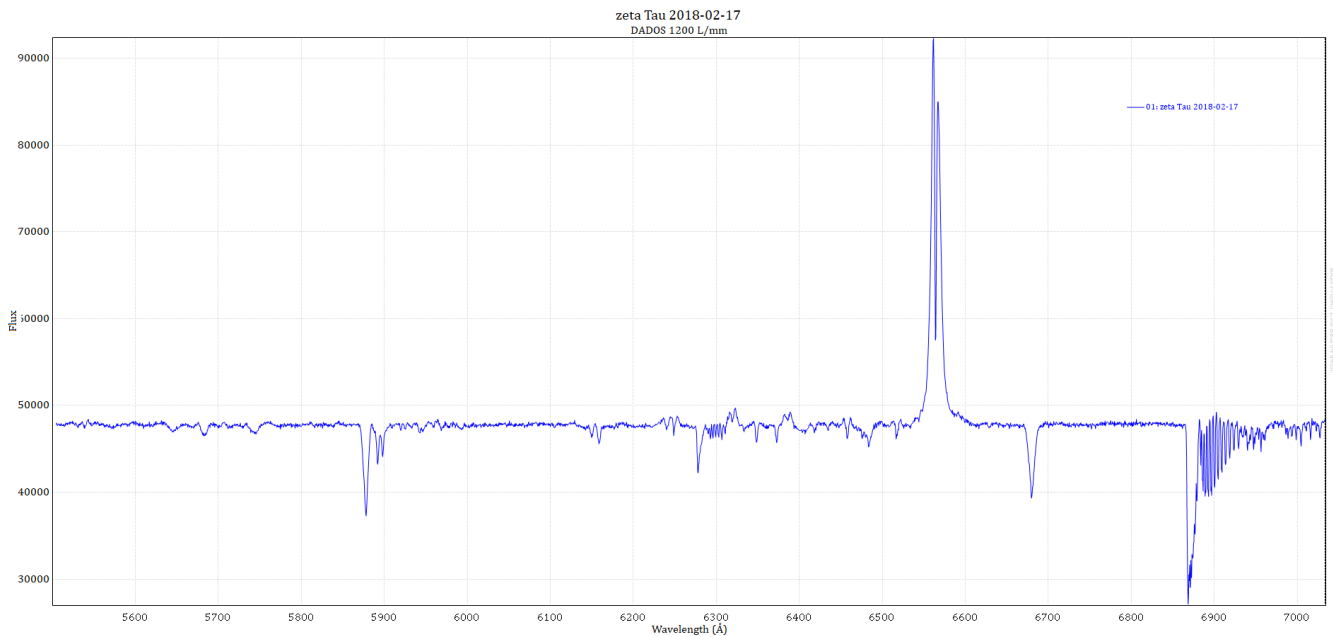
→ Normierung direkt anwenden: Abfrage mit Ok beantworten



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

Ergebnis: Das (vorläufig) normierte Spektrum.



→ Falls das durchschnittliche Kontinuum in Bereichen **NICHT** auf einer horizontalen Linie liegt, kann das Pseudokontinuum nochmals editiert werden.

→  Response → Edit

→ Target Profile: *01 zeta Tau*

→

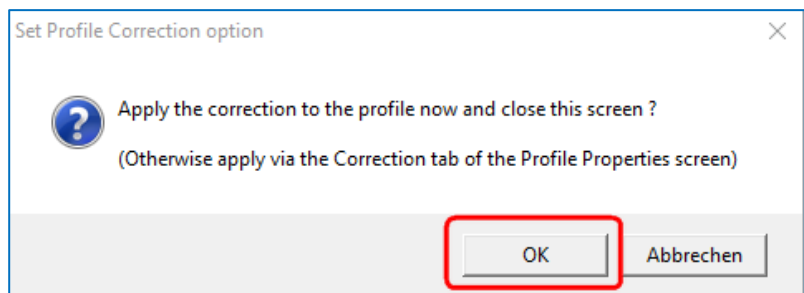
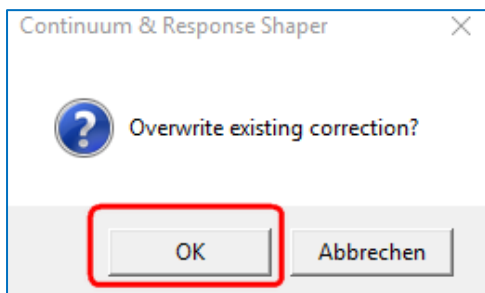
→ Free Draw

→ Neue Kästchen können gesetzt und/oder alte entfernt werden. Löschen durch Drücken auf das Mauseis!

→ Save

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$



→ Ok



→ Projekt zwischendurch immer mal speichern:
C:\astrobodger\zeta Tau 2018-02-17\zeta Tau 2018-02-17.bass

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

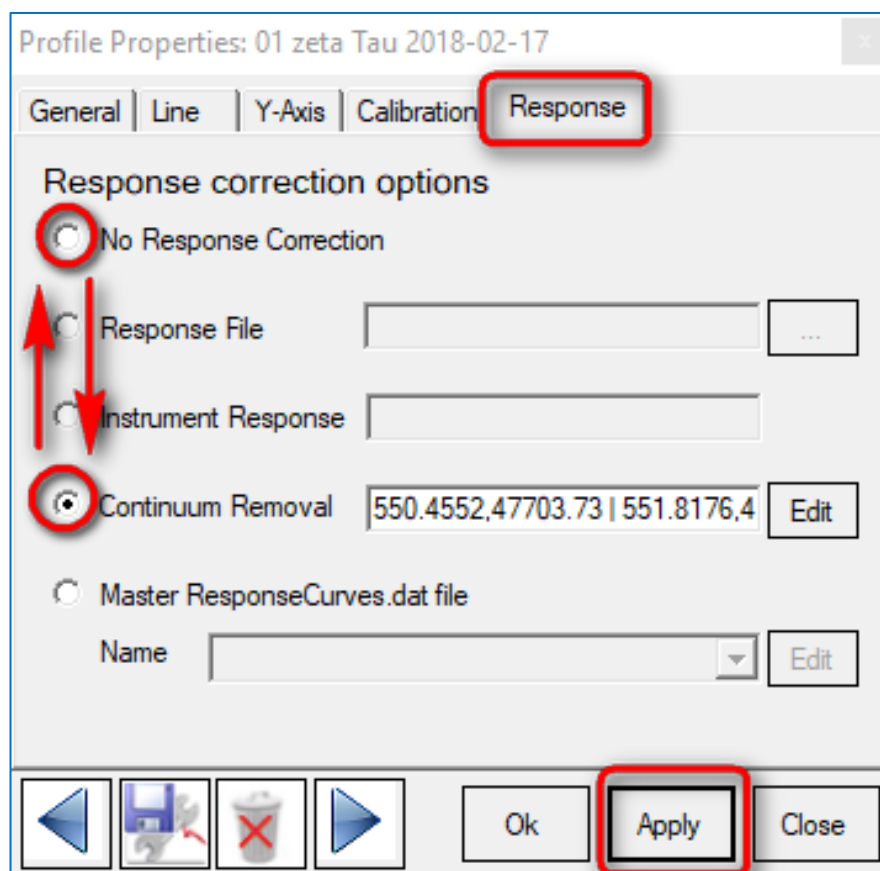


→ Profile Properties

→ Response

→ Continuum Removal ⇄
No Response Correction

→ Jeweils Apply



9.2 Normierung auf „1“

„Normierung auf 1“ bedeutet, dass das Kontinuum auf den Wert 1 festgelegt wird.

Zunächst sicherstellen, dass das Spektrum von zeta Tau an Position 1 steht: 01: zeta Tau 2018-02-17

- Falls nicht, mit rechter Maustaste in das zeta-Tau-Spektrum klicken
- Sequence
- #01 auswählen

Falls links und rechts unerwünschte Bereiche sind, diese nun ausgrenzen. Ein vollständiges Entfernen aus dem Datensatz ist in dieser späten Phase aber nicht mehr möglich:

- Mit der linken Maustaste das Spektrum wie gewünscht eingrenzen



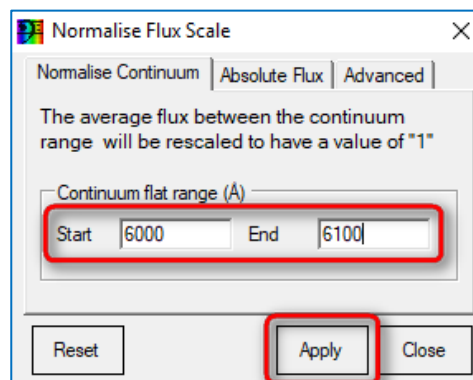
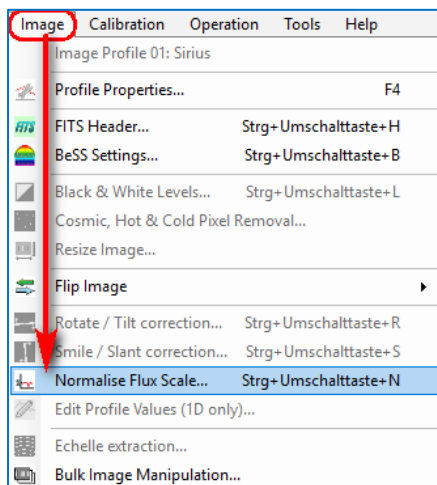
- Crop X-Axis Range
- Wellenlängenbereich eingrenzen mit der Maus.
- Apply



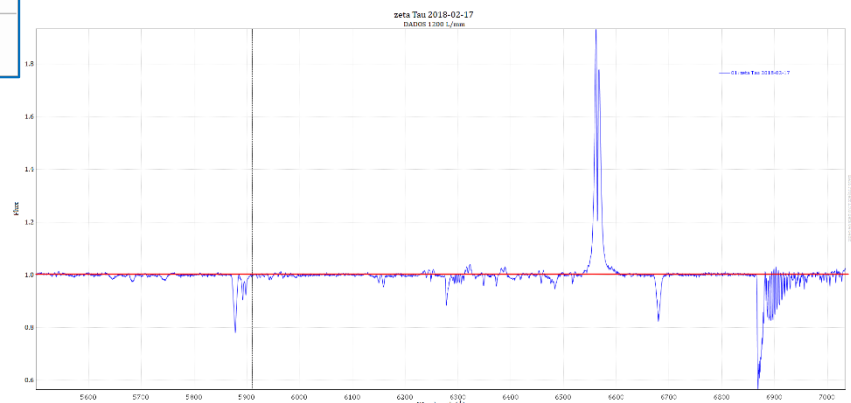
- File → Save Project File

Normierung auf „1“ durchführen:

- Image
- Normalize Flux Scale
- Im Spektrum einen Bereich definieren, der den Wert 1 erreichen soll. Hier bei ca. 6000Å-6100Å
- Falls unzufrieden mit der Lage der „1“-Linie, neue Start- oder Endwerte eingeben und Apply drücken.
- Falls zufrieden: Close





Hinweis: Die Normierung auf „1“ ist ein höchst subjektiver Vorgang, der von jedem Bearbeiter mit einem anderen Ergebnis durchgeführt und beurteilt wird. Dies kann später zu einer Streuung der Messwerte führen.

