



## Astrospektroskopie

# Tutorial

Für das Bearbeiten,  
Optimieren, Reduzieren,  
Kalibrieren, Normieren  
und Bereinigen von  
Geräteinfluss und  
Kontinuum bei  
Spektralaufnahmen mit  
den Freeware-  
Programmen

„IRIS“ und „VSPEC“

***Allgemeiner Hinweis:** Die im Tutorial vorhandenen Screenshots dienen nur zur Veranschaulichung des Textes und haben in der Kopfzeile vielfach die falschen Dateibezeichnungen. Dies geschah infolge mehrerer Überarbeitungen dieses Tutorials, wobei neue Screenshots erstellt werden mussten.*

Siehe auch Versionen- History auf letzter Seite dieses Tutorials

***Hinweis:** Als Anhang 2 befindet sich für dieses Tutorial eine Navigationshilfe in Form eines Stichwortregisters*



**Anmerkung zur Spektralaufnahme:** Die Kamera muss so positioniert sein, dass sich für die Bearbeitung mit VSPEC die grössere Wellenlänge (= rot) rechts im Bild befindet! Notfalls bietet VSPEC die Möglichkeit, das Spektrum zu spiegeln (Button „Mirror“). Besser ist, bereits zu Beginn auf die richtige Orientierung zu achten. Ein Drehen mit IRIS ist nicht empfehlenswert, da dies dann auch bei allen Lights, Darks, Flats und auch beim Kalibriersystem vorgenommen werden müsste.

**Hinweis:** Im Tutorial werden folgende Dateinamen verwendet, die natürlich frei gewählt werden können, aber konsequent mit den einmal gewählten Namen verwendet werden müssen. Vor allem VSPEC reagiert rasch mit „Abstürzen“, wenn dies nicht konsequent eingehalten wird

Dateinamen	Fertigung	Summenbild	Programm	Schritt(e)
behandelt1.fit behandelt2.fit behandelt3.fit	Mit IRIS behandelte Summenbilder aus Lights, Offset, Flat, Masterdark und Himmelhintergrund. Siehe IRIS Schritt 16	è siriusmit.fit	IRIS	16
bias1.fit bias2.fit bias3.fit bias4.fit bias5.fit	Aufnahmen mit abgedecktem CCD und kleinstmöglicher Belichtungszeit	è offset.fit	IRIS	2+3
cosme.lst	Aus einem beliebigen Dark werden die Hotpixels bestimmt und automatisch gespeichert		IRIS	6+7
dark301.fit dark302.fit dark303.fit	Aufnahmen mit abgedecktem CCD mit gleichen Bedingungen - Belichtungszeit (30s), CCD-Temperatur - wie bei Light-Aufnahmen	è dark30.fit	IRIS	4+5
flat.fit	Aufnahmen auf ausgeglichen beleuchtete Fläche (z.B. Dämmerungshimmel) mit Belichtungszeit für Graustufe von ca. 2/3 Maximum. Oder Masterflat erstellt mit IRIS; siehe Schritt 8	è flat.fit	IRIS	8+9
gerätekurve.spc	Kontinuum der Geräteeinflüsse		VSPEC	12-17
himmel1.fit himmel2.fit himmel3.fit	Himmelshintergrund. Erstellt aus den Lights mit IRIS; siehe Schritte 11, 12 und 13.		IRIS	10-13
sirius1.fit sirius2.fit sirius3.fit	Lightbilder. Die eigentlichen Spektralaufnahmen		IRIS	-
siriuscomp.fit	Zusammengesetztes Spektralband		IRIS	21+22
siriusflach.spc	Vom Kontinuum befreites Profil		VSPC	19+20
siriuskal.spc	Kalibriertes Spektralprofil		VSPEC	4-10
siriuslinie.spc	Mit VSPEC erstelltes Spektralprofil		VSPEC	2+3
siriusmit.fit	Aus den drei „behandelt.fit“ erstelltes, gemitteltes Bild		IRIS	17
siriusnorm.spc	Normiertes Spektralprofil			21+22
siriusopt.fit	Mit IRIS optimierte Spektralbandaufnahme „siriusred.fit“		VSPEC	19
siriusrad.spc	Von Geräteeinfluss bereinigt Spektrallinie		VSPEC	12-18
siriusred.fit	Mit IRIS aus der Datei „behandelt.fit“ heraus geschnittenes Spektralband. Siehe Schritt 17		IRIS oder VSPEC	18



## Bearbeitung von Spektralaufnahmen mit „IRIS“

Das Freeware- Programm „IRIS“ kann unter <http://www.astrosurf.com/buil/> herunter geladen werden. Es kann zwischen einer französischen oder englischen Version entschieden werden. Hier ist die englische ausgewählt worden.

**Hinweis 1:** Die Dateinamen können frei gewählt werden, müssen aber konsequent angewendet werden, ansonsten es zu Fehlermeldungen oder gar Abstürzen des Programms kommen kann. **Alle** Dateien müssen sich im selben Ordner befinden, der in Schritt 1 ausgewählt wird.

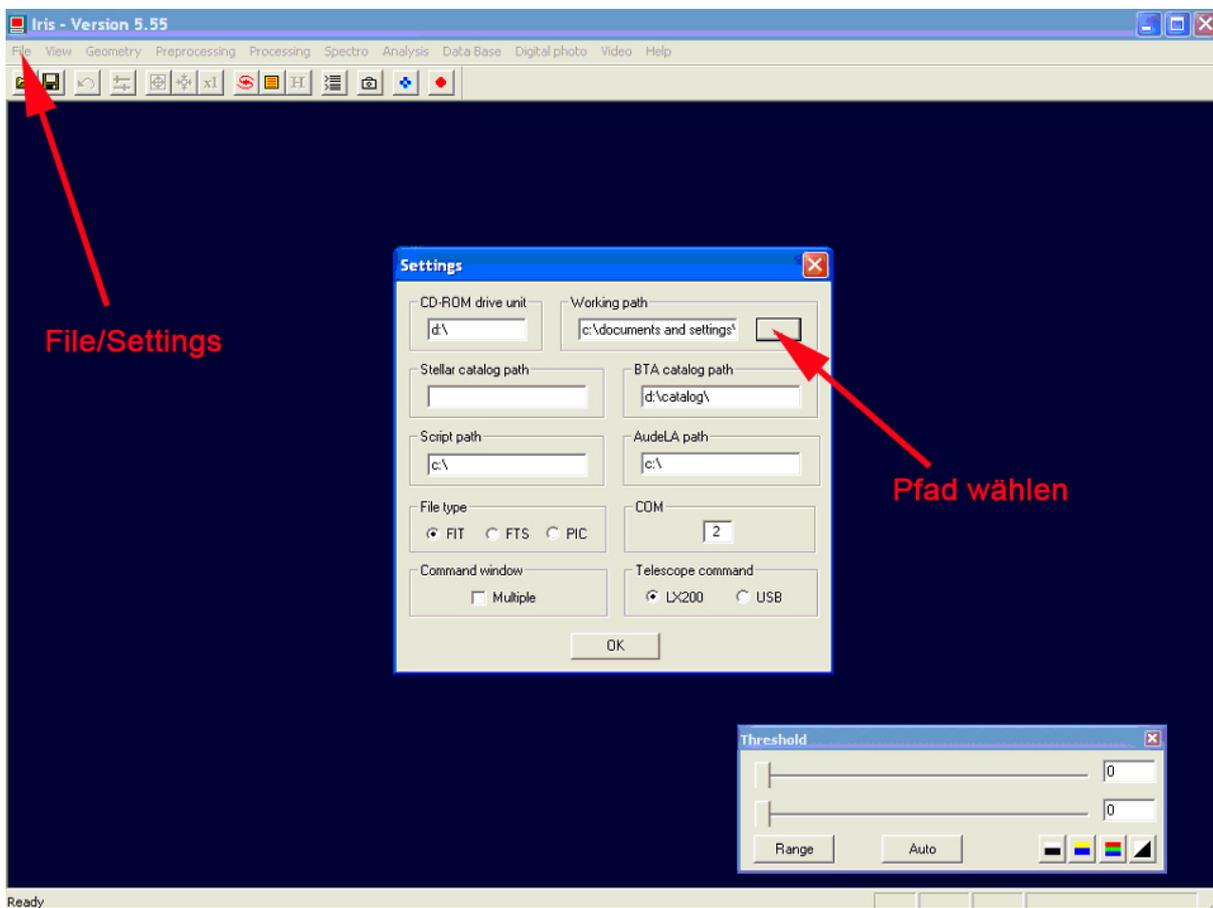
**Hinweis 2:** Manchmal meldet IRIS einen Fehler, wenn der Dateinamen keine Nummerierung aufweist. Um dies zu vermeiden ist es besser, dem Dateinamen noch eine „1“ anzuhängen – auch wenn es eine einzelne Datei ist. Die Nummerierung muss bei Dateien der gleichen Type lückenlos erfolgen. Maximal können 9 Dateien (sirius1.fit, sirius2.fit....., sirius9.fit) miteinander verarbeitet werden.

**Wichtig:** IRIS kann in der aktuellen Version (5.55) bis maximal 32'000 Graustufen (15-bit Wandler) verarbeiten. Bilddateien mit mehr Graustufen müssen vorher reduziert werden (z.B. mit Photoshop); ansonsten kappt IRIS die Daten zurecht.

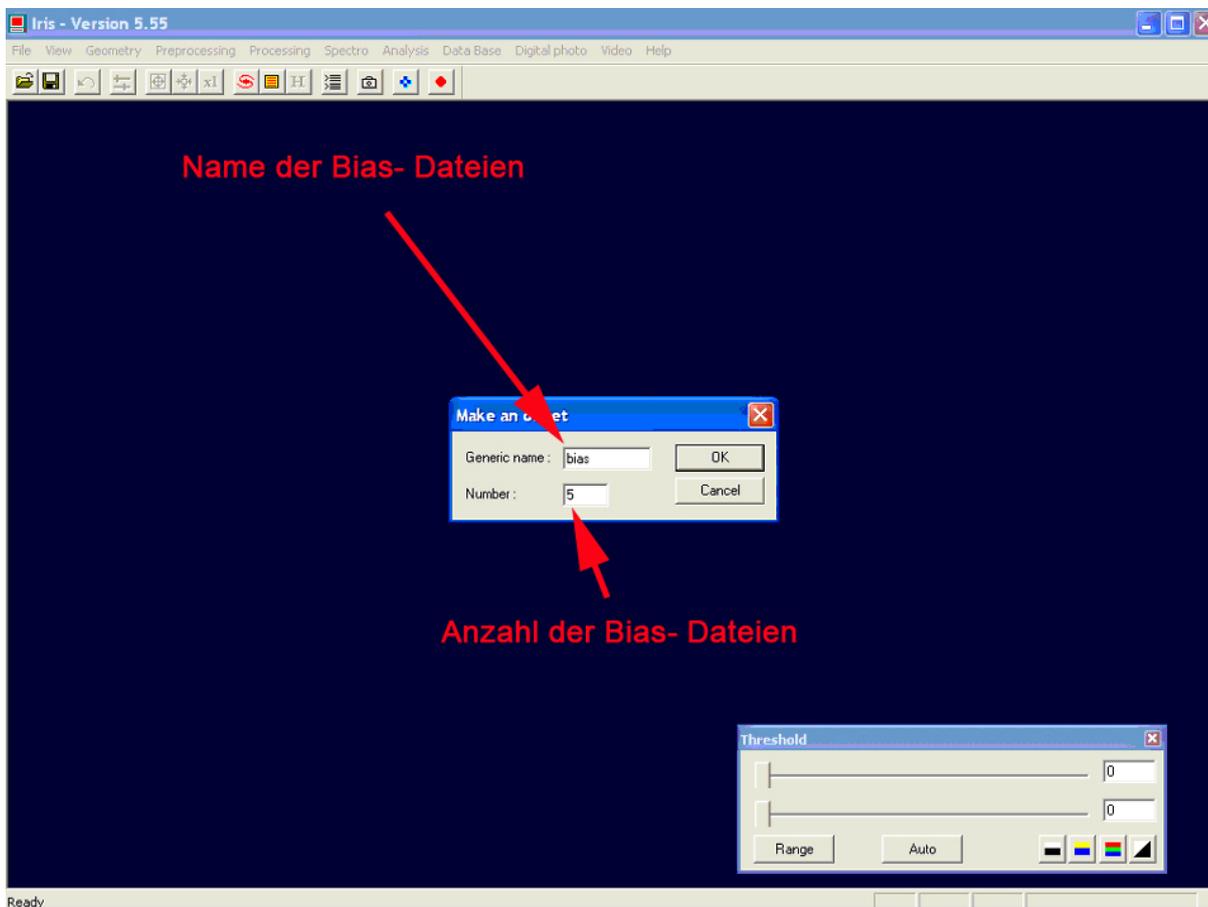
**Tipp:** Um vorweg Fehlermeldungen bei IRIS und vor allem VSPEC zu vermeiden, empfiehlt es sich bei Dateinamen ausschliesslich Buchstaben und Zahlen zu verwenden. Sonderzeichen führen vor allem bei VSPEC oft beim Öffnen zu Fehlermeldungen und gar Abstürzen.

**Schritt 1; Ordnerzuweisung:** Nach dem Starten von IRIS muss zuerst ein Ordner zugewiesen werden, wohin IRIS alle Dateien abspeichern kann und sich auch die zur Bearbeitung vorgesehenen Dateien (Lights, Darks und Bias – alle im FITS- Format) befinden. Mit dem Befehl „File/Settings...“ erscheint folgendes Bild, das nach dem entsprechenden Ausfüllen mit „OK“ bestätigt wird.

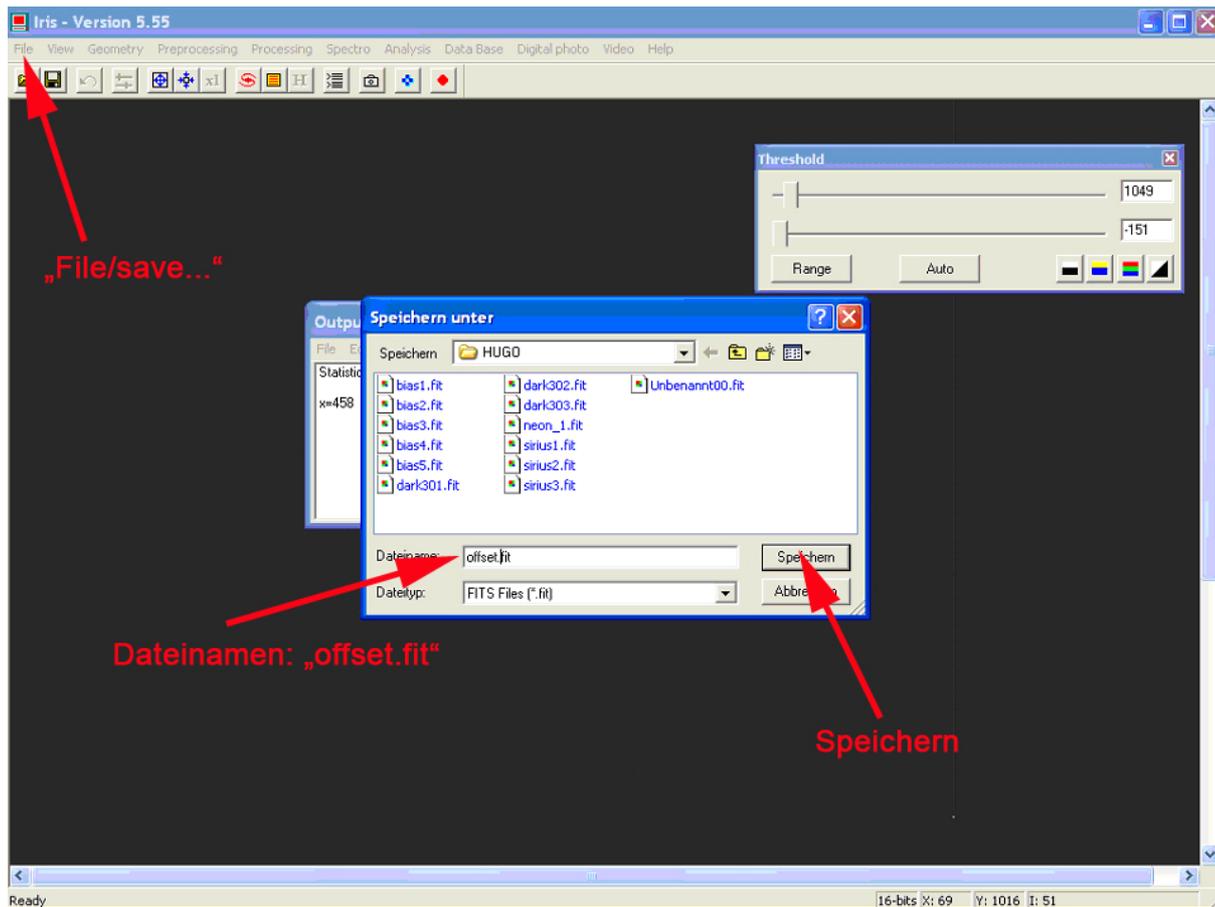
**Hinweis:** Zu viele Unterordner können bei IRIS zu Fehlermeldungen über nicht gefundene Dateien führen. Wahrscheinlich können zu lange Ordner- und Dateinamen ähnlichen Probleme verursachen.



