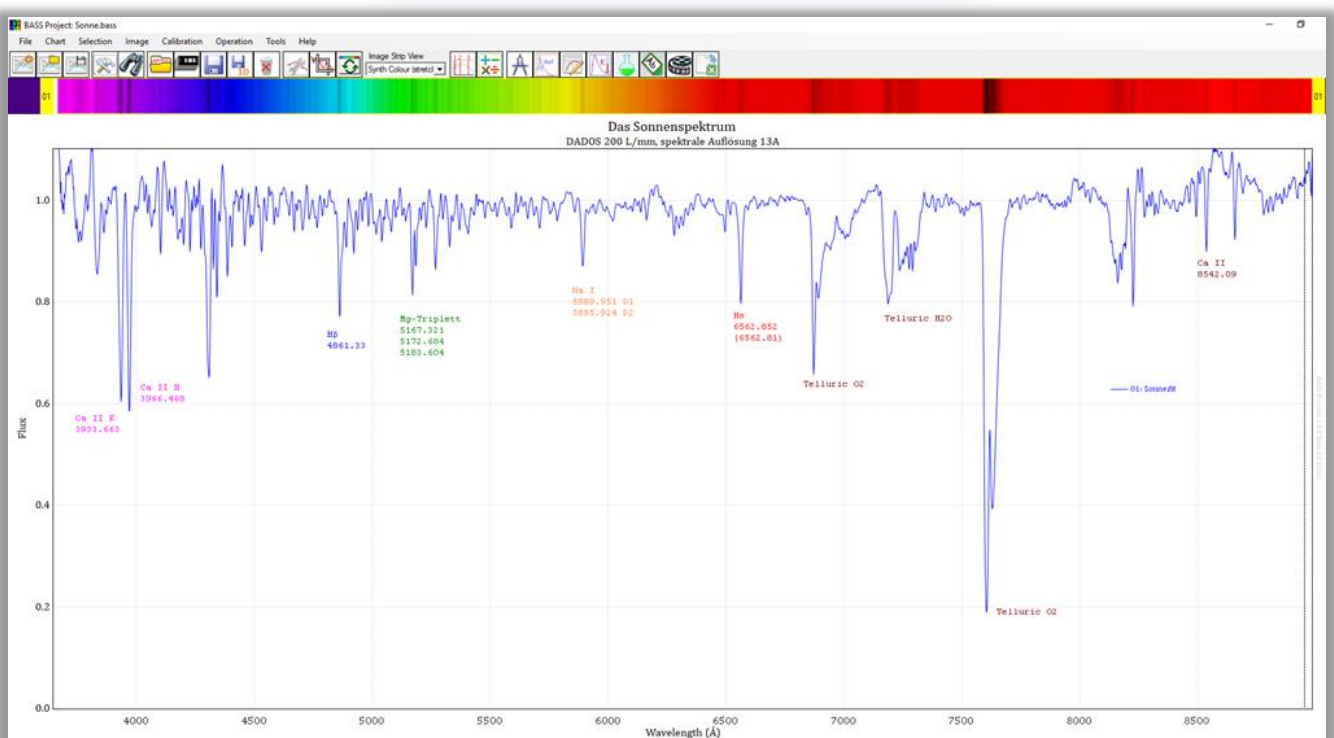
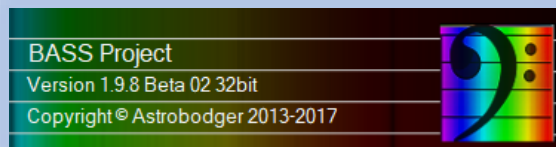


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) anhand bekannter Fraunhoferlinien

Wellenlängenkalibrierung - Normierung - Flusskalibrierung



Tutorial 1.2

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. BASS starten	2
2. Arbeitsordner erstellen und Dateien kopieren	3
3. Die Aufnahme des Sonnenspektrums öffnen.....	3
4. Voreinstellungen vornehmen -> Edit Project Chart Settings.....	4
5. Das Sonnenspektrum horizontal ausrichten.	7
6. Auswahl des Scanbereichs -> Region Selection Tool.....	9
7. Wellenlängenkalibrierung mit Linien des Sonnenspektrums	11
8. Kalibrierung der Intensität des Spektrums	19
8.1 Normierung des Spektrums.....	19
8.1.1 Normierung auf „1“	24
8.1.2 Die Fraunhoferlinien im Sonnenspektrum	26
8.1.3 Beschriftung des normierten Spektrums.....	28
8.1.4 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips.....	29
8.2 Flusskalibrierung mit einem kalibrierten Referenzstern	33
8.2.1 Öffnen eines flusskalibrierten Referenzspektrums.....	34
8.2.2 Flusskalibrierung mit Datei response_flux.dat.....	38
8.2.3 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips.....	40
8.2.4 Skalierung der flusskalibrierten Y-Achse und Vergleich mit Referenzspektrum	41
8.2.5 Flusskalibrierung mit einem Spektrum aus der MILES-Datenbank:	42
8.2.6 Beschriftung des flusskalibrierten Spektrums	43
8.2.7 Abspeichern des beschrifteten Spektrums (Save Chart to file).....	44
8.2.8 Anpassung einer Planckschen Strahlungskurve	46
9. Übertragung des Projekts an einem anderen Ort („Bundles“)	47
10. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal.....	48

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.

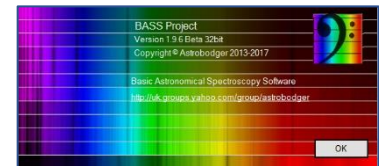
<https://groups.io/g/BassSpectro>

1. BASS starten

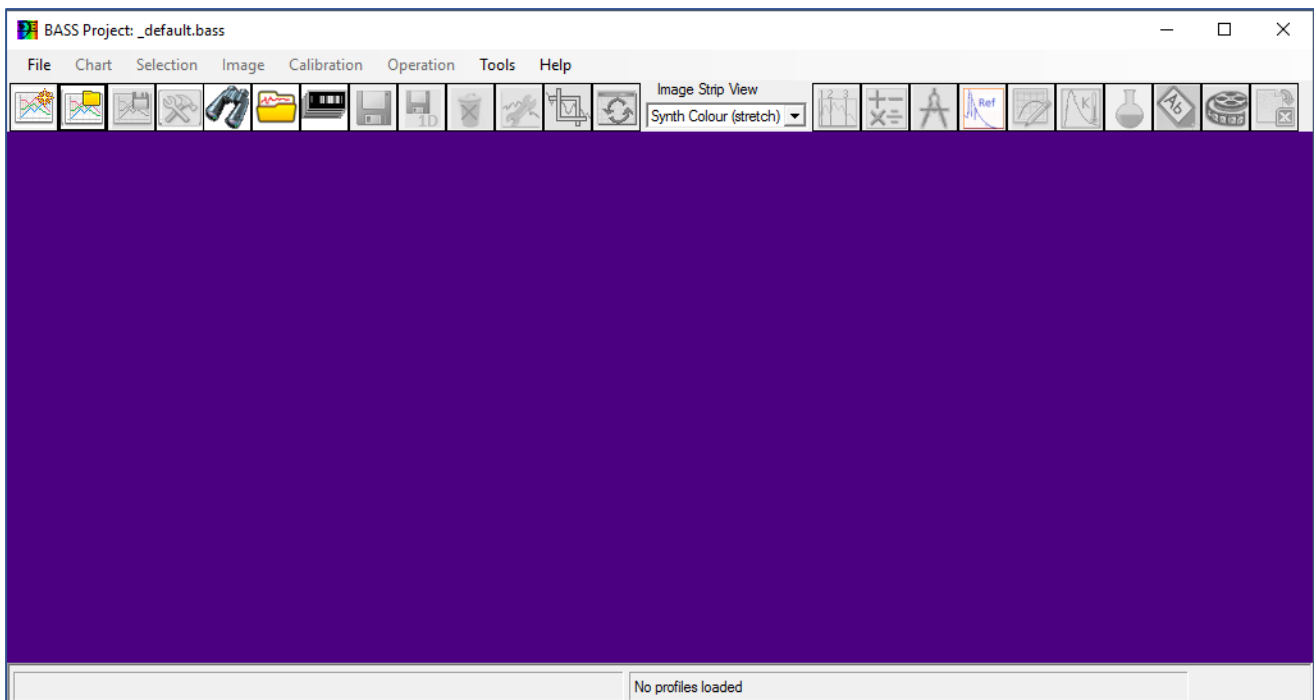
Dieses Tutorial setzt voraus, dass bereits ein Rohspektrum der Sonne (Foto) im Format FIT (C:/astroboder/Sonne/Sonne.fit) vorliegt. Dieses wurde im Rahmen eines **DADOS-Workshops** mit MaxIm DL aufgenommen und vorbereitet. Das vorliegende Spektrum ist das mittlere, am höchsten aufgelöste Spektrum der drei mit einer Kamera abgebildeten Spektren (25µm-Spalt).



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



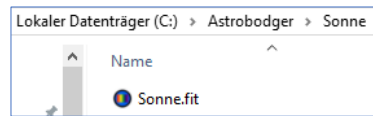
Das leere Arbeitsfenster eines neuen Projekts:



BASS arbeitet mit „Projekten“, bei denen alle verwendeten Rohspektren (2D bedeutet Foto in zwei Dimensionen), Spektralprofile (1D bedeutet eindimensionaler Profilschan), Ergebnisse und Beschriftungen gespeichert werden. 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 besser als das DAT-Format, weil zusätzlich zu den Datenzeilen x,y auch alle wichtigen sonstigen Informationen gespeichert werden: Datum, Uhrzeit, Belichtungszeit, etc.

2. Arbeitsordner erstellen und Dateien kopieren

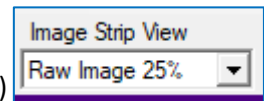
- ➔ Öffne das Verzeichnis C:\astrobodger
- ➔ Erstelle dort einen neuen Ordner *Sonne*
- ➔ Kopiere das aufgenommene Sonnenspektrum *Sonne.fit* in den Ordner *Sonne*



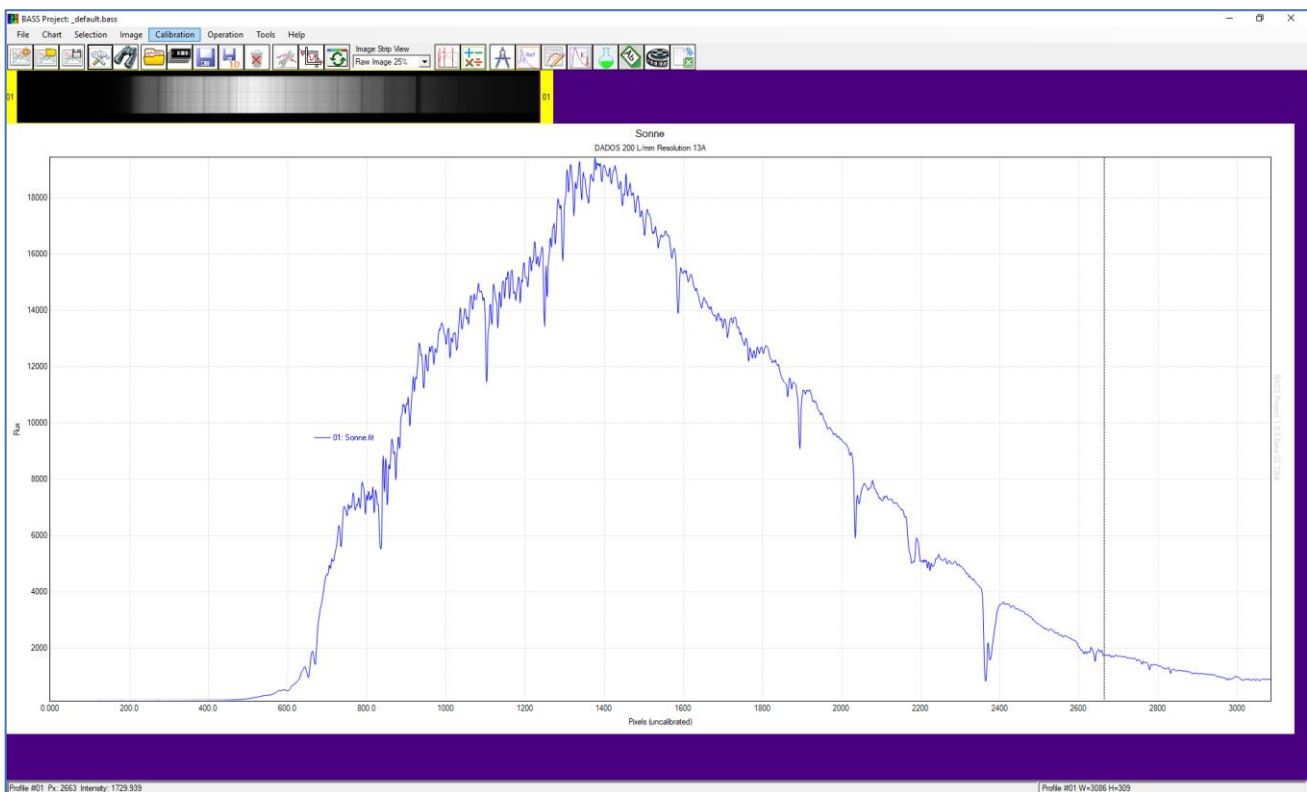
3. Die Aufnahme des Sonnenspektrums öffnen



Öffne die Datei *Sonne.fit* und wähle zur Ansicht diese Einstellung (Raw Image)



Ergebnis: Das geöffnete Foto des Sonnenspektrums (2D) und das Spektrumprofil dieses Fotos (1D).



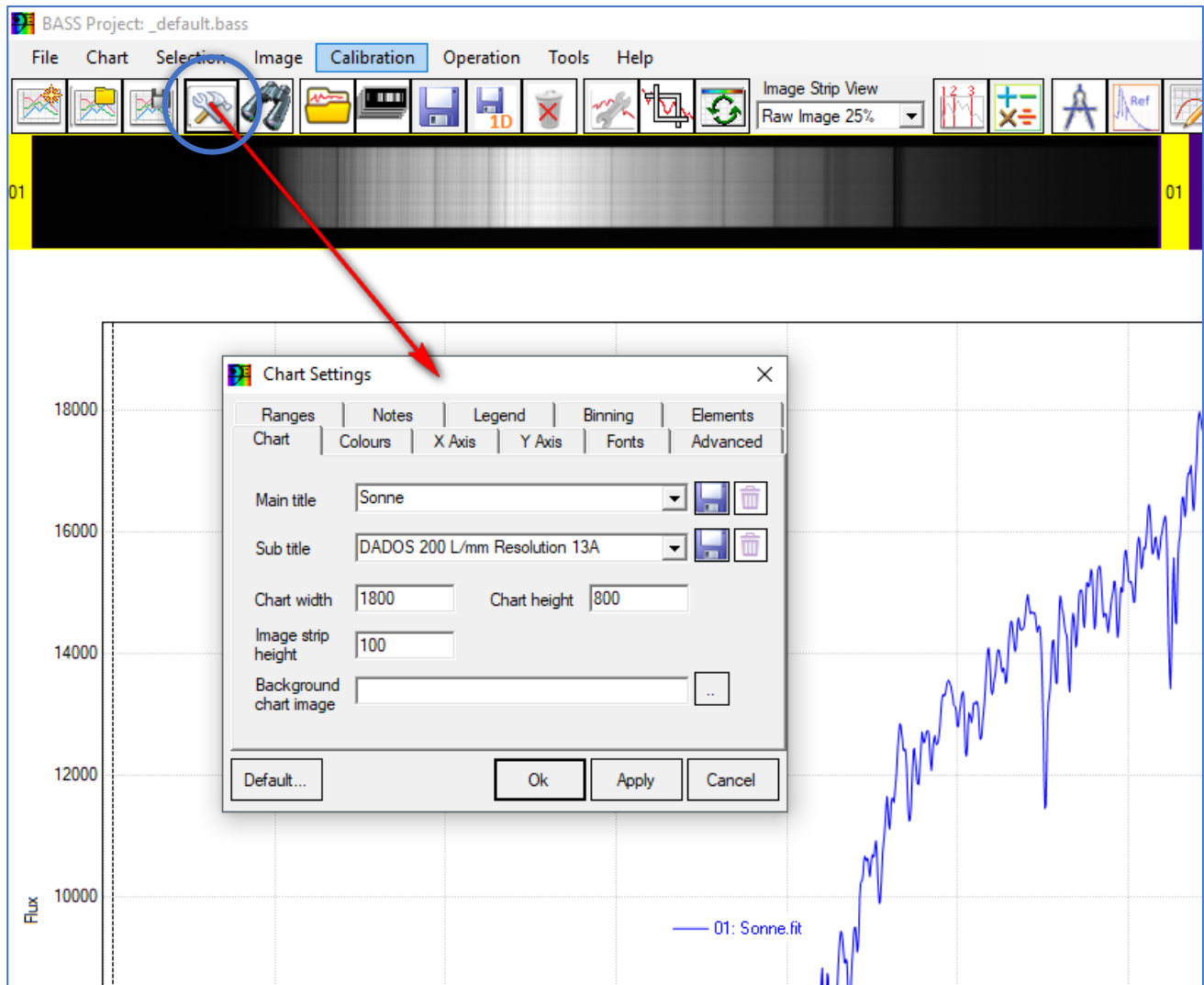
Erläuterung: Die x-Achse („Pixels uncalibrated“) entspricht der Pixelposition in horizontaler x-Richtung auf dem Foto. Dieser Pixelwert muss in einen Wert für die Wellenlänge λ (Lambda) umgerechnet werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Wellenlängenkalibrierung*.

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.

4. Voreinstellungen vornehmen -> Edit Project Chart Settings

Project Chart Settings: Hier alle Daten eingeben.



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

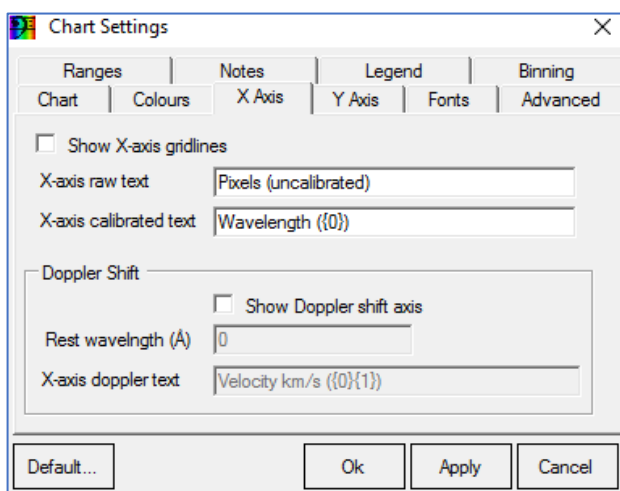
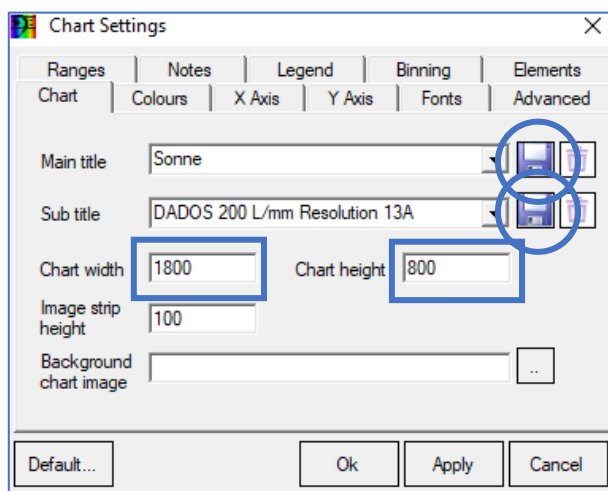
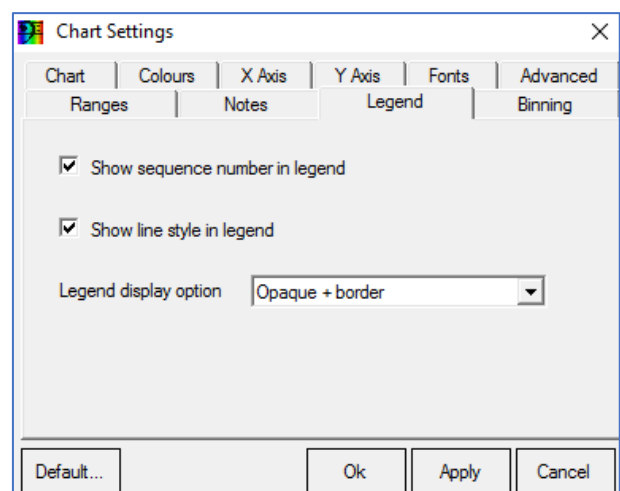
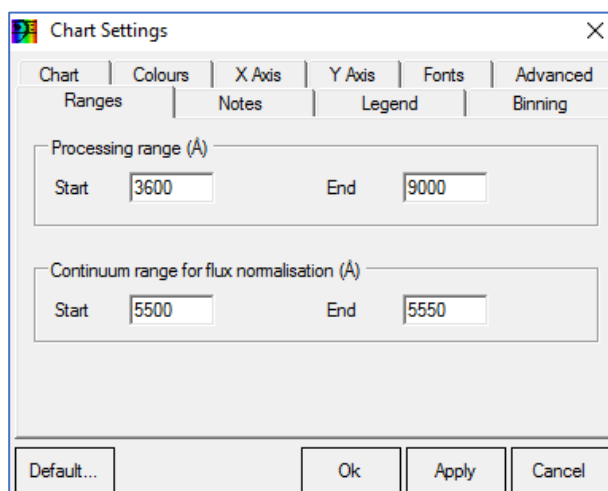
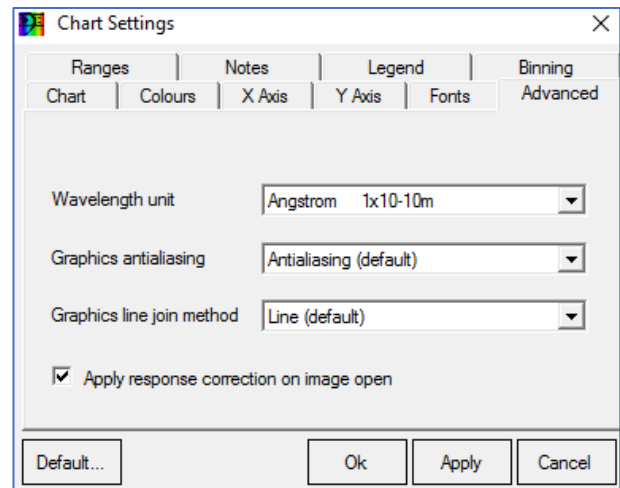
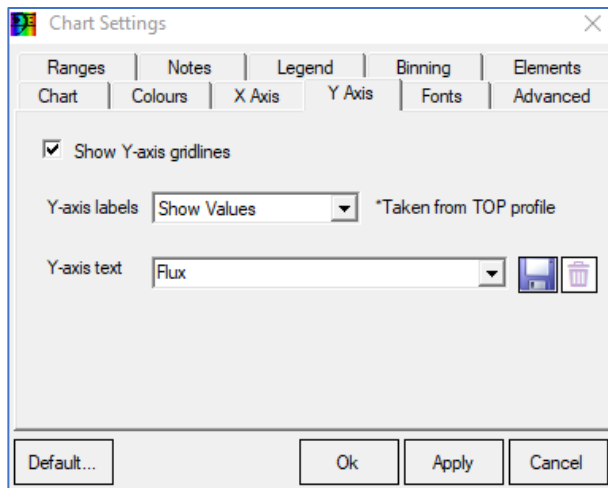

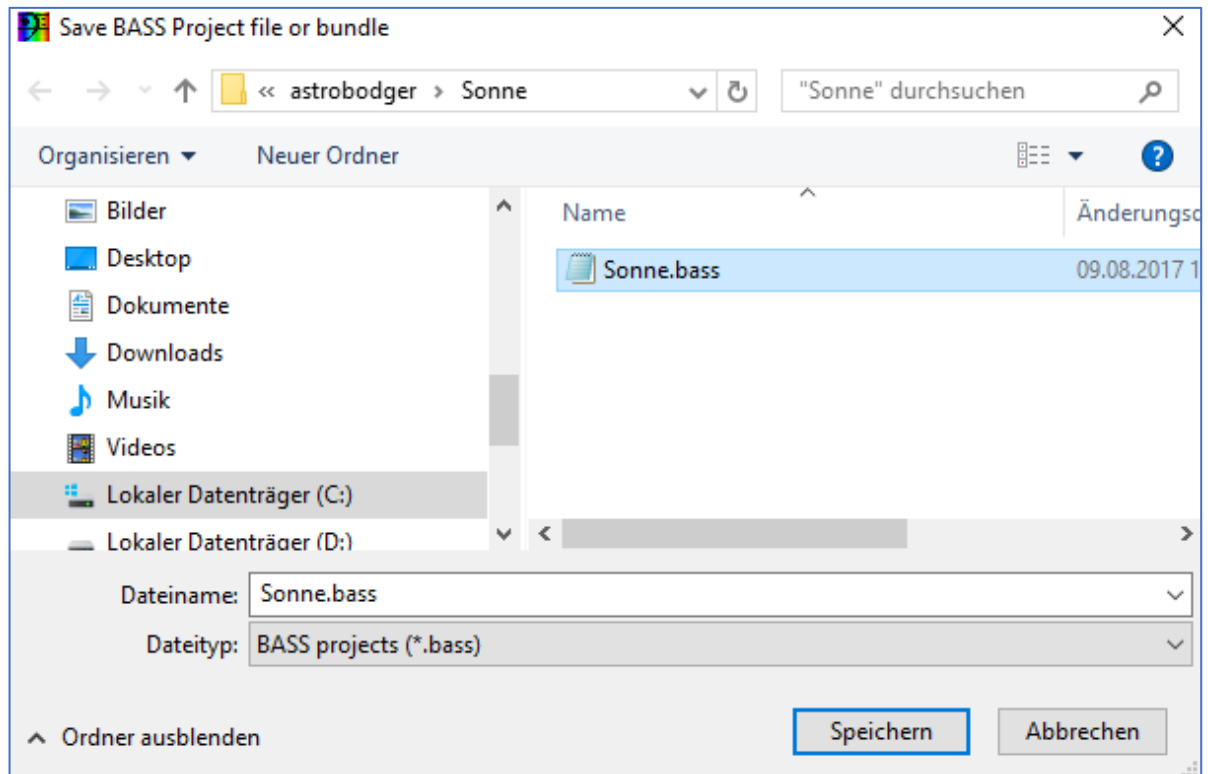




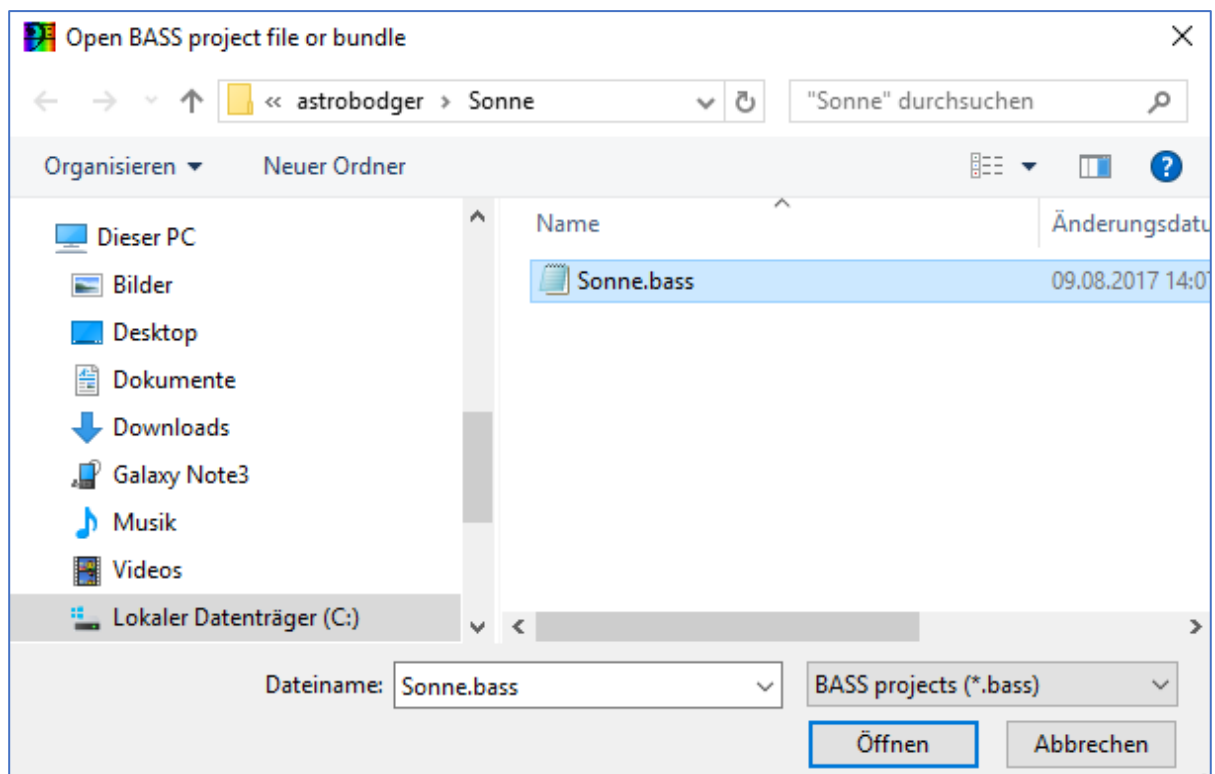
Chart width: 1100 / Chart height: 700 (hängt von der Größe des Bildschirms ab)