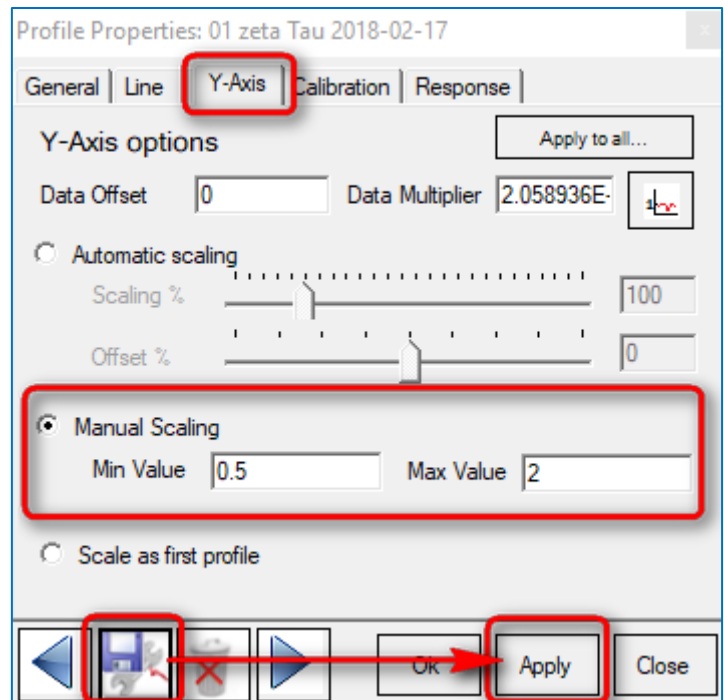


9.3 Manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux, relative Intensität)

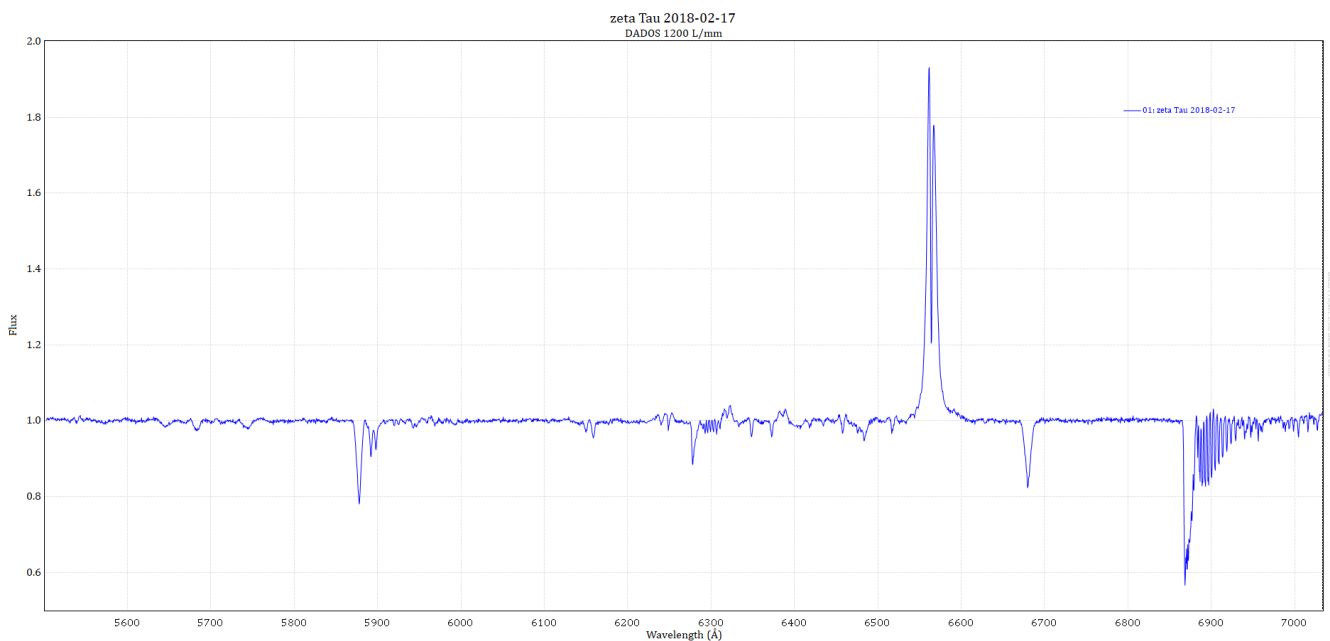
Die manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux) des Spektrums von zeta Tau beträgt in diesem Beispiel 0 bis 2:


Skalierung der Y-Achse

-  Profile Properties
-  Save Property Settings
- Apply
- Ok




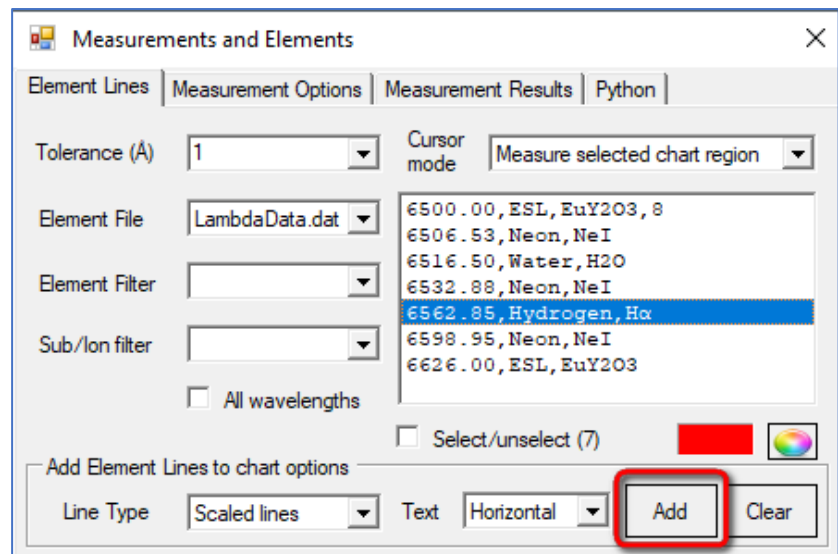
Ergebnis: Das auf „1“ normierte Sonnenspektrum, in der Intensität von 0 bis 2 skaliert. Das Referenzspektrum bleibt ausgeblendet.