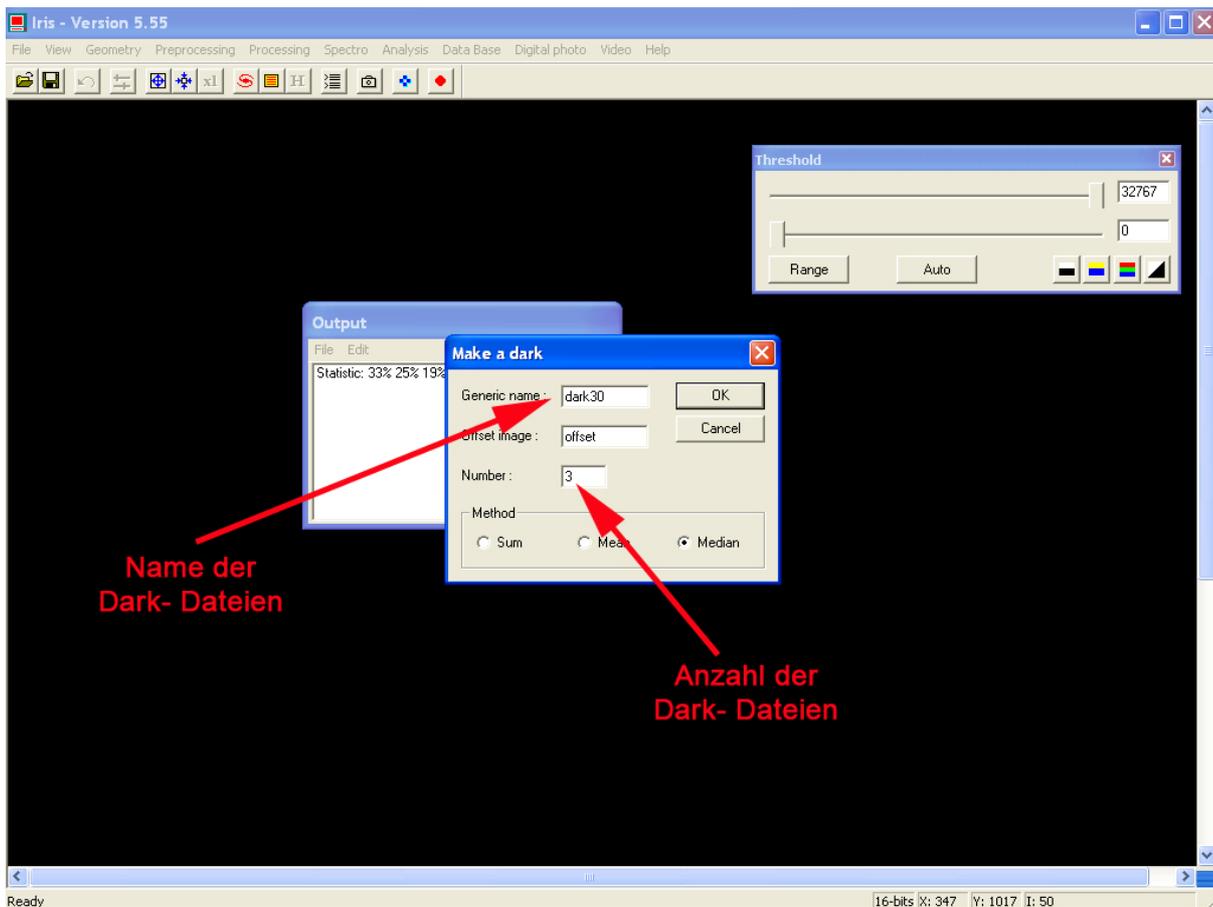
**Schritt 2; Erstellen des „Offsets“:** Die zu verwendenden Dateien müssen sich im bei Schritt 1 erstellten bzw. gewählten Ordner befinden: Spektralaufnahmen, Darks, Flats und Bias. Das Dateiformat ist immer \*.fit. Zuerst erstellen wir aus den bestehenden Bias- Dateien die Offset-Datei. Die Bias- Dateien berücksichtigen das Ausleserauschen der CCD- Kamera und werden mit dieser bei abgedeckten Chip und kürzestmöglicher Belichtungszeit erstellt. Hier sind 5 solche Bias- Aufnahmen erstellt worden. Mit dem Befehl „Preprozessing/Make an offset...“ erscheint folgendes Bild, das entsprechend ausgefüllt und mit „OK“ bestätigt wird:



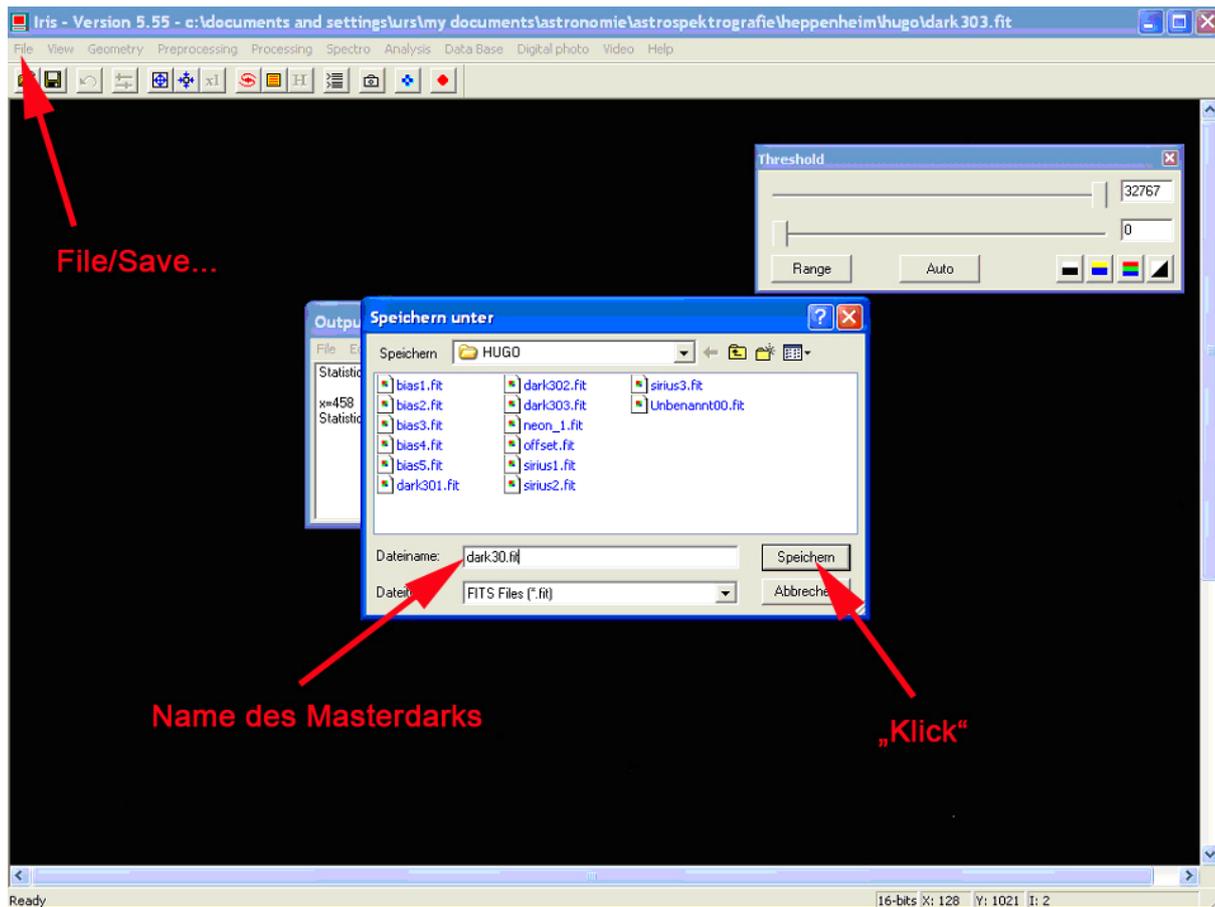
**Schritt 3:** Unbedingt das in Schritt 2 erstellte Offset- Bild mit dem Befehl „File/Save...“ und einprägsamen Namen (hier „offset.fit“) speichern:



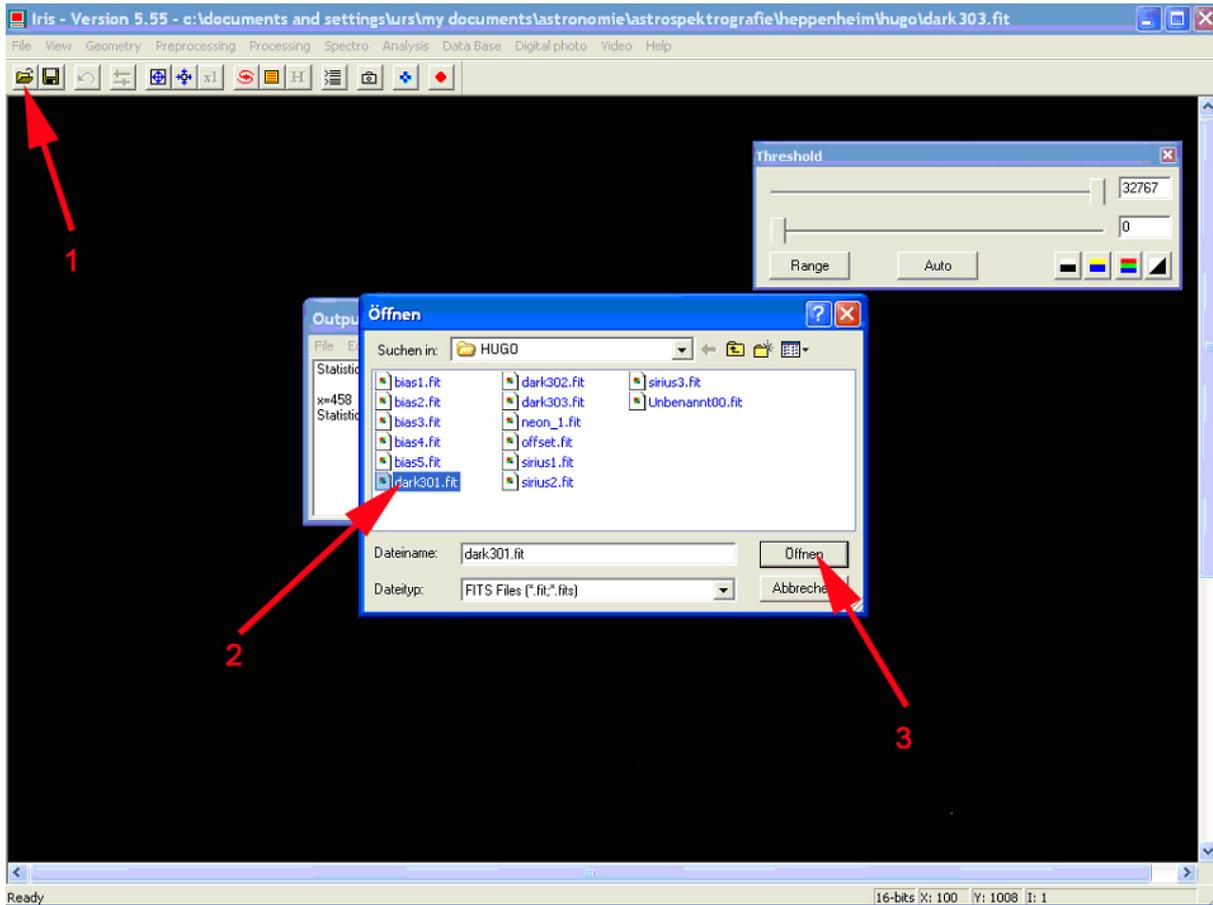
**Schritt 4; Erstellen des "Masterdarks":** Jetzt mit analogem Vorgehen wie bei Schritt 3 das Masterdark erstellen; wobei die Offset- Datei durch IRIS automatisch berücksichtigt wird. Mit dem Befehl „Preprocessing/Make a dark...“ erscheint das folgende Bild. Die in unserem Beispiel vorhandenen drei Darks haben als Namen „dark30“ (dark301.fit, dark302.fit und dark303.fit). Kontrollieren ob "Median" ausgewählt ist.



**Schritt 5:** Anschließend das in Schritt 4 erstellte Masterdark unter aussagekräftigem Namen (Hier „dark30.fit“) speichern. Befehl „File/Save...“:

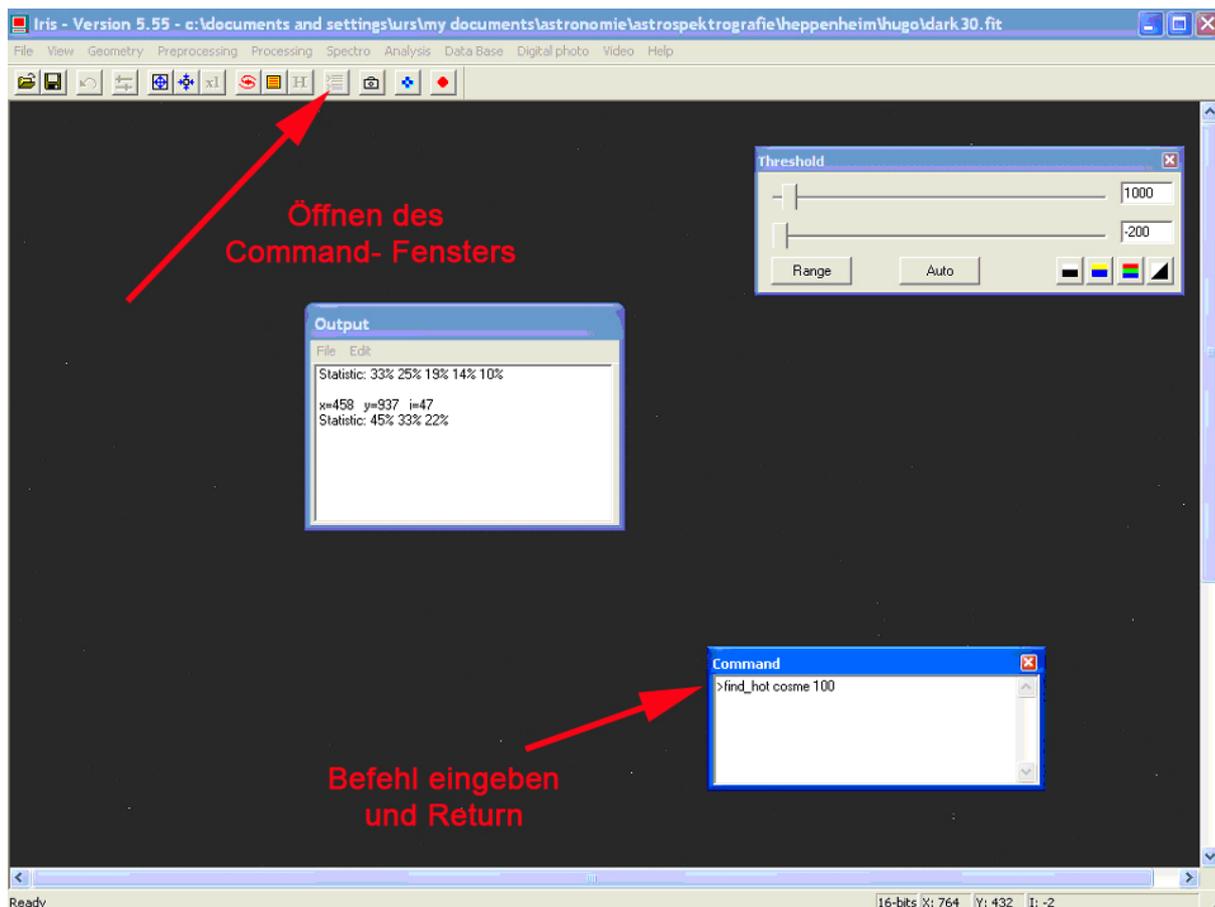


**Schritt 6; Berücksichtigung der "Hotpixel":** In diesem Schritt werden die „Heissen Pixels“ (Hotpixels) bestimmt, die später dann aus dem Bild herausgerechnet werden. Dazu wird - wenn nicht bereits gemacht - das Masterdark geöffnet (dark.fit):



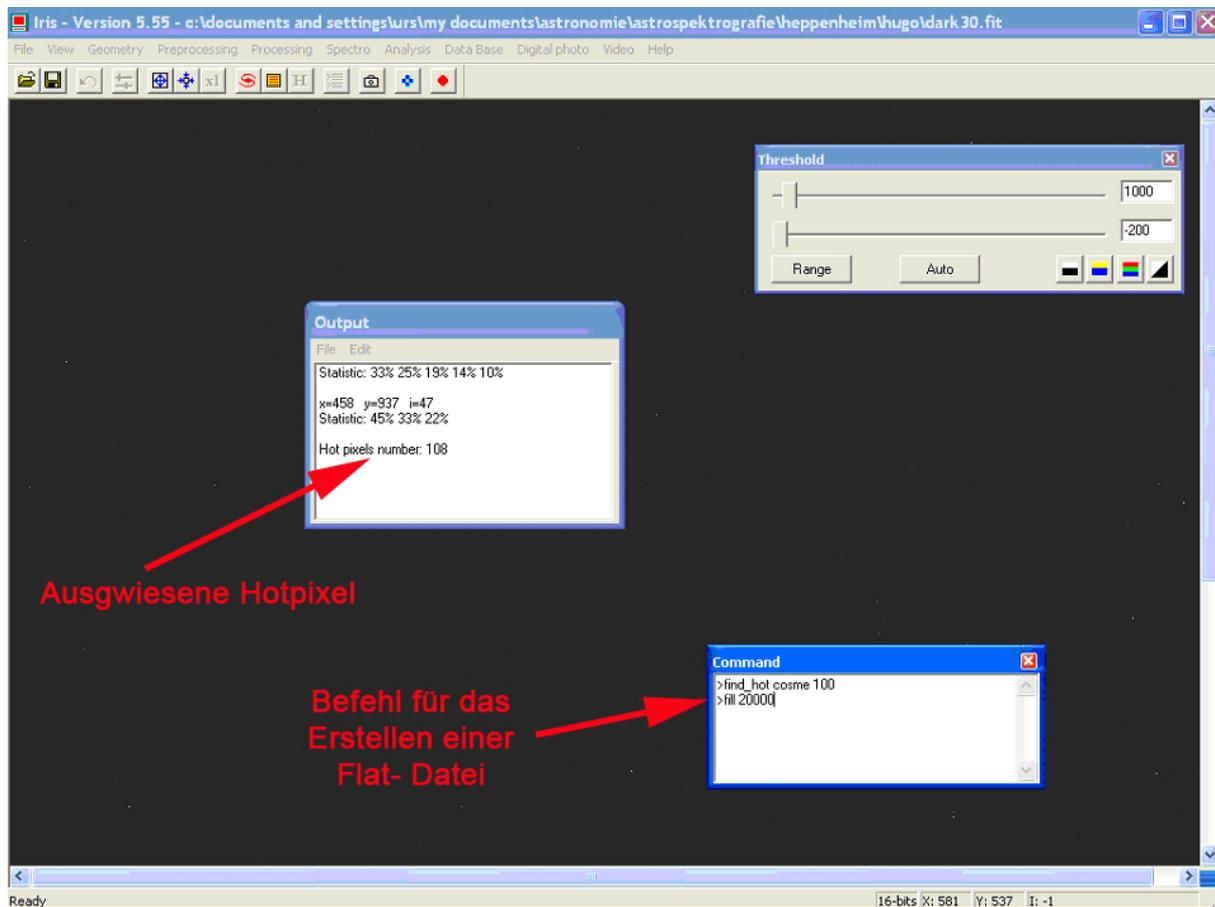
**Schritt 7:** Nun öffnen wir das Kommandofenster und geben in dieses den Befehl „>find\_hot cosme100“ ein. Dies mit „Enter“ bestätigen. Die Anzahl der gefundenen Hotpixel wird im Output Fenster ausgewiesen. Ist die Anzahl der Hotpixel >10' 000 erscheint eine Fehlermeldung. In diesem Fall den Wert vergrößern, bis weniger als 10'000 Hotpixels ausgewiesen werden. IRIS speichert dann diese unter der Datei „cosme.txt“ für einen späteren Einsatz in dem in Schritt 1 ausgewählten Ordner ab.