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

-  Speichern des Projekts unter dem Namen c:/astrobodger/Sonne/Sonne.bass

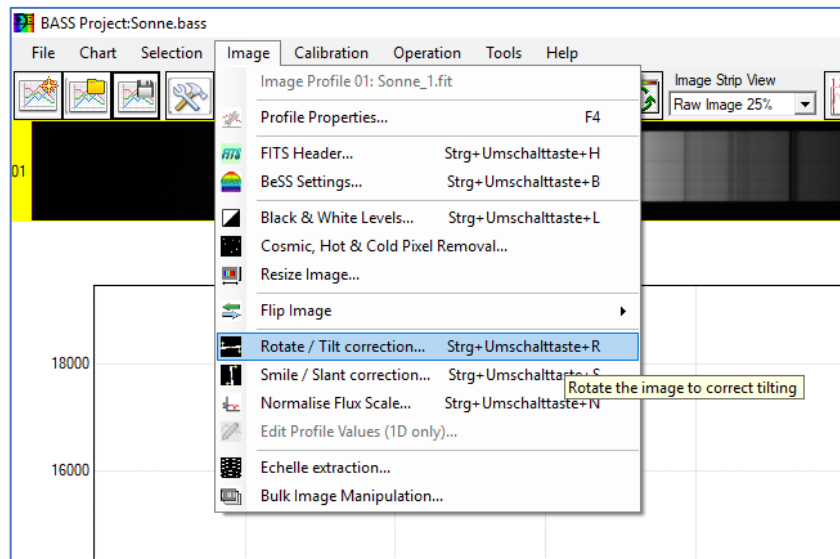


- Prüfen, ob Projekt korrekt gespeichert ist: New Projekt  → Open Project 
→ Sonne.bass



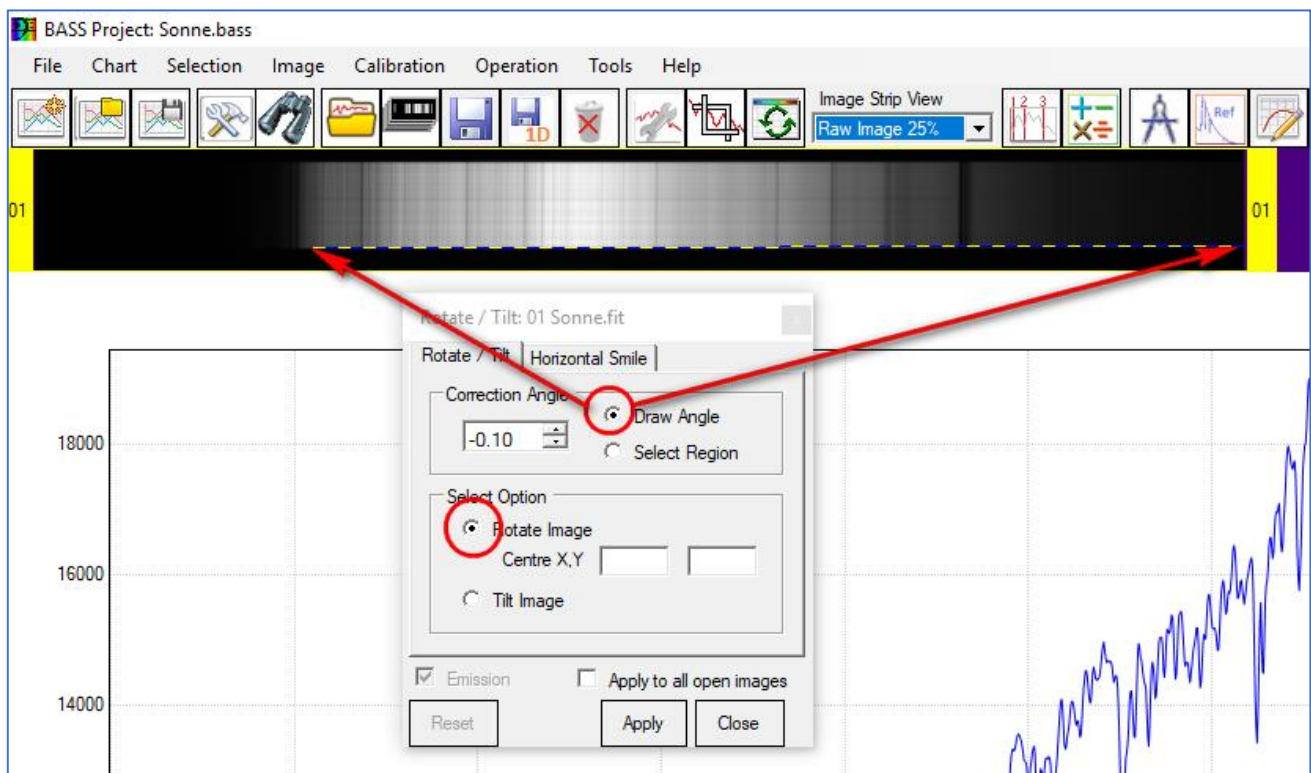
5. Das Sonnenspektrum horizontal ausrichten.

→ Image → Rotate/Tilt correction



→ Select Option → Draw Angle und Rotate Image wählen.

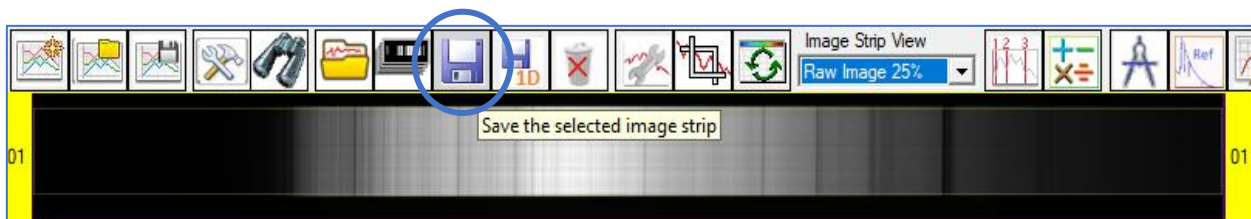
Dann mit der Maus eine Line entlang des Spektrums ziehen.



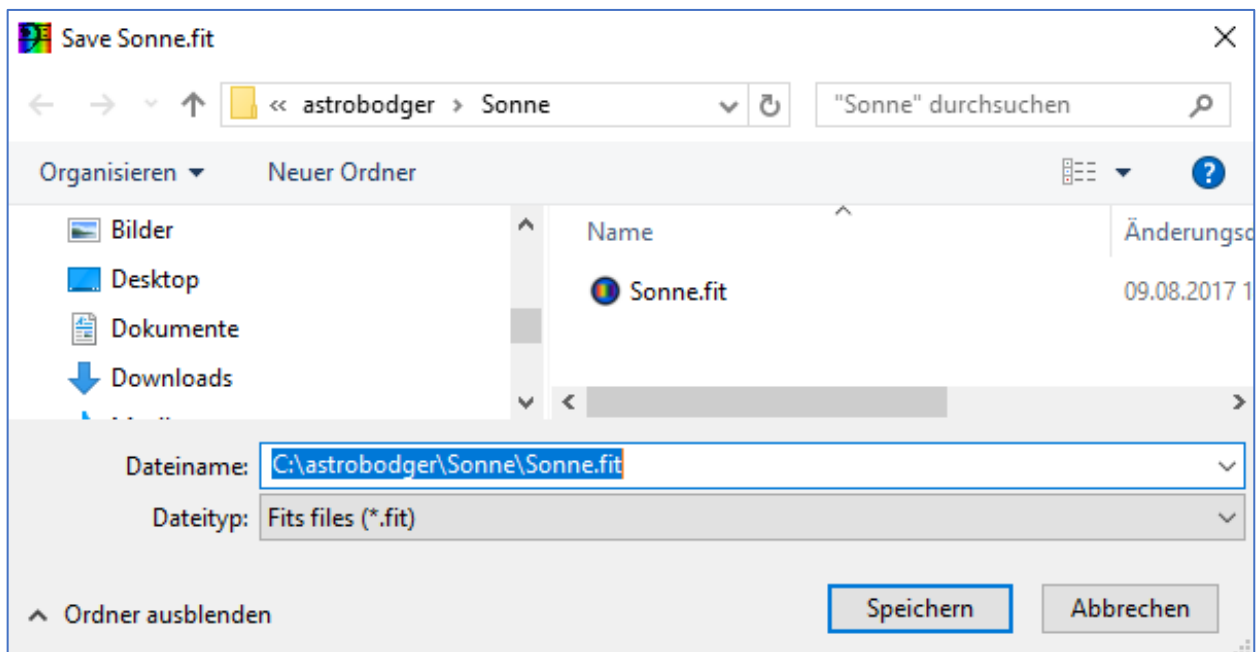
→ Apply → Close

Nun ist das Spektrum horizontal ausgerichtet. **Hinweis:** Im Falle geneigter oder gebogener Spektrallinien muss die Funktion *Tilt Image* bzw. *Horizontal Smile* ausgeführt werden. Das ist hier nicht der Fall.

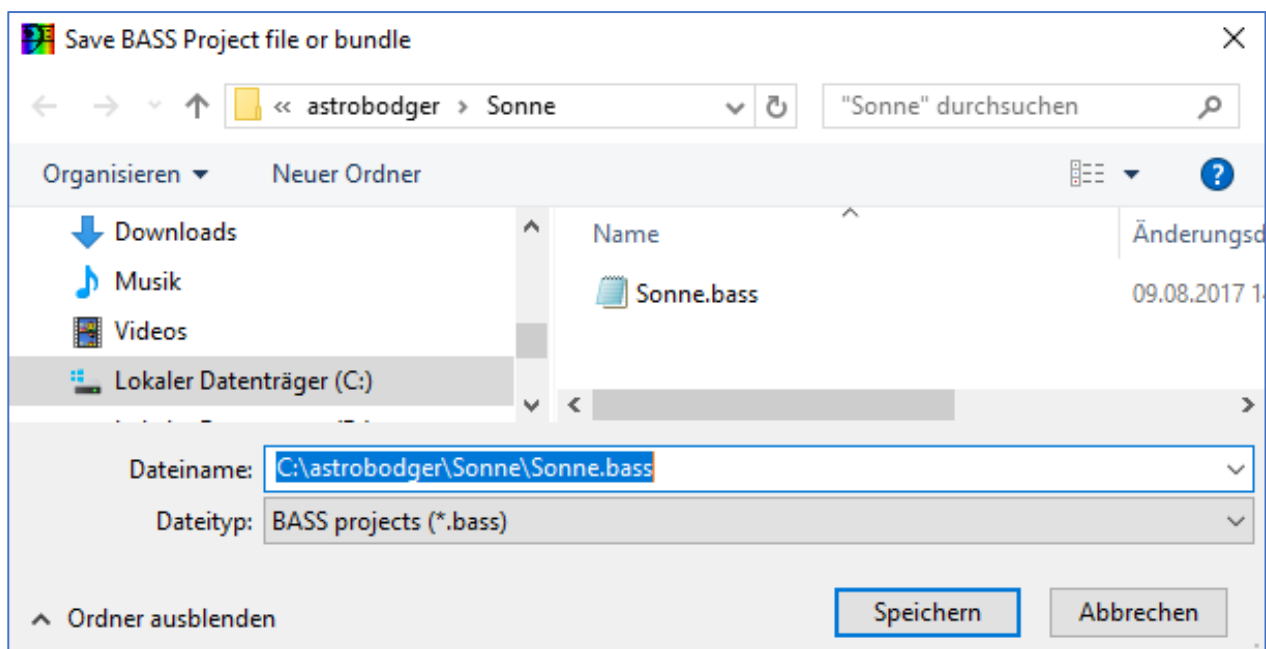
→ Abspeichern des soeben gedrehten Bildes: Save the selected image strip



→ Speichern unter dem selben Namen *Sonne.fit*

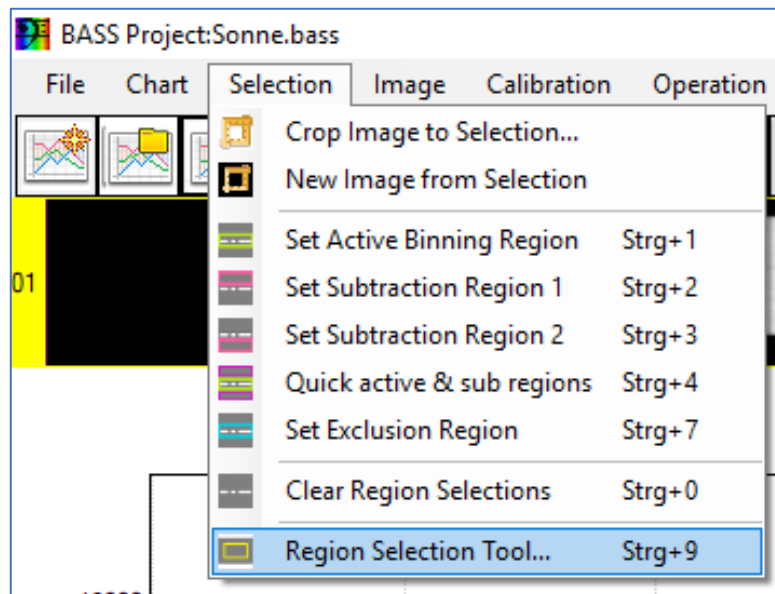


→ Speichern des Projekts:  unter dem selben Namen *Sonne.bass*



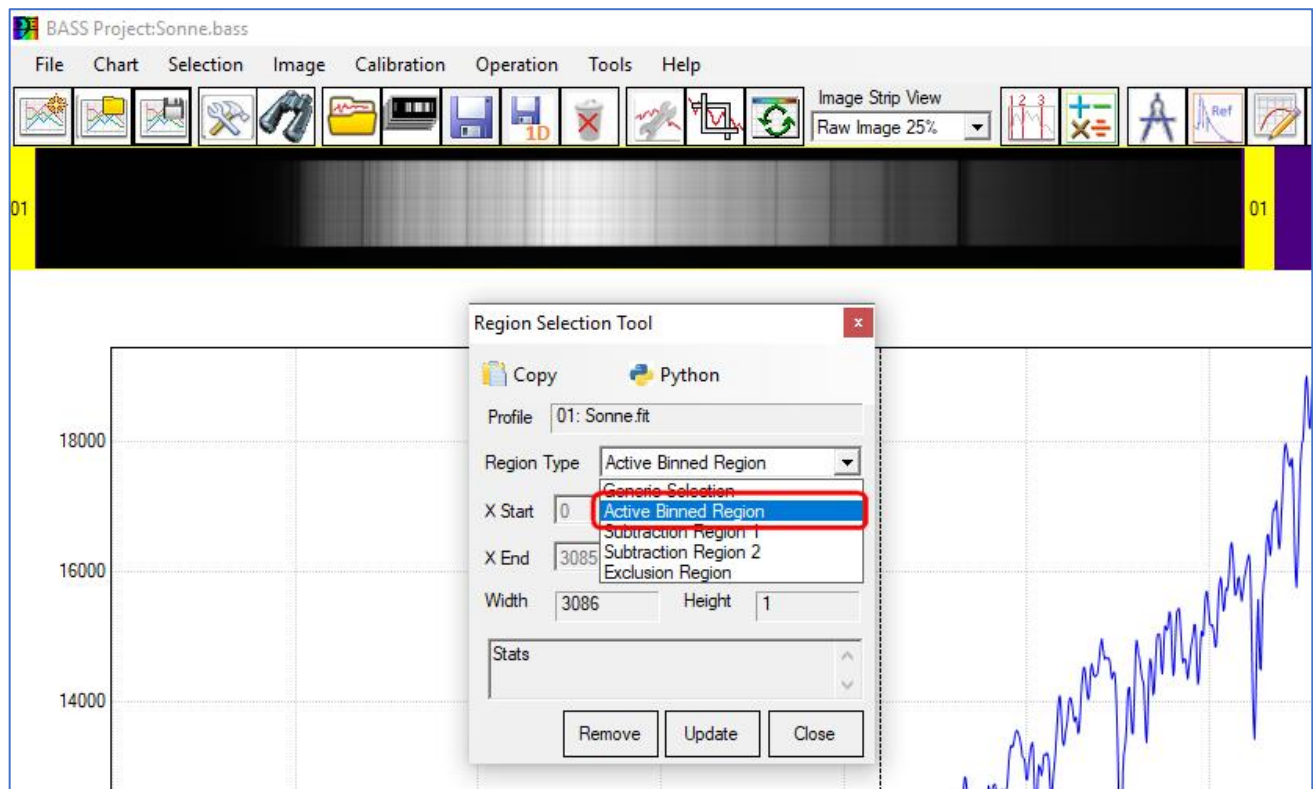
6. Auswahl des Scanbereichs -> Region Selection Tool

→ Selection → Region Selection Tool



Es erscheint das Menüfenster Region Selection Tool.

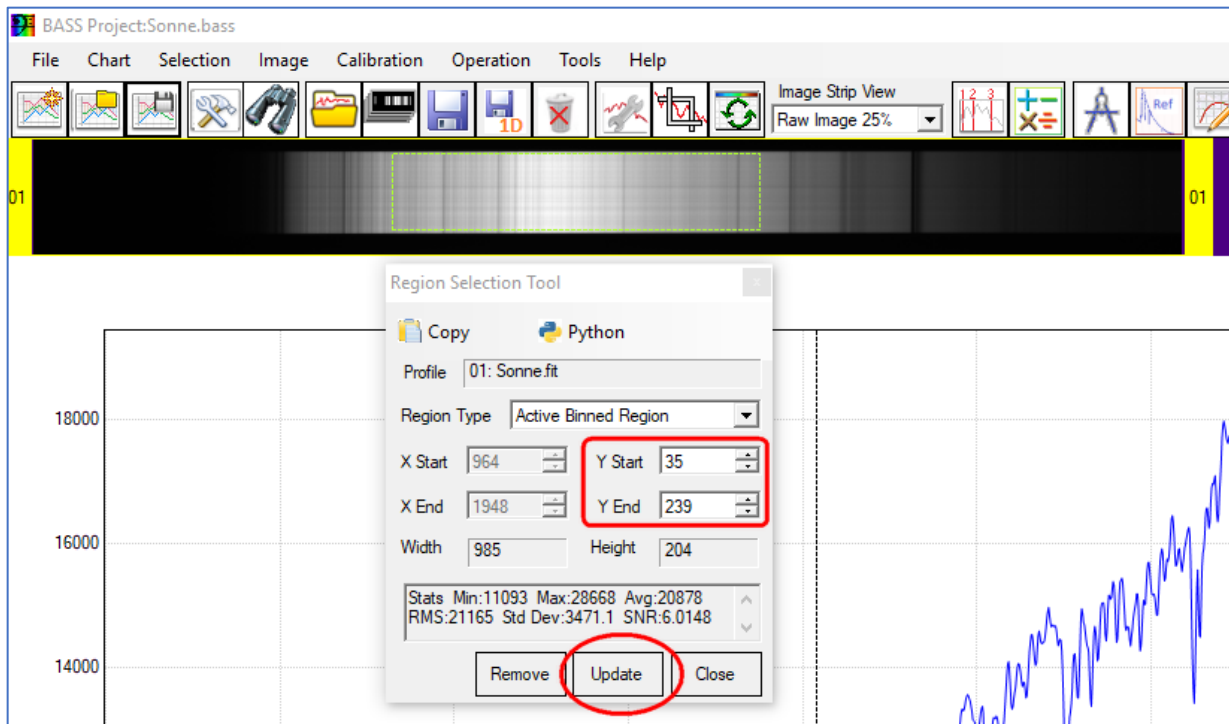
→ Active Binned Region



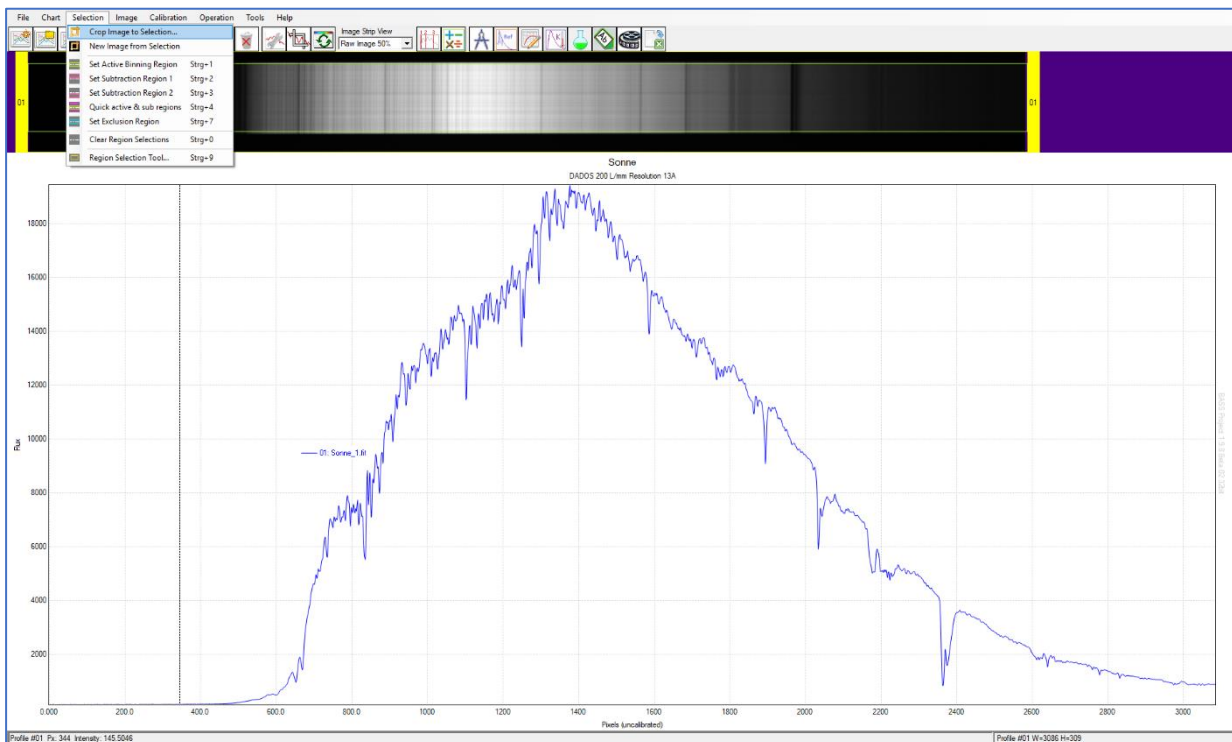
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

Ziehe nun einen Rahmen innerhalb des Spektrums auf und verändere danach die Werte für **Y Start** und **Y End**, bis der Rahmen das Spektrum in nahezu voller Höhe umfasst. Die Breite wird automatisch angepasst.

→ Y Start → Y End → Update



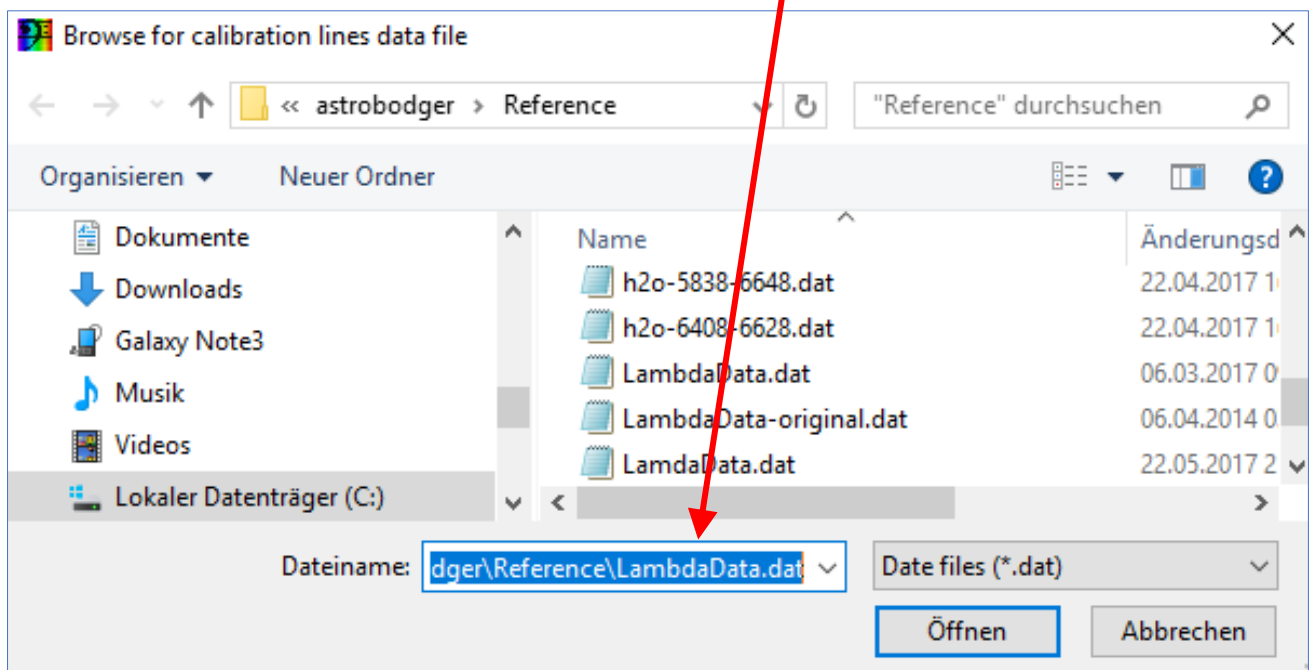
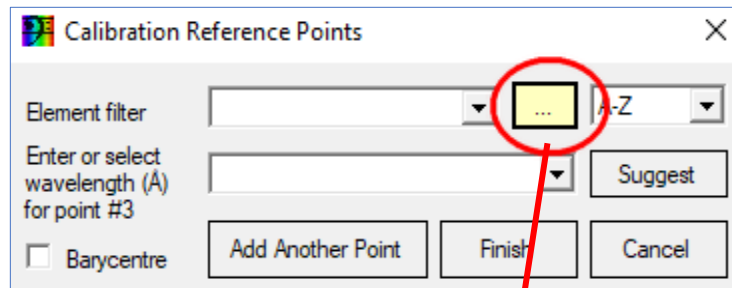
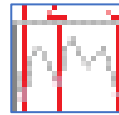
→ Selection → Crop Image to Selection



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

7. Wellenlängenkalibrierung mit Linien des Sonnenspektrums

- ➔ Enter Line Calibration Mode
- ➔ Erste Referenzlinie (O₂-Linie bei 7605Å) eng eingrenzen.