-  File → Save Project File

10. Beschriftung des normierten Spektrums

→  H α -Ruhewellenlänge einzeichnen

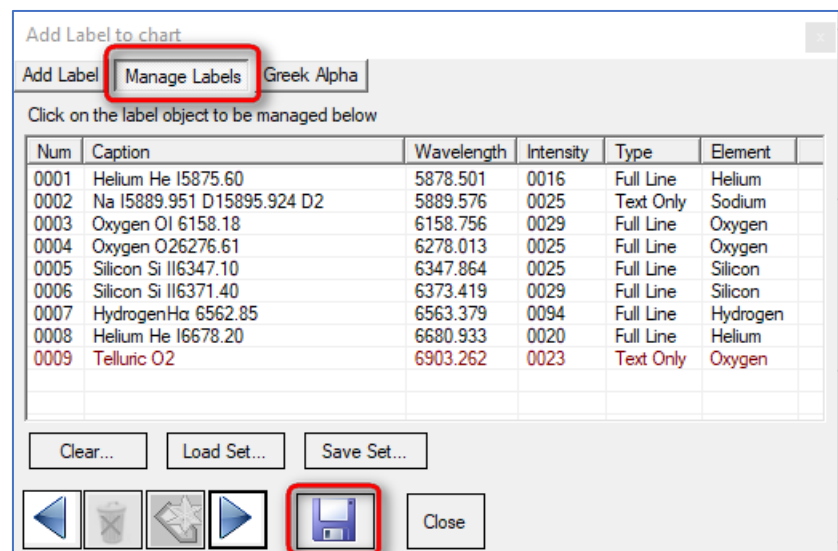


→  Label the chart

→ Manage Labels

→ Speichern

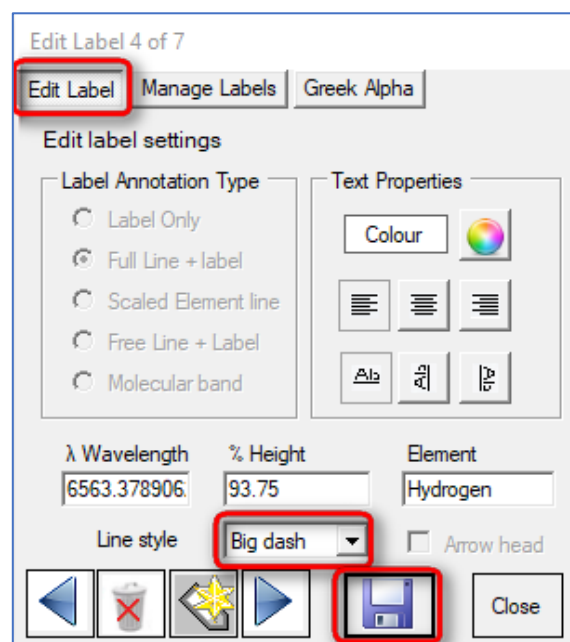
→  Projekt speichern



→ Edit Label

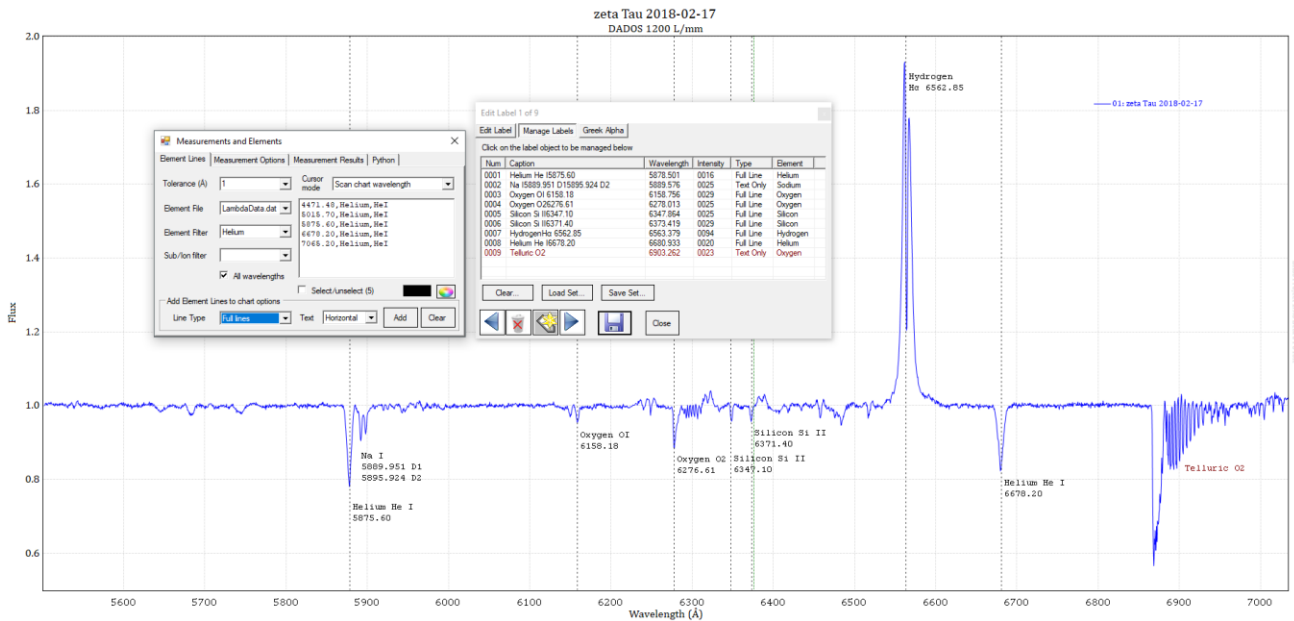
→ Speichern


→  Projekt speichern



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

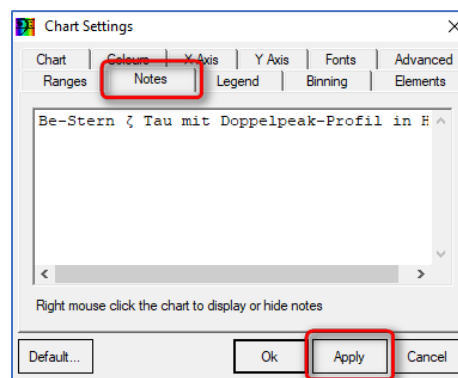
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α




→  Speichern des Projekts mit allen Skalierungen und Beschriftungen: *zeta Tau 2018-02-17.bass*

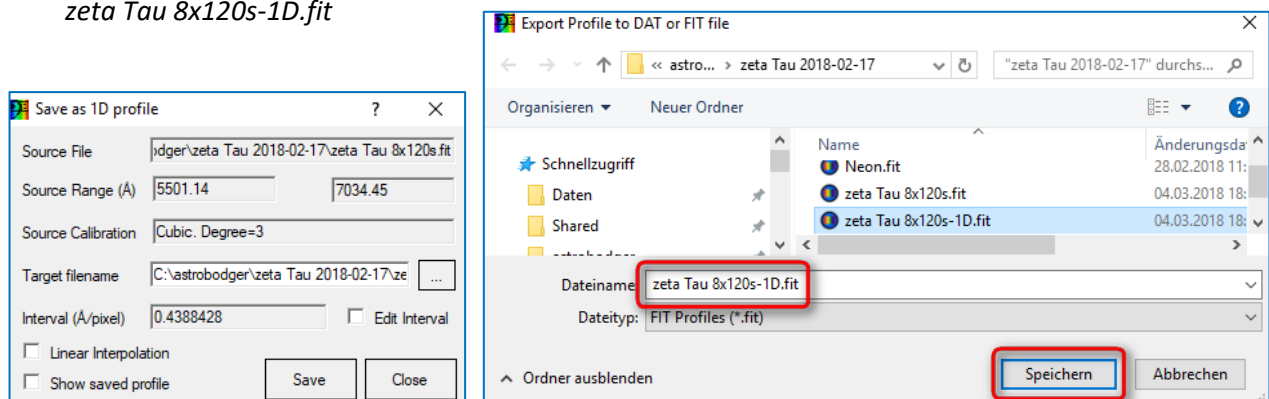
11. Notizen erstellen und einblenden

→  Chart Settings



12. Speichern eines 1D-Profiles (Wellenlänge, Intensität) im FITS-Format

→  Speichern des Spektralprofils (_1D), um es bsp. in VisualSpec oder MIDAS zu verarbeiten:
zeta Tau 8x120s-1D.fit



13. Datenerfassung im 1D-Profil für die BeSS-Datenbank

13.1 Zeta Tau in der BeSS-Datenbank

Zeta Tau ist ein klassischer Be-Stern, dessen Spektren mit anderen in der BeSS-Datenbank verglichen oder zugeführt werden können⁵. Gibt man im Abfrage-Fenster zeta Tau ein, werden Anfang März 2018 insgesamt 2548 Spektren angeboten:

| # | Be-Stern | Category | RA (h m s) | DEC (deg m s) | V (km/s) | Type | vsini (km/s) | Anzahl der Spektren in BeSS |
|---|-------------------------|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | zet Tau | Classical | 05 37 38.69 | 21 08 33.16 | 3.03 | B2IVe | 245 | 2548 |

This page allows you to query the catalogue of Be stars for informations.
Warning: when a parameter (e.g. vsini) is used in a query, only stars for which this parameter is defined in BeSS are returned.

Be stars Abfrage

z. Zt. vorhanden 2330 Be Sternen im BeSS-Katalog

Be Stern zeta Tau

Rektaszension (α) J2000: 05 h 37 m 38.69 s

Deklination (δ) J2000: 21 d 08 ' 33.16 "

Stellar type: All Be stars

V magnitude zwischen: und

Spektral typ zwischen: und

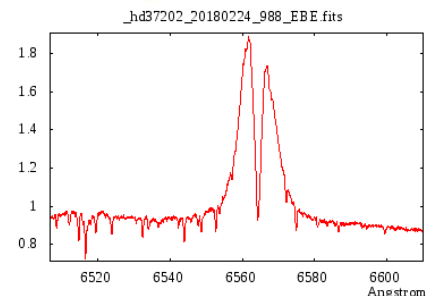
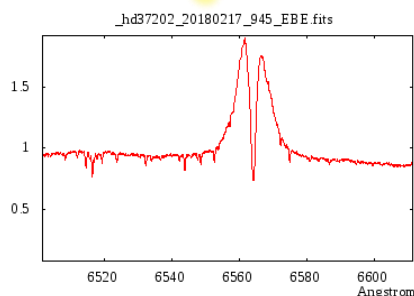
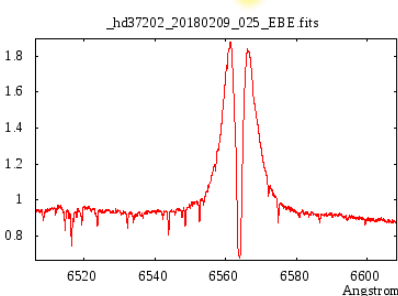
Vsini zwischen: und km/s

Mehr Kriterien

Absenden Löschen

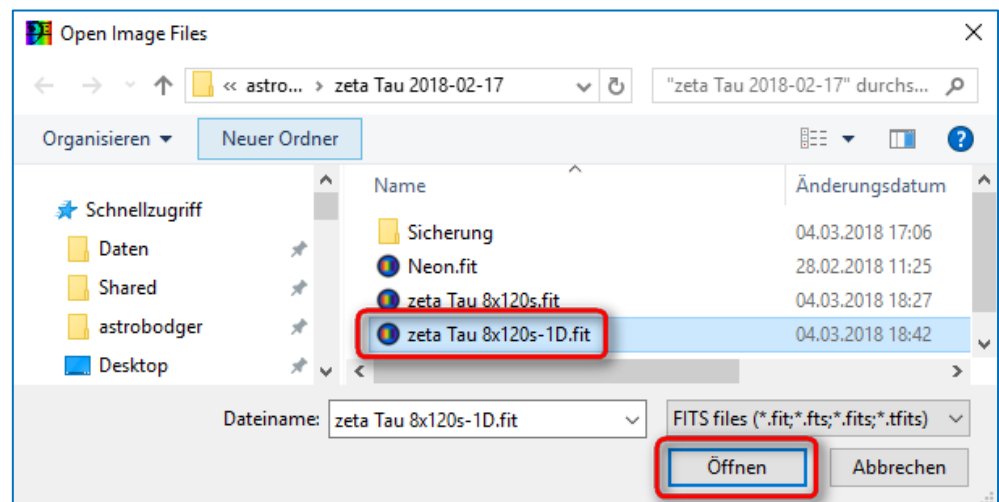
Spektren, die im Vergleichszeitraum mit höherer spektraler Auflösung (LHIRES III) aufgenommen wurden:

| # | Be-Stern | Category | RA (h m s) | DEC (deg m s) | Instrument | Ort | Beobachter | Datum | mid-HJD (d) | Auftragen | Download 1 by 1 zip | Download many zip |
|---|-------------------------|-----------|---------------|------------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | zet Tau | Classical | 05 37 38.69 | 21 08 33.16 | C8-F2000-LhiresIII 2400-35u-Atik314L+ | St Sordelin | bertrand | 2018-02-24 | 2458174.497 | plot | spec_161584 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | zet Tau | Classical | 05 37 38.69 | 21 08 33.16 | C8-F2000-LhiresIII 2400-35u-Atik314L+ | St Sordelin | bertrand | 2018-02-17 | 2458167.453 | plot | spec_161467 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | zet Tau | Classical | 05 37 38.69 | 21 08 33.16 | C8-F2000-LhiresIII 2400-35u-Atik314L+ | St Sordelin | bertrand | 2018-02-09 | 2458158.534 | plot | spec_161018 | <input type="checkbox"/> |