**Anmerkung:** „100“ bezieht sich auf den minimalsten Sättigungsgrad der Hotpixel, die berücksichtigt werden sollen. Je grösser dieser Wert gewählt wird, desto höher ist die Sättigung der gesuchten Hotpixel und desto weniger Pixel werden berücksichtigt. Bei zu kleinem Wert kommt es zu einer Fehlermeldung bezüglich zu vielen gefundenen Hotpixels. (Atik 314L z.B. mind. "35", ergibt etwa 5'000 Hotpixels)

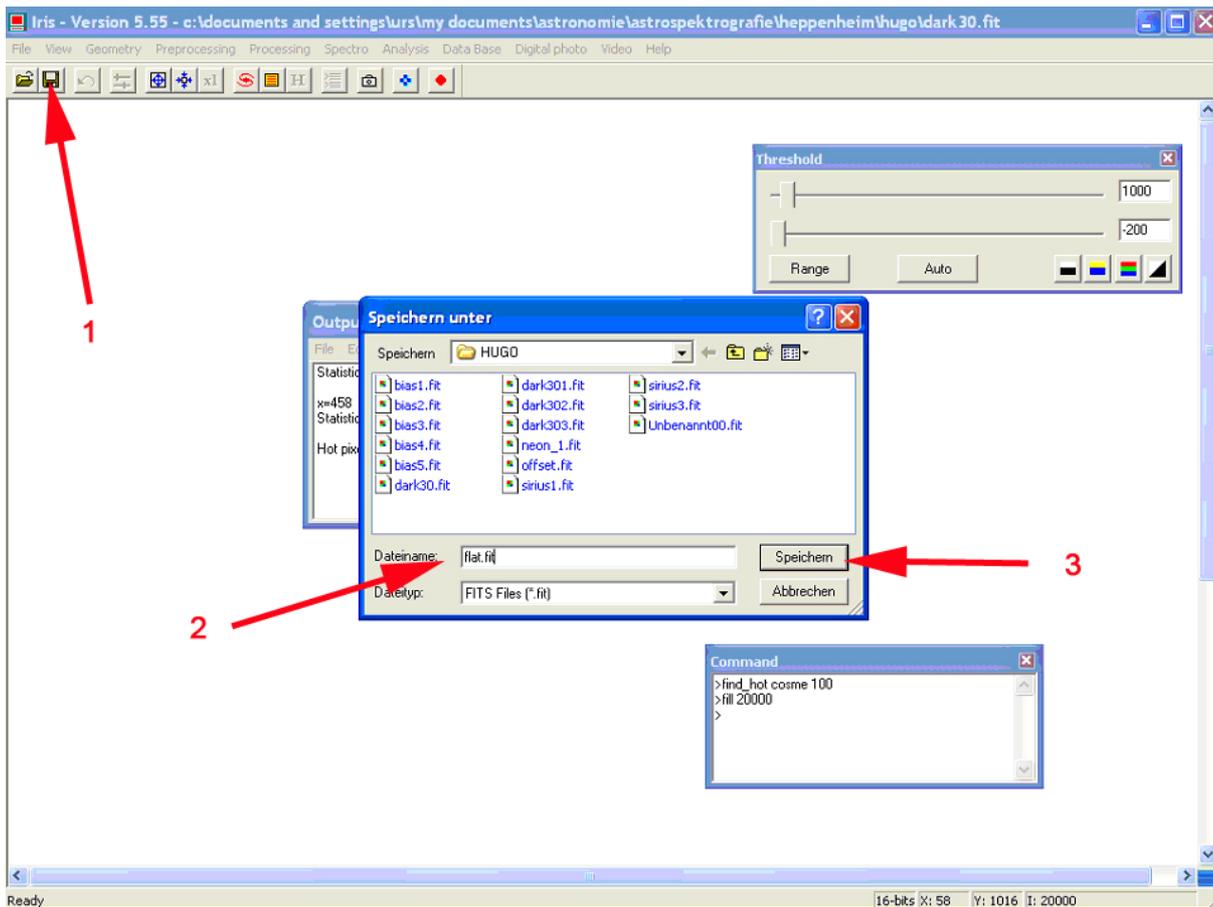


**Schritt 8; Erstellen eines „Flats“:** Meist wird auf das Erstellen eines „Flats“ verzichtet. IRIS benötigt aber für einen reibungslosen Ablauf (è Fehlermeldung) eine Flat- Datei. IRIS bietet die Möglichkeit des Erstellens eines virtuellen Flat- Bildes. Dazu wird im Kommandofenster der Befehl „>fill 20000“ eingegeben und mit „Enter“ bestätigt:

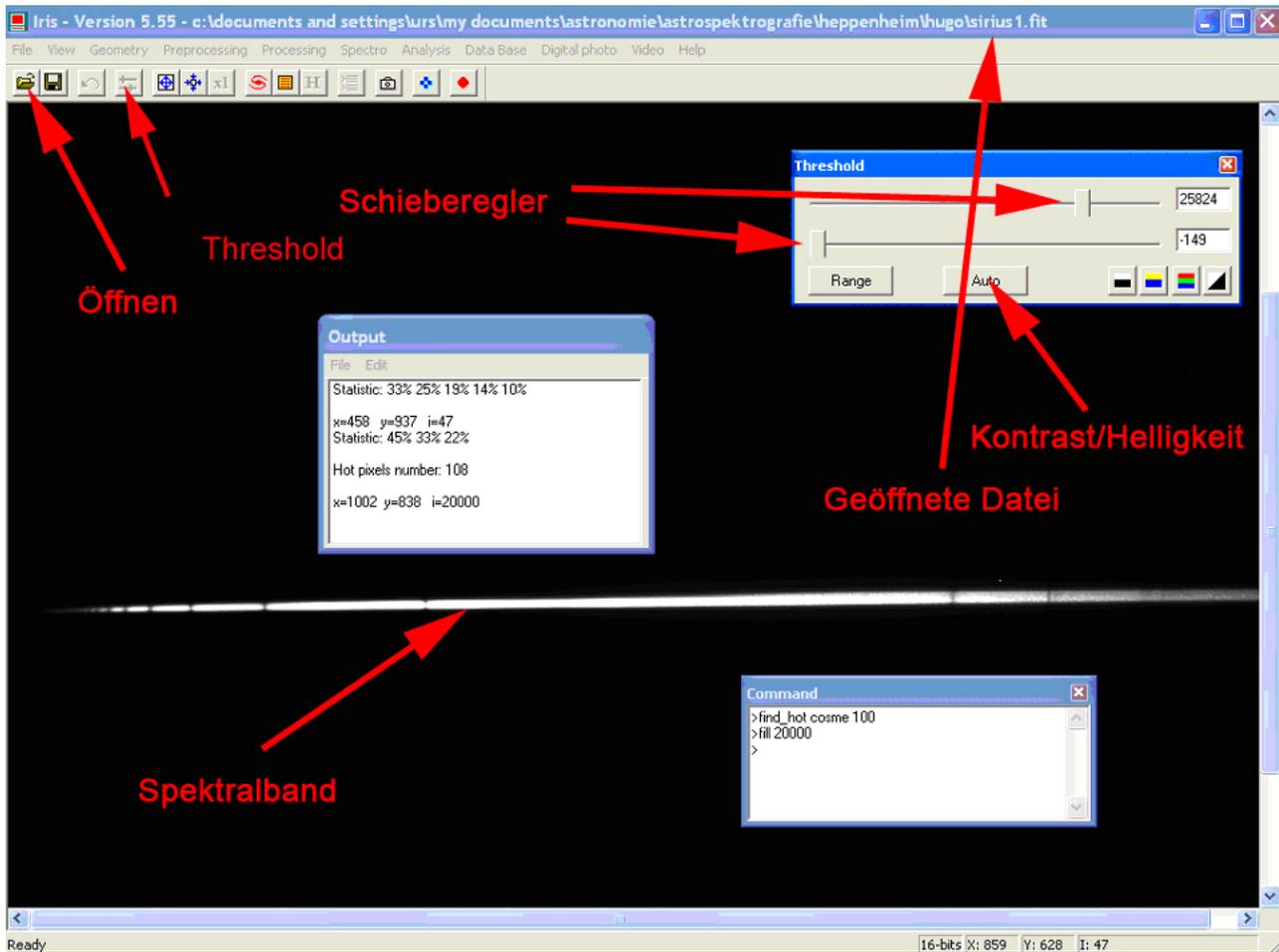
**Hinweis:** „20000“ bezieht sich auf eine sinnvolle (ca. 2/3 Maximum) Graustufe. Ein 15-bit-Wandler verfügt über 32'000 Graustufen, ein 16-bit über 64'000 Graustufen. Die aktuelle Version von IRIS (5.55) kann maximal 32'000 Graustufen verarbeiten.



**Schritt 9:** Das in Schritt 8 erstellte Flat- Bild unbedingt speichern; „File/Save...“ oder mittelst Speicherbutton als „flat.fit“:



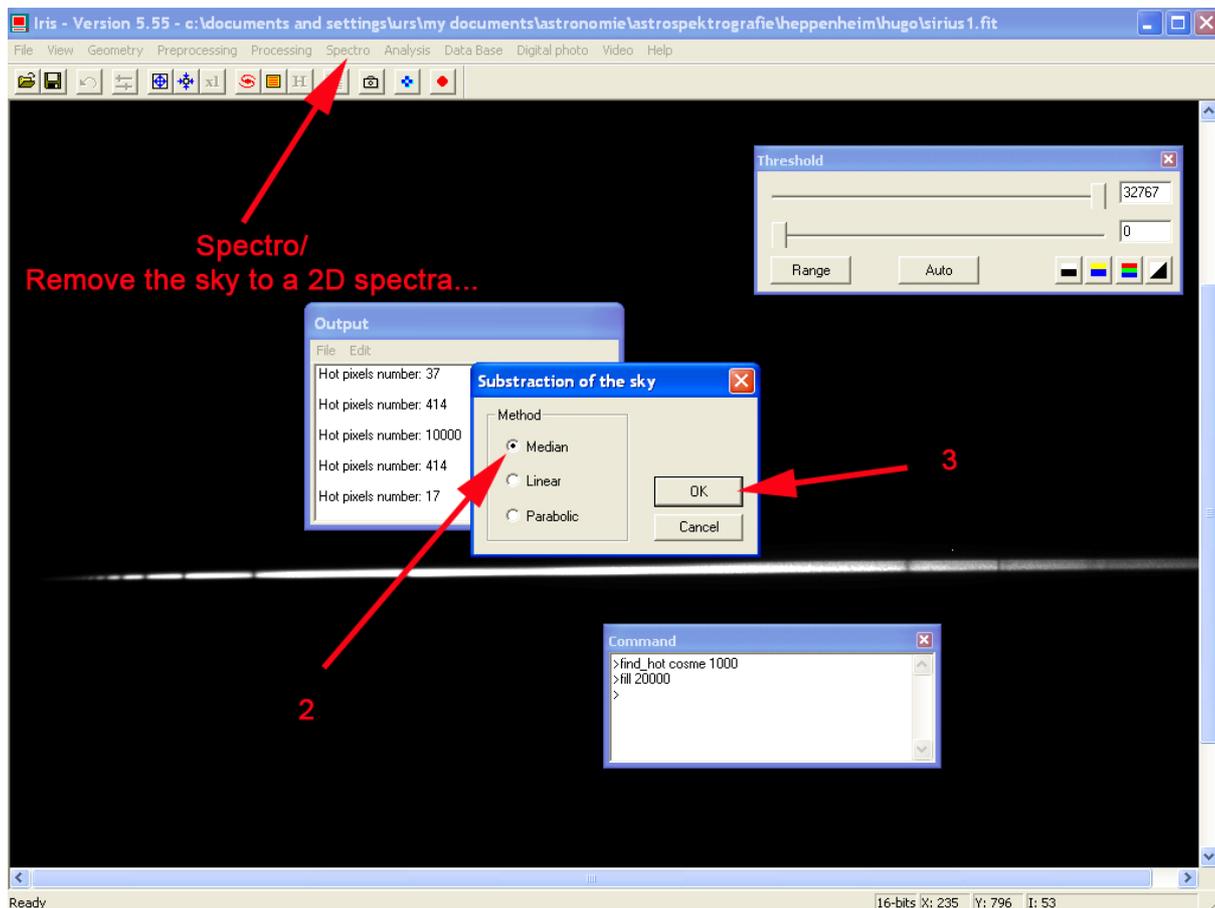
**Schritt 10; Himmelshintergrund berechnen:** Nun öffnen wir das erste Lightbild (sirius1.fit), das - wie die beiden weiteren Lightbilder auch - die eigentliche Spektralaufnahme (Spektralband) beinhaltet. Vorgehen zum Öffnen einer Datei siehe Schritt 6. Mit dem Button „Auto“ im Fenster „Threshold“ (dieses kann mit dem Button „Threshold“ geöffnet werden) oder mit den beiden Schiebereglern im selben Fenster kann die Sichtbarkeit des Spektralbandes optimiert werden:



## Schritt 11: Berücksichtigung des Himmelhintergrundes

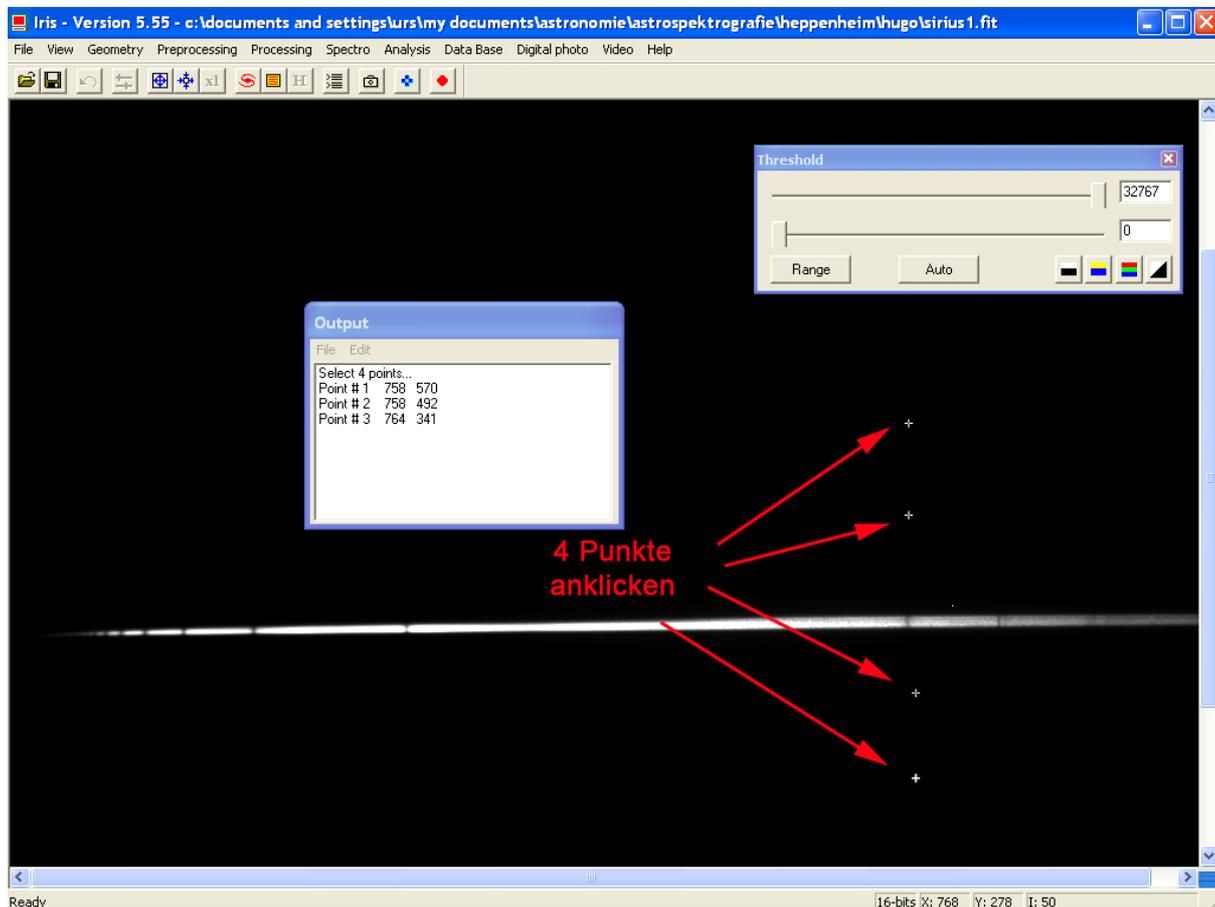
**Hinweis:** Falls ein nicht genau horizontal liegendes Spektralband ausgerichtet werden soll (siehe Schritte 14 und 15), ist es vorteilhaft diese Ausrichtung vor der Verrechnung des Himmelhintergrunds durchzuführen. Mit diesem Vorgehen werden allfällige Linienfehler auch heraus gerechnet.