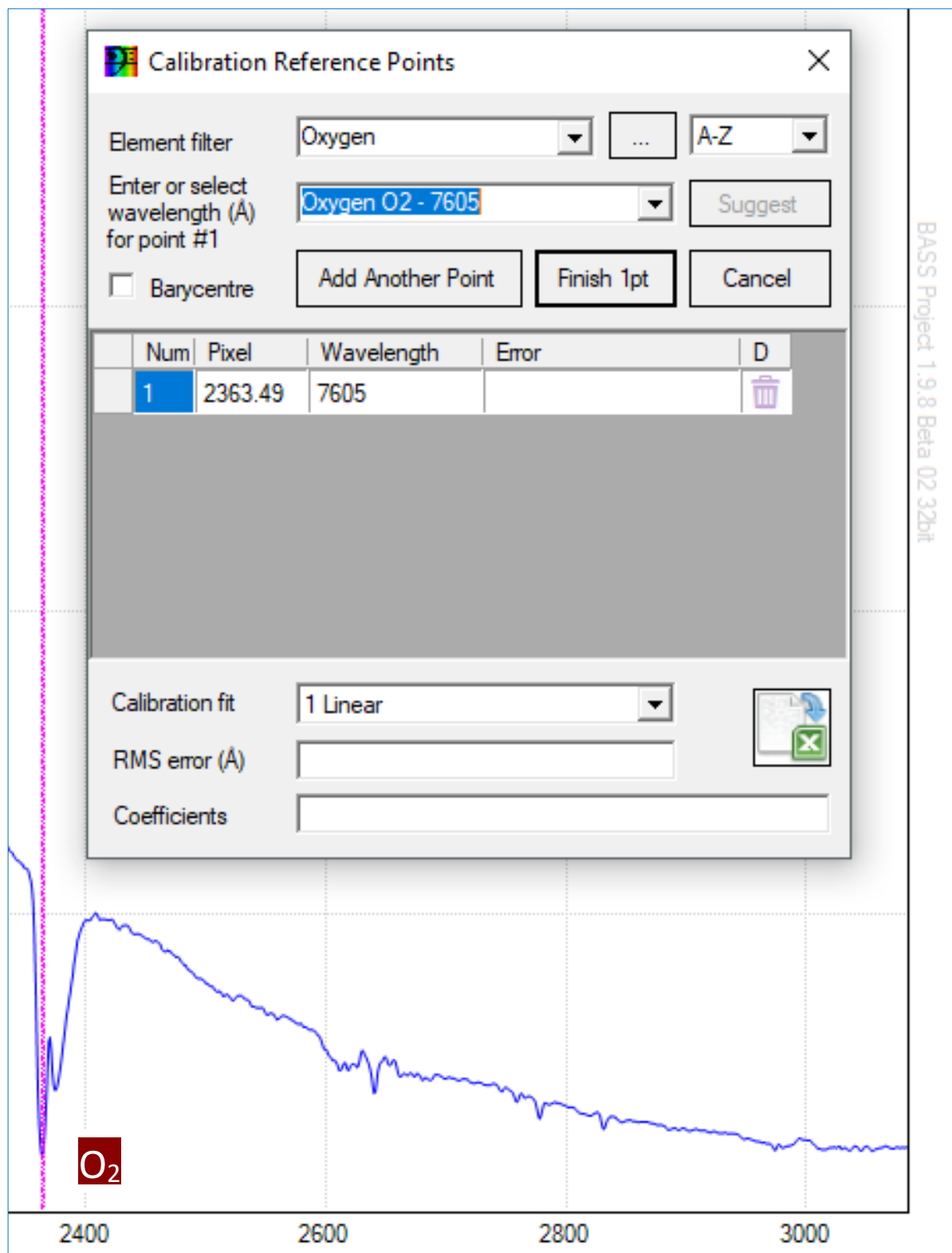
Wichtiger Hinweis:

Die .dat-Dateien im Ordner Reference sind Wellenlängentabellen, die mit einem Editor verändert werden können. Falsche Wellenlängenwerte können korrigiert, neue hinzugefügt werden.

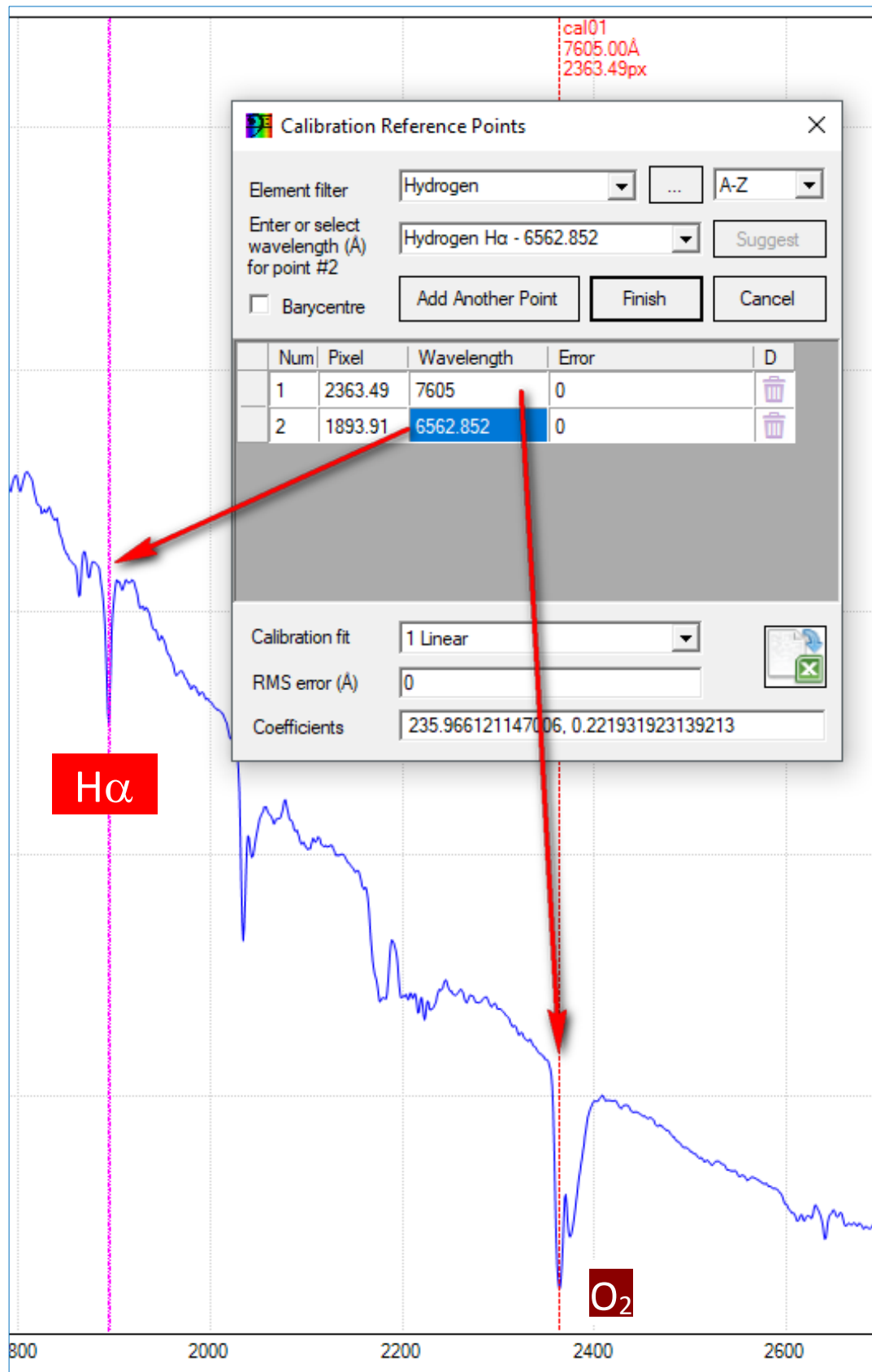
Beispiel: Das Natrium-Dublett Na D1/D2 hat einen Abstand von nur 6Å, der bei niedriger Dispersion des Gitters nicht aufgelöst werden kann. D1: 5889.951Å, D2: 5895.924Å. Beide Linien verschmelzen zu einer etwas dickeren Linie, so dass bei der Wellenlängenkalibrierung der Mittelwert der beiden verwendet wird. Dieser Mittelwert 5892.94Å ist der Datei hinzugefügt worden.

Die Wellenlängenreferenz **LambdaData.dat** wurde vom Autor editiert und unterscheidet sich in einigen Einträgen von der Originaldatei. Die Originaldaten wurden vom Autor der Software ursprünglich aus *VisualSpec* importiert.

→ **Erste Referenzlinie** (O₂-Linie bei 7605Å) mit der Maus eng eingrenzen. Elementfilter: Oxygen



→ **Zweite Referenzlinie:** → Add Another Point → H α -Linie mit der Maus eng eingrenzen

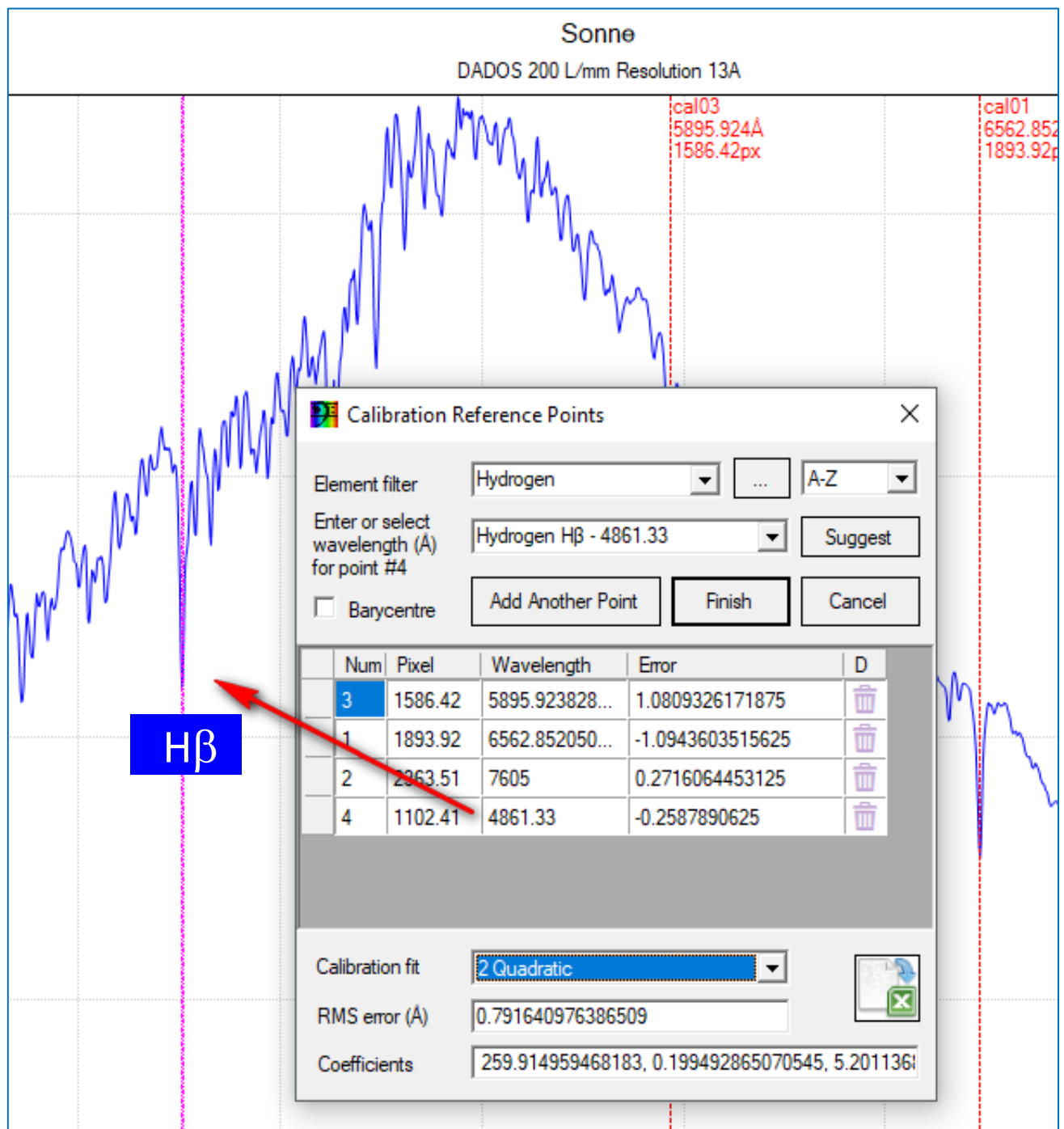


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

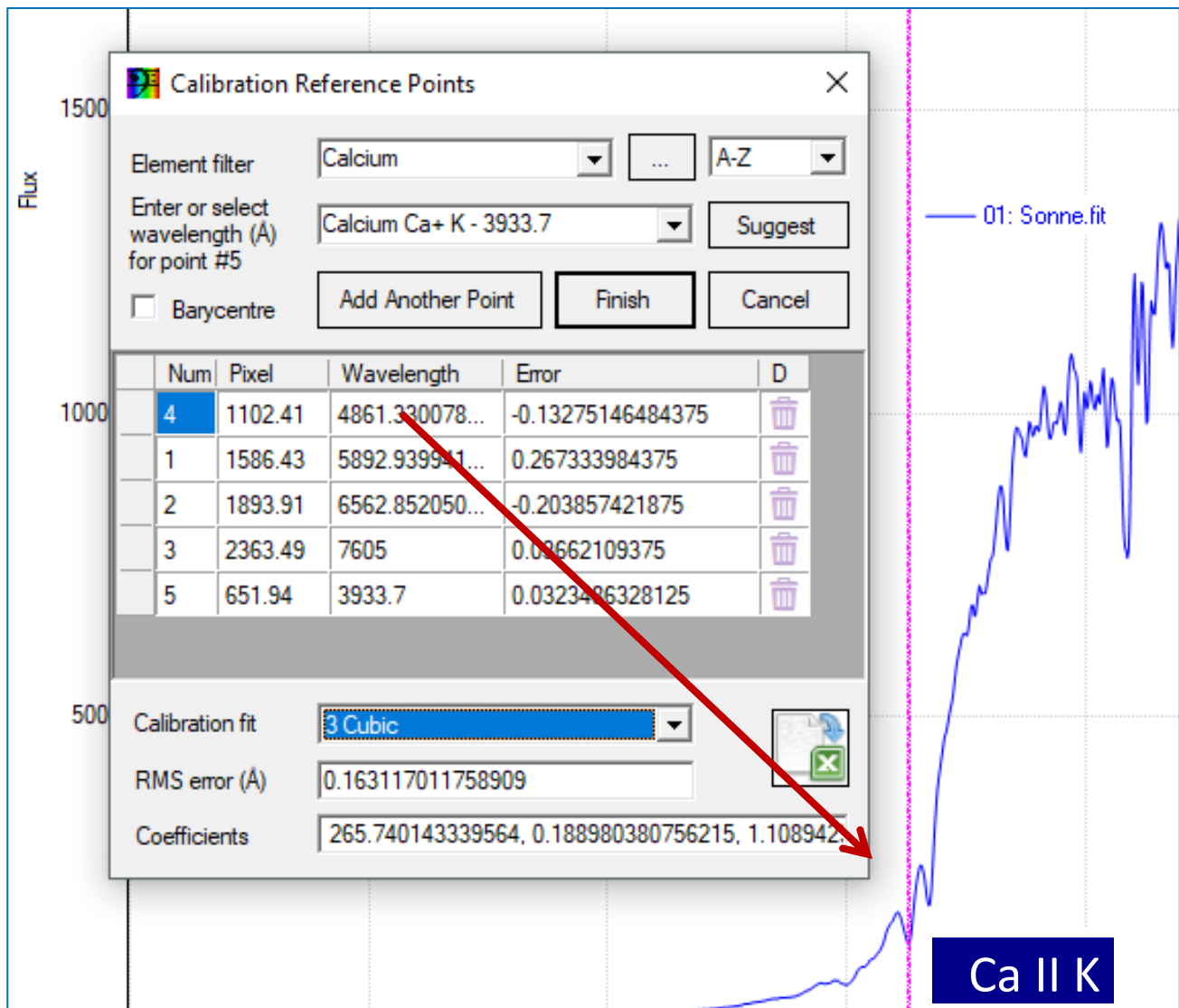
- **Dritte Referenzlinie:** → Add another Point: Na D1 und Na D2 verschmelzen wegen der niedrigen Auflösung des 200L/mm Gitters zu einer verbreiterten Linie. Daher den Mittelwert beider wählen:
Na D1: 5889.95Å und Na D2: 5895.924Å → Mittelwert: 5892.94Å



→ **Vierte Referenzlinie:** → Add Another Point → H β -Linie eng eingrenzen → Suggest schlägt Linie vor:

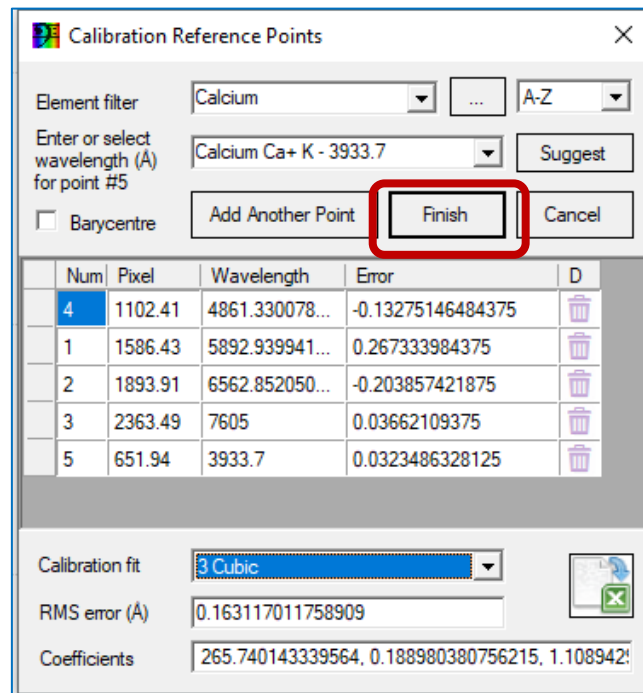


→ Fünfte und letzte Referenzlinie: Kalzium-Linie K 3968.33Å




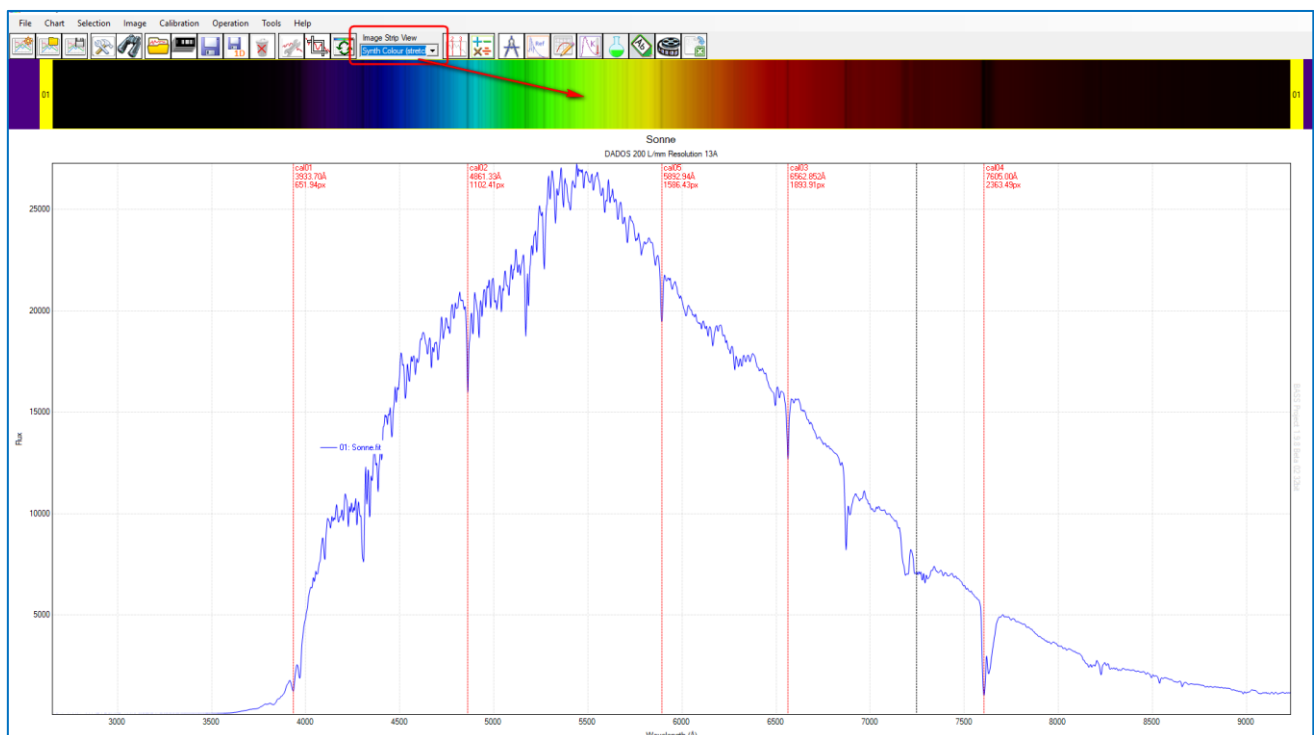
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

- Finish: Ein Polynom 3. Grades (Cubic) ergibt einen akzeptablen Restfehler von **RMS=0.16Å**



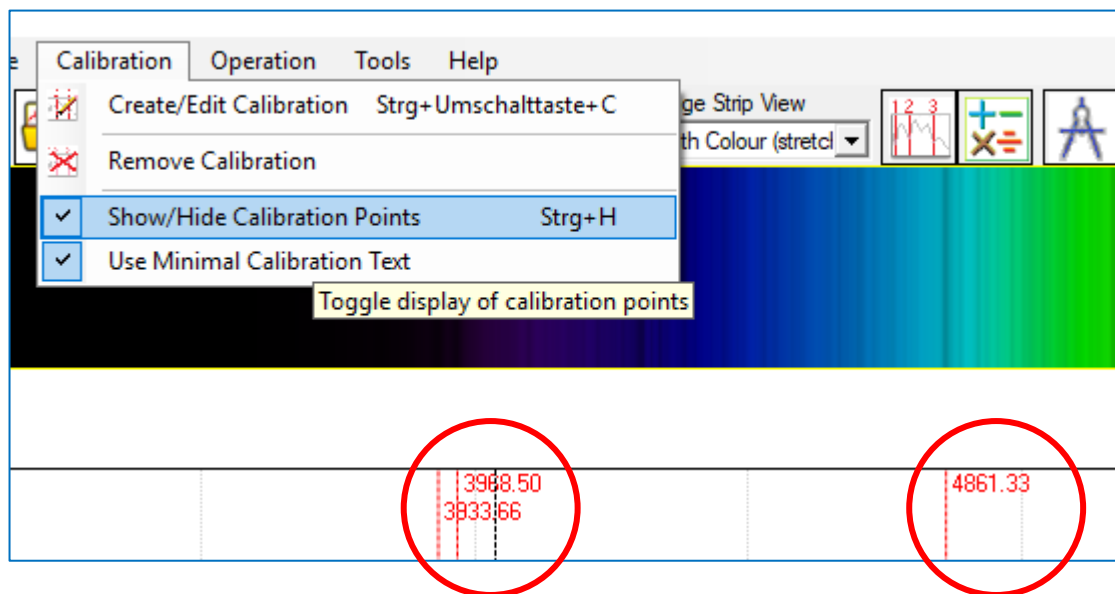
- Image Strip View umstellen auf Synth Color stretched (synthetisches Sonnenspektrum)

- Speichern des Projekts:  unter dem selben Namen *Sonne.bass*



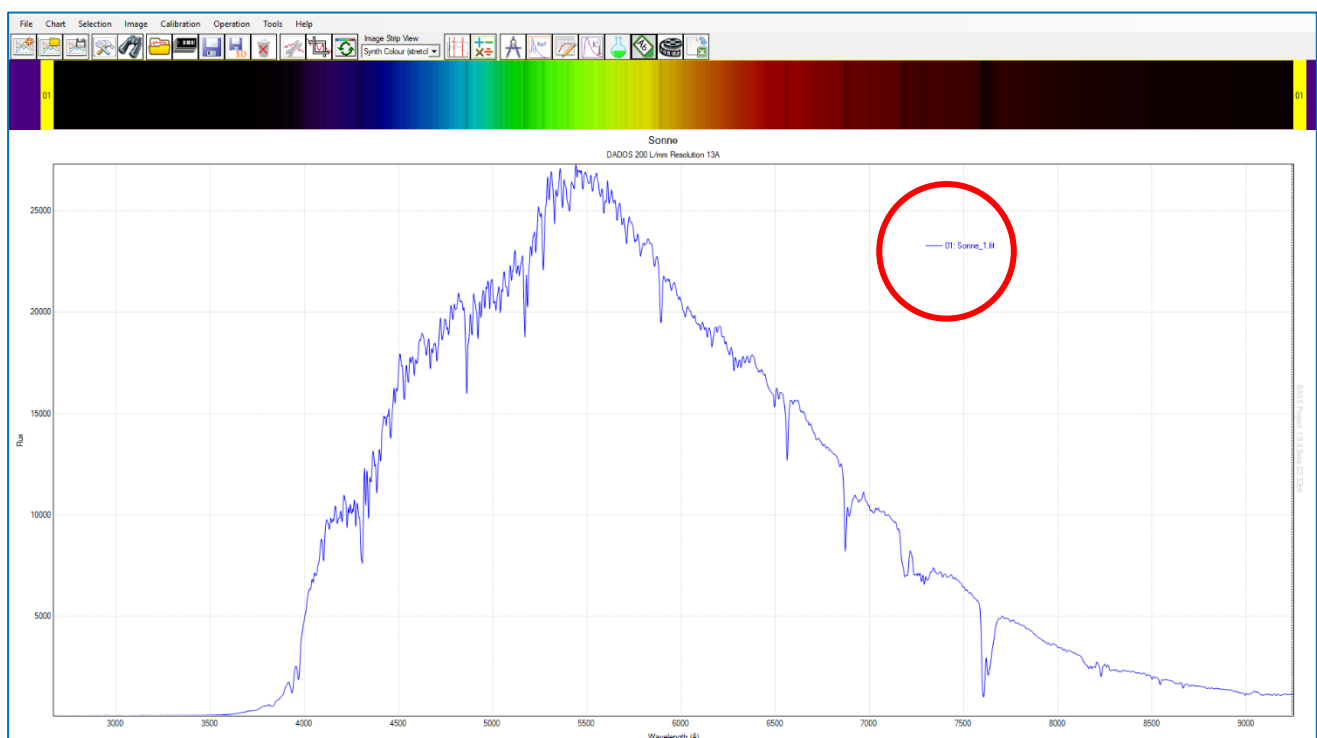
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

➔ Show/Hide Calibration Points: Schaltet nur die Anzeige der Kalibrierpunkte aus!



Und hier ist das fertig wellenlängenkalibrierte Sonnenspektrum!

➔ Rechte Maustaste: Show legend here



8. Kalibrierung 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.

8.1 Normierung des Spektrums

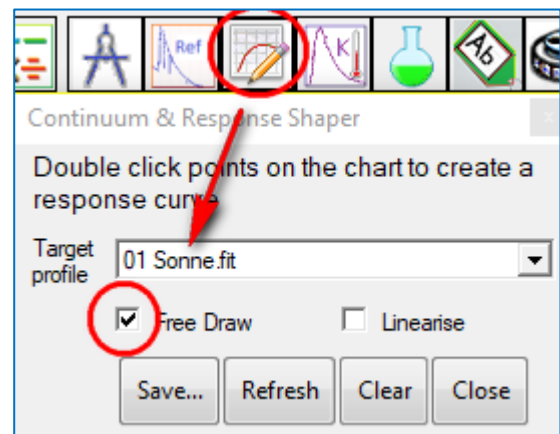
Unter der *Normierung eines Spektrums* versteht man die Eliminierung des pseudokontinuierlichen Anteils im Spektrum, so dass nur noch die Spektrallinien im Spektrum verbleiben.

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

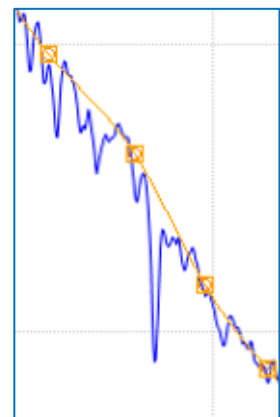
Division durch das Kontinuum: Die relativen Intensitäten bleiben erhalten, das Divisionsergebnis ergibt im Spektrum im Idealfall einen exakt horizontalen Verlauf, dessen Intensität den Wert „1“ aufweist. Deshalb spricht man auch von der Normierung auf „1“. Dies wird im Folgenden beschrieben.