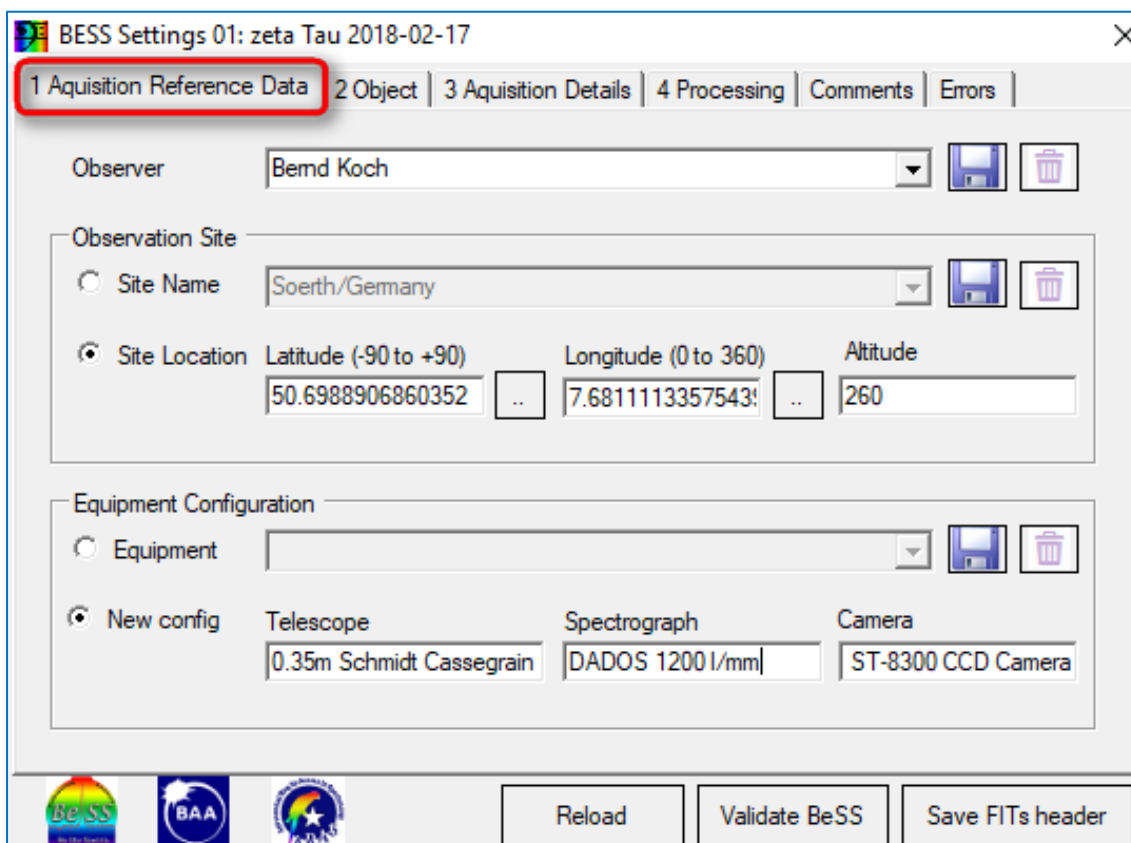
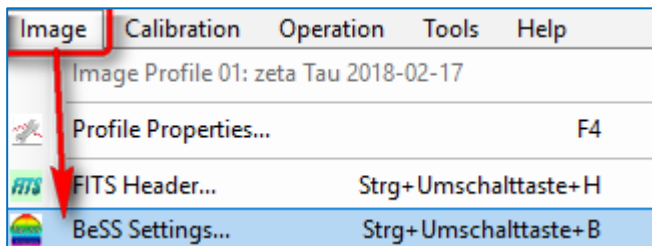


⁵ <http://basebe.obspm.fr/basebe/>

13.2 Öffnen des 1D-Profiles



13.3 BeSS-Settings



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

BESS Settings 01: zeta Tau 2018-02-17

1 Aquisition Reference Data **2 Object** 3 Aquisition Details 4 Processing Comments Errors

Object

☒ Object name [View Simbad](#)

☐ Specify Object Location

RA (degrees)

DEC (degrees)

☒ Equinox 2000




☒ FK5 Coordinates

Spectral type

Proj. rotational. velocity

Visual Magnitude

Radial Velocity (Simbad) 20

BESS Settings 01: zeta Tau 2018-02-17

1 Aquisition Reference Data 2 Object **3 Aquisition Details** 4 Processing Comments Errors

Calibration

Ref wavelength

Dispersion

Ref pixel

Unit

Date + time

Start date + time ☒ 2018-02-17 21:47:19 ...

End date + time ☒ 2018-02-17 22:04:31 ...




Duration (s)

Instrument RP

Effective SRP

Resolution calculation wavelength

Binning reason

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

BESS Settings 01: zeta Tau 8x120s-1D.fit

1 Aquisition Reference Data | 2 Object | 3 Aquisition Details | **4 Processing** | Comments | Errors

Processing




Applied Heliocentric Correction (km/s)

Heliocentric Correction to be applied (km/s) **Calculate...**

Atmospheric line correction

Cosmic ray removal

Normalisation (continuum removal) applied

Doppler Shift

Calculate Doppler Shift | Apply Doppler Shift | Doppler Conversion Utility

Calculate Barycentric Velocity correction due to Earth's orbit around the Sun and the rotation of the Earth.

Target

Object name

RA (d.dd)

DEC (d.dd)

Site

Latitude

Longitude

Elevation

Observation date (exposure mid point)

Date & Time

Barycentric Correction (km/s) + is toward star (blue shift)

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe) Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

Doppler Shift [X]

Calculate Doppler Shift | Apply Doppler Shift | Doppler Conversion Utility

Create a new profile that is corrected for Earth's orbit around the Sun and the rotation of the Earth

Doppler shift of target (km/s) + is toward star

Interval (Å/pixel) ☐ Edit Interval

☐ Linear Interpolation

BESS Settings 02: zeta tau 8x120s-1d_VC-27.12511 [X]

1 Aquisition Reference Data | 2 Object | 3 Aquisition Details | **4 Processing** | Comments | Errors

Processing




Applied Heliocentric Correction (km/s)

Heliocentric Correction to be applied (km/s)

Atmospheric line correction

Cosmic ray removal

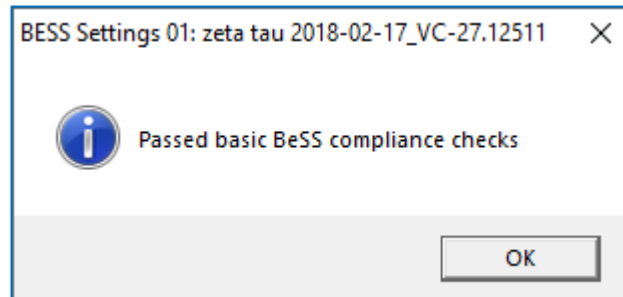
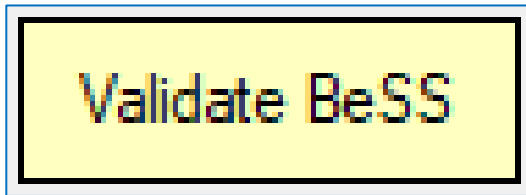
Normalisation (continuum removal) applied

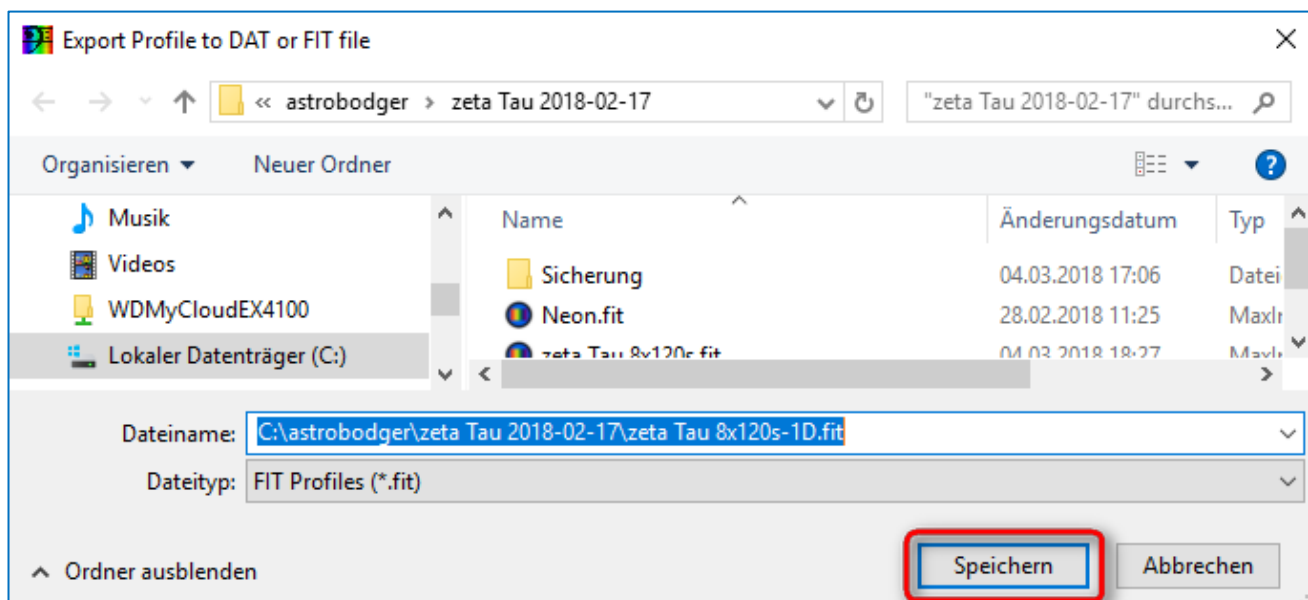
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