Ist das Spektralband horizontal ausgerichtet, wird der Befehl: „Spectro/Remove the sky to a 2D spectra...“ angewendet:

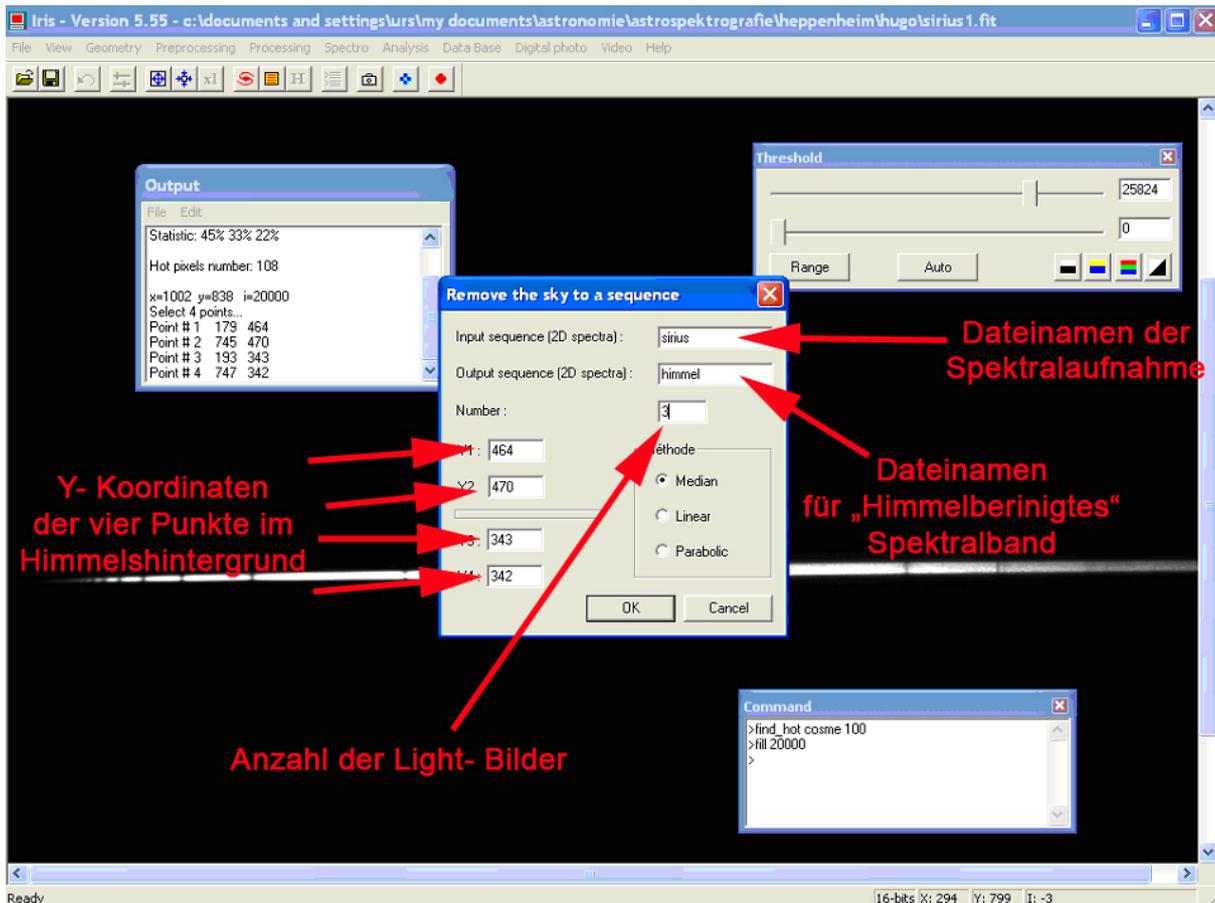


**Schritt 12:** Anschliessend klicken wir je zwei Punkte oberhalb und unterhalb des Spektralbandes an. Wobei die X- und Y- Position der Punkte unwichtig ist. IRIS startet die Rechenarbeit umgehend nach dem Setzen des vierten Punktes.

**Anmerkung:** IRIS zieht alle drei Lightbilder („sirius1.fit“, „sirius2.fit“ und „sirius3.fit“), die sich im Ordner (siehe Schritt 1) befinden zur Berechnung hinzu. Unter Umständen ist das Spektralband infolge ungenauer Nachführung nicht bei allen Aufnahmen an derselben Stelle. Deshalb Die Punkte nicht zu nahe am Spektralband setzen.



**Schritt 13:** Nun lassen wir IRIS bei allen drei Sirius- (Light-) Spektralaufnahmen den Himmelshintergrund abziehen und unter dem Dateinamen „himmel.fit“ abspeichern. Dazu öffnen wir den Befehl “Spectro/Remove the sky to a sequence of 2D spectra...“. Im unter Schritt 1 bestimmten Ordner werden nun von IRIS die vom Himmelshintergrund bereinigten Lights unter den Dateinamen „himmel1“, „himmel2“ und „himmel3“ abgespeichert:



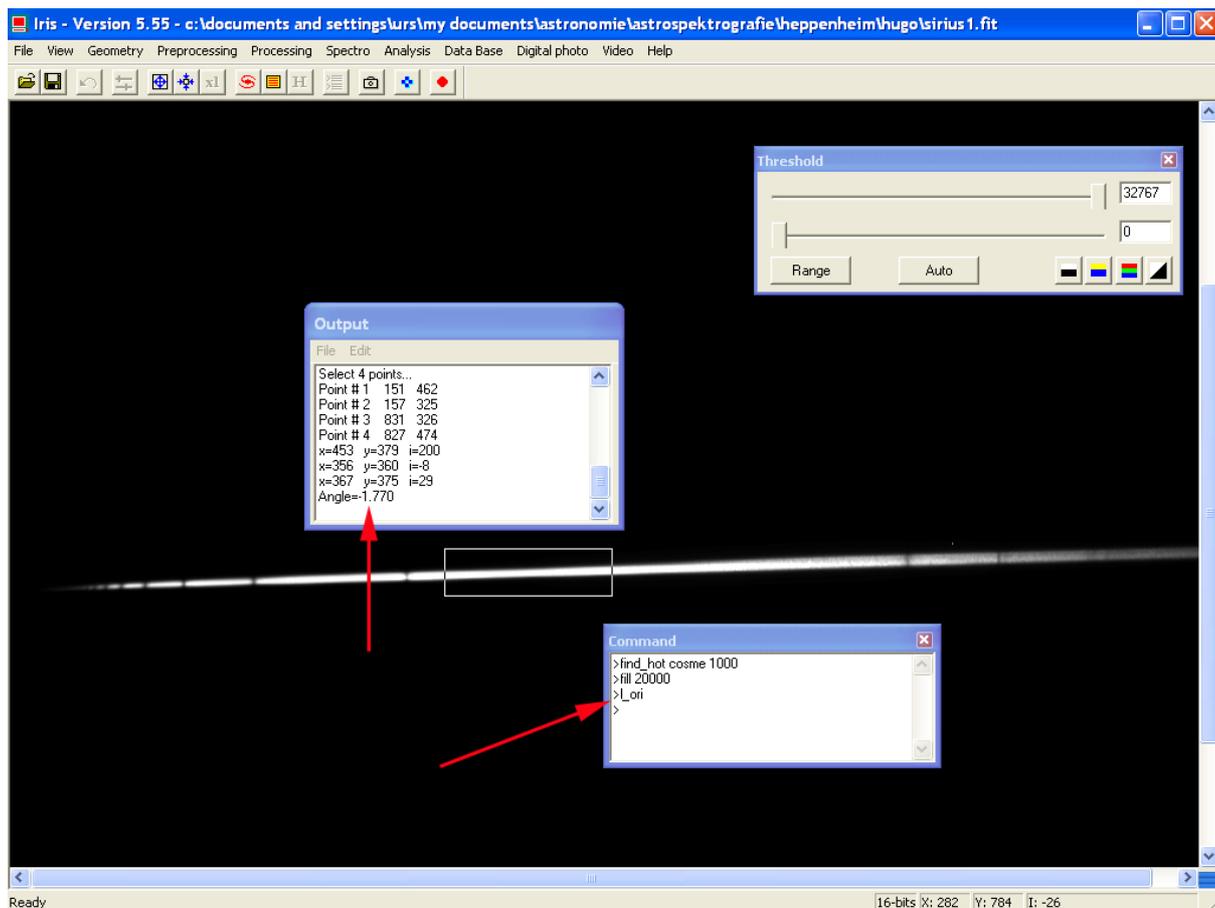
## Schritt 14; Geraderichten des Spektralbandes:

**Hinweis:** Falls nicht ausgerichtet werden muss oder soll, dann kann mit Schritt 16 weiter gefahren werden.

Mit gedrückter linker Maustaste ein Rechteck ungefähr in der Mitte des Spektralbandes ziehen und anschliessend im Fenster „Command“ den Befehl „>L\_ori“ eingeben und mit „Enter“ bestätigen. Im Fenster „Output“ erscheint der Winkel mit dem das Spektralband schräge zu den Pixelzeilen liegt:

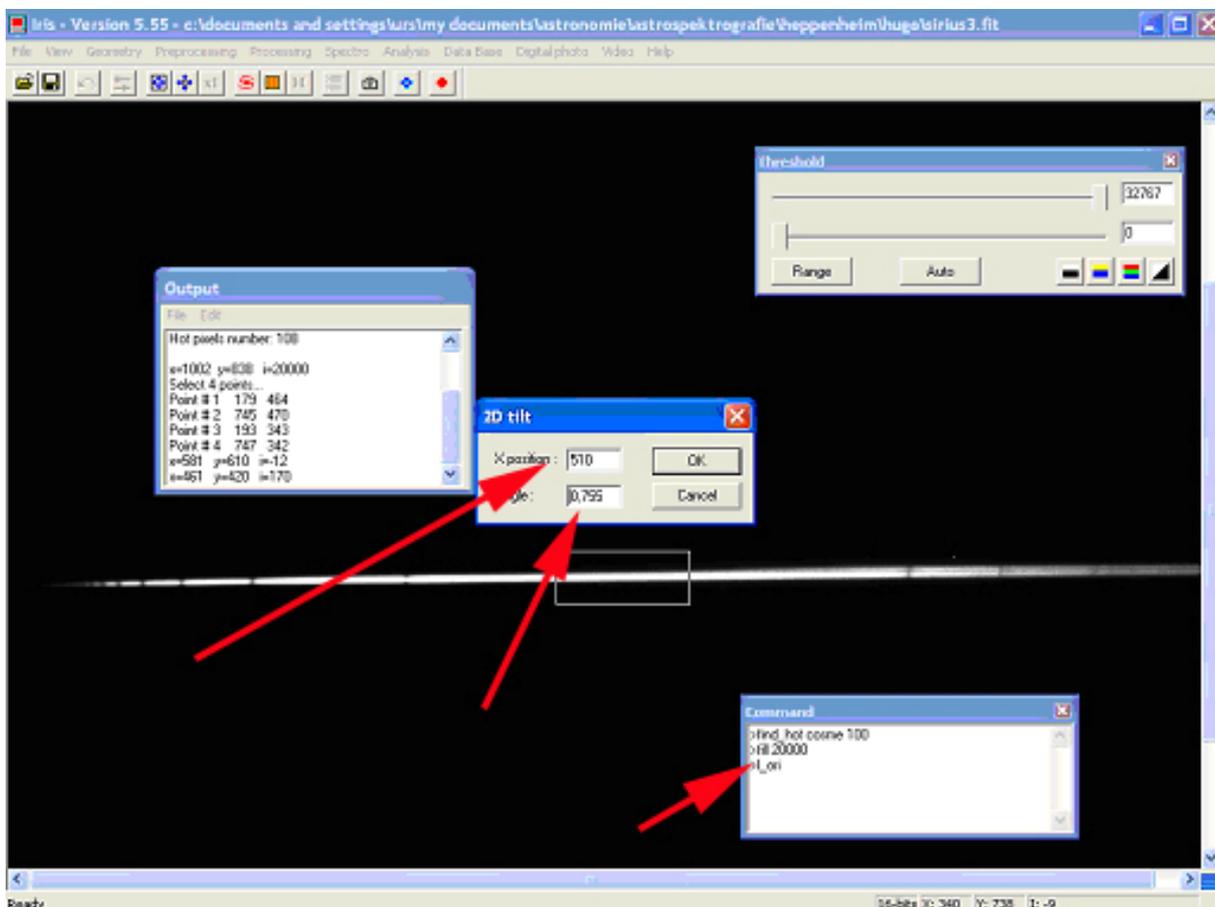
**Hinweis:** Es ist von Vorteil, wenn der Himmelhintergrund (siehe Schritt 11) nach einer eventuellen Ausrichtung vorgenommen wird. Damit werden allfällige Linienfehler mit korrigiert.

**Wichtig:** Das Kalibrierbild (z.B. Neon) muss um denselben Wert gedreht werden, da ansonsten die Kalibration ungenau werden wird.



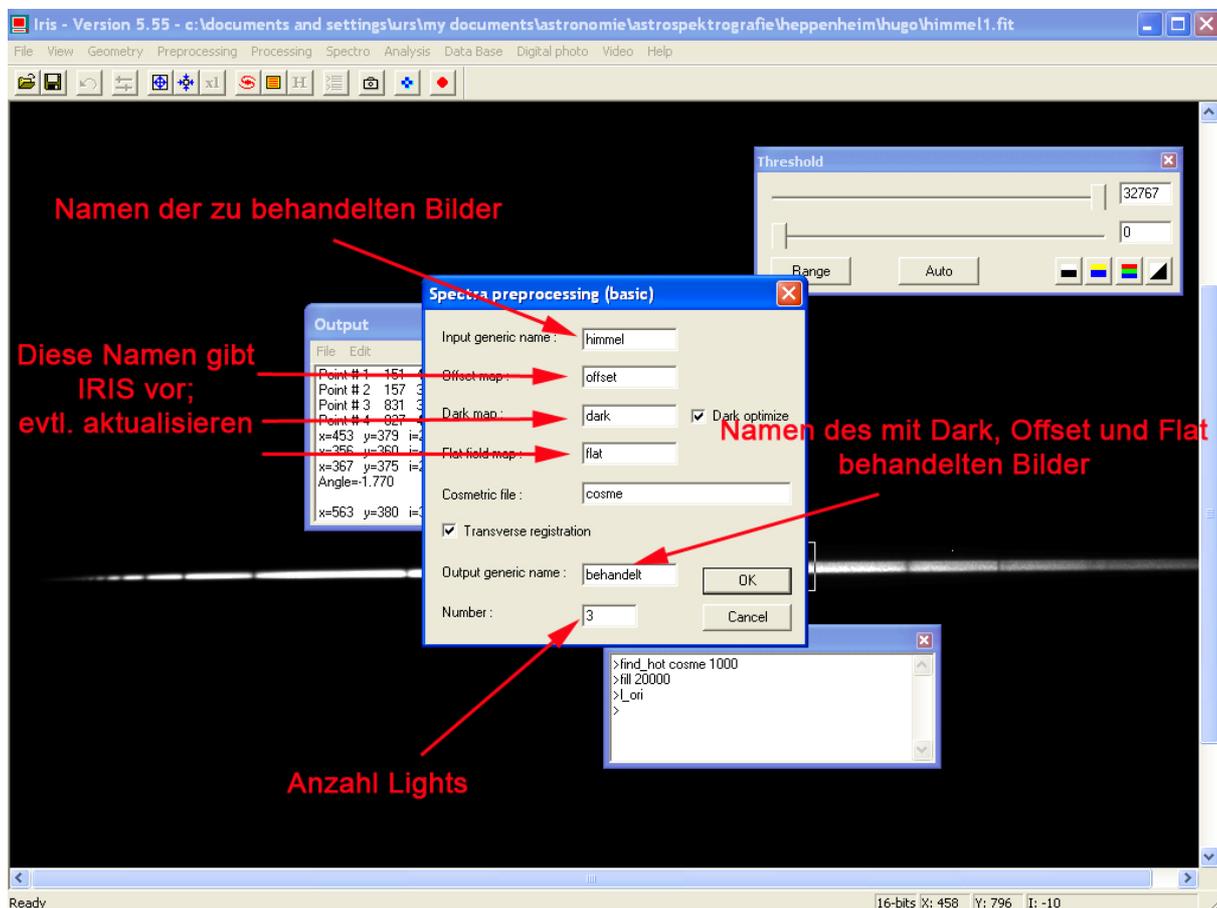
**Schritt 15:** Nun mit dem Befehl „Spectro/tilt of a 2D spectra...“ das Fenster „2D tilt“ öffnen den im Fenster „Output“ befindlichen „Angle“- Wert eingeben. Das Vorzeichen beachten! (Minus = Drehung im Uhrzeigersinn). Zuletzt diese Änderung speichern. Dies muss nun bei allen Lights des Objekts mit dem Befehl "Spectro/tilt of a 2D spectra sequence..." durchgeführt werden. Ein eventuelles Kalibrationsbild muss auch in derselben Weise ausgerichtet werden.

Wenn noch der Himmelhintergrund verrechnet werden soll, dann nun zurück zu Schritt 11. Ansonsten zum nächsten Schritt (16)



**Schritt 16; Verrechnen der "Lights" mit "Dark", "Offset", "Flat" und Hotpixels:** Nun werden alle Zwischendateien zur Behandlung der Lights hinzugezogen. Masterdark, Offset, Flat und Hotpixels ("Cosme") kommen nun bei den drei Lights „zum Einsatz“. Wir öffnen (gemäss Schritt 6) die Datei „himmel1“, ziehen einen Rahmen um einen Teil des Spektralbandes und öffnen den Befehl „Spectro/Preprocessing of 2D spectra (basic)...“.

**Hinweis:** IRIS speichert die drei „bereinigten“ Bilder automatisch im in Schritt 1 gewählten Ordner ab. Der Namen dieser Dateien ist in diesem Beispiel „behandelt.fit“. Im Ordner (Schritt 1) finden sich nun die Dateien „behandelt1.fit“, „behandelt2.fit“ und „behandelt3.fit“.