Durchführung einer Normierung:

- ➔ *Continuum and Response Shaper* anwenden auf 01 Sonne.fit

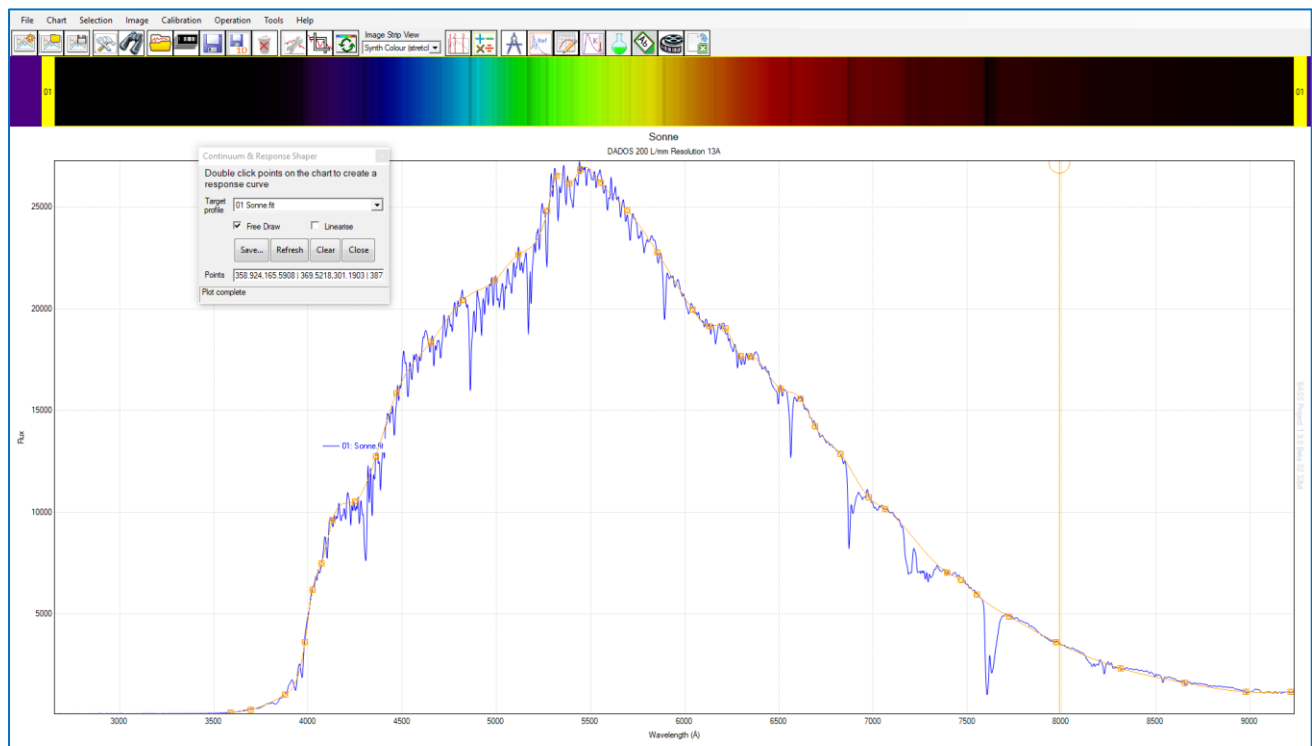


- ➔ Kästchen setzen per Doppelklick entlang des Kontinuums. Kästchen löschen mit mittlerer Maustaste. Spektrallinien überbrücken, ohne die Flügel der Linien zu kappen. Die so definierte orangene Kurve ist die sogenannte *Instrumentenfunktion*, meist auch als *Response* bezeichnet.

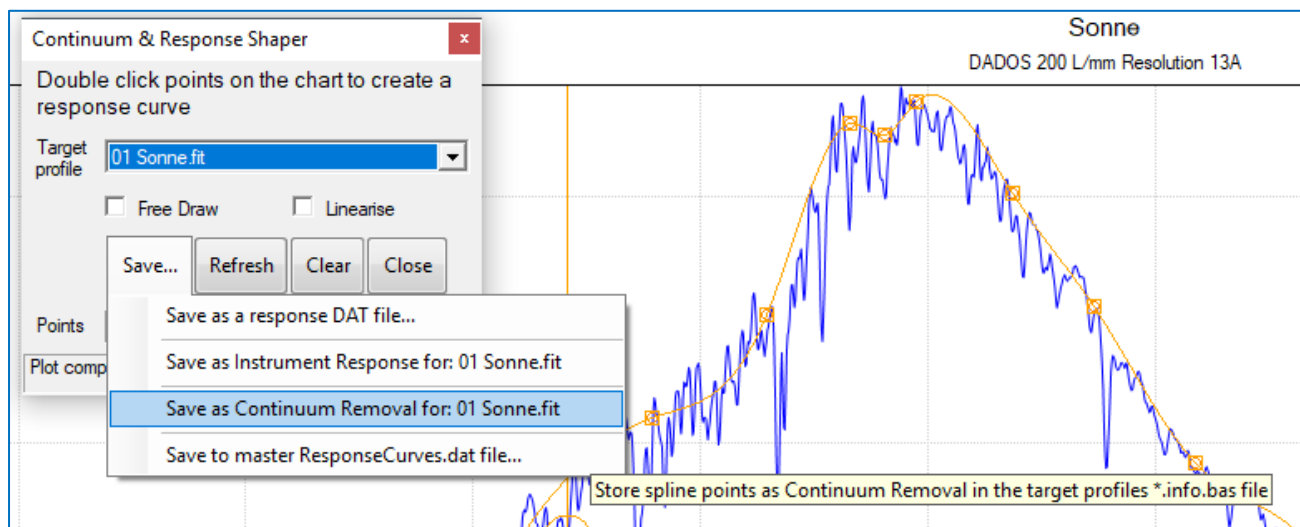


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

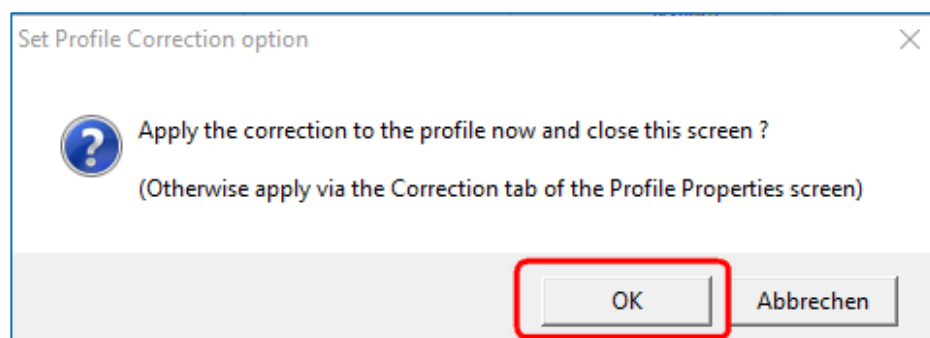
Die orangene Kurve ist die Instrumentenfunktion (Response)



➔ Save as Continuum Removal for: 01 Sonne.fit



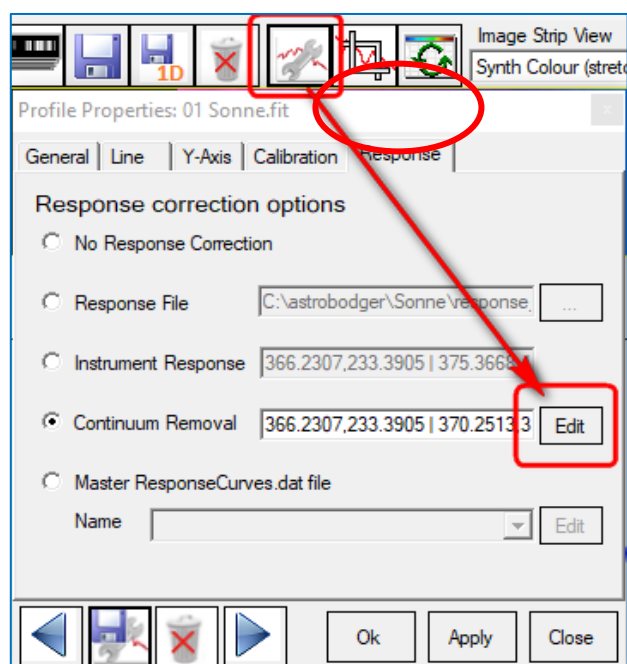
➔ Normierung direkt anwenden: Abfrage mit Ok beantworten



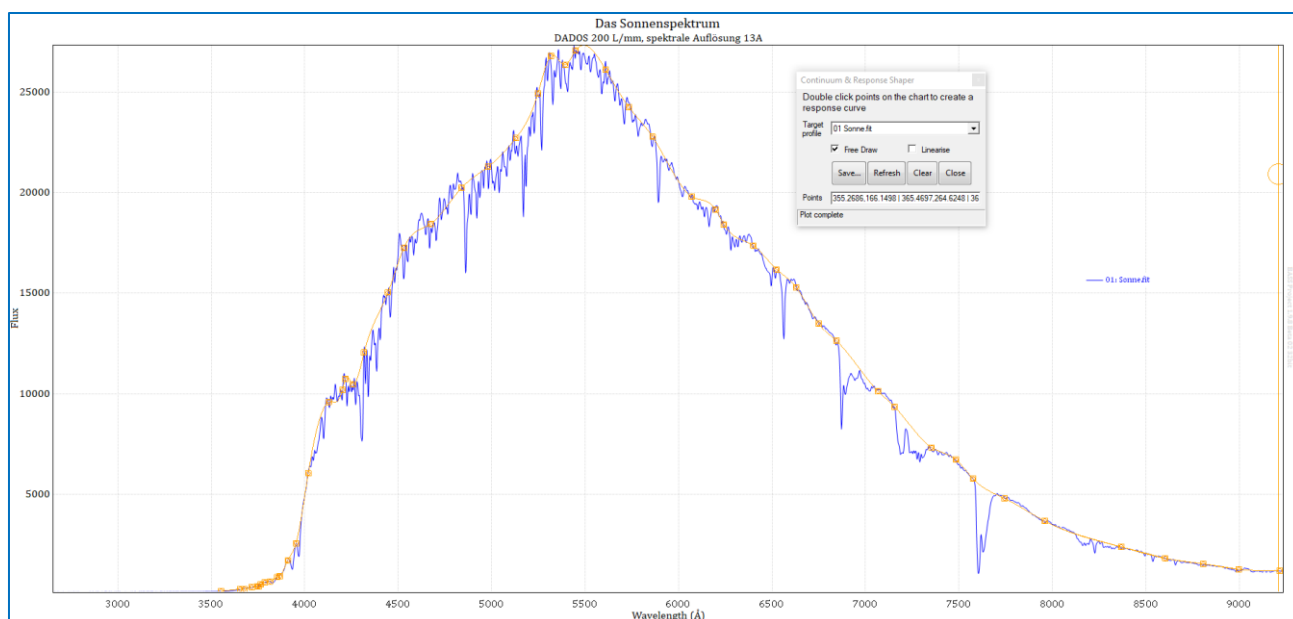
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

→ Falls das durchschnittliche Kontinuum NICHT auf einer horizontalen Linie liegt, kann die Datei *response_norm.dat* verändert werden.

→ Edit

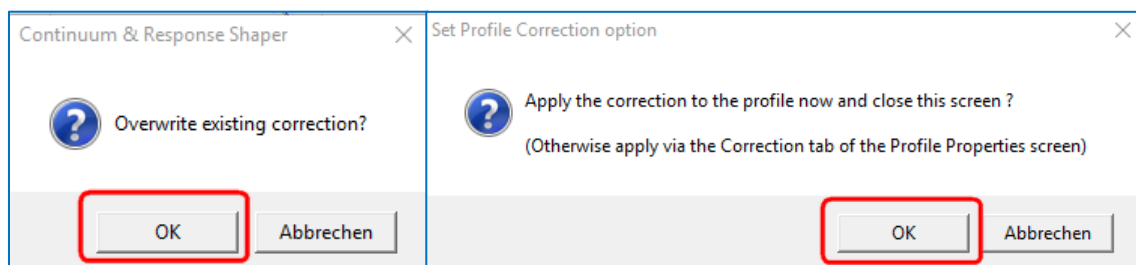


→ Neue Kästchen können gesetzt oder alte entfernt werden



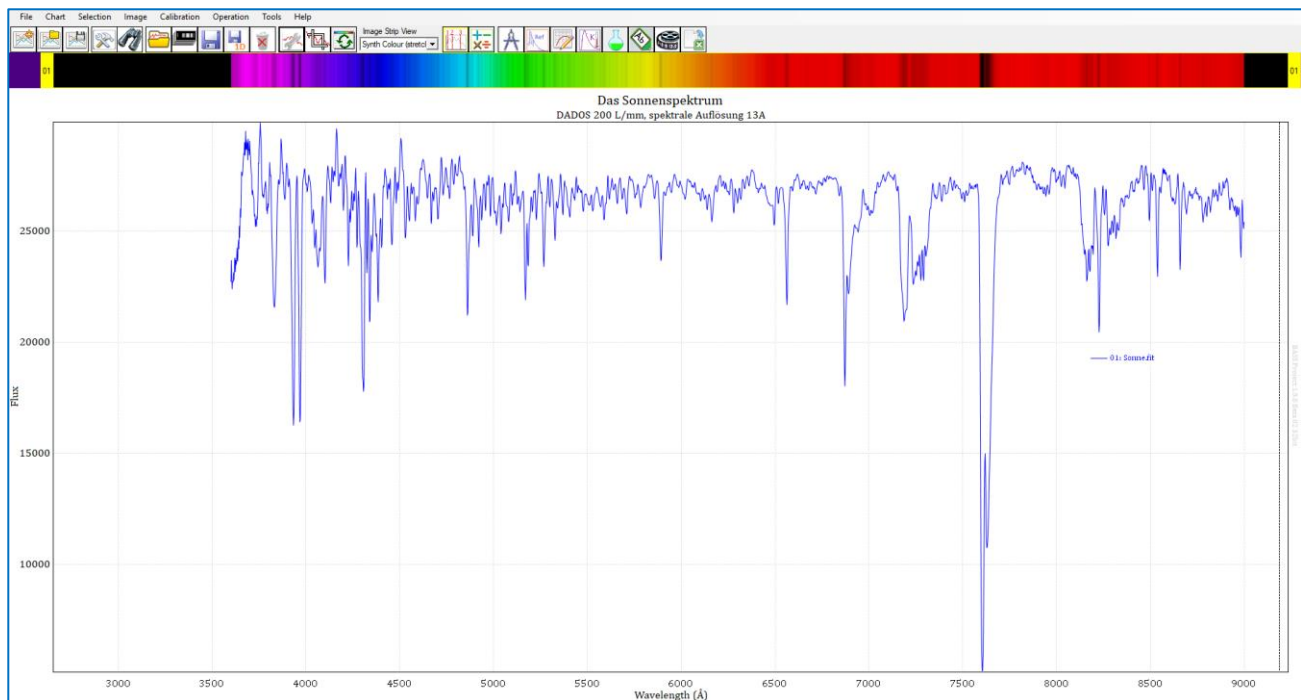
→ Save Continuum Removal

→ Ok



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

→ Ergebnis: Ein normiertes Spektrum mit (nahezu) horizontalem Kontinuum

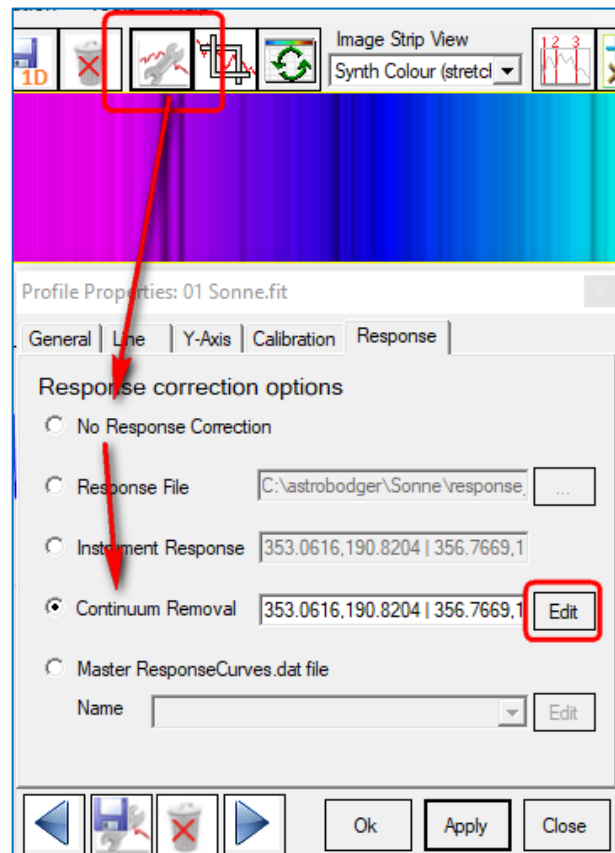


→ Ansicht Vorher/Nachher: Wie sieht das Profil mit bzw. ohne Kontinuumsbeseitigung aus?

→ Profile Properties

→ Response

→ Continuum Removal <-> No Response Correction
hin- und her schalten



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

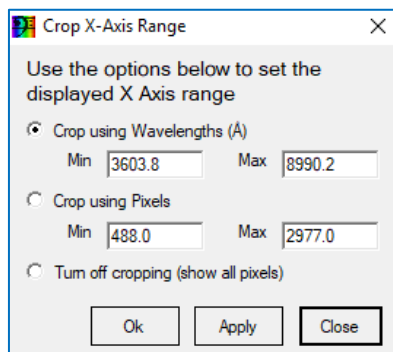
Unerwünschte Bereiche links und rechts des Spektrums können ausgegrenzt werden. Ein vollständiges abschneiden ist aber nicht möglich!!

→ Mit der linken Maustaste das Spektrum wie gewünscht eingrenzen

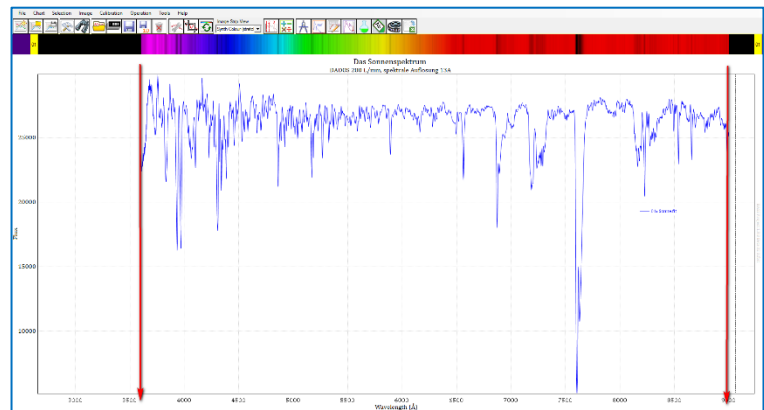
→ Crop X-Axis Range



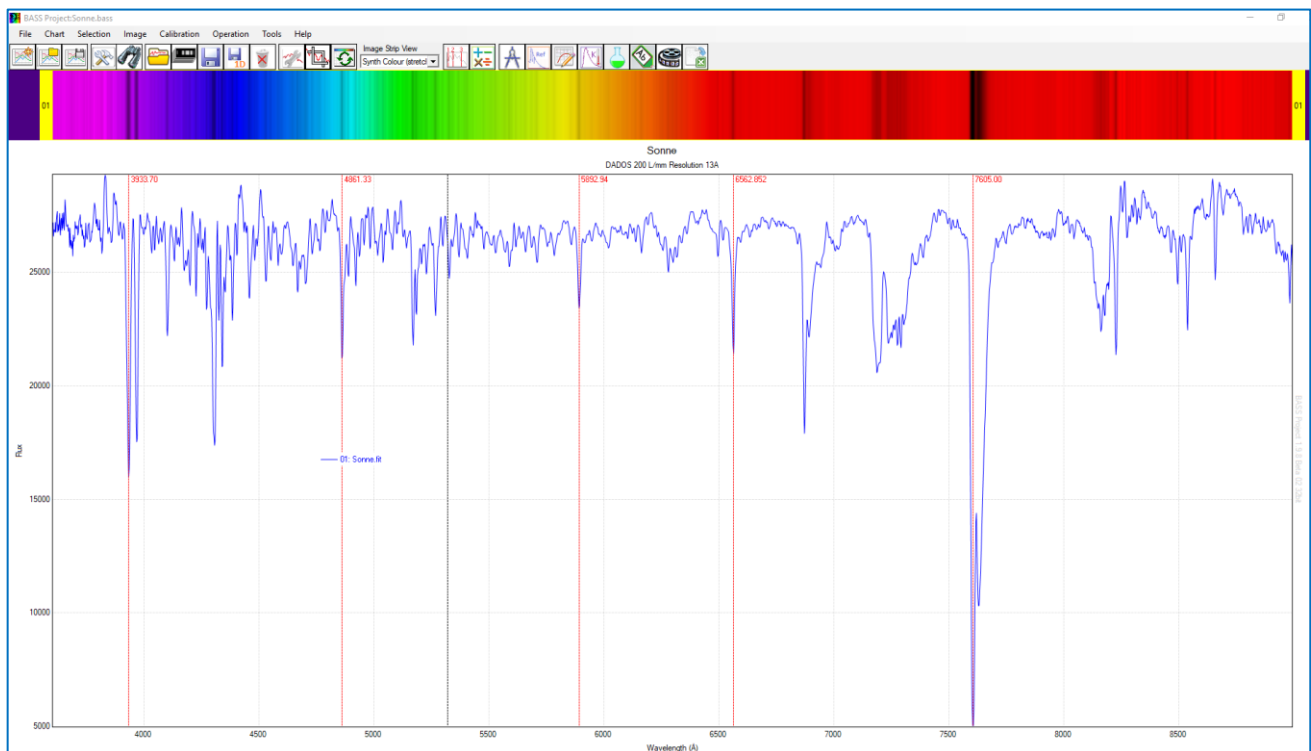
→ Wellenlängenwerte ggf. anpassen



→ Ok

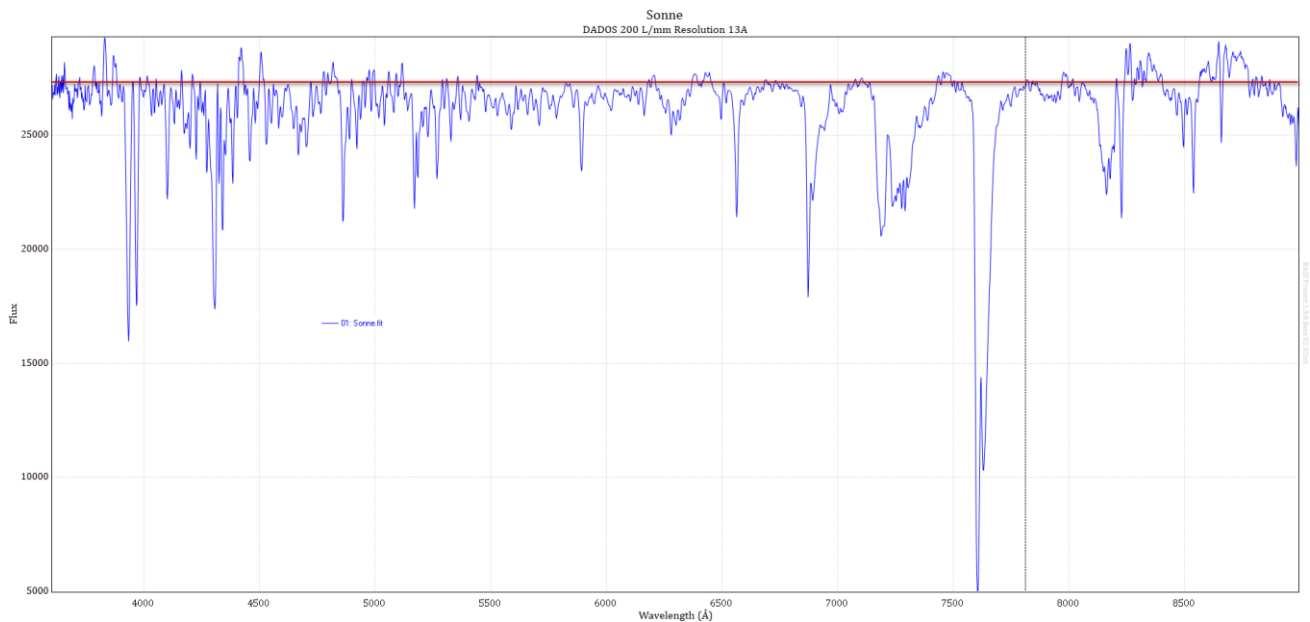


→ Eingblendete Kalibrierlinien (zur Prüfung) einblenden: *Calibration Show / Hide Calibration Points:*



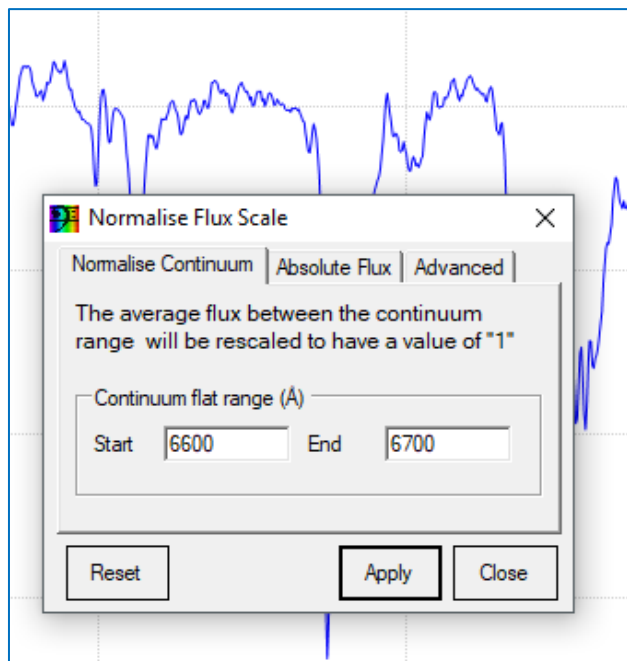
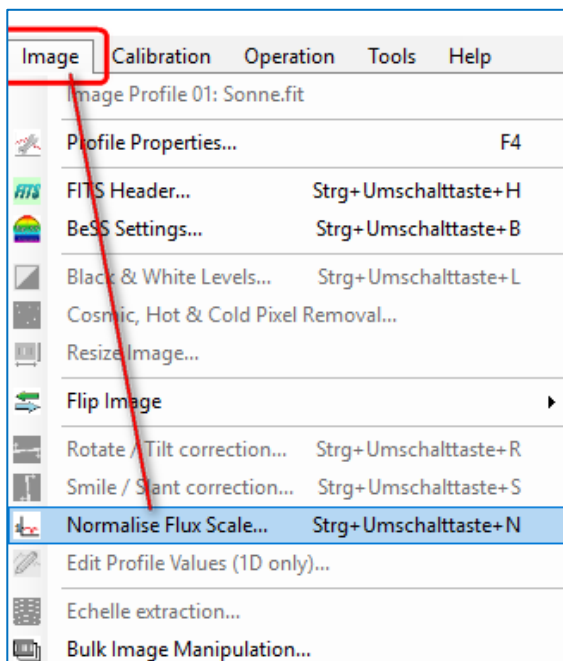
8.1.1 Normierung auf „1“

„Normierung auf 1“ bedeutet, dass das Kontinuum auf den Wert 1 festgelegt wird. Die rote Linie wurde hier in dem Bild per Hand eingezeichnet, um zu zeigen, wo ungefähr das Intensitätsniveau 1 liegen soll



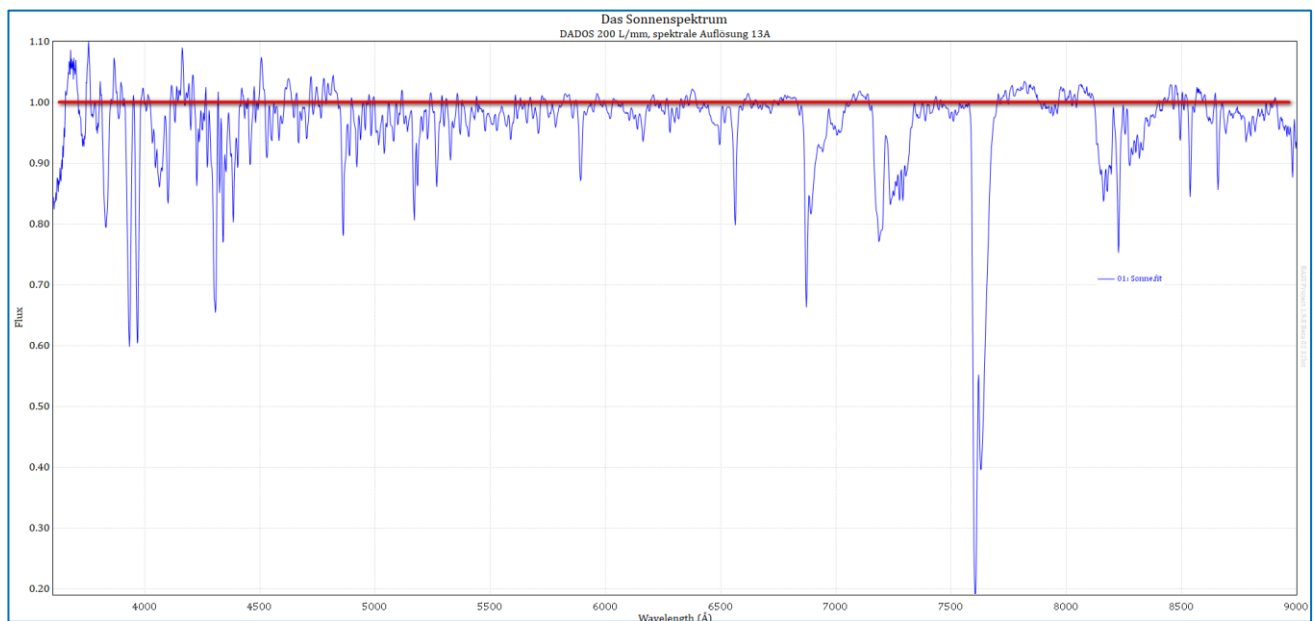
Normierung auf „1“ durchführen:

- ➔ Image
- ➔ Normalize Flux Scale
- ➔ Spektrum dahingehend sichten, dass man einen Bereich definieren kann, der den Wert 1 erreichen soll. Hier 6600Å-6700Å



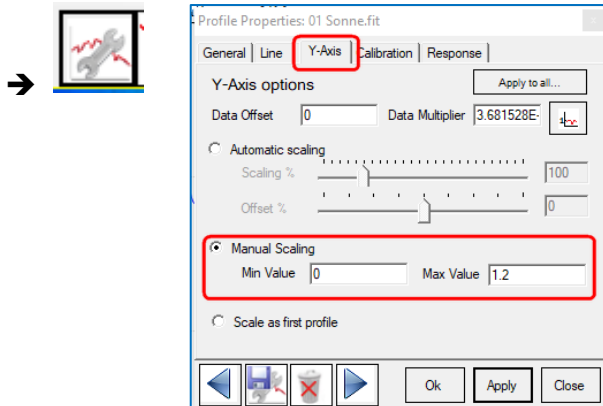
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

Prüfen, ggf. neue Start- und Endwerte eingeben. Die rote Linie wurde zur Ansicht per Hand eingezogen.