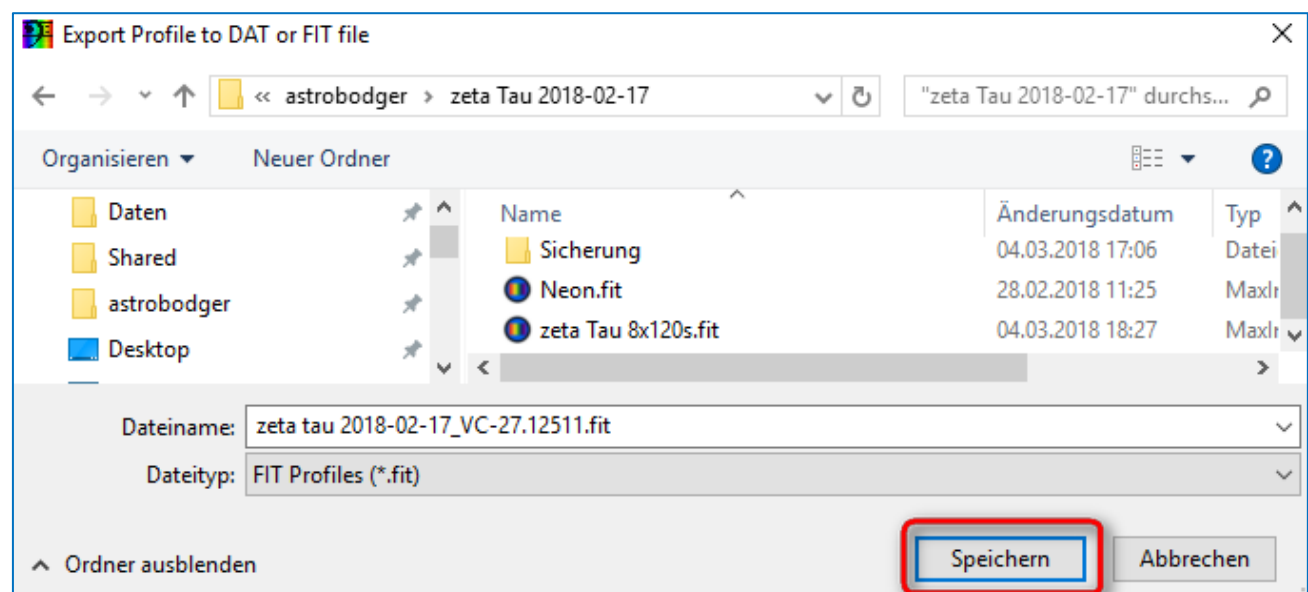
Dieses heliozentrisch korrigierte 1D-Profil kann nun mit *Validate BeSS* geprüft werden



Export des RV-unkorrigierten 1D-Spektrums



Export des RV-korrigierten 1D-Spektrums



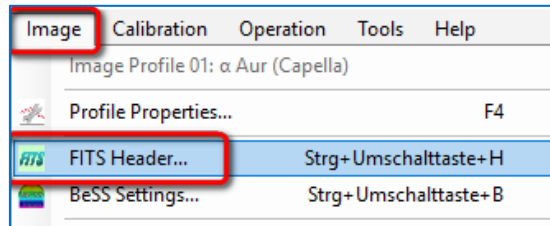
Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α

13.4 Der FITS-Header

Hier der von BASS bisher geschriebene FITS-Header:

→ Image → FITS Header ...



```
FITS Header Keyword Viewer 02: zeta tau 8x120s-1d_VC-27.12511


SIMPLE = T / file does conform to FITS standard
BITPIX = -32 / 8 unsigned int, 16 & 32 int, -32 & -64 real
NAXIS = 1 / number of data axes
NAXIS1 = 3494 / fastest changing axis
BSCALE = 1.0
BZERO = 0.000000000 / physical = BZERO + BSCALE*array_value
DATE-OBS= '2018-02-17T21:47:19'
EXPTIME = 1032
EXPOSURE= 840.0000000000000 / Exposure time in seconds
SET-TEMP= -20.000000000000000 / CCD temperature setpoint in C
CCD-TEMP= -20.418
XPIXSZ = 5.4000000000000004 / Pixel Width in microns (after binning)
YPIXSZ = 5.4000000000000004 / Pixel Height in microns (after binning)
XBINNING= 1 / Binning factor in width
YBINNING= 1 / Binning factor in height
XORGSUBF= 0 / Subframe X position in binned pixels
YORGSUBF= 0 / Subframe Y position in binned pixels
READOUTM= 'Raw' / Readout mode of image
IMAGETYP= 'Light Frame' / Type of image
FOCALLEN= 2850.0000000000000 / Focal length of telescope in mm
APTDIA = 356.00000000000000 / Aperture diameter of telescope in mm
APTAREA = 99538.224406242371 / Aperture area of telescope in mm^2
EGAIN = 0.35999998450279236 / Electronic gain in e-/ADU
SBSTDVER= 'SBFITSEXT Version 1.0' / Version of SBFITSEXT standard in effect
SWCREATE= 'BASS Project 0.1.9.8'
SWSERIAL= '2WM9K-N52N9-47H74-R8UVE-SSVUU-9A' / Software serial number
SITELAT = '51 40 00' / Latitude of the imaging location
SITELONG= '07 40 00' / Longitude of the imaging location
JD = 2458167.4093518518 / Julian Date at start of exposure
OBJECT = 'zeta Tau 120s'
TELESCOP= '0.35m Schmidt Cassegrain f/8'
INSTRUME= 'DADOS 1200 l/mm'
OBSERVER= 'Bernd Koch'
FLIPSTAT= 'Flip/Mirror'
SOWNER = 'Bernd Koch' / Licensed owner of software
INPUTFMT= 'FITS' / Format of file from which image was read
SWMODIFY= 'BASS Project 0.1.9.8'
HISTORY Dark Subtraction (Dark 18, 3352 x 2532, Binl x 1, Temp -20C,
HISTORY Exp Time 120s)
CALSTAT = 'D'
PEDESTAL= -100 / Correction to add for zero-based ADU
SNAPSHOT= 7 / Number of images combined
MIDPOINT= '2018-02-17T21:56:59' / UT of midpoint of exposure
CBLACK = -0.001889618 / Initial display black level in ADUs
CWHITE = 1.93577 / Initial display white level in ADUs
CUNIT1 = ''Angstrom''
CDELT1 = 0.438842810690403
CRVAL1 = 5501.14013671875
CRPIX1 = 1
CTYPE1 = 'wavelength'
BSS_SITE= 'Soerth/Germany'
BSS_LAT = 50.6988906860352
BSS_LONG= 7.68111133575439
BSS_ELEV= 260
DATE-END= '2018-02-17T22:04:31'
BAS_MJD = 2458167.41383102 / BASS Project mid-exposure Julian Date
DETNAM = 'SBIG ST-8300 CCD Camera'
OBJNAME = 'zeta Tau'
RA = 84.41118925
DEC = 21.1425441108023
EQUINOX = 2000
BSS_STYP= 'BlIVE_shell'
BSS_VSIN= 245
BSS_VMAG= 3.03
BSS_COSM= 'removed, no indication of method'
BSS_NORM= 'Applied (BASS Project software)'
BSS_TELL= 'none'
BSS_RQVH= 27.12511
BSS_VHEL= 27.12511
END

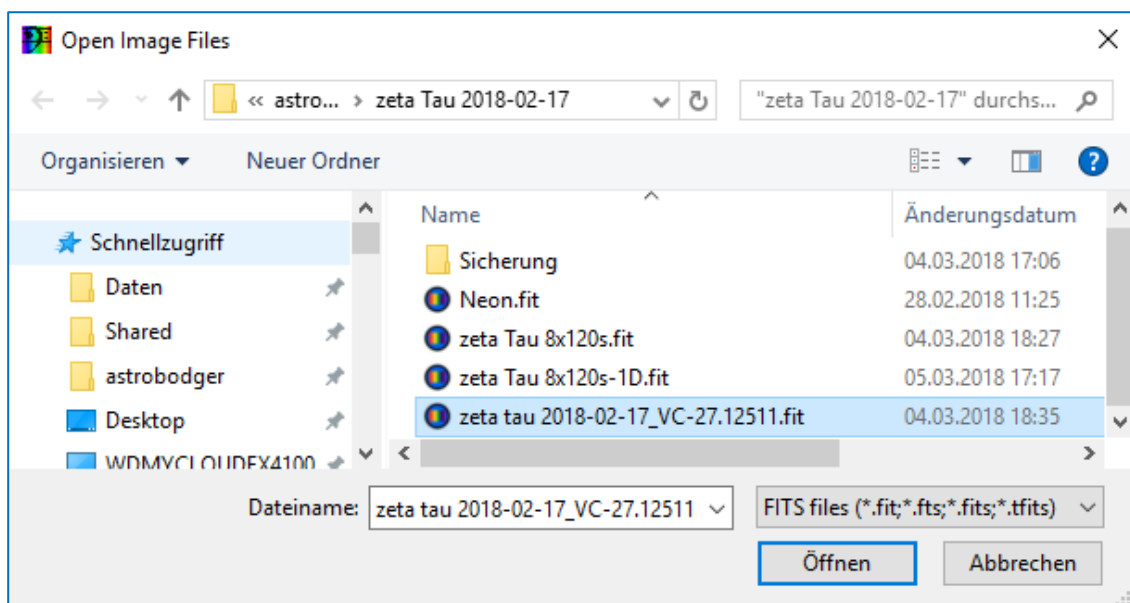
☐ Enable Edit Row: 70   
```