**Namen der zu behandelten Bilder**

**Diese Namen gibt IRIS vor; evtl. aktualisieren**

**Namen des mit Dark, Offset und Flat behandelten Bilder**

**Anzahl Lights**

Point #	X	Y	I
1	151		
2	157		
3	831		
4	827		
	x=453	y=379	i=2
	y=366	y=360	i=2
	x=367	y=375	i=2
	Angle=-1.770		
	x=563	y=380	i=2

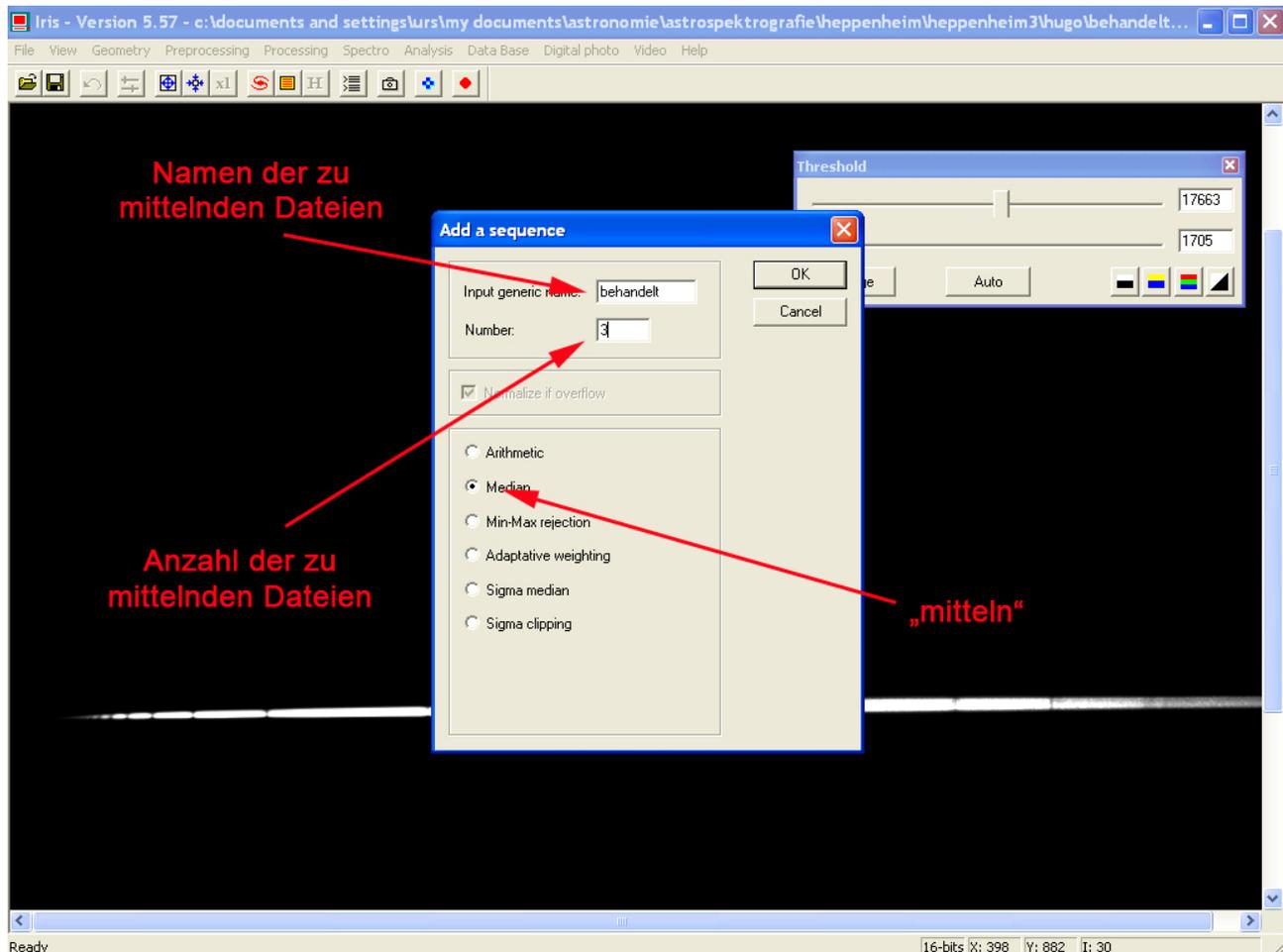
```

>find_hot cosme 1000
>fill 20000
>Lori
>
  
```

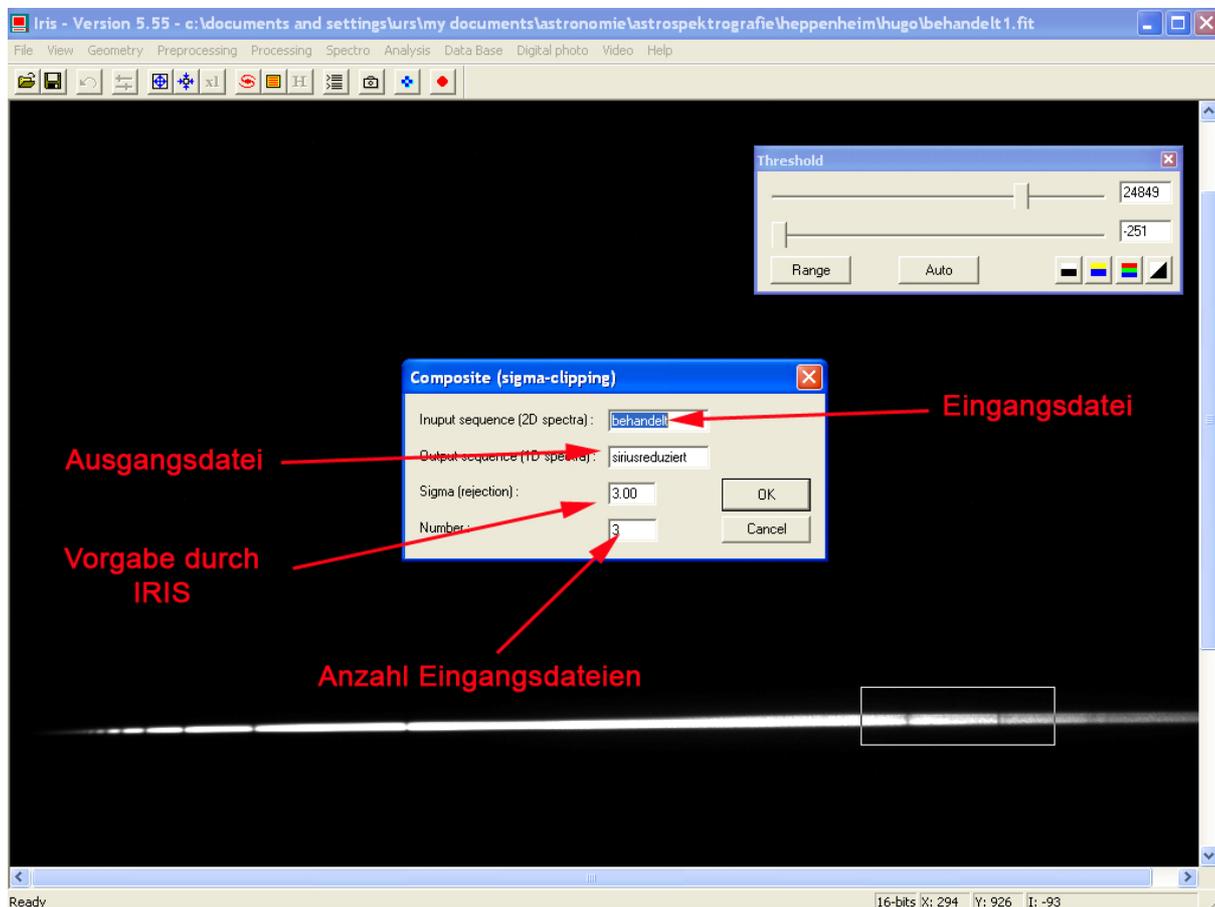
## Schritt 17; Mitteln der bereinigten "Lights":

**Option:** Um Rechnerleistung zu sparen, kann als Option vorgängig die Datenmenge durch ein Freistellen der Spektralbänder mit Schritt 18 angegangen werden.

Jetzt werden die in Schritt 16 bereinigten Bilder gemittelt. Dazu öffnen wir gemäss Schritt 6 die erste Datei („behandelt1.fit“). Anschliessend wird mit dem Befehl „Processing/Add a sequenze...“ das entsprechende Fenster geöffnet und Namen der zu mittelnden Dateien, sowie derer Anzahl eingegeben. Kontrollieren ob „Median“ ausgewählt ist, ansonsten anklicken. Das Resultat ist die gemittelte Datei, die nun unter aussagekräftigem Namen (Hier „siriusmit.fit“) im unter Schritt 1 erstellten Ordner gespeichert werden muss:



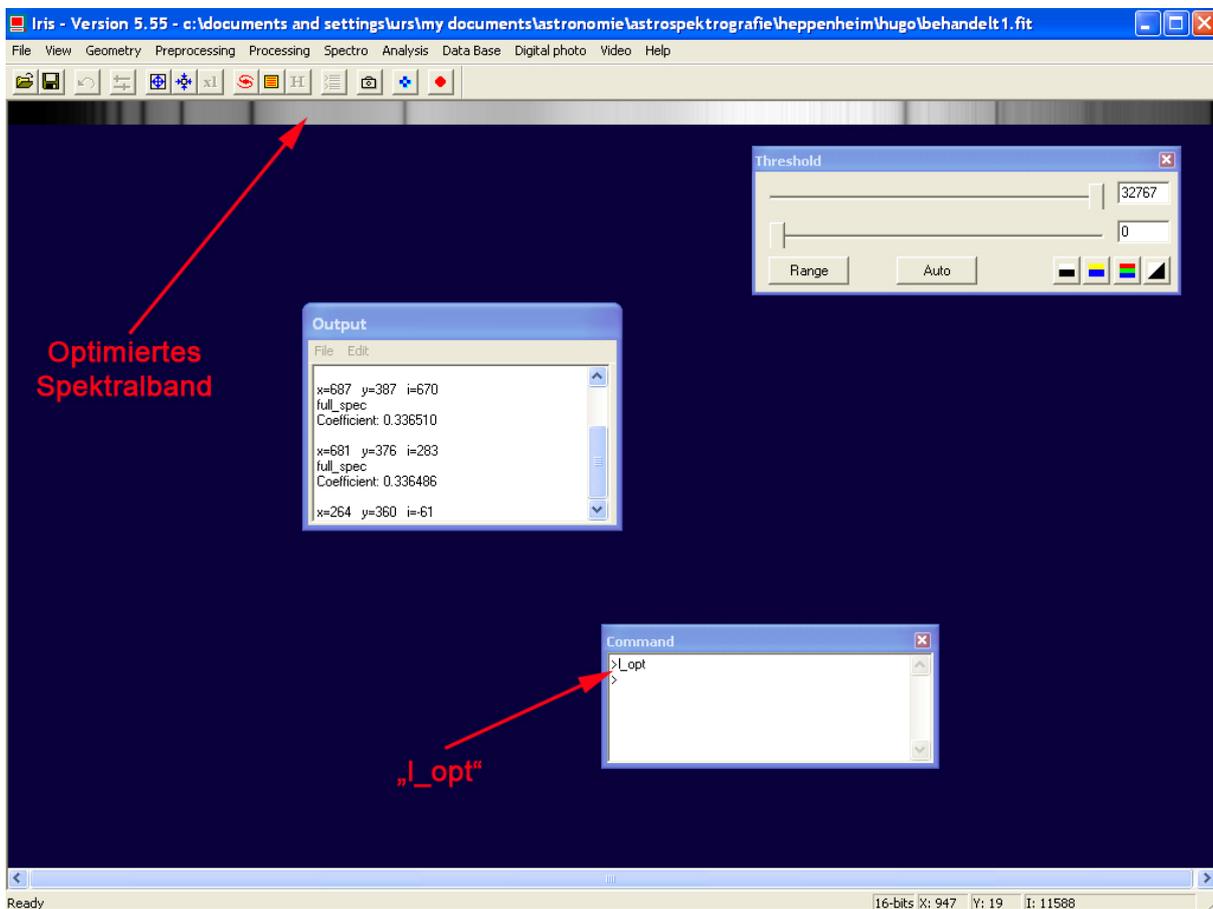
**Schritt 18; Freistellen und Stacken der Spektralband- Aufnahmen:** Dies geschieht nach dem Öffnen der ersten Datei "behandelt1.fit" mit dem Ziehen eines Rahmens um einen geeigneten Bereich im Spektralband. Mit dem Befehl „Spectro/Composite of a sequence of spectra (2D -> 1D)...“ wird die Prozedur vollzogen. In unserem Beispiel werden die aus den drei bestehenden drei Dateien ausgeschnittenen Spektralbänder als „siriusred.fit“ durch IRIS automatisch im Ordner (siehe Schritt 1) abgespeichert. Anschliessend das erste freigestellte Band „siriusred1.fit“ öffnen und analog Schritt 17 stacken und mit aussagekräftigen Namen (z.B. siriusopt.fit“) zwecks Weiterverwendung mit VSPEC speichern.



**Schritt 19: Optimierung des Spektralbandes** erfolgt als Option bei schlechter Dynamik mit dem Ziehen eines Rahmens um einen geeigneten Bereich im Spektralband mit dem Befehl „I\_opt“ und „Enter“ im Fenster „Command“. Dabei werden Kontrast und Helligkeit optimiert.

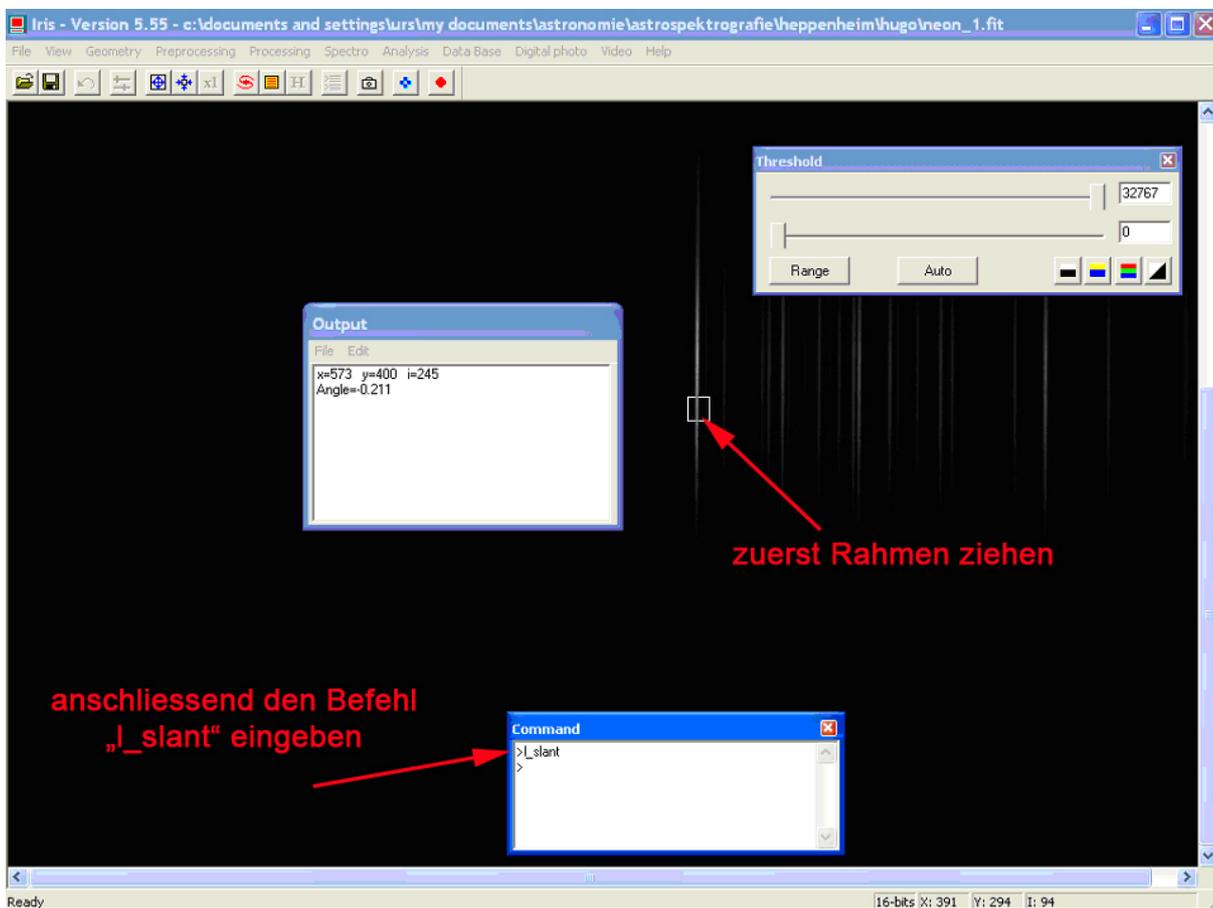
Danach die Datei unter aussagekräftigem Namen („siriusopt“.fit“) für die weitere Verarbeitung mit VSPEC abspeichern.

**Hinweis:** Diese Funktion bietet auch VSPEC an

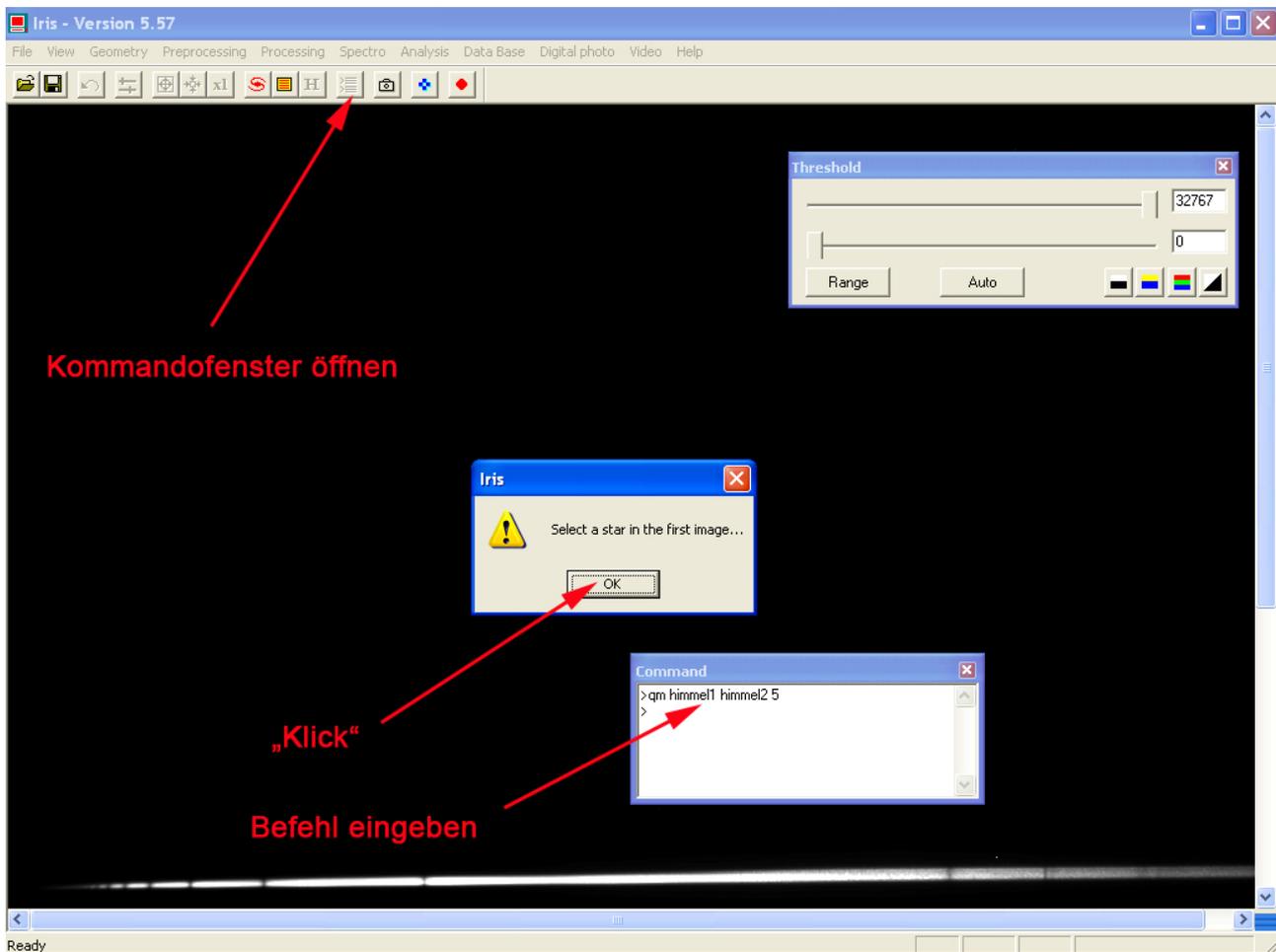


**Schritt 20; Richten einer Echelle- Kalibrieraufnahme:** Beim Einsatz eines Echelle-Spektrografen werden die Linien einer (Neon)- Kalibrierlampe verzogen. Zum Geraderichten dieser Emissionslinien wird das Bild der Kalibrierlampe (Schritt 6) geöffnet. Anschliessend wird bei einer ausgeprägten Linie, etwa in der Mitte ein kleiner Rahmen mit gedrückter Maustaste gezogen. Anschliessend wird im Fenster „Command“ der Befehl „>l\_slant“ eingegeben und mit „Enter“ bestätigt. Damit sind die Emissionslinien nun gerade und senkrecht gerichtet:

**Hinweis:** Dieser Schritt kann bei DADOS- Spektrografen übersprungen werden, da dieser Spaltspektrograf die Emissionslinien gerade abbildet.