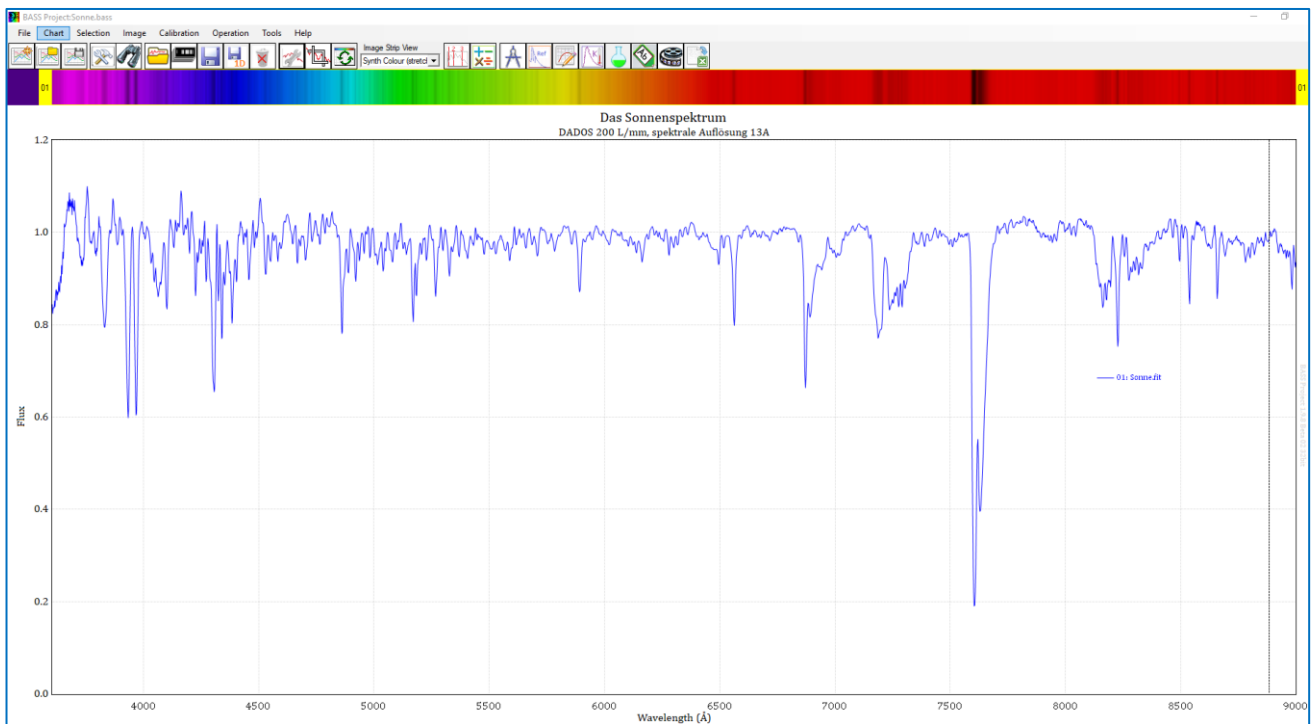
Die Normierung passt nicht perfekt im UV-Bereich. Das kann man verbessern, indem man die Response-Datei editiert und neue Kästchen für das Kontinuum setzt. Für unsere Zwecke ist die Normierung jedoch ausreichend gut.

➔ Manuelle Skalierung der Y-Achse (Flux) von 0 bis 1.2:



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

➔ Ergebnis: Das auf „1“ normierte Sonnenspektrum, in der Intensität von 0 bis 1.2 skaliert.

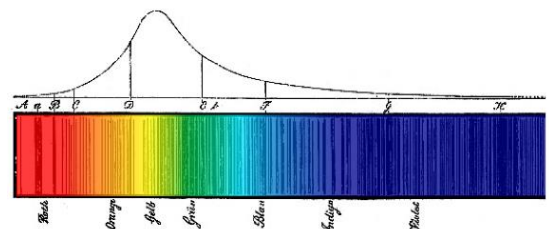


Hinweis: Die Normierung auf „1“ ist ein höchst subjektiver Vorgang, der von jedem Bearbeiter durchgeführt und beurteilt wird.

8.1.2 Die Fraunhoferlinien im Sonnenspektrum

Linienbez.	Element	Wellenlänge [Å]
A – Band	O ₂	7594 - 7621
B – Band	O ₂	6867 - 6884
C	H (α)	6563
a – Band	O ₂	6276 - 6287
D 1, 2	Na	5896 & 5890
E	Fe	5270
b 1, 2, 3	Mg	5184/73/69
F	H (β)	4861
d	Fe	4668
e	Fe	4384
f	H (γ)	4340
G – Band	CH	4300 - 4310
g	Ca	4227
h	H (δ)	4102
H	Ca II	3968
K	Ca II	3934

Tabelle: Richard Walker



Joseph von FRAUNHOFER (1787 - 1826)

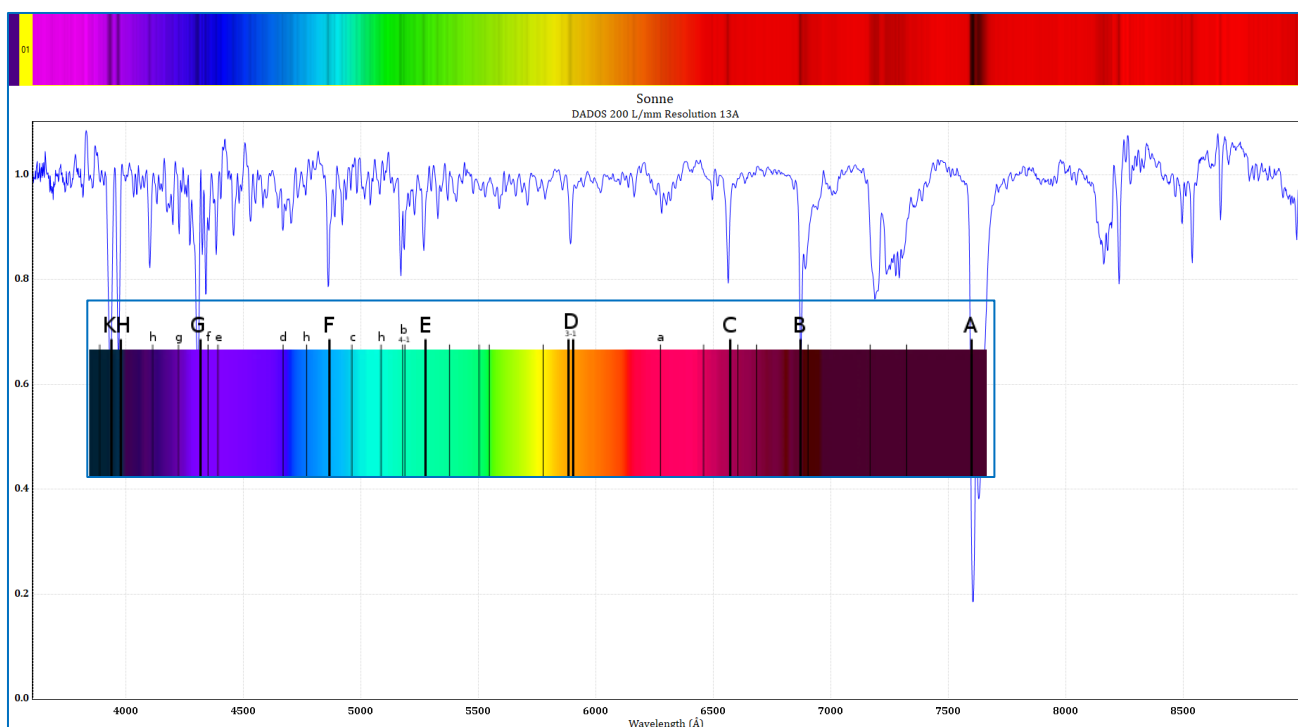
<https://de.wikipedia.org/wiki/Fraunhoferlinie>

Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

Symbol	Element	Wellenlänge (Å)	Symbol	Element	Wellenlänge (Å)
Y	O ₂	8987,65	c	Fe	4957,61
Z	O ₂	8226,96	F	Hβ	4861,34
A-Band	O ₂	7593,70	d	Fe	4668,14
B-Band	O ₂	6867,19	e	Fe	4383,55
C	Hα	6562,81	G'	Hγ	4340,47
a	O ₂	6276,61	G	Fe	4307,90
D ₁	Na	5895,94	G	Ca	4307,74
D ₂	Na	5889,97	g	Ca	4227
D ₃	He	5875,62	h	Hδ	4101,75
E	Fe	5270,39	H	Ca II	3968,47
b ₁	Mg	5183,62	K	Ca II	3933,68
b ₂	Mg	5172,70	L	Fe	3820,44
b ₃	Fe	5168,91	N	Fe	3581,21
b ₄	Fe	5167,51			
b ₄	Mg	5167,33			

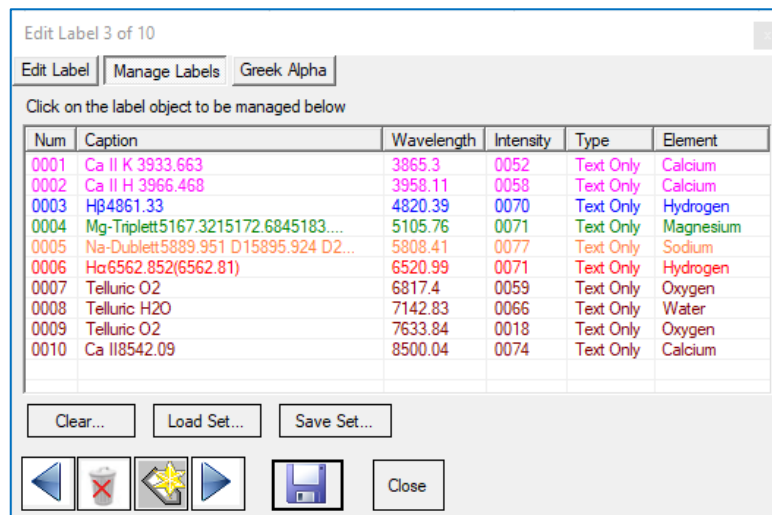
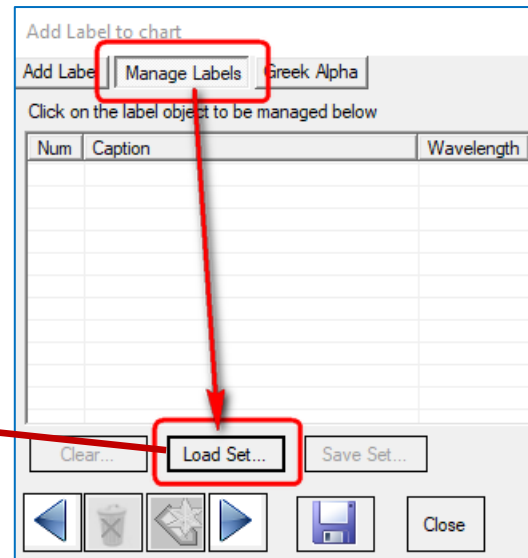
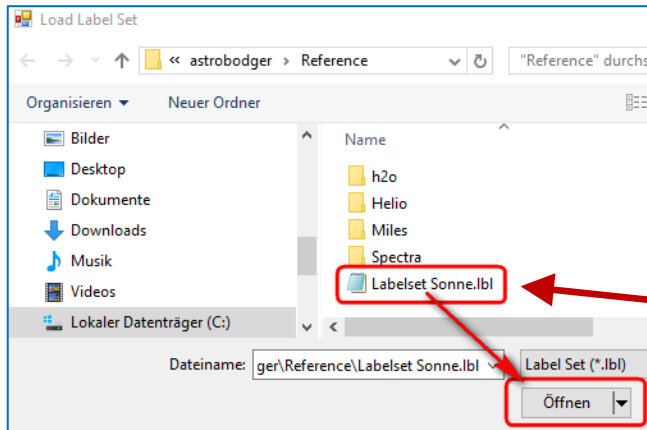
Die Fraunhofer C-, F-, G'- und h-Linien stimmen mit den alpha-, beta-, gamma- und delta-Linien der Balmer-Serie eines Wasserstoffatoms überein.

Die Linien A, B, a, Y und Z sind nicht solaren, sondern terrestrischen Ursprungs, das heißt: Sie entstehen durch Absorption in der Erdatmosphäre.




8.1.3 Beschriftung des normierten Spektrums

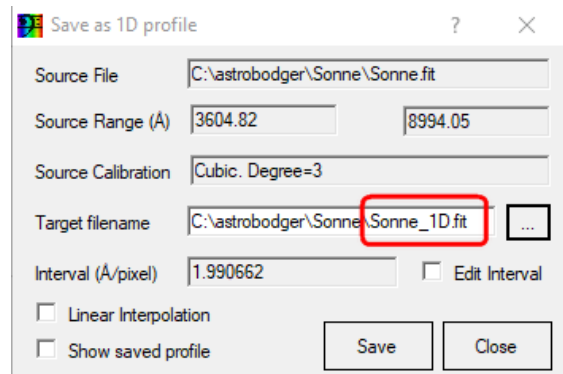
- ➔ Add Label to chart -> Manage Labels -> Load Set
- ➔ *Labelset Sonne.lbl* öffnen



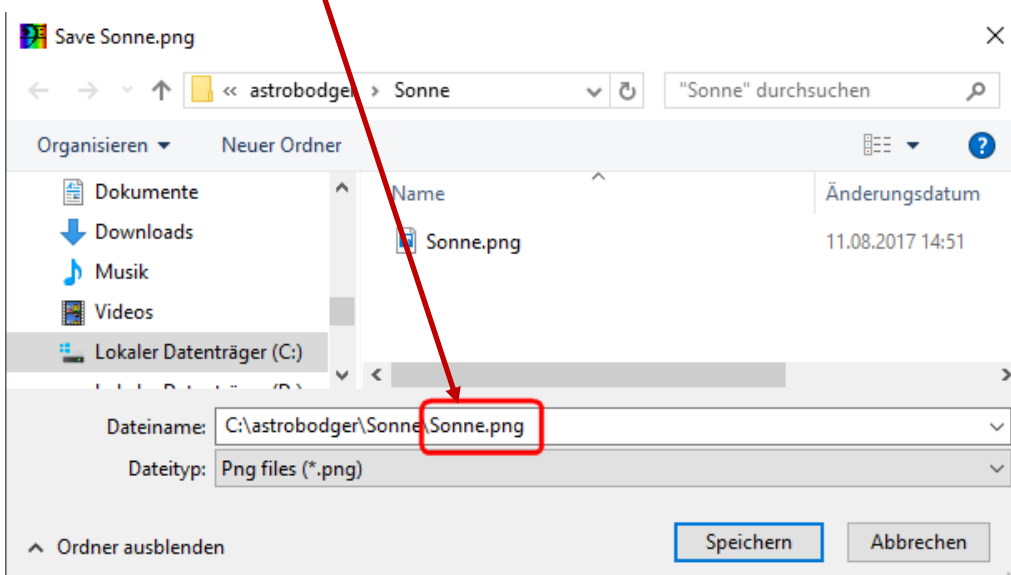
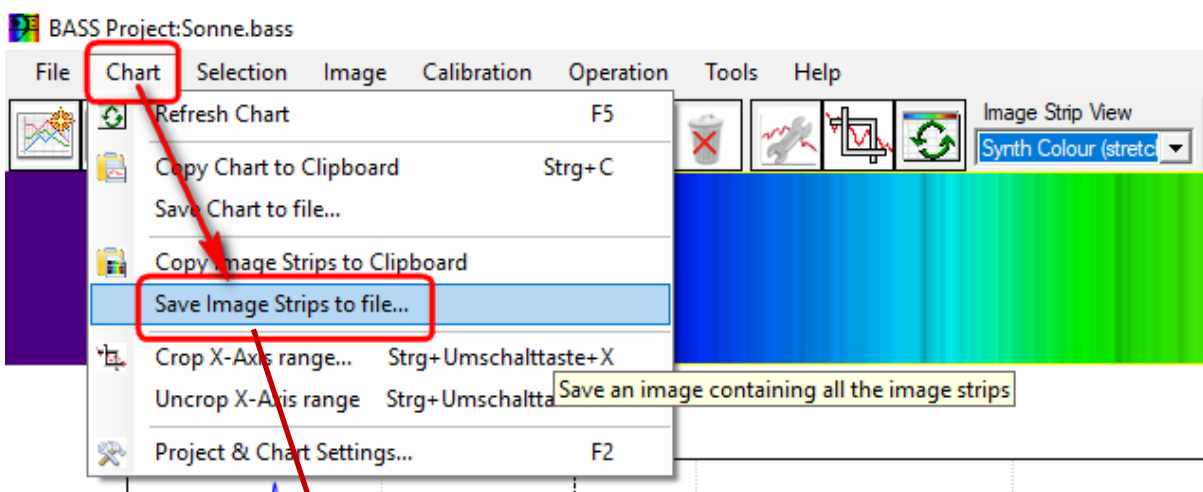
8.1.4 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips

→ Speichern des Projekts mit allen Skalierungen und Beschriftungen:  (Sonne.bass)

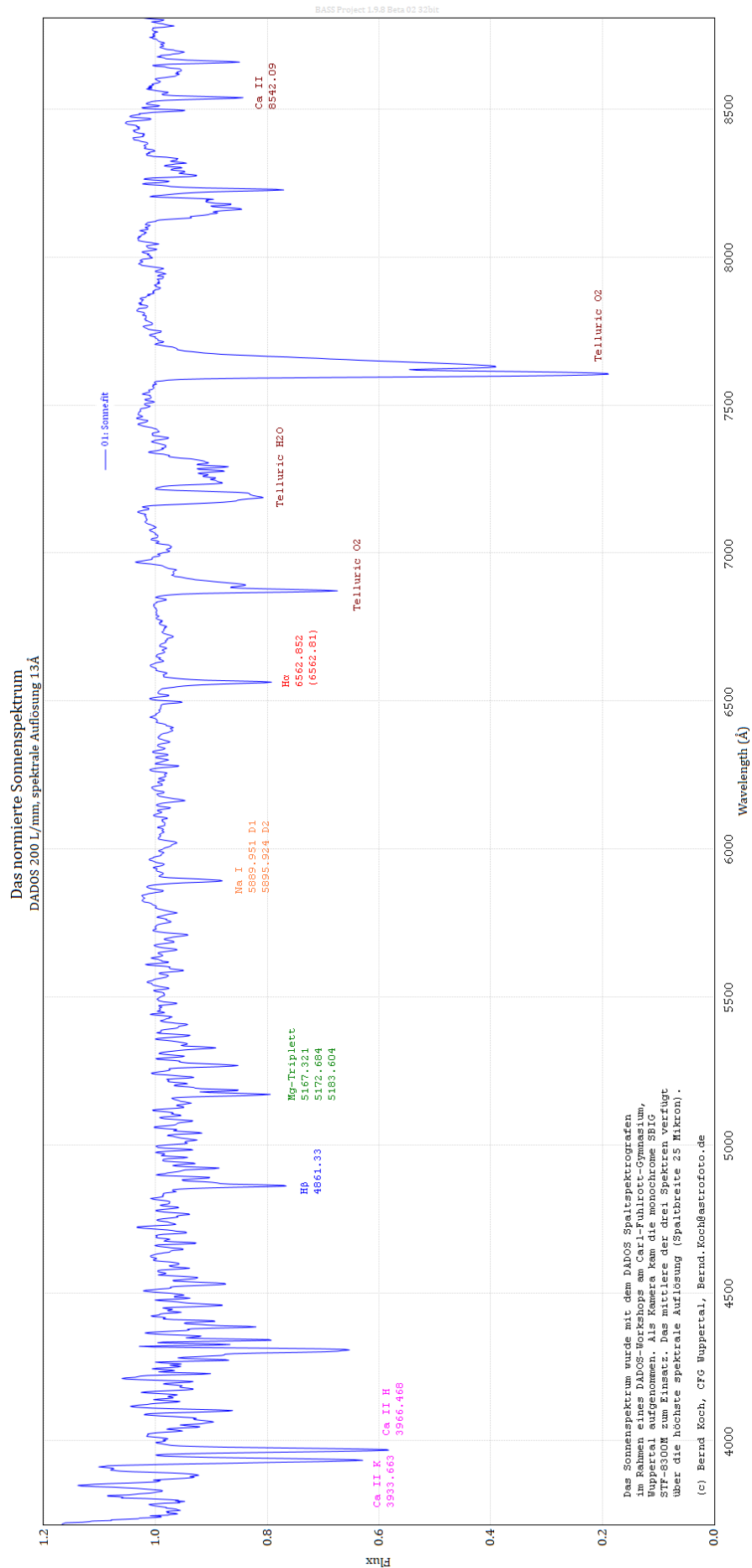
→ Speichern des Spektralprofils (_1D), um es bsp. in VisualSpec zu verarbeiten: (.fits)



→ Speichern des synthetischen Spektrums:



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung



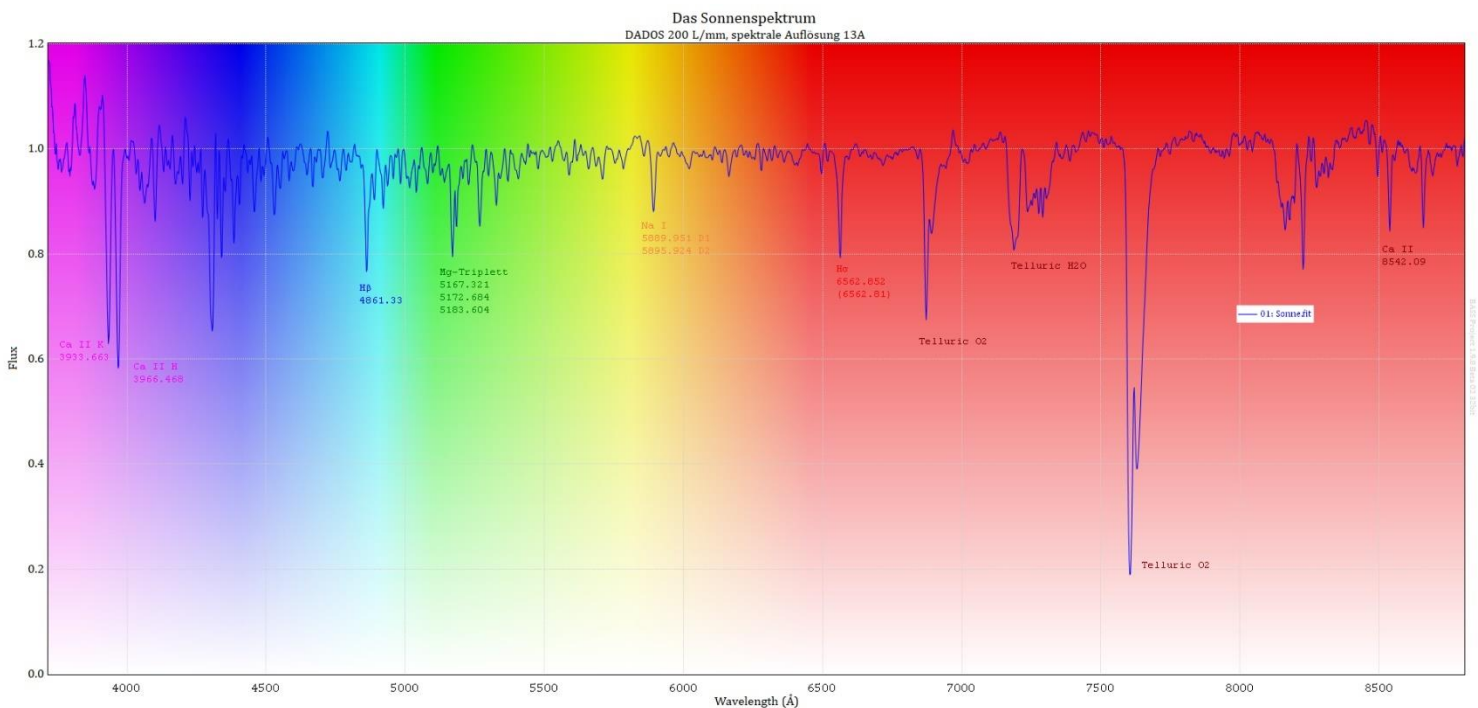
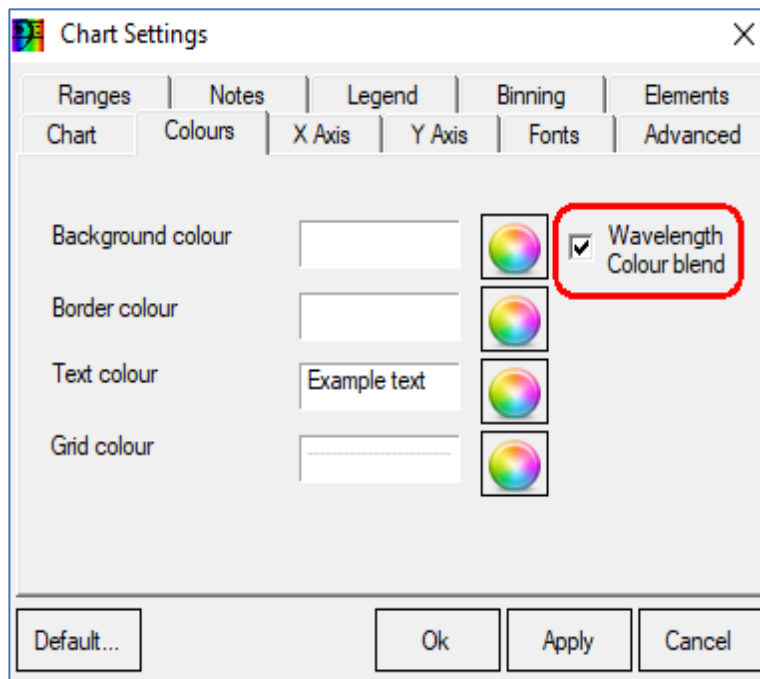
➔ Save Chart