14. Erfassung der Messgrößen EW, V, R, CA, HRV-CA

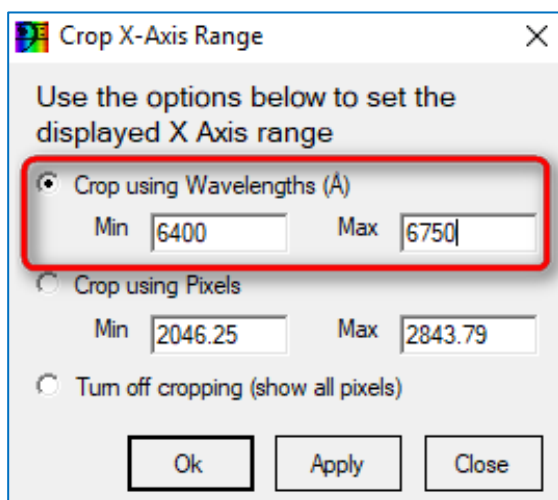
Im von Ernst Pollmann⁶ moderierten Langzeit Monitoring des Sterns zeta Tau sind folgende Messgrößen bei der H α -Linie zu ermitteln:

- H α -Äquivalentbreite EW: 6520Å-6600Å
- Intensität des H α V-Peaks
- Intensität des H α R-Peaks
- V/R-Verhältnis der H α -Linie
- Tiefe der zentralen Absorption (CA) der H α -Linie
- Heliozentrische Radialgeschwindigkeit HRV des H α -Absorptionsminimums (HRV-CA)

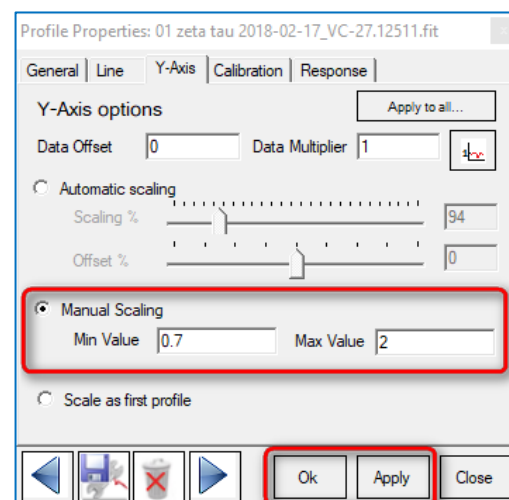
➔  Öffnen des heliozentrisch korrigierten Spektrums