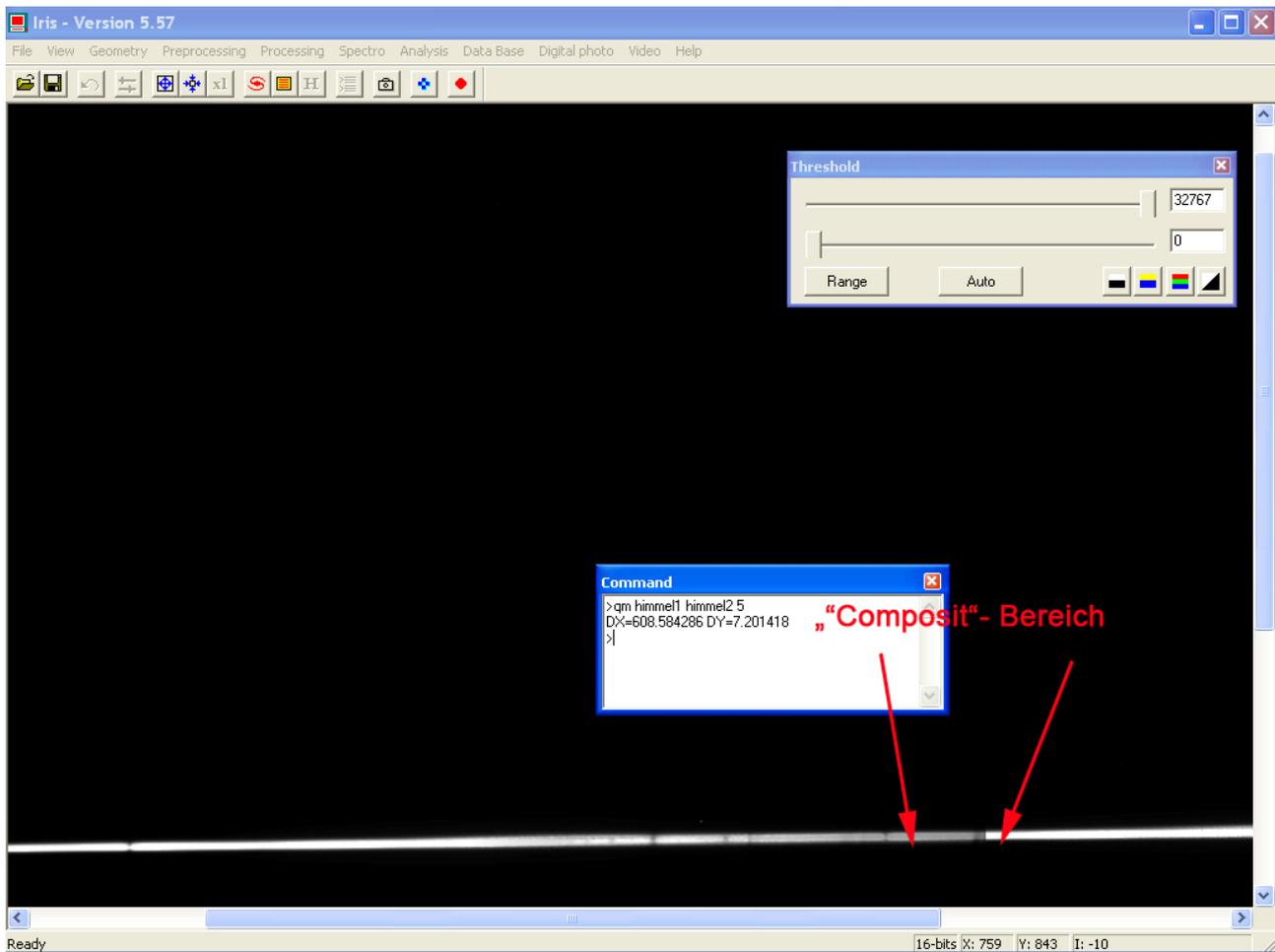


**Schritt 21; Zusammenfügen einzelner Spektralband- Aufnahmen:** Die zusammenzufügenden Spektren müssen sich im unter Schritt 1 zugeordneten Ordner befinden. Im Kommandofenster den Befehl „>qm file1 file2 5“ eingeben. „5“ ist der universelle Parameter für den Zusammensetzungsprozess. Dann „Enter“ drücken und das Auswählen eines Sterns im ersten Bild quittieren. Mit dem nun erscheinenden Kreuz eine auffällige Absorptions- oder Emissionslinie im Überlappungsbereich und möglichst in der Mitte anklicken:





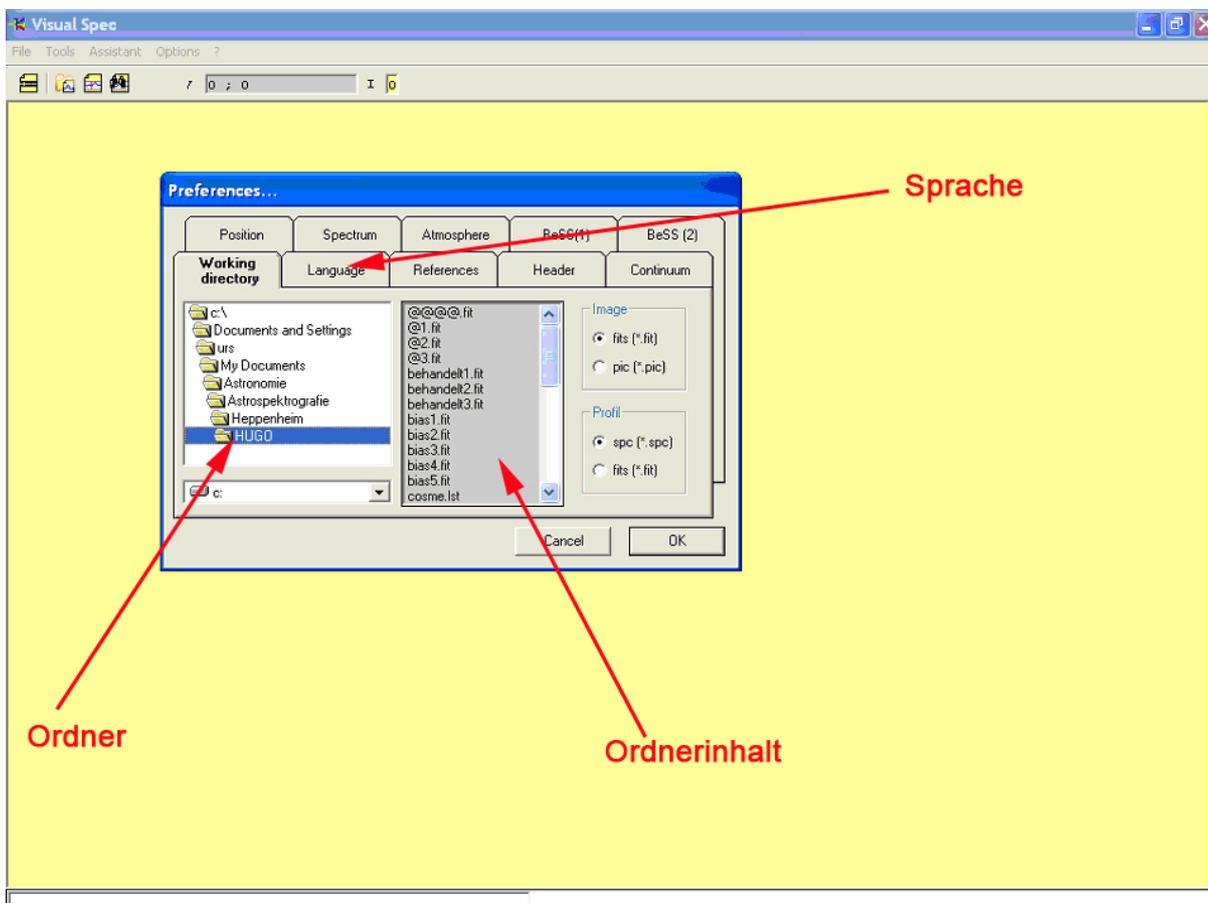
**Schritt 22:** Beim zweiten Bild ebenfalls anstelle eines Sterns dieselbe Absorbptions- oder Emissionslinie anklicken und „IRIS“ knüpft die beiden Spektralbänder zusammen. Anschliessend unter aussagekräftigem Namen speichern („siriuscomp.fit“)



## Reduktion und Kalibrierung mit „VSPEC“

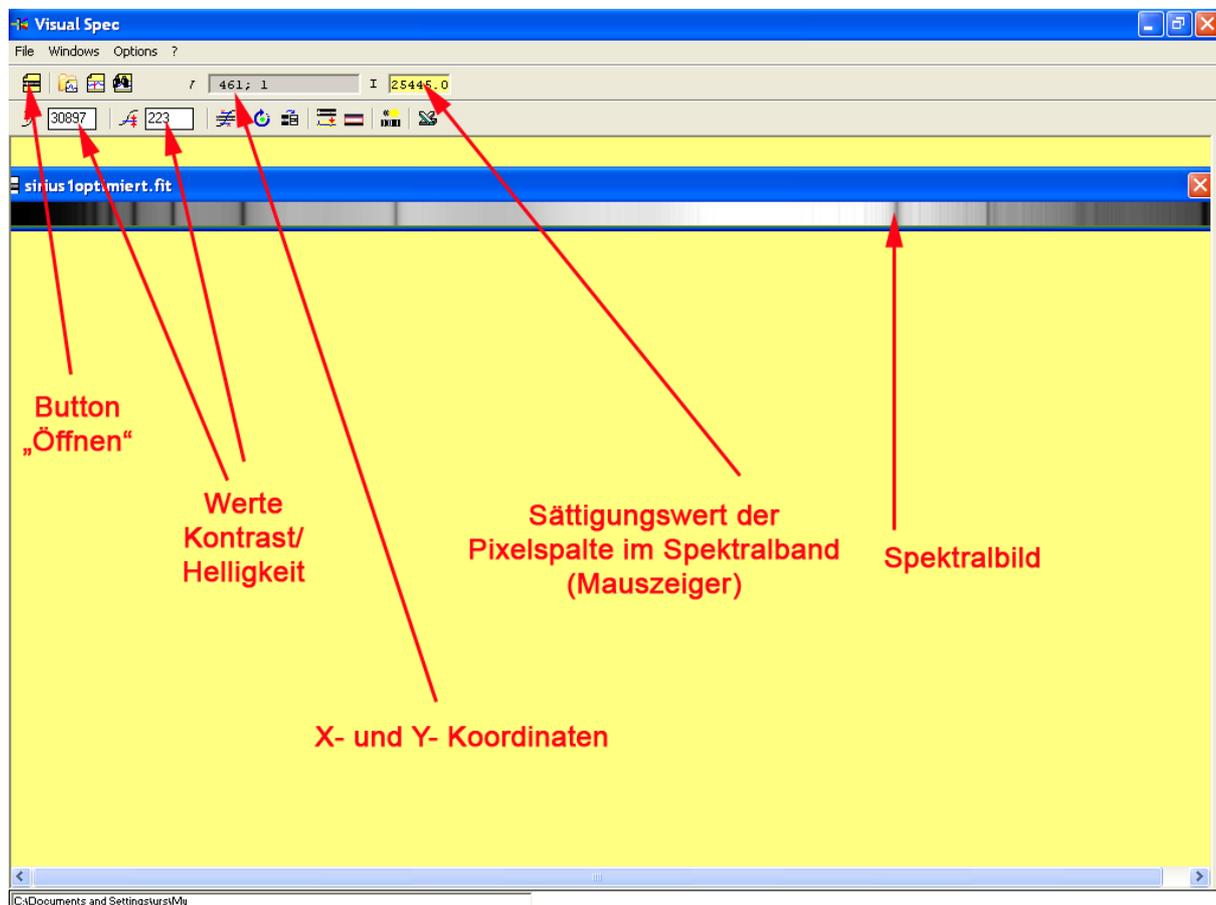
Das Feeware- Programm „VSPEC“ kann unter <http://www.astrosurf.com/vdesnoux/> herunter geladen werden.

**Schritt 1; Ordnerzuweisung:** Die beiden verfügbaren Sprachen (Französisch und Englisch) werden im Fenster „Preferences...“ das nach dem Befehl „Options/Preferences...“ erscheint, im Register „Language“ ausgewählt. Ebenfalls im Fenster „Preferences...“ muss im Register „Workingdirectory“ der Pfad zum Ordner, wo sich die - zum Beispiel mit IRIS (siehe oben) - vorbearbeitete Spektralaufnahme (siehe oben) befindet, mit Doppelklick eingegeben werden:



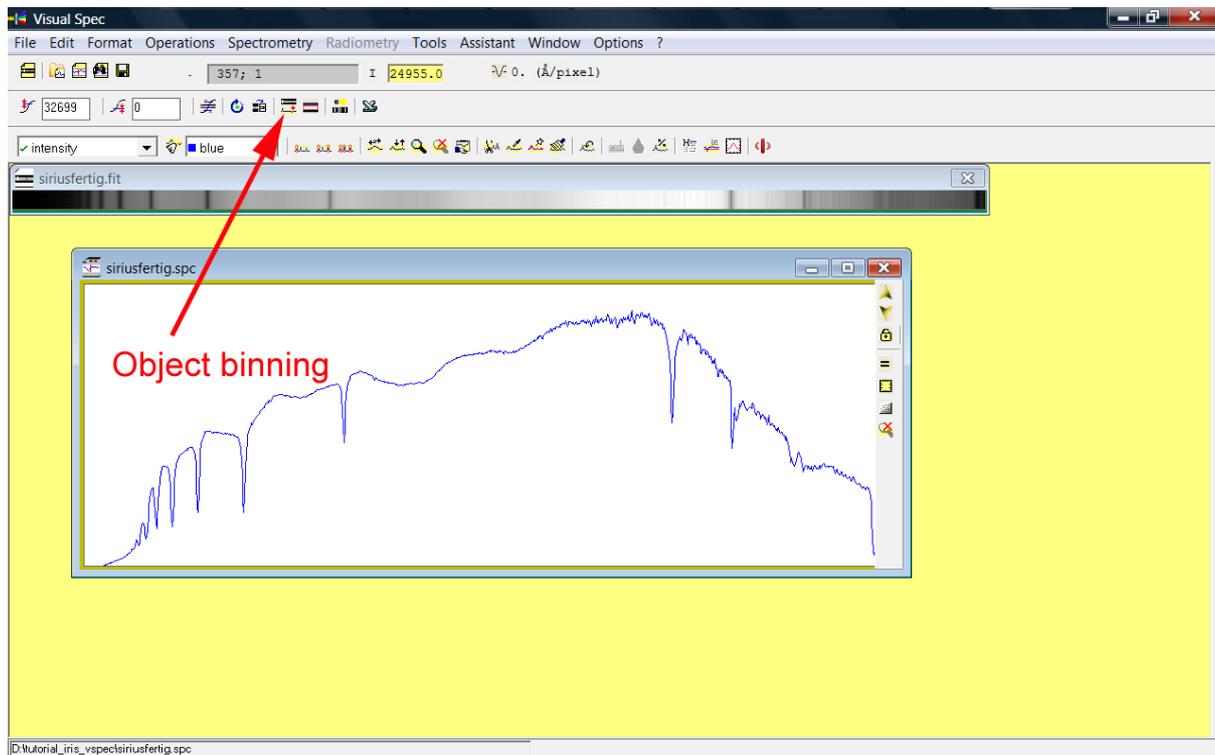
**Schritt 2; Optimieren des Spektralbandes:** Nun öffnen wir das zu bearbeitende Spektralbandbild „siriusopt.fit“. Helligkeit und Kontrast können mit **langsamem** Verschieben der Maus mit gedrückter linken Taste und horizontaler bzw. vertikaler Bewegung – innerhalb des Spektralbandes - optimiert werden. Die Werte werden oben links in der Statuszeile ausgewiesen. Diese Werte können auch direkt in den beiden Fenster verändert werden:

**Hinweis:** Dieses Optimieren des Spektralbandes kann auch mit IRIS (Schritt 19) vorgenommen werden.



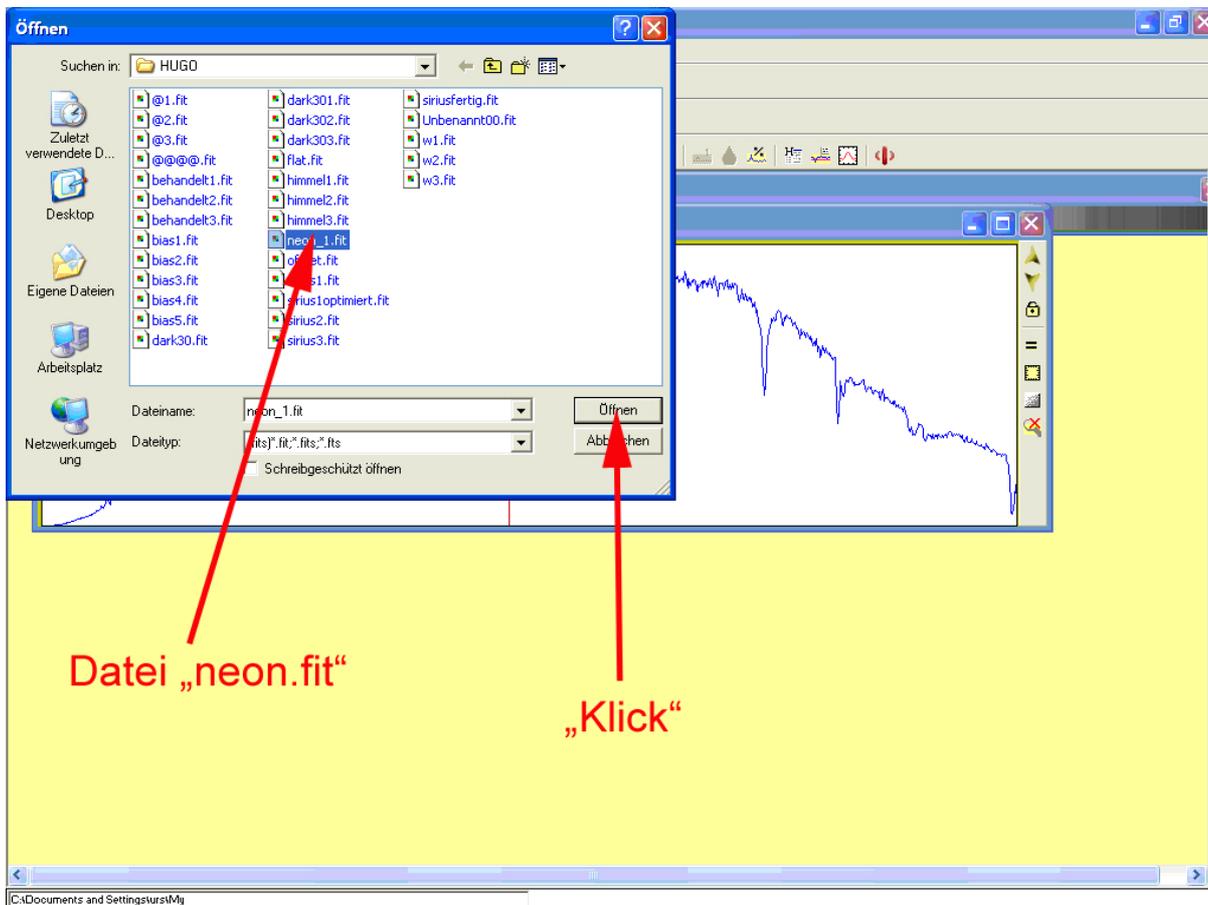
**Schritt 3: Reduktion (Binnen) des Spektralbandes:** Nun wird mit dem Button „Object binning“ das Spektralband auf ein Spektralprofil reduziert. Sicherheitshalber als „siriuslinie.spc“ speichern.