➔ Save Chart to File

Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

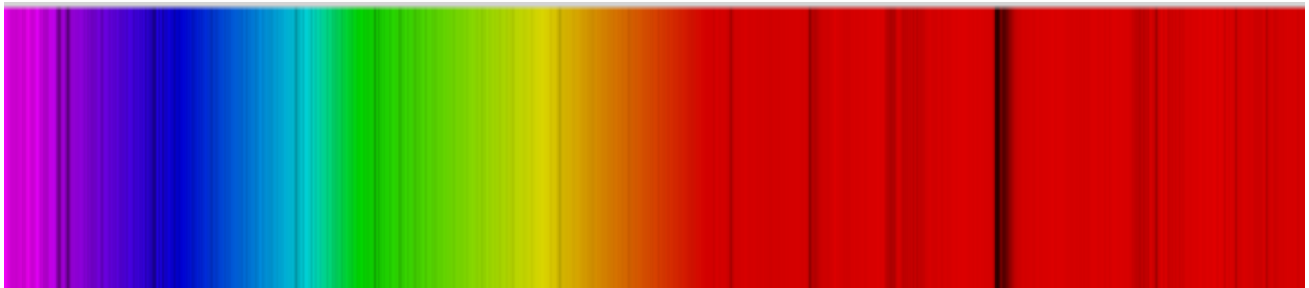
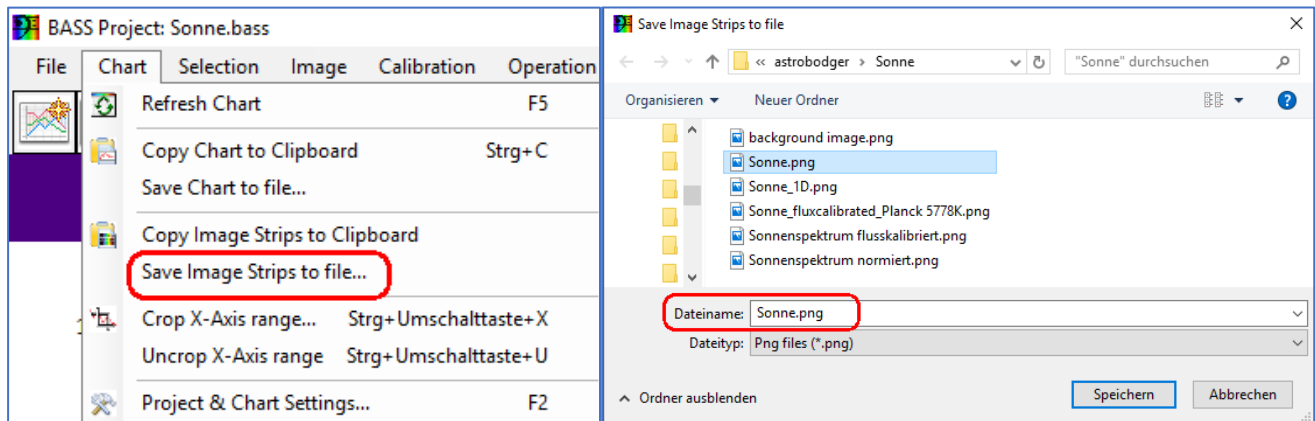
Ein farbiges Spektralband im Hintergrund erzeugen

- Background colour
- Wavelength Colour blend

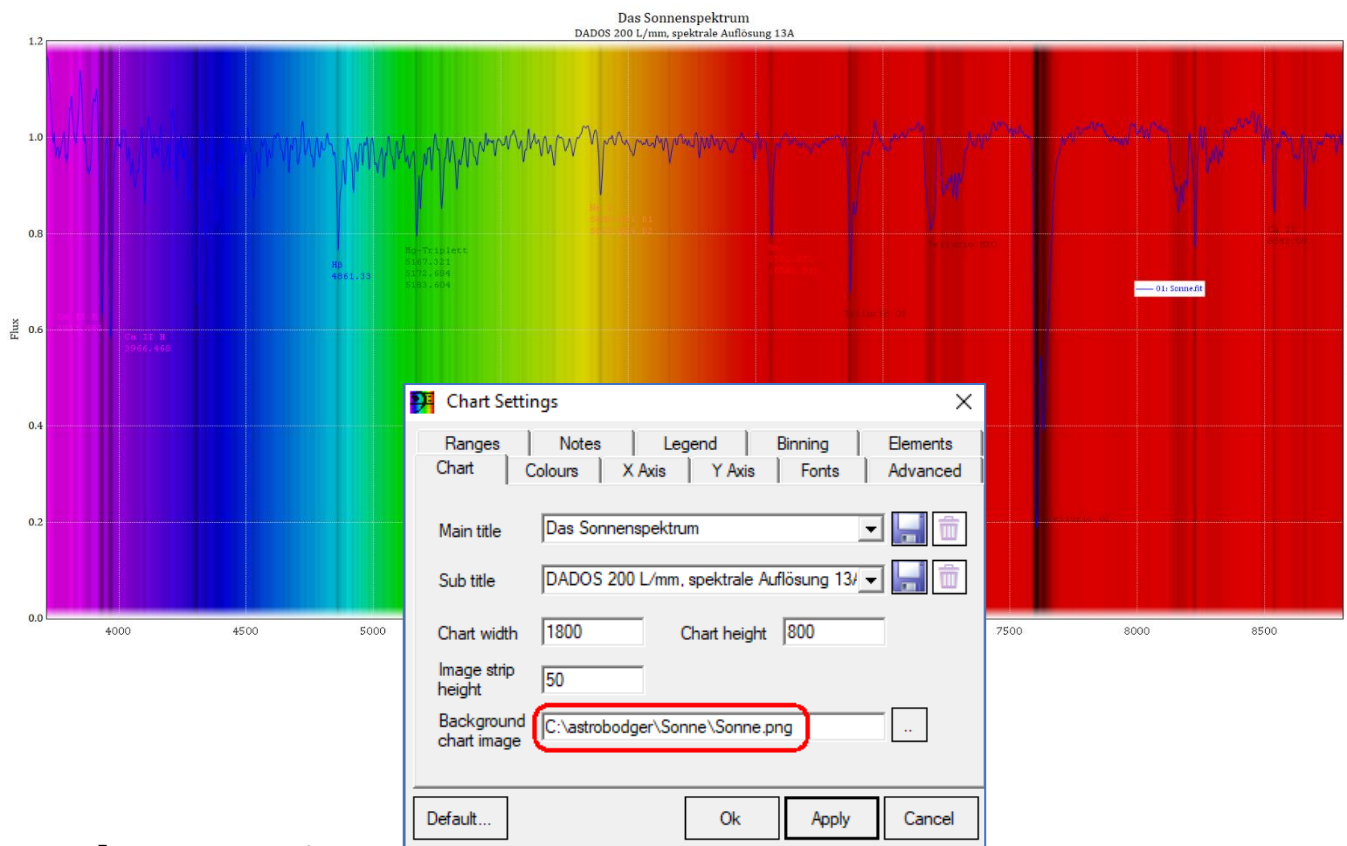


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

➔ Synthetisches Spektrum speichern: Chart -> Save Image Strips to file ...



➔ Synthetisches Spektrum als Hintergrundbild



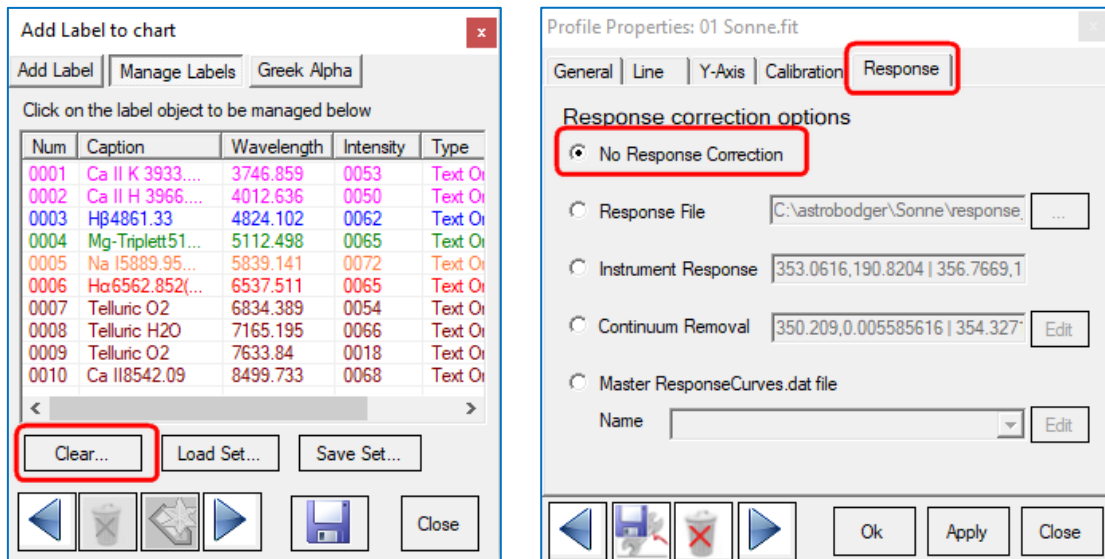
➔ Save Chart to file

8.2 Flusskalibrierung mit einem kalibrierten Referenzstern

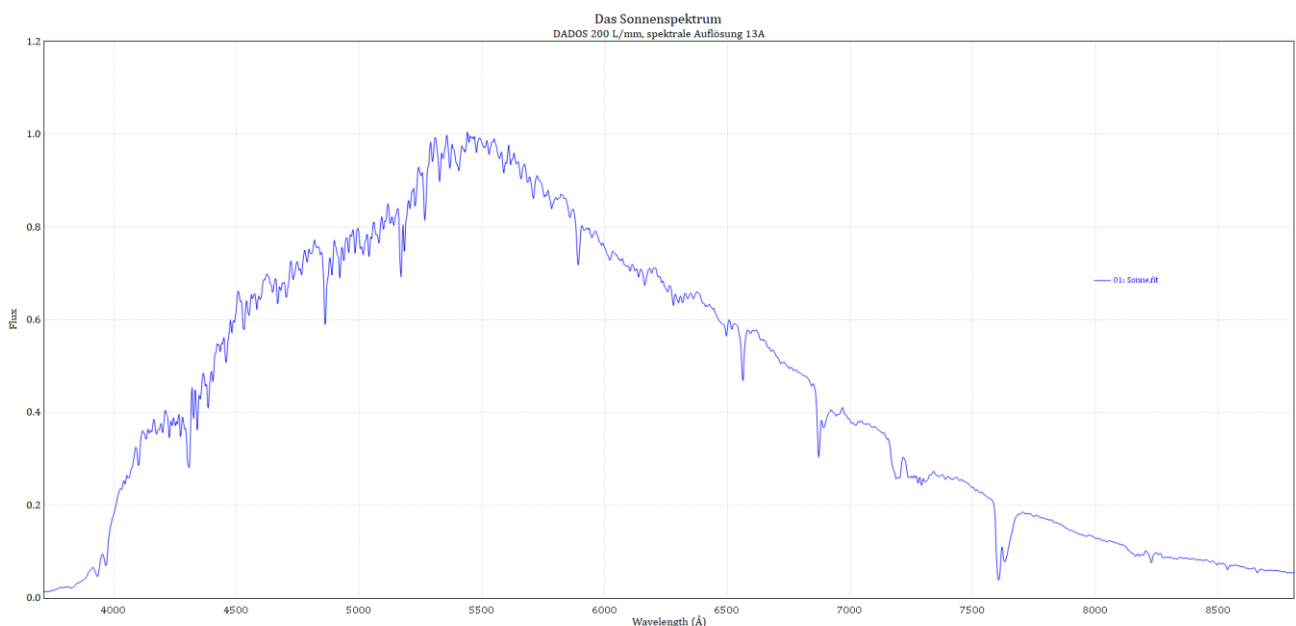
Unter dem Begriff der Flusskalibrierung versteht man eine Intensitätskalibrierung, die die relative Intensität bei der jeweiligen Wellenlänge korrekt wiedergibt. Relativ auf das Maximum bezogen, nicht in absoluten physikalischen Einheiten.

Falls bereits eine Normierung durchgeführt wurde, greifen wir auf die auf „1“ normierte Datei sonne.bass zurück.

Wir deaktivieren die Beschriftung und Normierung: No Response Correction:



Und erhalten als Ausgangsspektrum dieses wellenlängenkalibrierte, jedoch nicht Intensitätskalibrierte Spektrum:



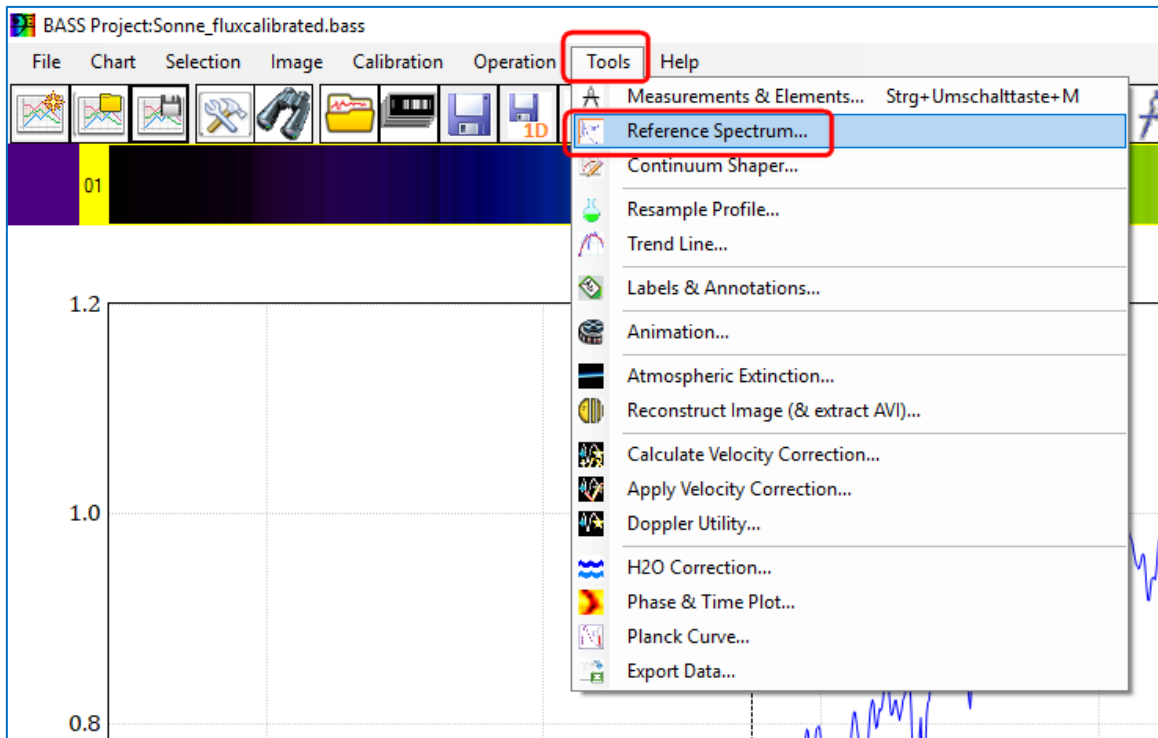
Nun wird ein neues Projekt gespeichert:

- Save Project File
- C:\astrobodger\Sonne\Sonne_fluxcalibrated.bass

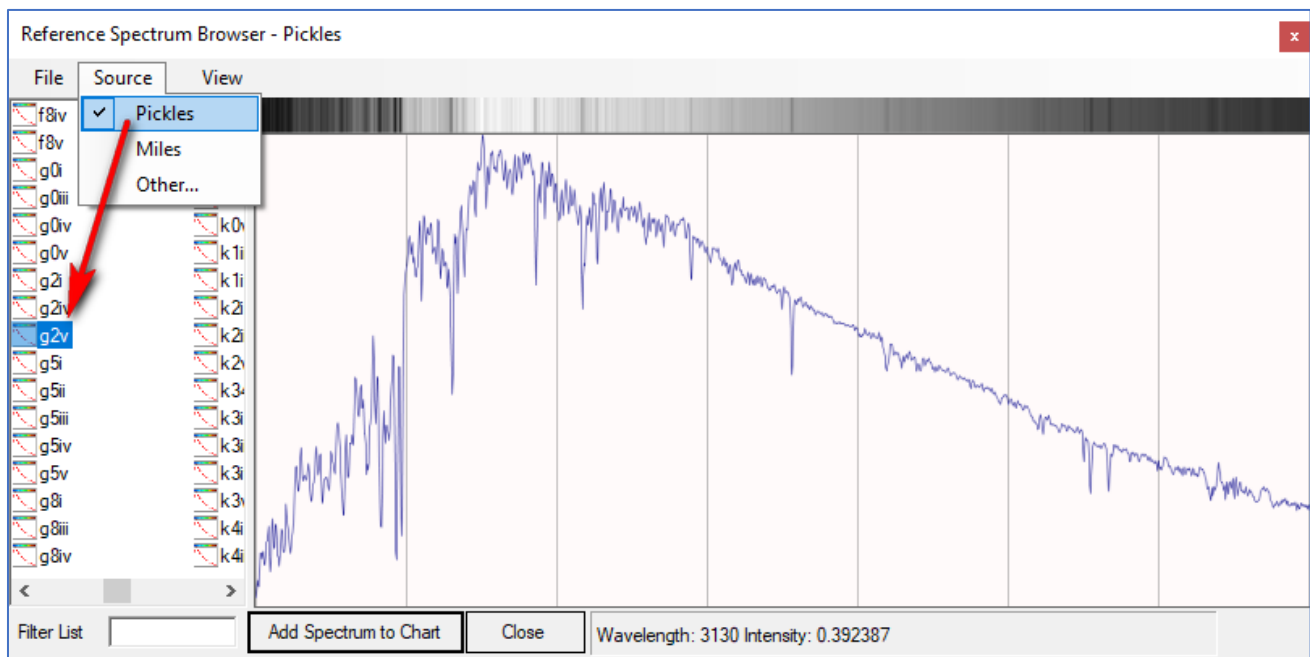
8.2.1 Öffnen eines flusskalibrierten Referenzspektrums

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 **desselben Spektraltyps** wie die Sonne, also **G2V**.

- Tools
- Reference Spectrum



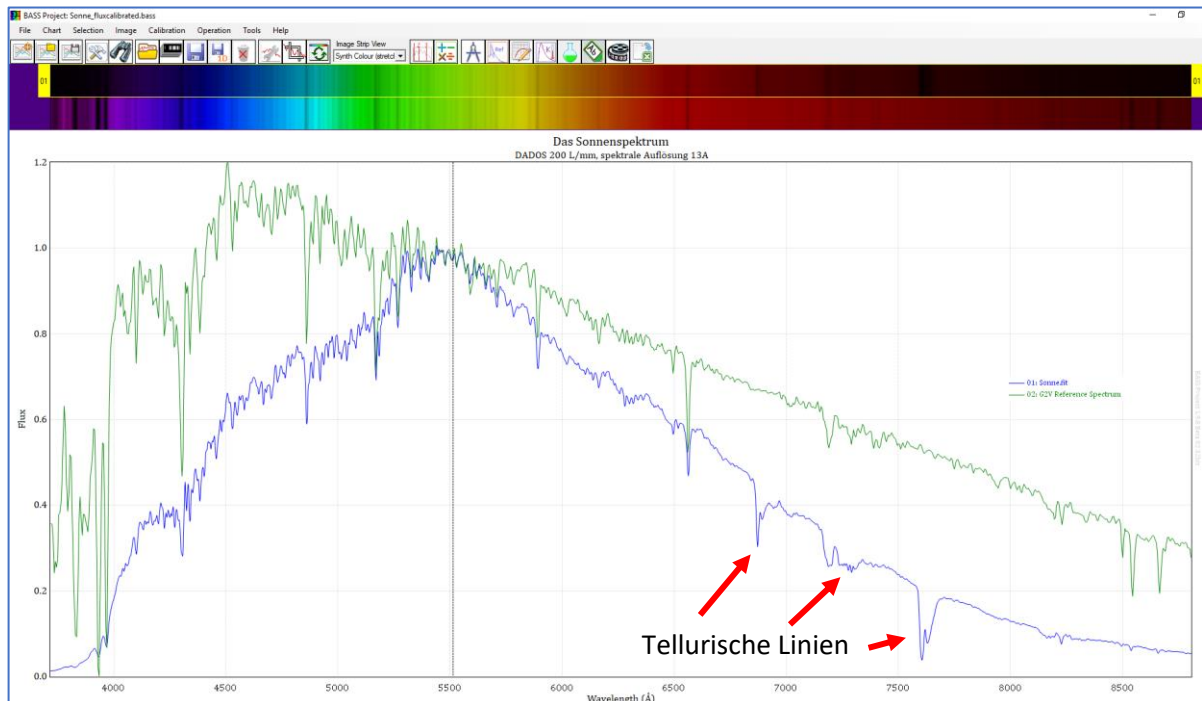
- Pickles-Datenbank. Wähle g2v.



- Add Spectrum to chart
- Close

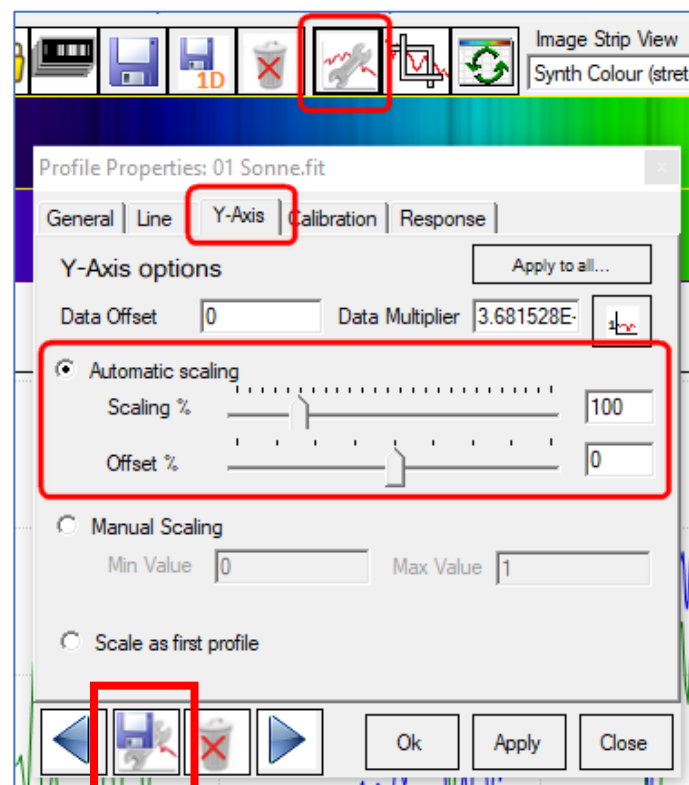
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

Das hier grün dargestellte Spektrum ist ein vollständig flusskalibriertes Spektrum, aus dem die auf Absorption in der Erdatmosphäre beruhenden tellurischen Linien/Banden des Sauerstoffs und Wasserdampfs bereits entfernt worden sind.

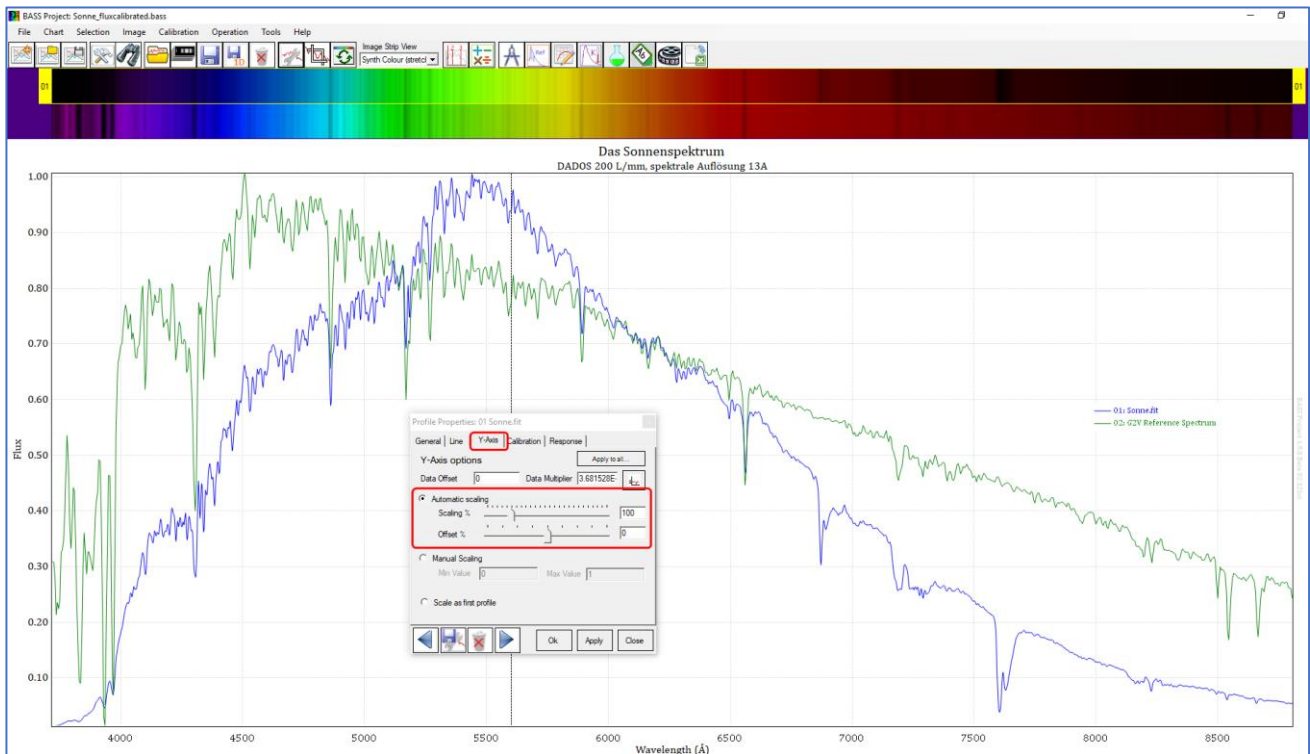


Skalierung der Y-Achse in Spektrum 01 und 02 stellen auf: Scale als first profile „Wie das erste Spektrum“ und speichern

➔ Profile Properties



Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung



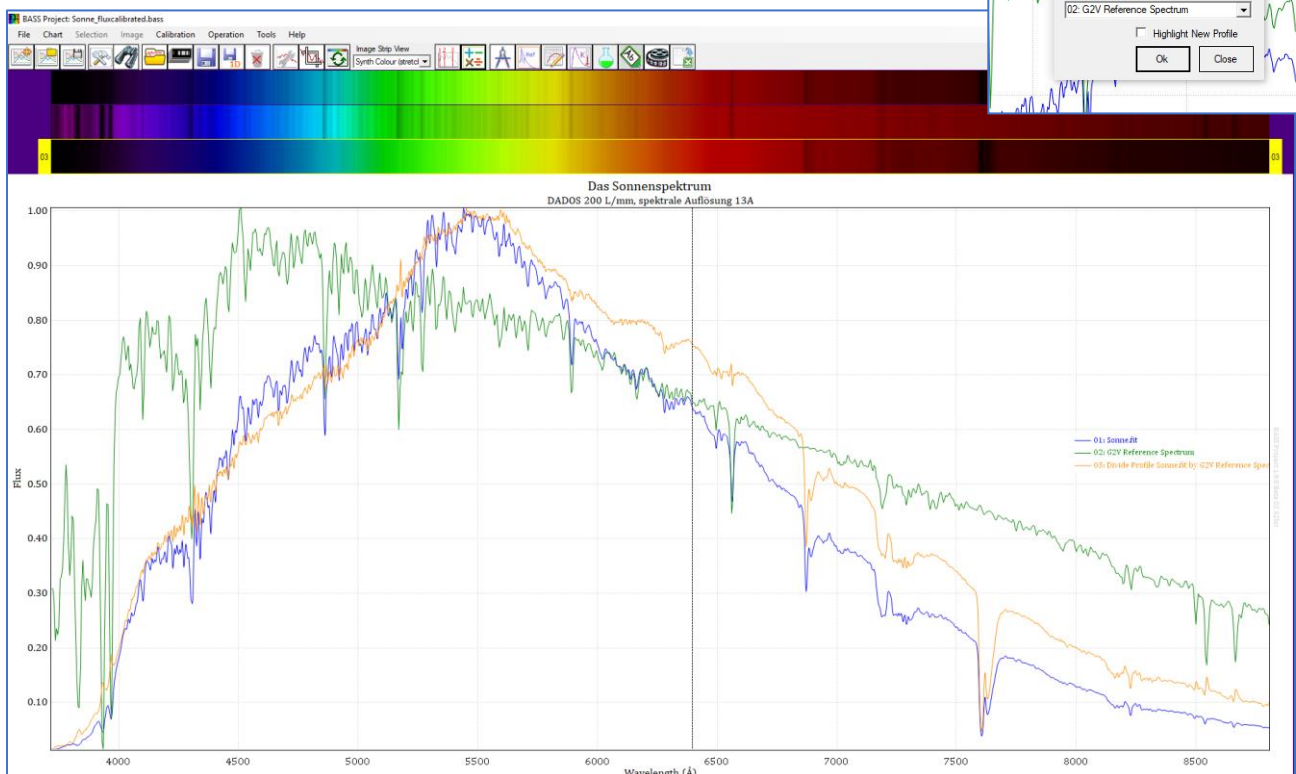
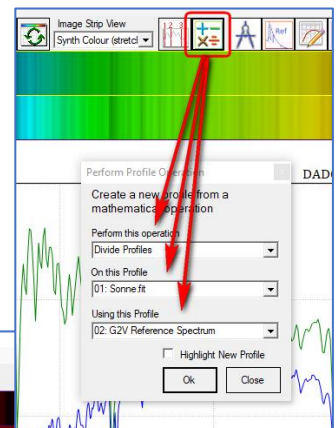
Zur Ermittlung der Instrumentenfunktion („Response“) werden beide Spektren nun durcheinander dividiert:

➔ Perform this operation: *Divide Profiles*

On this Profile: *01: Sonne.fit*

Using this profile: *02 G2V Reference Spectrum*

Divisionsergebnis: *03 Divide Profile Sonne.fit by G2V Reference Spectrum*

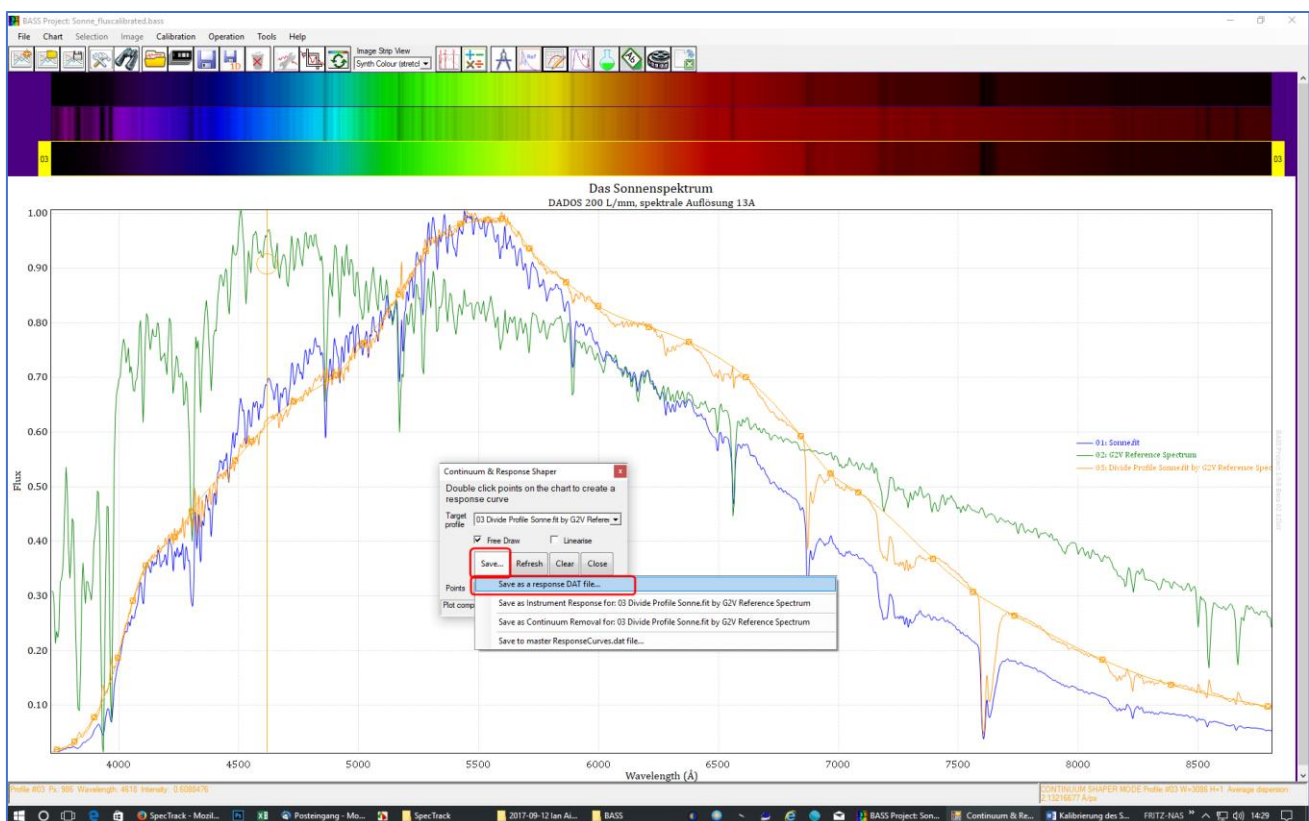
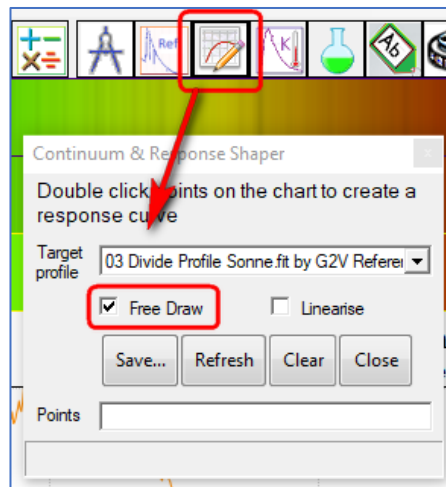


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

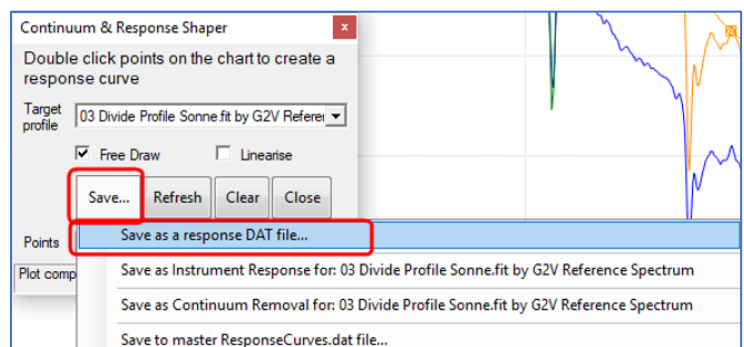
03 Divide Profile Sonne.fit by G2V Reference Spectrum muss aktiv sein.

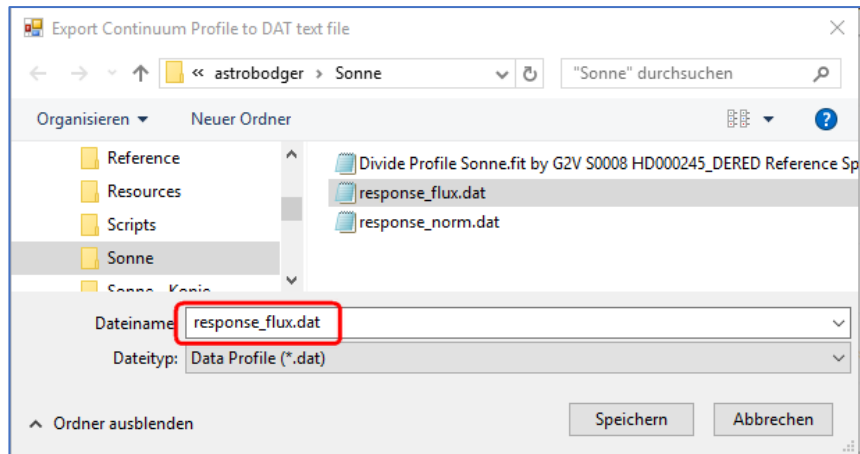


→ Continuum & Response Shaper: Punkte setzen entlang des Spektrums 03.



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



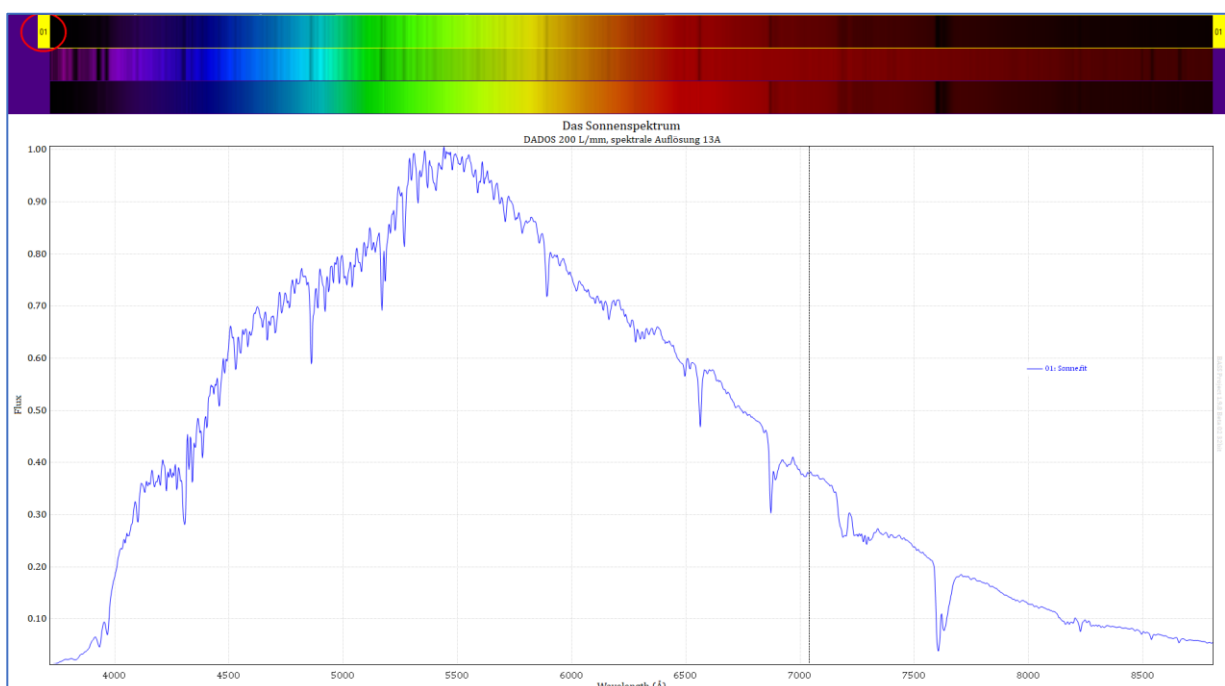
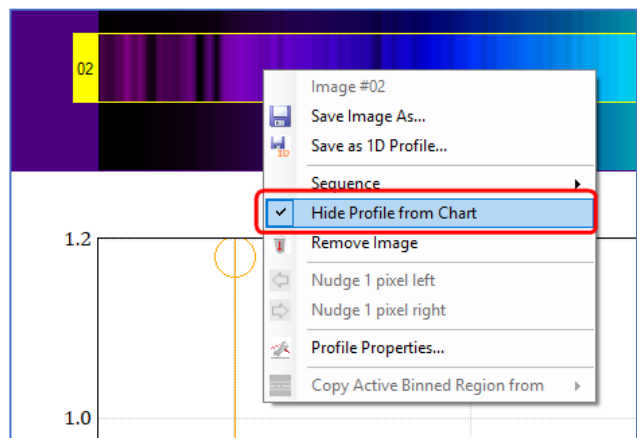


- Die Datei **response_flux.dat** ist das geglättete Divisionsergebnis und stellt nun eine Korrektur dar, die wir auf das Spektrum der Sonne 01 anwenden müssen:

8.2.2 Flusskalibrierung mit Datei *response_flux.dat*

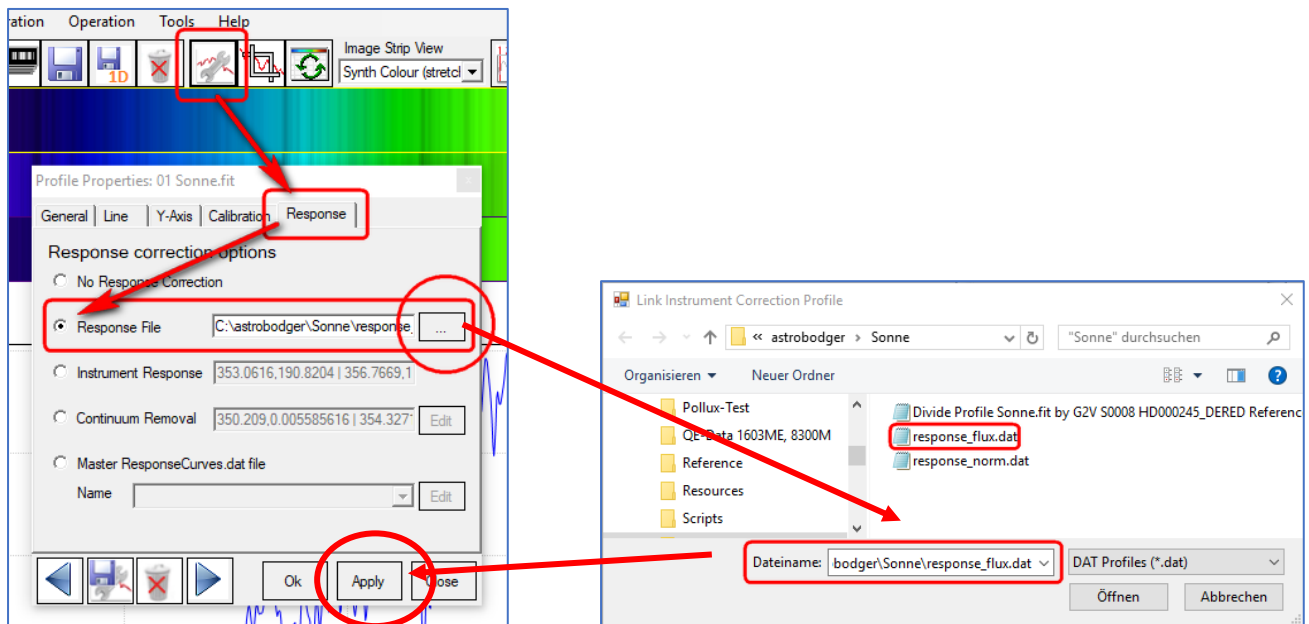
Bildschirm aufräumen: Spektren Nr. 02 und Nr. 03 ausblenden („Hide Profile from Chart“):

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

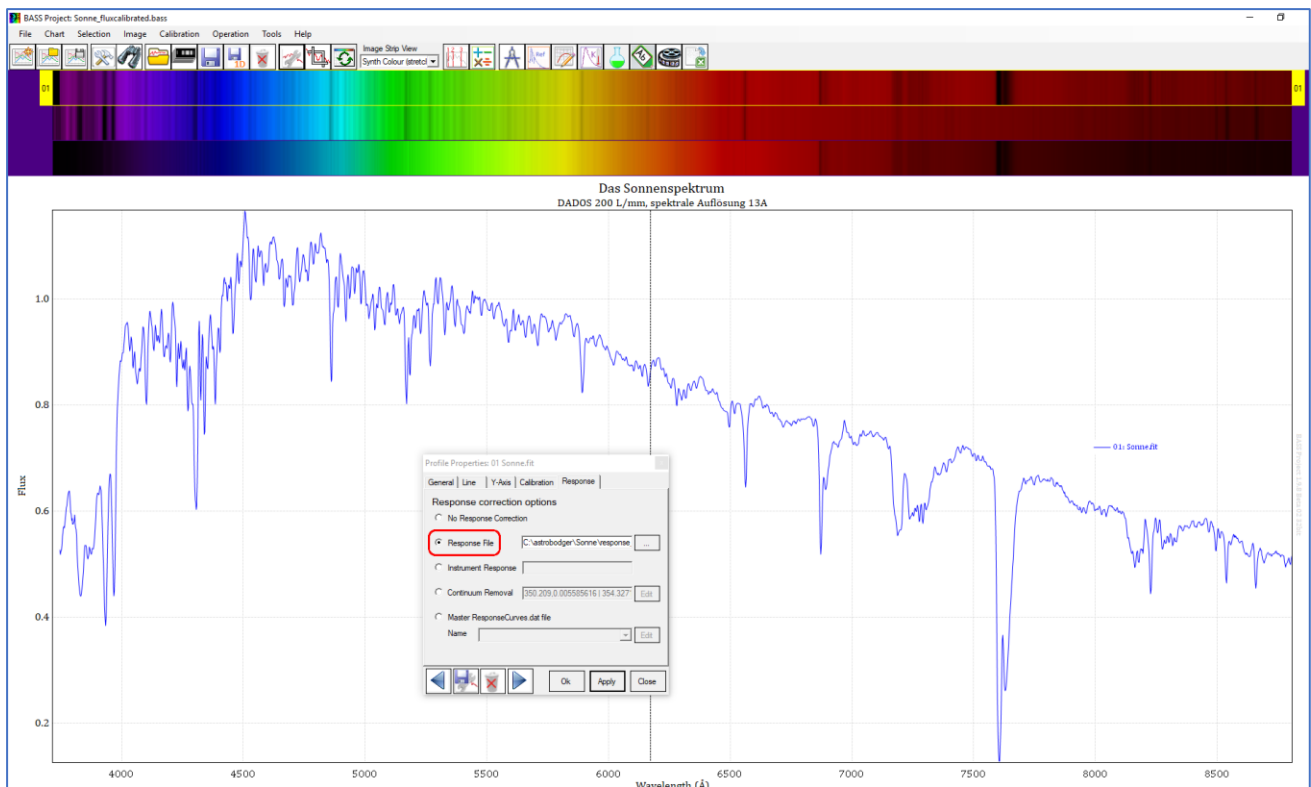


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung

- ➔ Profile Properties: 01 Sonne.fit
- ➔ Response File: response_flux.dat öffnen
- ➔ Apply



- ➔ Ergebnis: Das eigene flusskalibrierte Sonnenspektrum

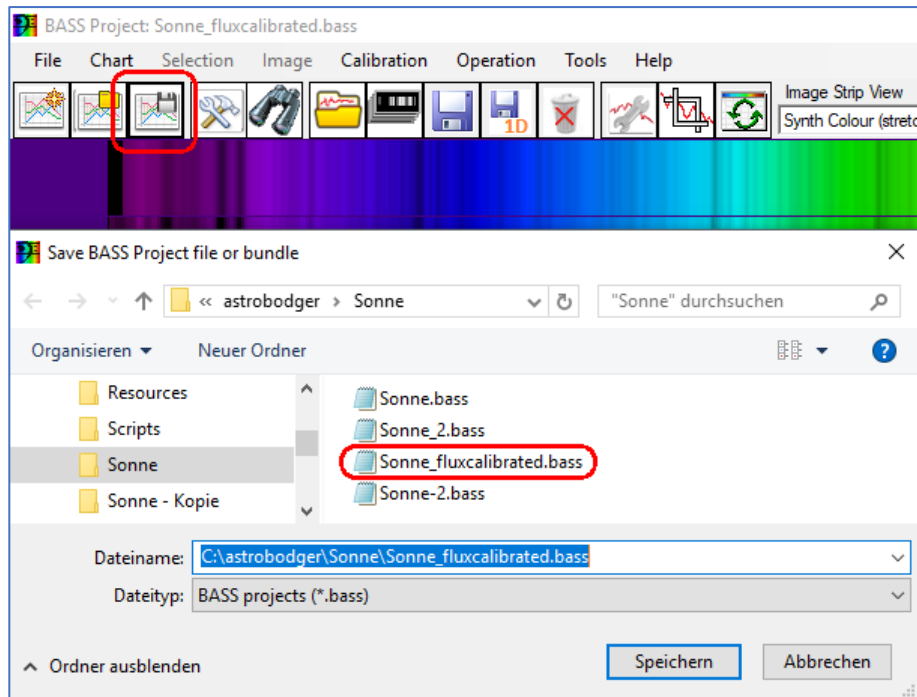


Man kann nun hin- und herschalten zwischen:

- ➔ No Response Correction (aufgenommenes Sonnenspektrum)
- ➔ Response File (flusskalibriert, Flux)
- ➔ Continuum Removal (Normierung auf 1)

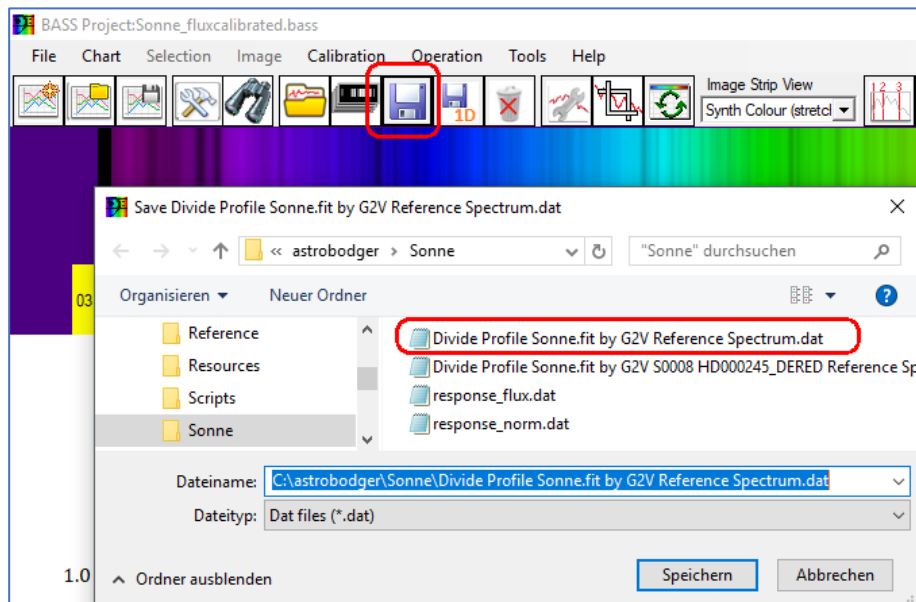
8.2.3 Speichern: Projekt – Profil – Chart – Image Strips

→ Save Project File



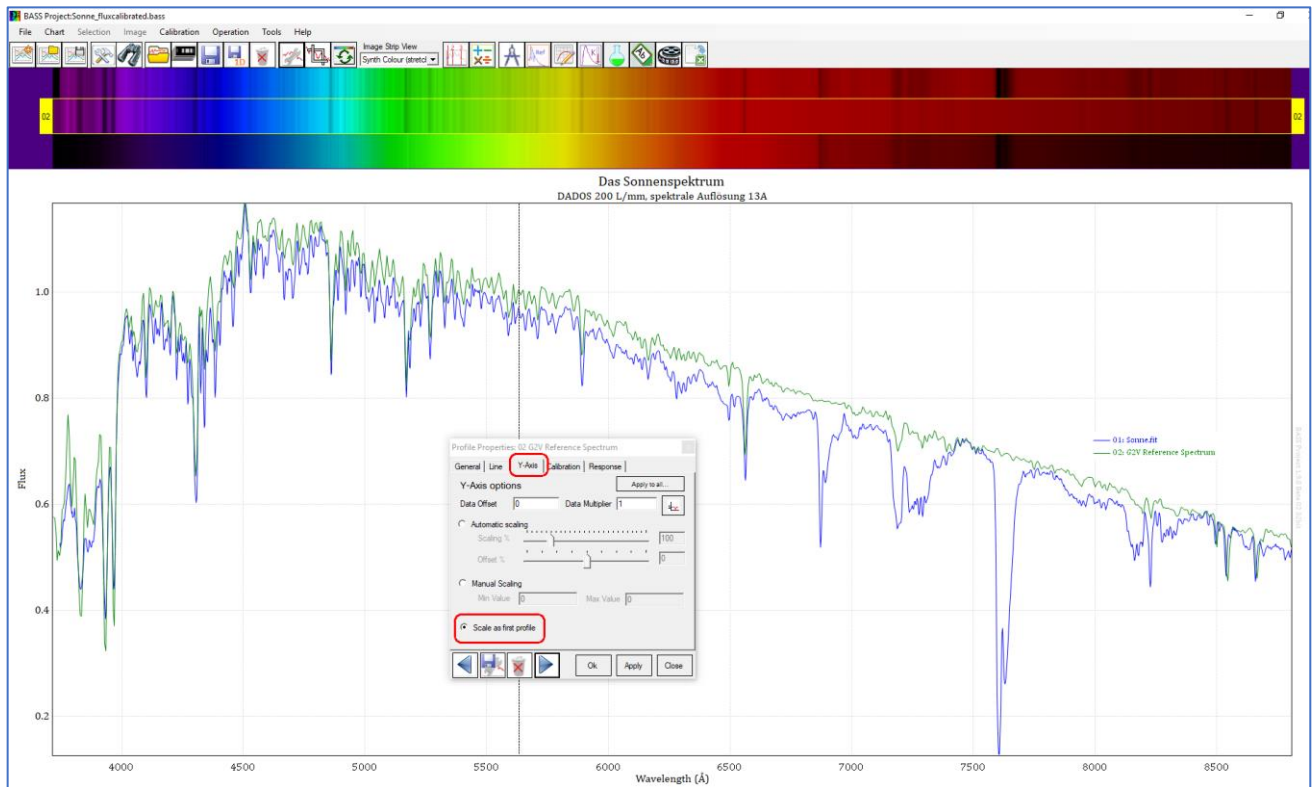
Falls eine andere Speicheraufforderung kommt, bitte erst mit **Diskettensymbol** speichern:

- Save the selected image strip (hier: Spektrum Nr. 03).
- Danach Save Project file (siehe oben).



8.2.4 Skalierung der flusskalibrierten Y-Achse und Vergleich mit Referenzspektrum

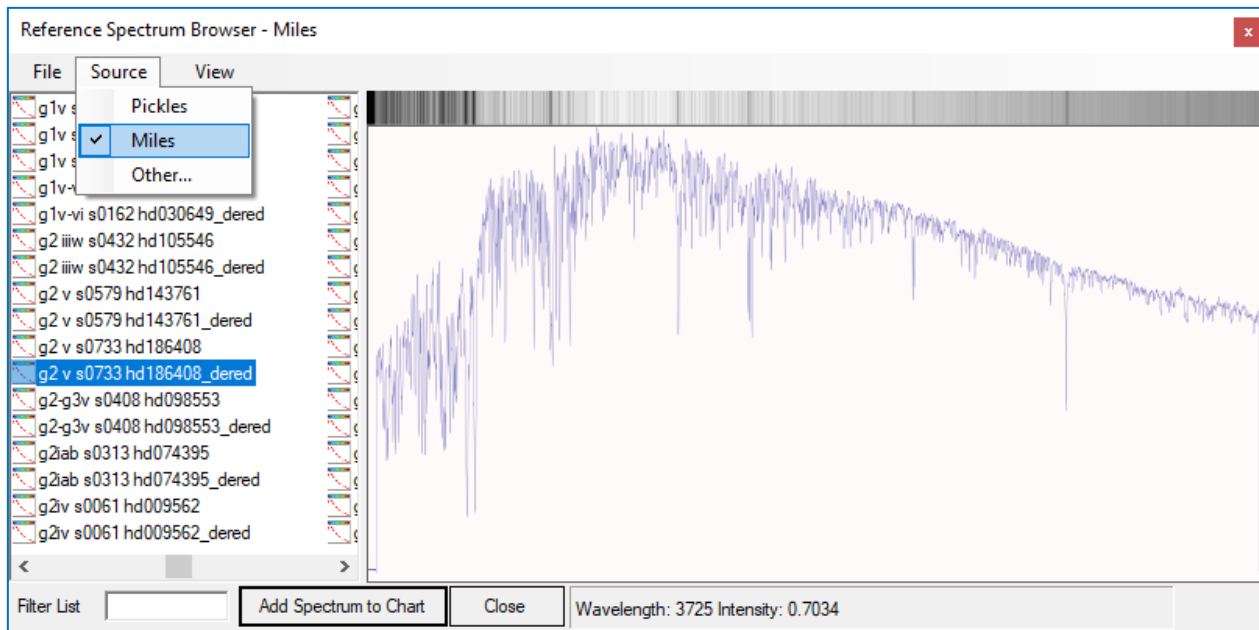
- ➔ Profile Properties:
- ➔ 01: Sonne.fit -> Automatic Scaling
- ➔ 02: G2V Reference Spectrum -> Scale as first profile



Abweichungen in der Intensität beruhen ausschließlich darauf, dass bei der Glättung nach der Division die Punkte nicht exakt auf das Spektrum gesetzt wurden. Der Kontinuumsverlauf muss identisch sein, nur die Tiefe der Absorptionslinien kann unterschiedlich sein.