➔  Crop X-Axis Range



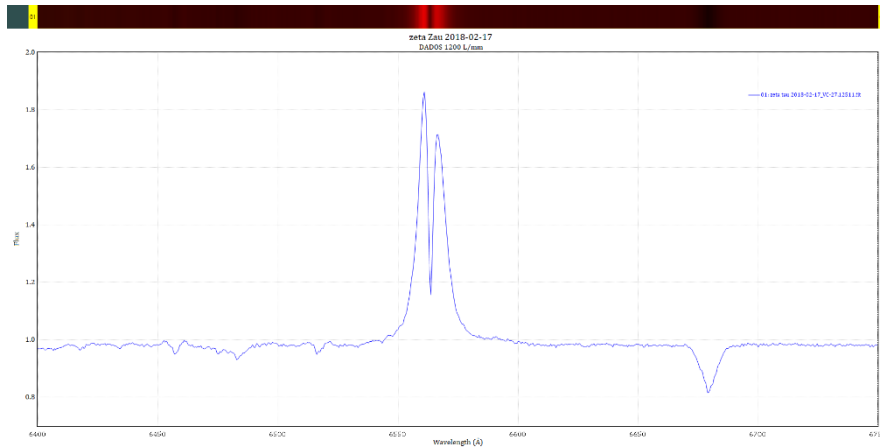
➔  Profile Properties




⁶ <http://www.astrospectroscopy.de/projects.html>

Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich H α



→  Measurements and Elements

→ Element File: *LambdaData.dat*

→ Measurement Options:
Equivalent Width

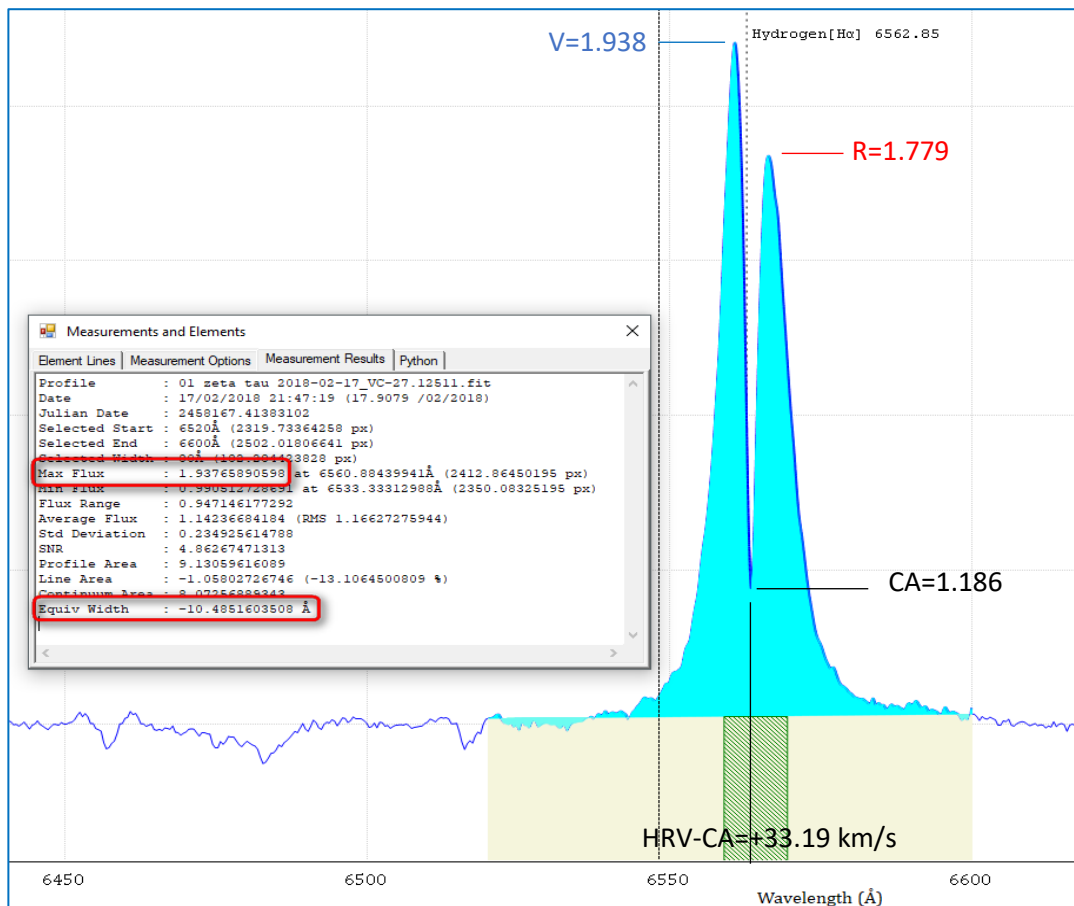
→ $EW = -10.49 \text{ \AA}$

→ $V = 1.938$

→ $R = 1.779$

→ $CA = 1.186$

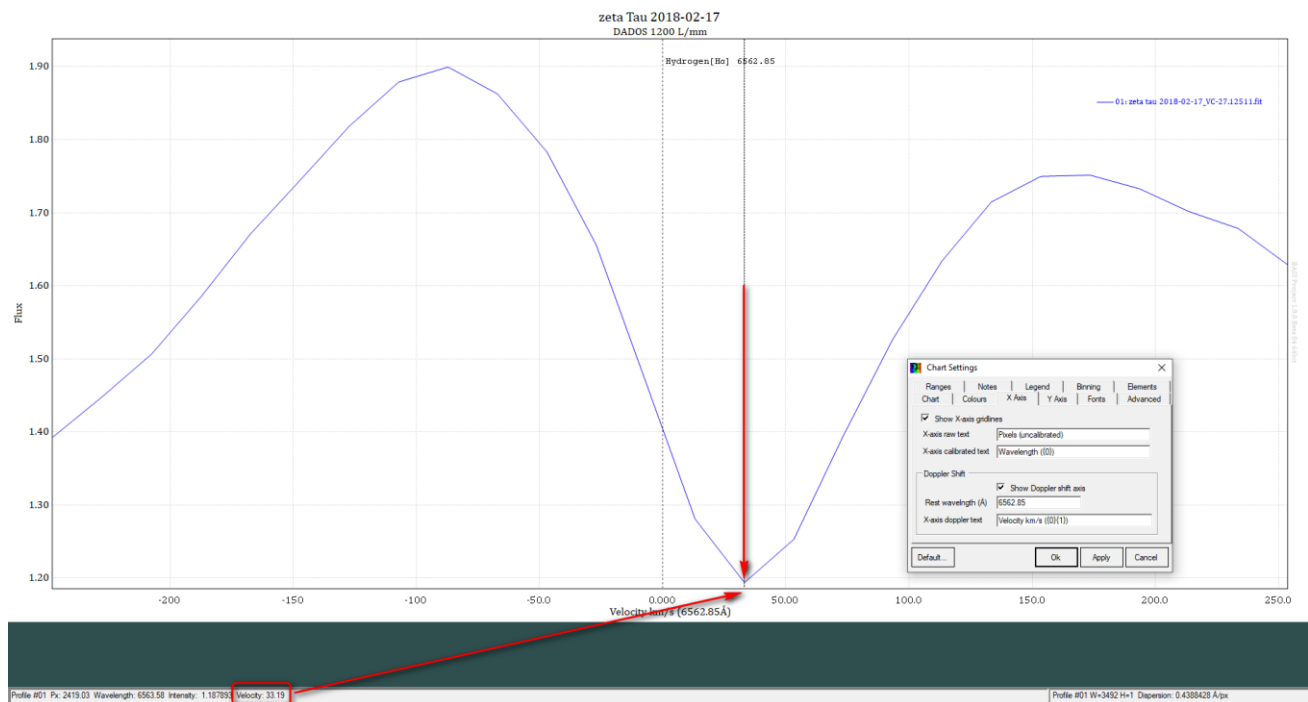
→ $V/R = 1.089$



Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

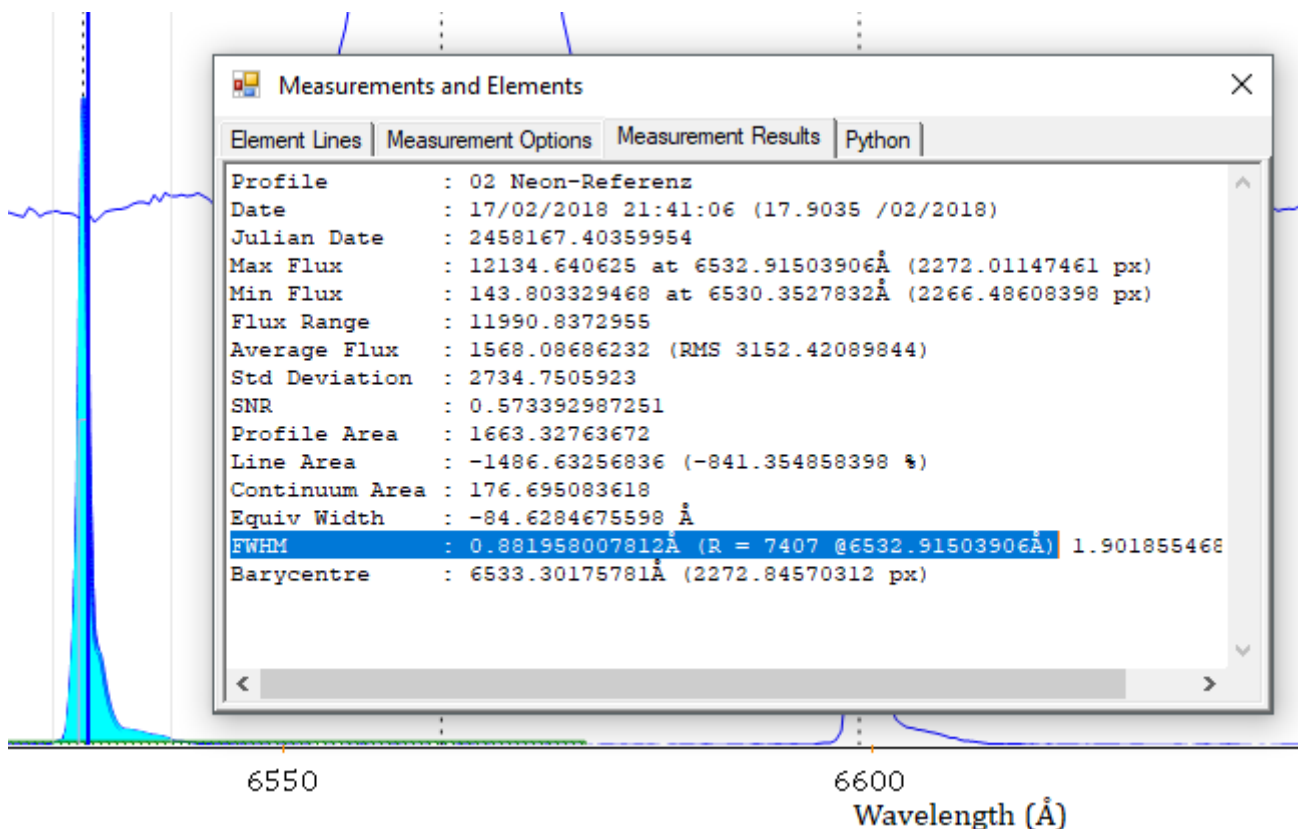
Messung der HRV der Zentralen Absorption (HRV-CA) nach Umstellung der Wellenlängenskala auf eine Geschwindigkeitsskala, bezogen auf $H\alpha=6562.85\text{\AA}$:



Die heliozentrische Radialgeschwindigkeit der zentralen Absorptionseinsenkung beträgt **HRV=+33.19 km/s**

Bestimmung der spektralen Auflösung anhand der Linien des Neon-Referenzspektrums:

Mittelwert 6532 \AA bis 6717 \AA : $R=6786 \pm 400$. $\text{FWHM} = 0.97\text{\AA} \pm 0.01\text{\AA}$ (Apparatebreite)

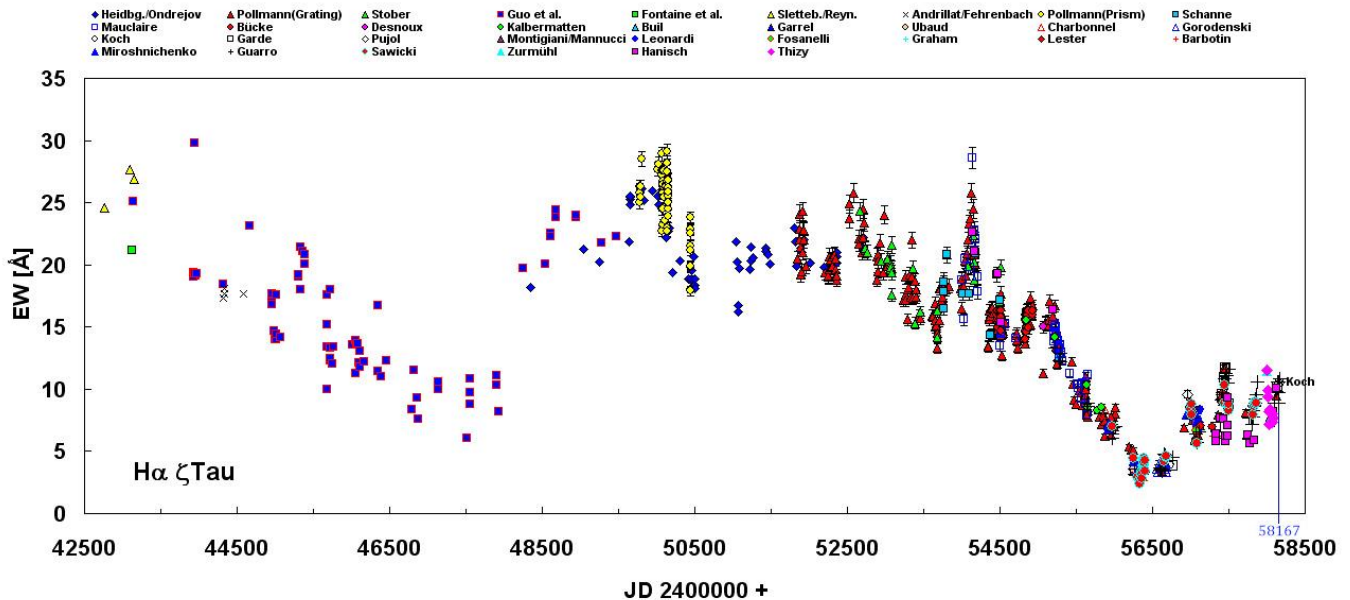


Be-Stern ζ Tau (B2 IVe)

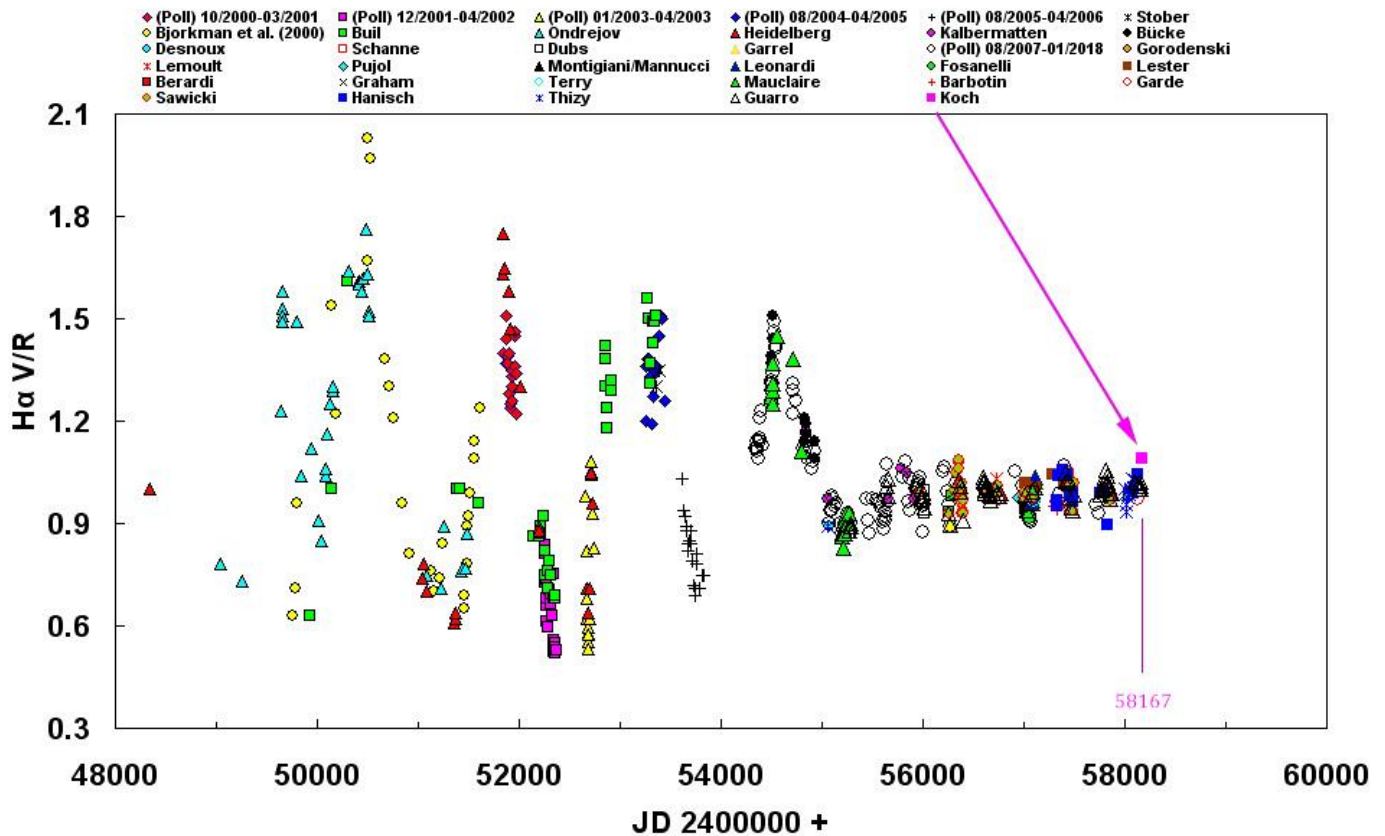
Kalibrierung mit einer Neon-Lampe im Bereich $H\alpha$