**Hinweis:** Falls das Spektralband infolge der Bildbearbeitung an den obigen und/oder unteren Rändern „ausgefranst“ ist, empfiehlt sich vor dem Binnen ein Vorgehen mit dem Markierbereich wie in Schritt 5 beschrieben.

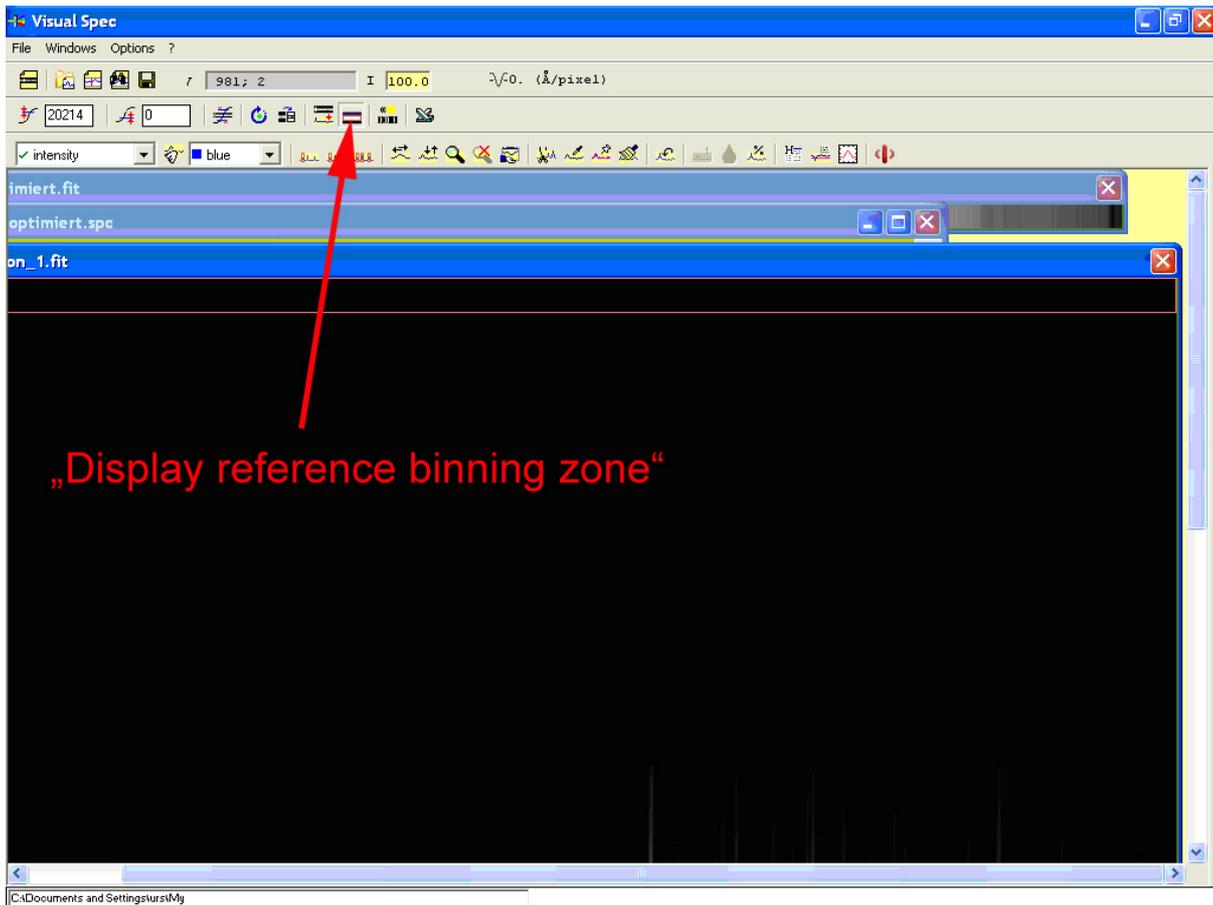


**Schritt 4; Kalibration:** Das Kalibrierspektrum (z.B. „neon.fit“) öffnen:

**Hinweis:** Die Schritte 4 bis 9 erklären das Vorgehen mittelst Kalibrierspektrum von einer Neon-Glimmlampe. Sind im Rohspektrum genügend Peaks bekannter Wellenlängen (z.B. Balmerlinien) vorhanden, können die Schritte 4 bis 8 übersprungen werden und direkt mit Schritt 9 fortgefahren werden. Die Beschreibungen gelten dann natürlich für das Roh- und nicht mehr für das Kalibrierspektrum.



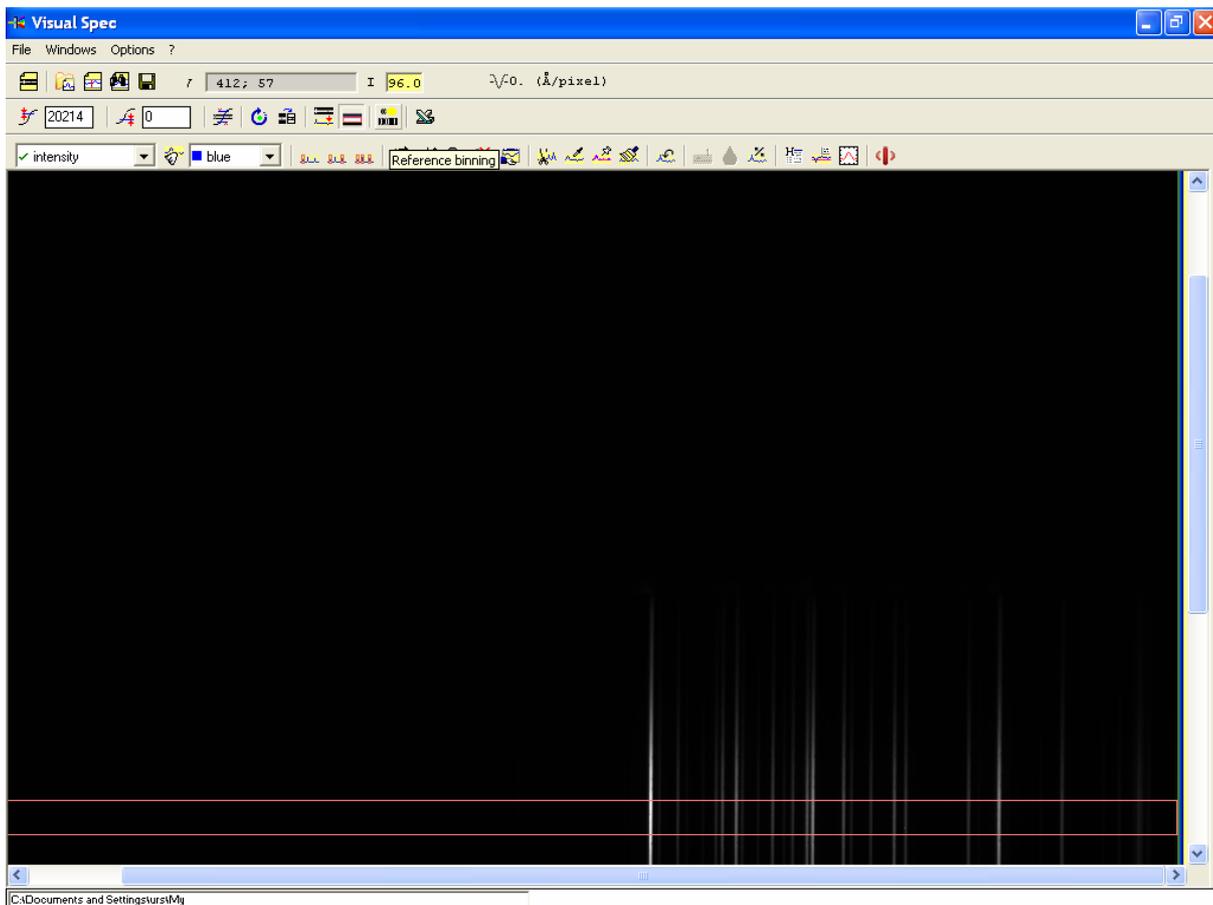
**Schritt 5:** Mit dem Button „Display reference binning zone“ den Markierbereich aktivieren:





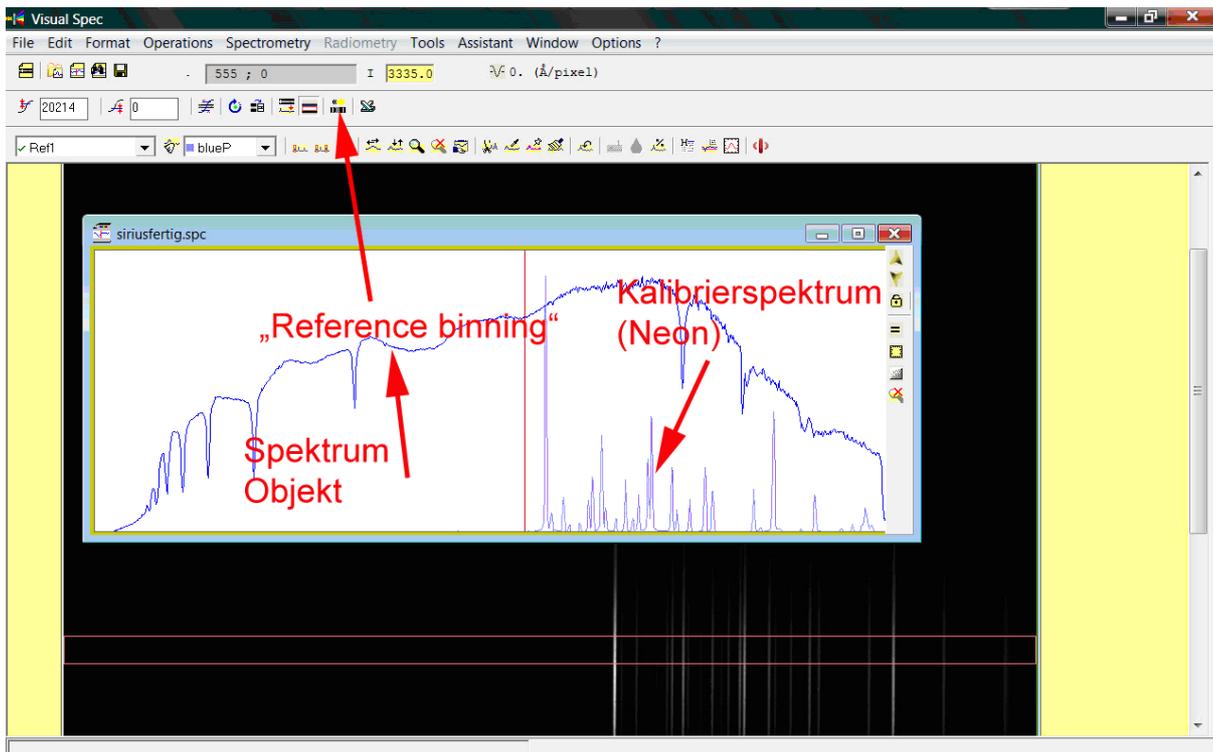
**Schritt 6:** Mit Mauszeiger in diesen rot umrandeten Markierbereich fahren, linke Maustaste gedrückt halten und über die Emissionslinien des Neonspektrums ziehen:

**Hinweis:** Mit dem Anklicken und Ziehen des oberen Randes kann - wenn notwendig - die Höhe des Markierbereichs angepasst werden,.



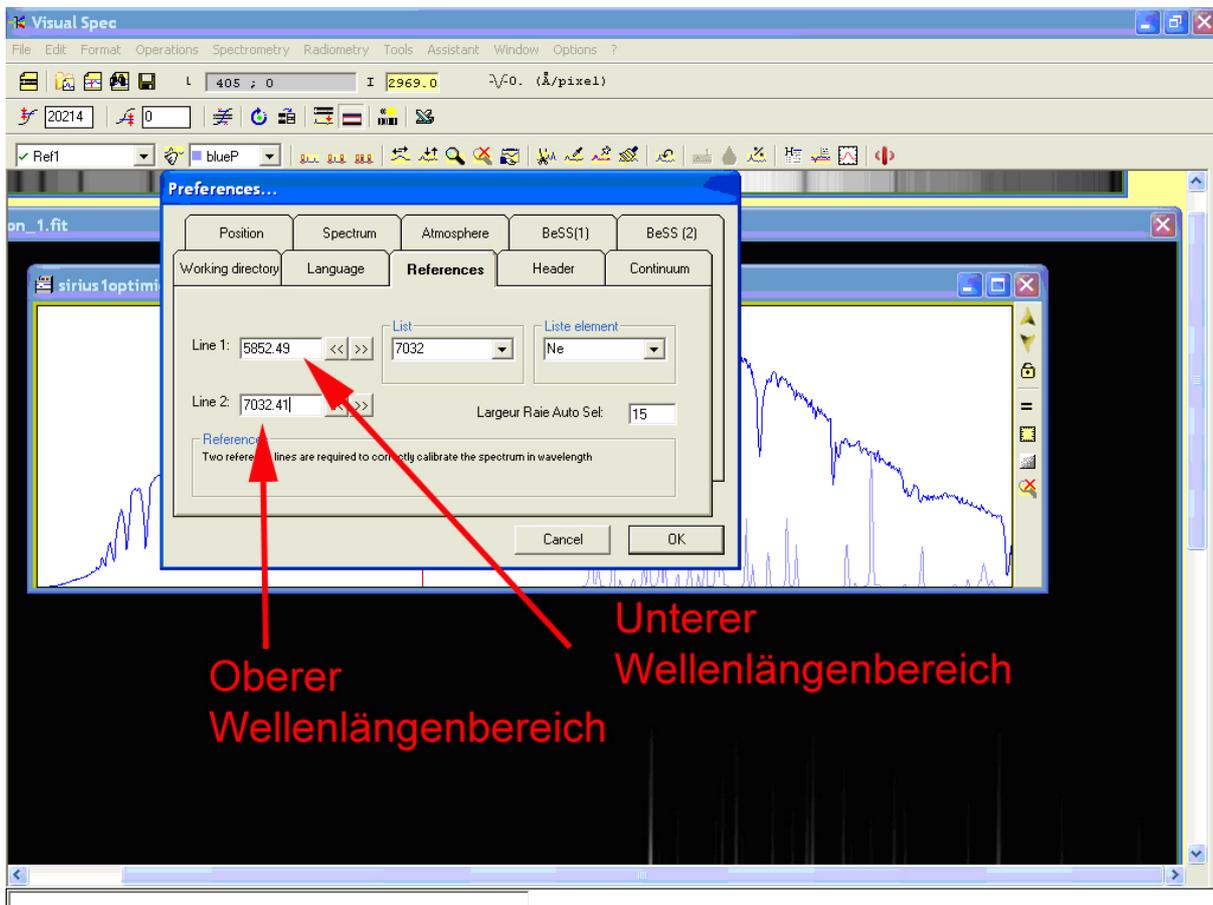
**Schritt 7:** Mit Anklicken des Buttons „Reference binning“ das Kalibrier- Spektralprofil in dasjenige des Objekts integrieren.

**Wichtig:** Objekt- und Kalibrationsspektrum müssen mit genau derselben Gitterstellung des Spektrografen aufgenommen worden sein



**Schritt 8** (Option): Falls das Kalibrierspektrum aus Schritt 6 öfter verwendet wird, ist es sinnvoll und hilfreich bei zwei bekannten Linien derer Wellenlängen im Register „References“ des Fensters „Preferences...“, das mit dem Befehl „Options/Preferences...“ geöffnet wird, fest einzugeben; ansonsten diesen Schritt überspringen und direkt von Schritt 7 zu Schritt 9.