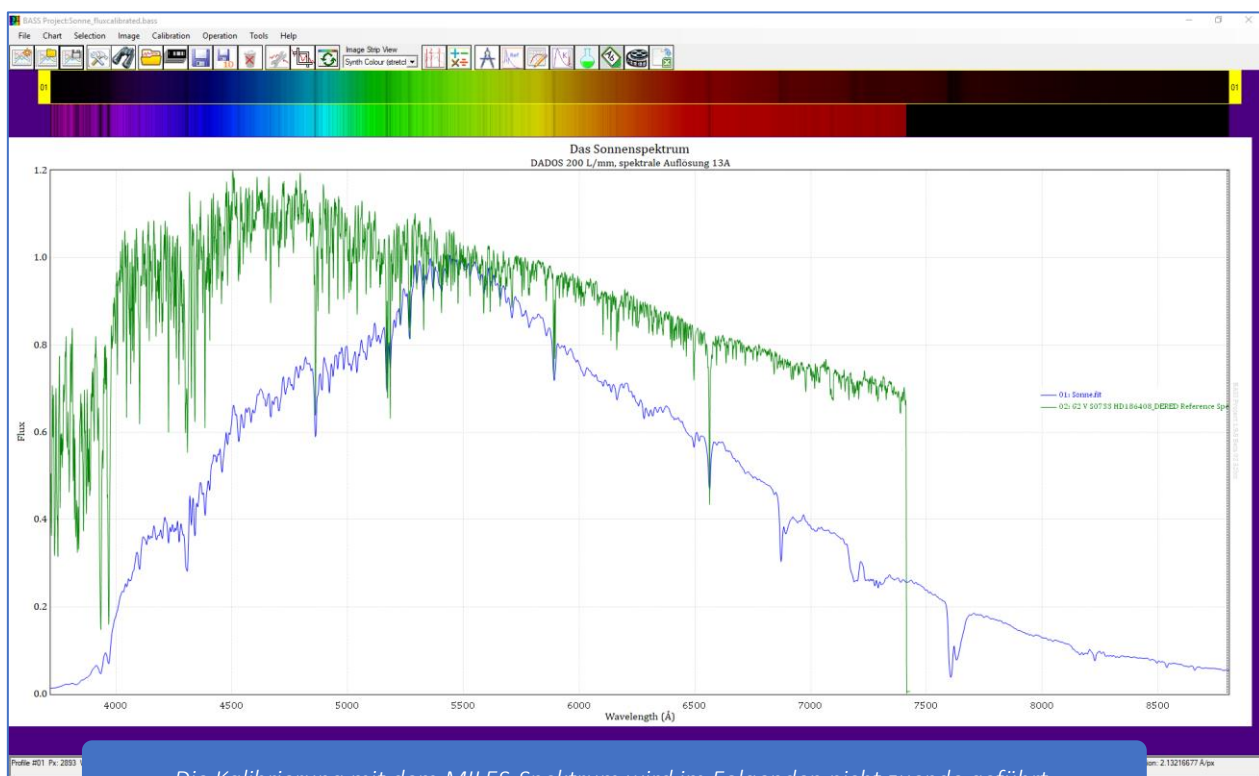
8.2.5 Flusskalibrierung mit einem Spektrum aus der MILES-Datenbank:

- ➔ **MILES-Datenbank.** Wähle *g2v s0733hd186408_dered*. HD186408 ist die Katalognummer des Sterns. „dered“ bedeutet, dass das Spektrum „entrötet“ wurde. Darunter versteht man die Korrektur der Intensität in Bezug auf den Einfluss des interstellaren Staubes. Dieser schwächt blaues Licht stärker ab als rotes Licht, so dass der Rotanteil vergleichsweise zu hoch ist, das Spektrum also „ent-rötet werden muss.“



- ➔ Add Spectrum to Chart
➔ Close

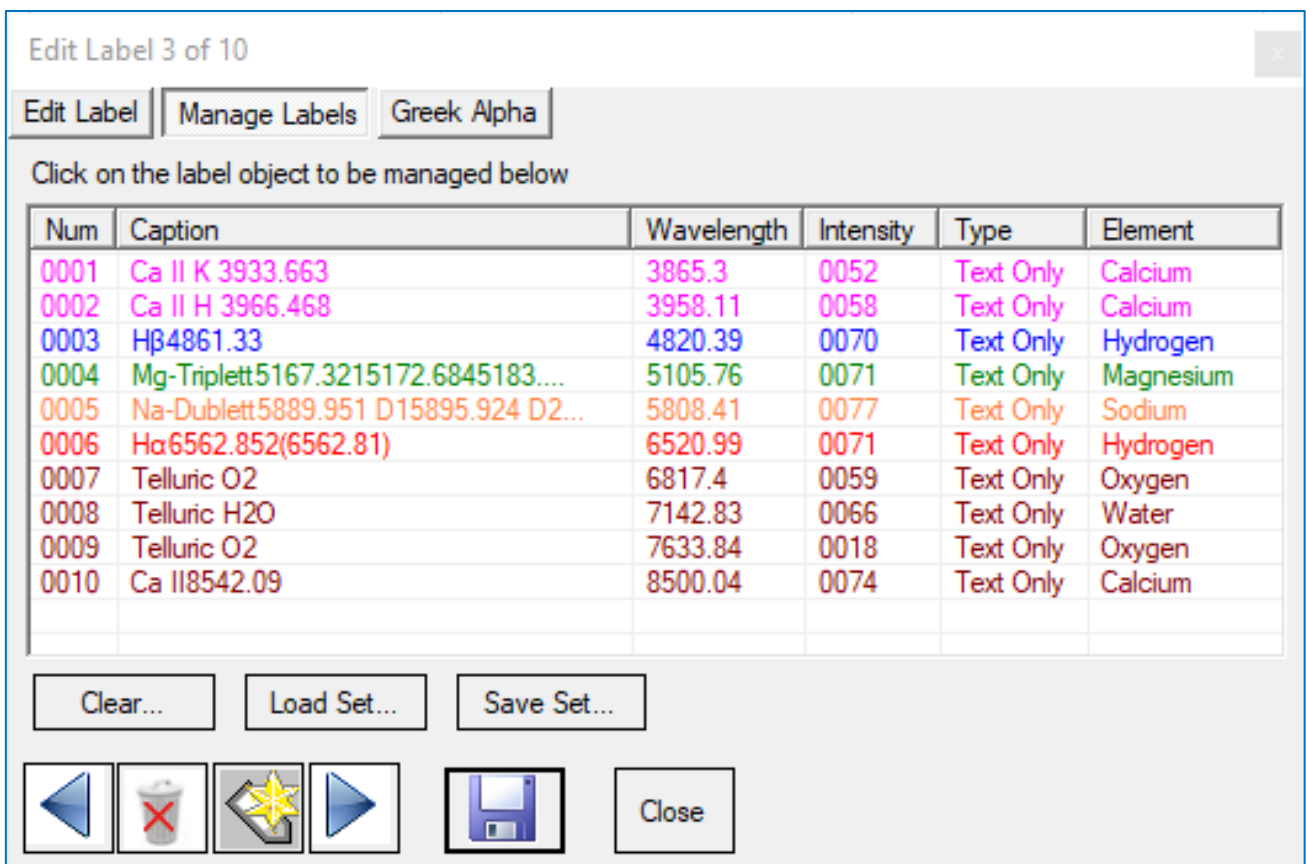
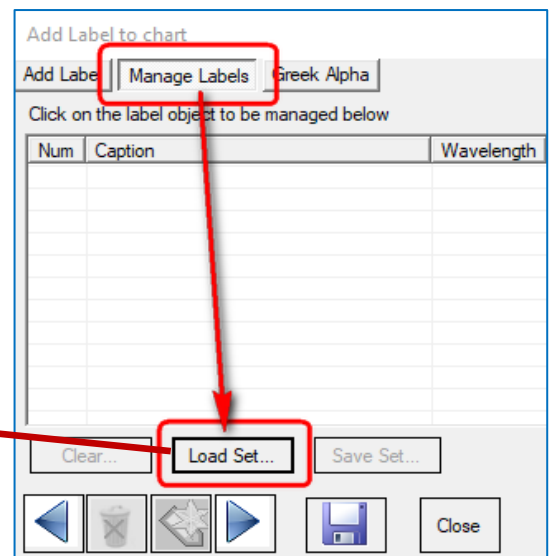
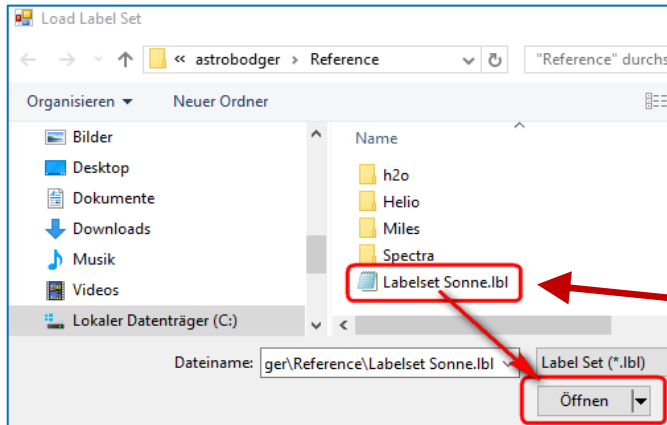
Das hier grün dargestellte Spektrum ist ein vollständig flusskalibriertes Spektrum, aus dem die auf Absorption in der Erdatmosphäre beruhenden tellurischen Linien/Banden des Sauerstoffs und Wasserdampfs bereits entfernt worden sind. Der Infrarotbereich (rechts) ist nicht berücksichtigt.



Die Kalibrierung mit dem MILES-Spektrum wird im Folgenden nicht zuende geführt.

8.2.6 Beschriftung des flusskalibrierten Spektrums

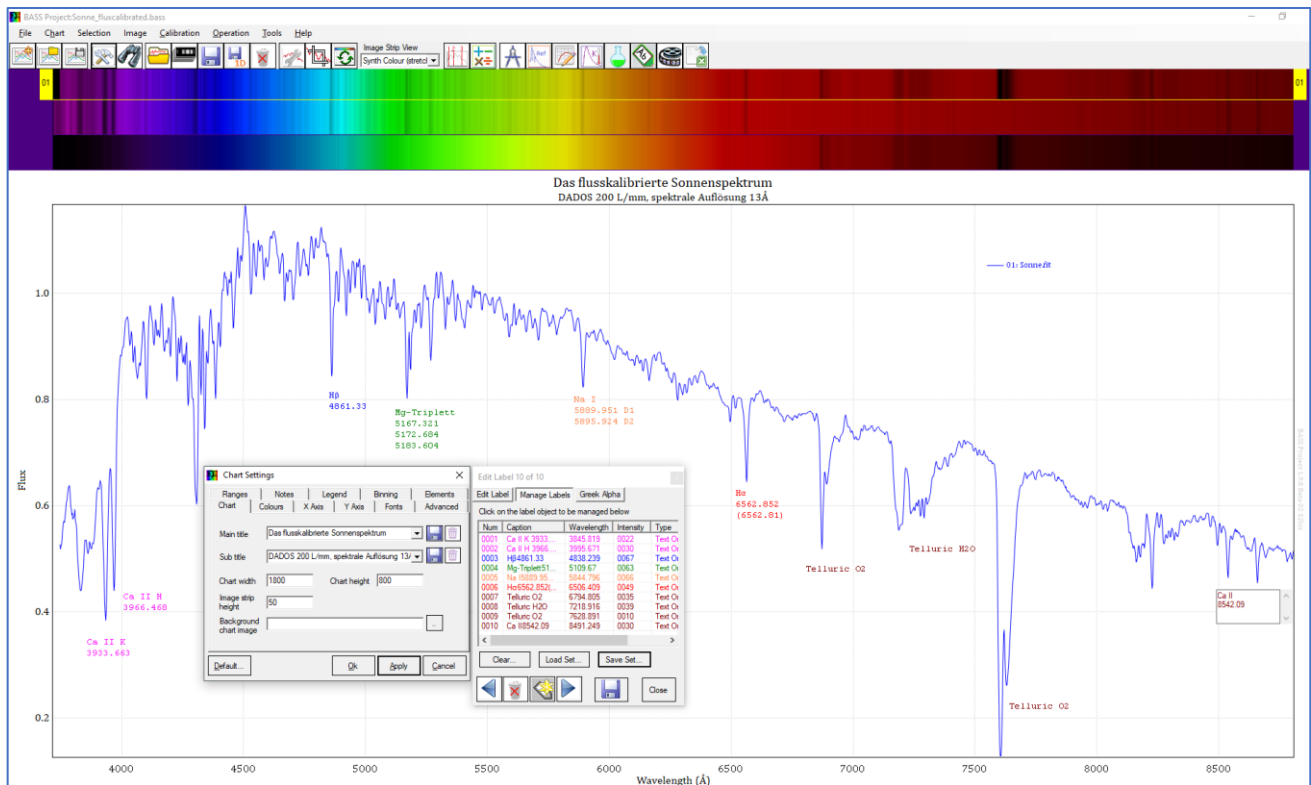
- ➔ Add Label to chart -> Manage Labels -> Load Set
- ➔ *Labelset Sonne.lbl* öffnen



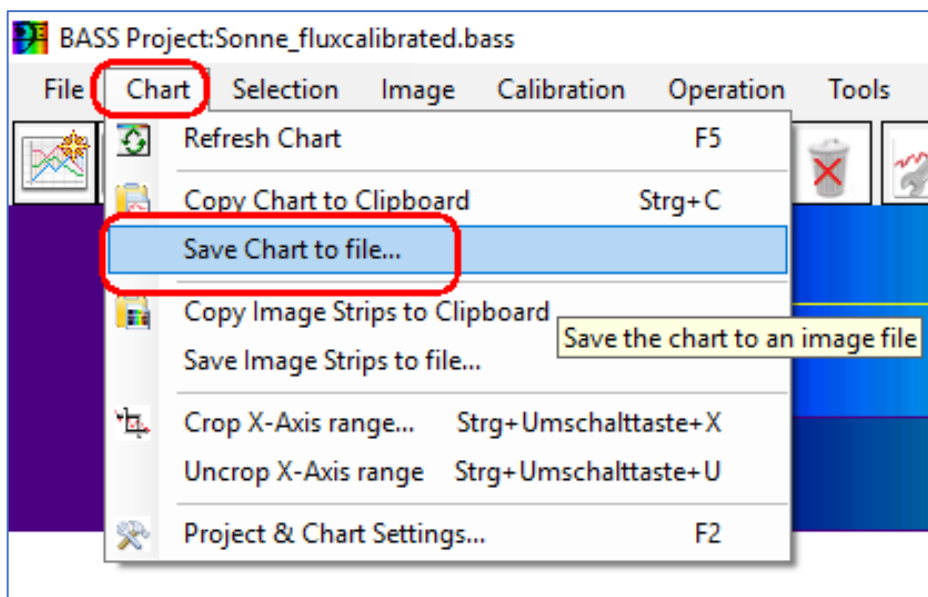
Die Einträge in diesem Labelset sind editierbar! Man kann weitere Einträge vornehmen.

- ➔ Save Set: *Labelset Sonne flusskalibriert.lbl*

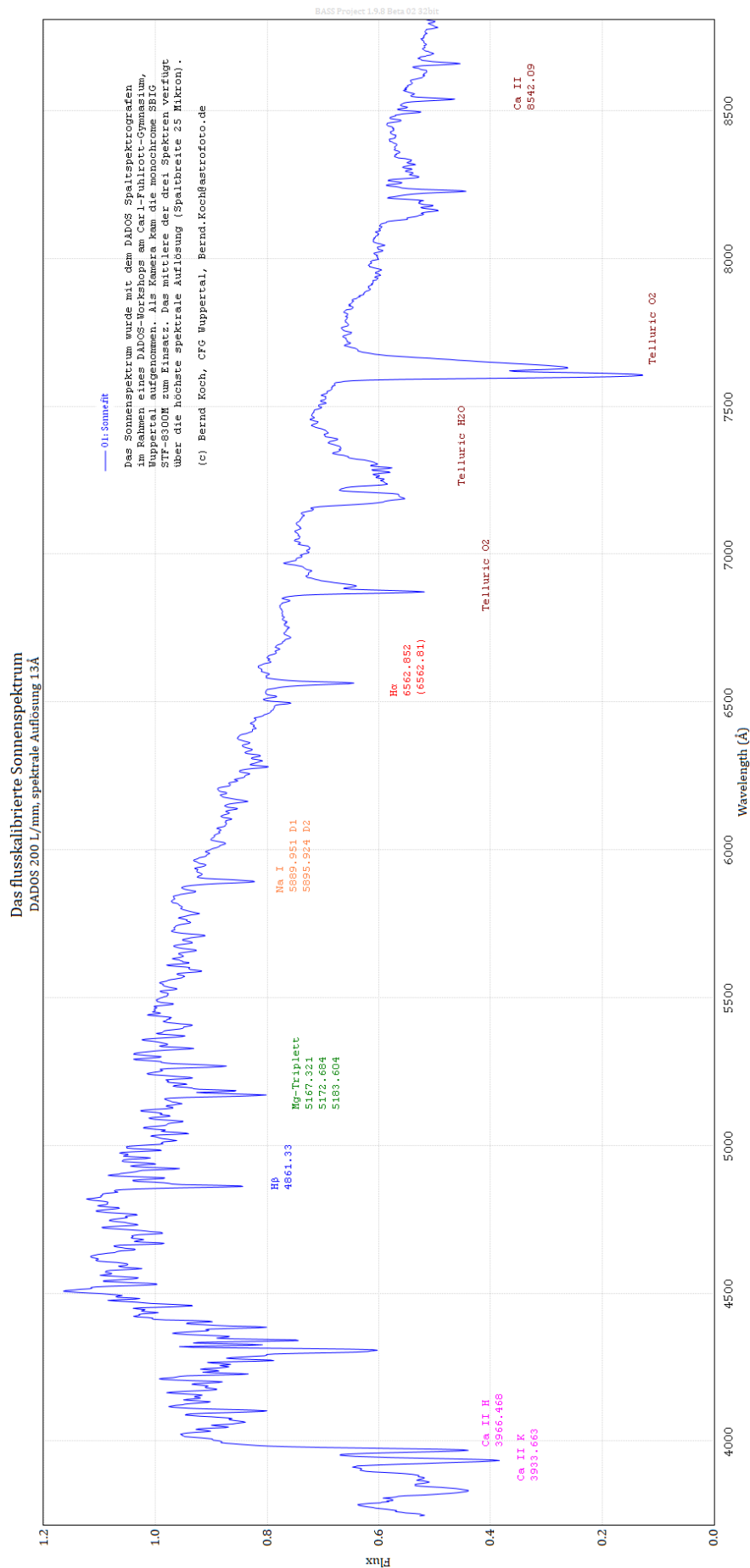
Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung



8.2.7 Abspeichern des beschrifteten Spektrums (Save Chart to file)

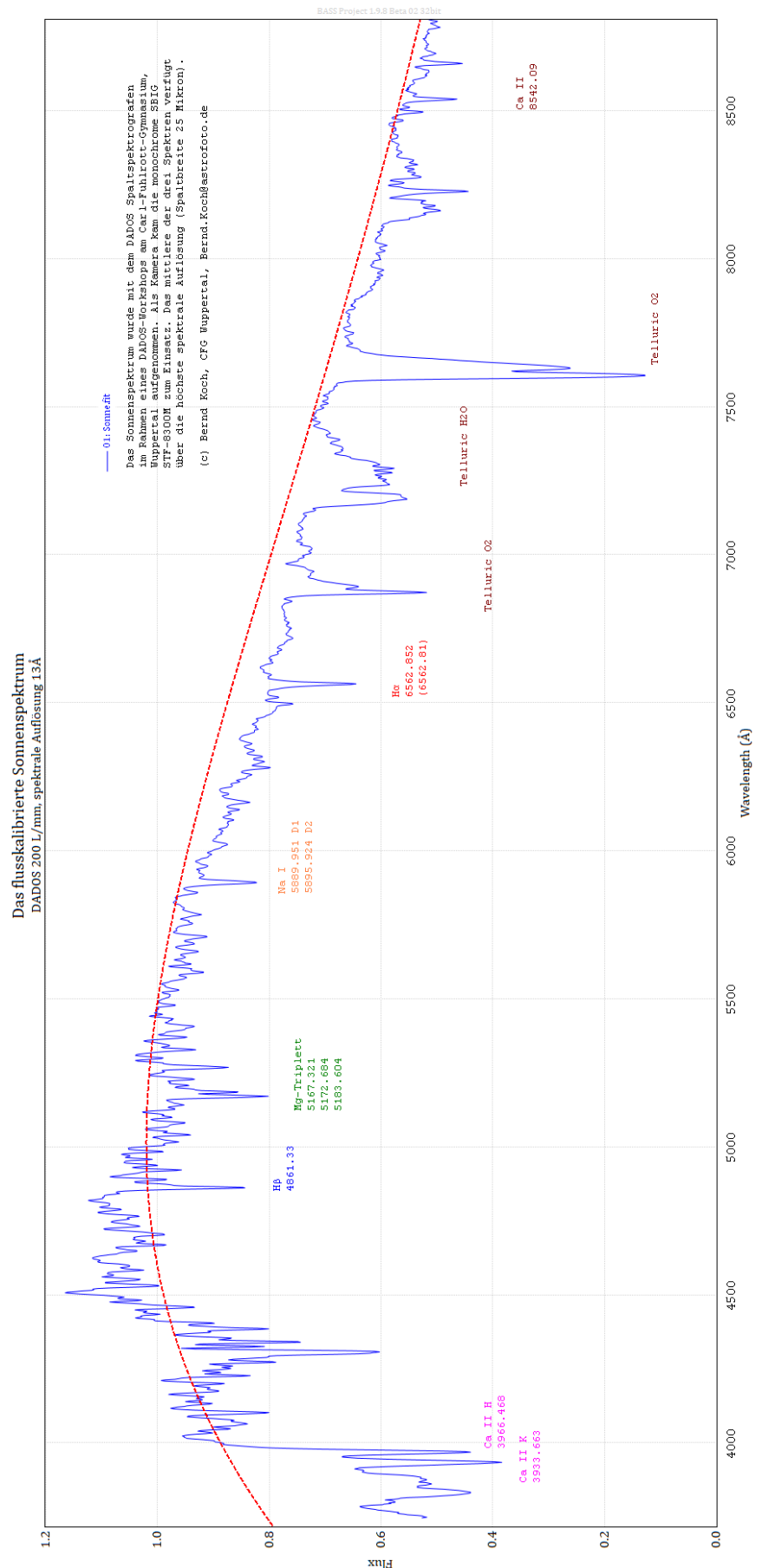
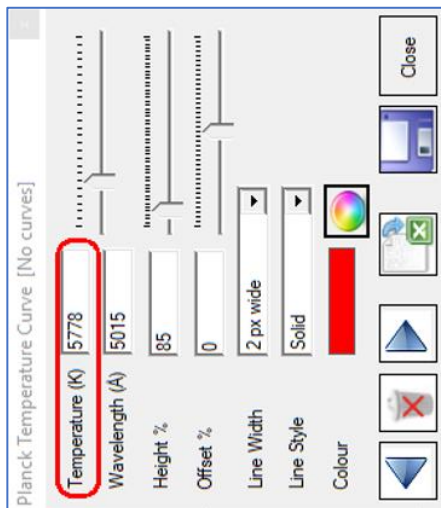


Kalibrierung eines 200 L/mm DADOS Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) mit Wellenlängenkalibrierung anhand der Fraunhoferlinien, Normierung und Flusskalibrierung



→ Save Chart
→ Save Chart to File

8.2.8 Anpassung einer Planckschen Strahlungskurve



9. 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 im Ordner `c:/astrobodger/ ...` vorhanden sein müssen. Deshalb findet die Kalibrierung gemäß Tutorial ausschließlich im Ordner `c:/astrobodger/Sonne` statt.

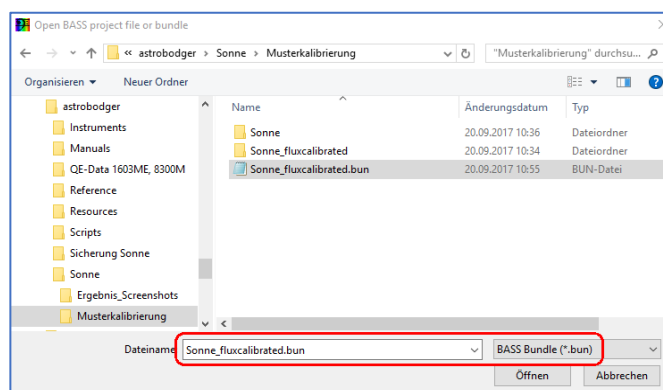
Im Ordner *Musterkalibrierung* ist die komplette Kalibrierung mit Hilfe einer weiteren Funktion zur Ansicht separat abgespeichert worden. Die Musterkalibrierung kann unter dem Namen *Sonne.bass* bzw. *Sonne_fluxcalibrated.bass* aufgerufen und im Detail betrachtet werden.

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?

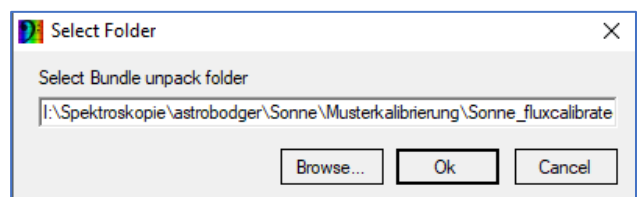
Antwort: Man öffnet wie gewohnt in `c:/astrobodger/Sonne` die BASS-Datei (Beispiel: *Sonne_fluxcalibrated.bass*) und speichert das Projekt im neuen Ordner wie folgt als „Bundle“ ab:

Speichern als Bundle: File -> **Save Project or Bundle** -> `I:/.../Sonne_fluxcalibrated.bun`

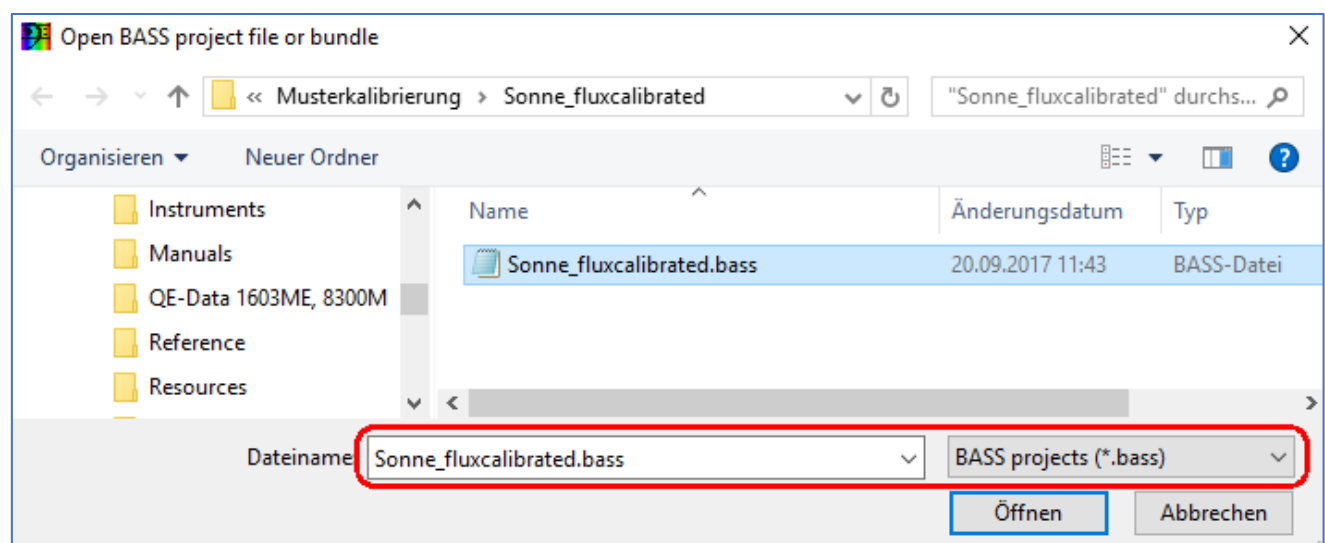
Entpacken des Bundles **am neuen Ort** `I:/.../Musterkalibrierung`: File -> **Open Project or Bundle** -> `Sonne_fluxcalibrated.bun`



Entpacken des Bundles am neuen Ort:



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



10. Kurse zur Sternspektroskopie am CFG Wuppertal

Das vorliegende Tutorial zur Kalibrierung eines Sonnenspektrums (Tageslichtspektrum) wird 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/>