15. Das Langzeitmonitoring⁷ des Sterns zeta Tau bis 17.2.2018 (JD 58167)

1. Äquivalentbreite EW der $H\alpha$ -Linie

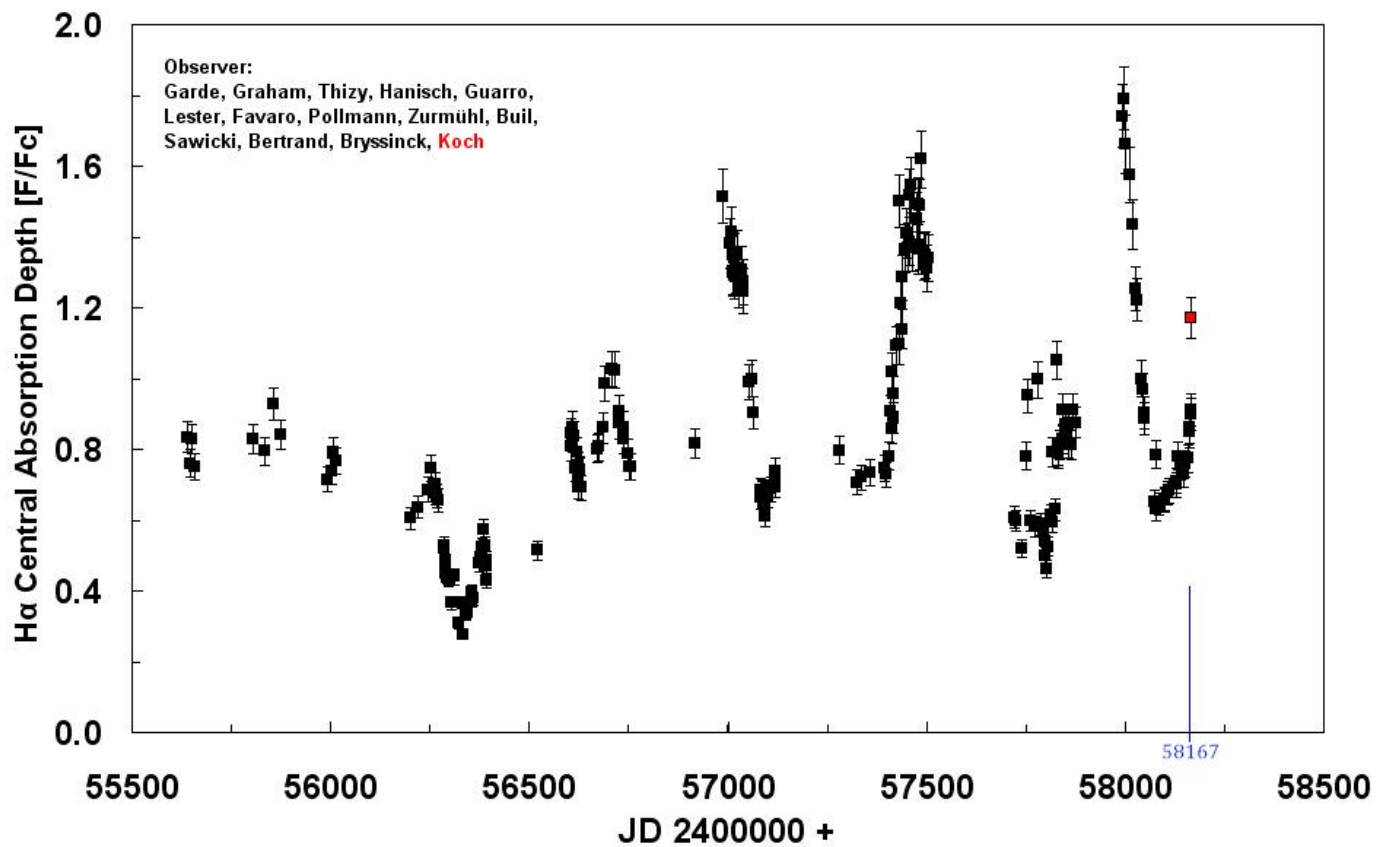


2. Intensitätsverhältnis V/R der $H\alpha$ -Linie



⁷ Ernst Pollmanns Auswertung des eingesandten normierten Spektrums

3. Intensitätsverhältnis der zentralen Absorption (CA) der $H\alpha$ -Linie



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

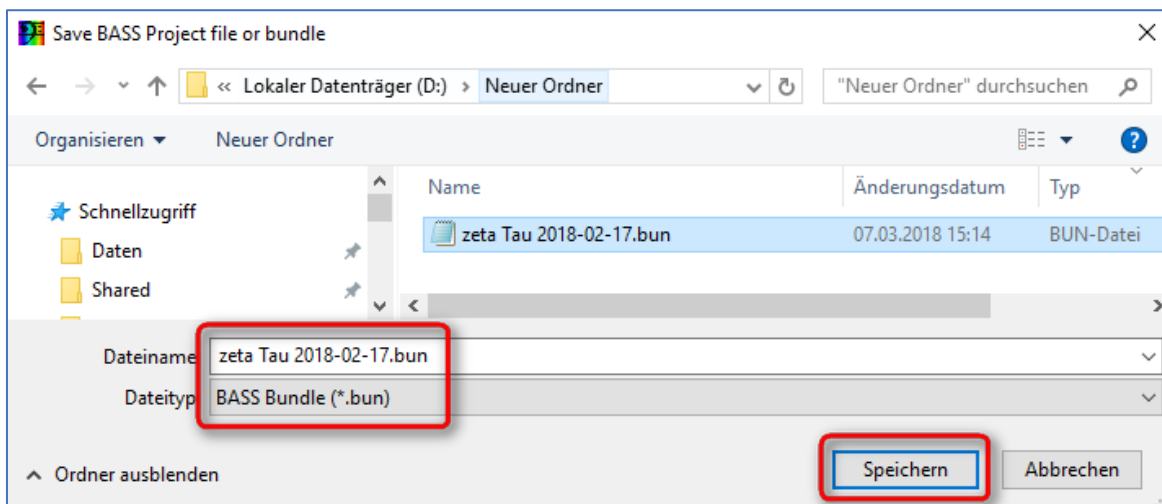
BASS arbeitet projektbezogen. Das bedeutet, dass alle für das Projekt benötigten oder erstellten Dateien **einen festen Pfad besitzen** und in einem festen Ordner, hier `C:/astrobodger/` ... vorhanden sein müssen. Deshalb findet diese Kalibrierung von zeta Tau gemäß Tutorial ausschließlich im Ordner `c:/astrobodger/zeta Tau 2018-02-17` 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/zeta Tau 2018-02-17` die BASS-Datei (Beispiel: `zeta Tau 2018-02-17.bass`) und speichert das Projekt im neuen Ordner wie folgt als „Bundle“ ab:

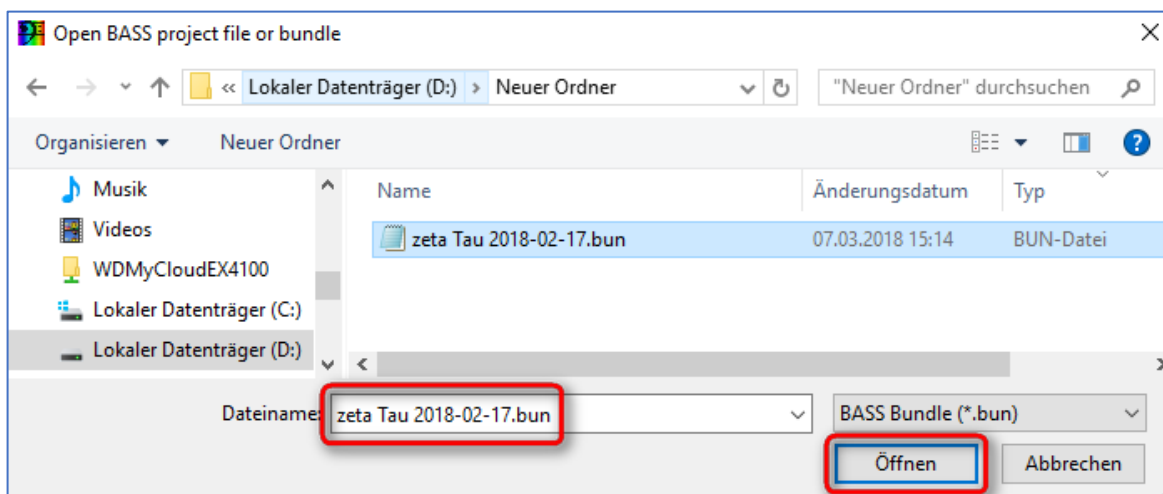
Speichern als Bundle am neuen Ort:

- ➔ File
- ➔ Save Project or Bundle
- ➔ `D:/neuer Ordner/zeta Tau 2018-02-17.bass`



Entpacken des Bundles am neuen Ort

- ➔ File
- ➔ Open Project or Bundle
- ➔ `D:/neuer Ordner/zeta Tau 2018-02-17.bass`
- ➔ Dort öffnet man die `.bass`-Datei des Projekts und arbeitet wie gewohnt weiter.



17. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal

Das Tutorial 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/>