**Referenzspektrum:** Siehe Anhang 1; Kalibrierlampe DADOS

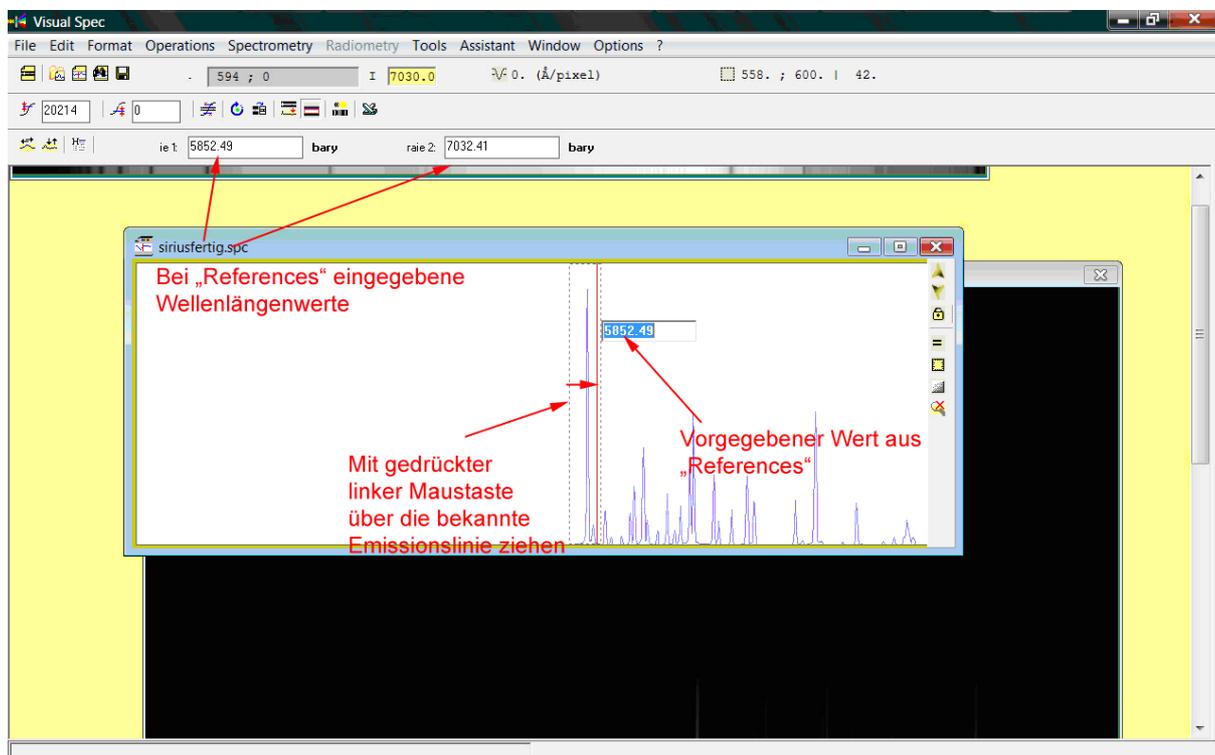


## Schritt 9: Kalibration von Spektralbänder, die mit linearen Gittern entstanden sind (2-Punkt- Kalibrierung)

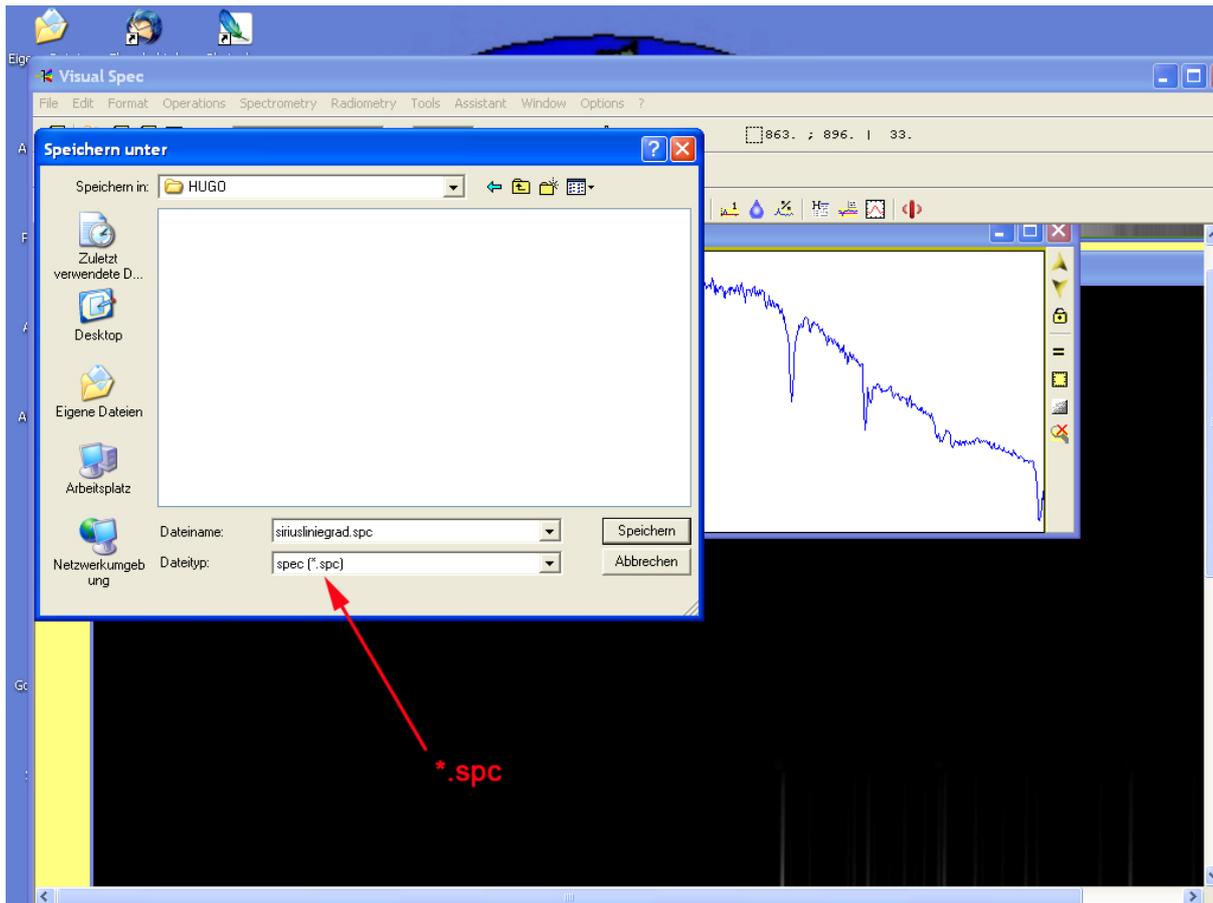
**Hinweis:** Ist die Spektralaufnahme mit Hilfe eines Prisma oder nichtlinearem Gitter (DADOS) erstellt worden muss gemäss Schritt 26 kalibriert werden

Mit dem Befehl „Spectrometry/Calibration 2 lines“ wird die Kalibration gestartet. Das Spektralprofil des Objektes verschwindet und es ist nur noch das Kalibrierspektralprofil sichtbar. Nun nahe des ersten der bekannten „Peaks“ (der kleineren Wellenlänge; also links liegenden) mit der linken Maustaste anklicken und diese gedrückt halten und über diese Linie fahren. Dabei spielt es keine Rolle, ob von links oder von rechts über die entsprechende Emissions- bzw. Absorptionslinie gefahren wird. Nach dem Loslassen der Maustaste erscheint nun der kleinere Wellenlängenwert, der im Register „References“ (Schritt 7) eingegeben worden ist. Wenn notwendig – z.B. bei Verwendung einer anderen Emissions- oder Absorptionslinie, mit anderem Wert als in Schritt 8 eingegeben – kann dieser Wert noch geändert werden. Nach dem Drücken von „Enter“ wird dieser Wert übernommen und nun kann mit der zweiten Wellenlänge gleich verfahren:

**Referenzspektrum:** Siehe Anhang 1; Kalibrierlampe DADOS

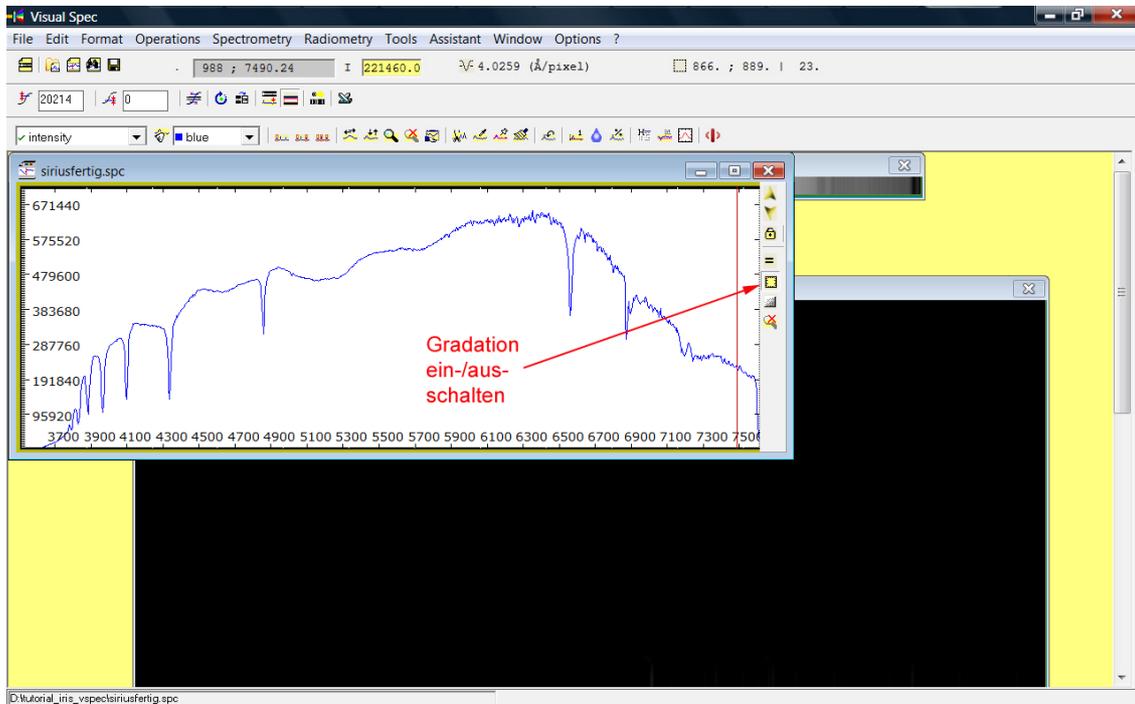


**Schritt 10:** Nach dem Drücken von „Enter“ in Schritt 9 erscheint wiederum das Spektrum des Objekts. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt es sich, diese Datei mit dem Befehl „File/save as..“ als \*.dat-, \*.spc- oder \*.fit- Datei mit aussagekräftigem Namen (z.b. „siriuskal.spc“) abzuspeichern:

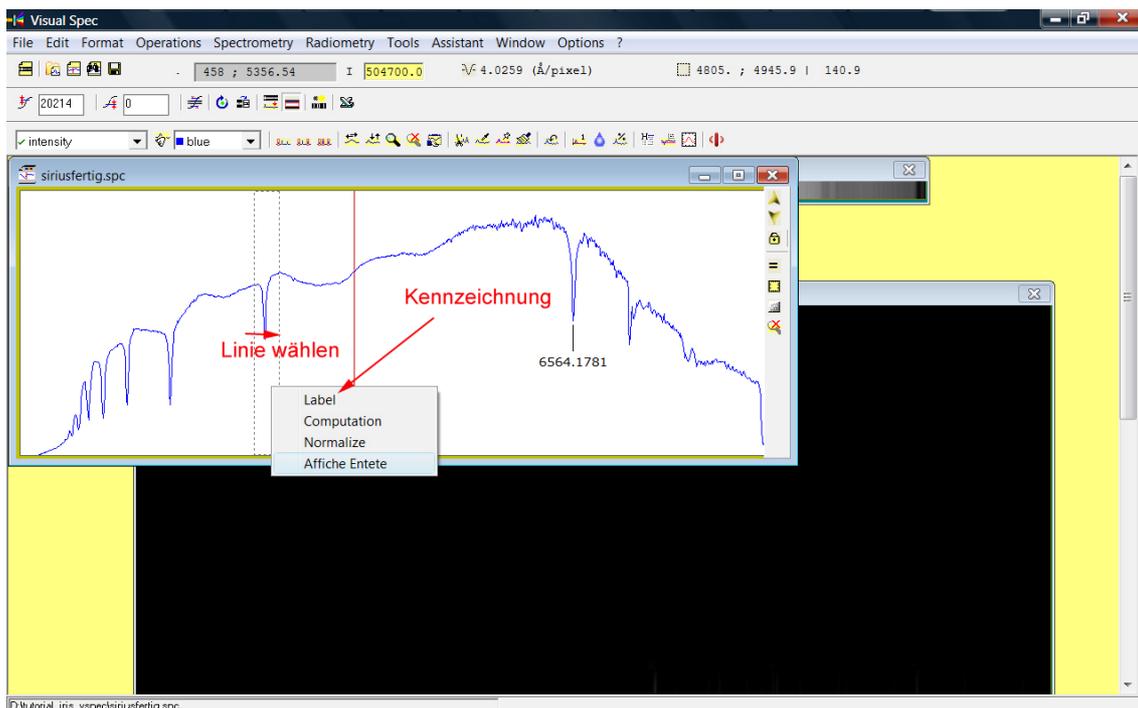


**Schritt 11; Gradation, Kennzeichnungen:** Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das vorhandene Spektrum noch mit Gradation oder speziellen Kennzeichnungen zu versehen.

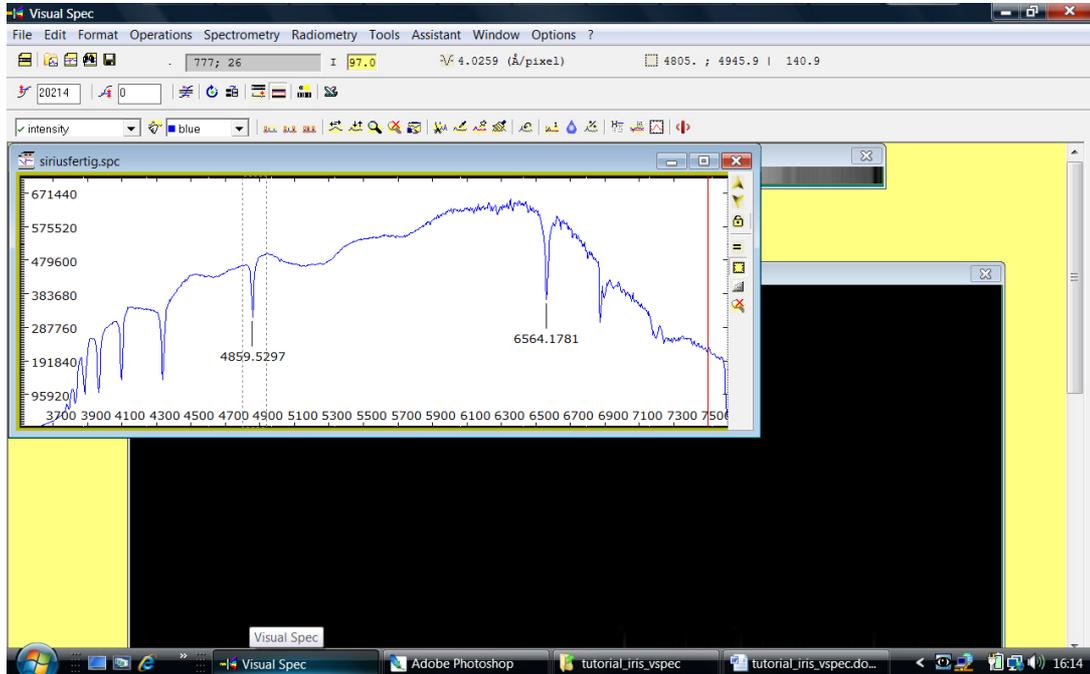
**Schritt 11a:** Mit einer Gradation:



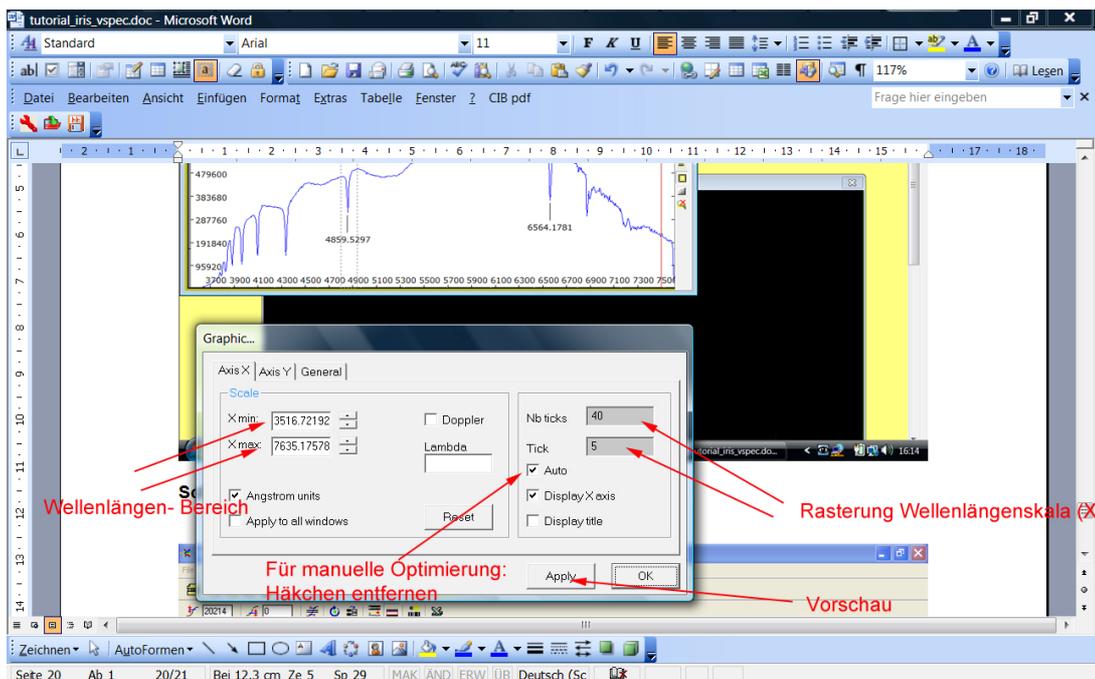
**Schritt 11b:** Kennzeichnung einzelner Wellenlängen. Dabei wird die gewünschte Emissions- oder Absorptionslinie mit gedrückter Maustaste analog Schritt 9 überstrichen. Anschliessend die rechte Maustaste drücken und im sich öffnenden Kontextfenster „Label“ anklicken. Dies kann bei mehreren Emissions- oder Absorptionslinien erfolgen:



**Hinweis 1:** Gradierung (Schritt 10a) und Kennzeichnung (Schritt 10b) können gemeinsam aufgerufen werden:



**Hinweis 2:** Mit dem Befehl „Format/Graphic...“ wird das Fenster „Graphic“ aufgerufen. In diesem kann die Gradierung angepasst werden. Unterer und Oberer Wellenlängenbereich, die Anzahl, bzw. Grösse der Einzelschritte in der X- Achse (Wellenlänge) können optimiert werden. Dazu darf im Kästchen „Auto“ kein Häkchen sein:



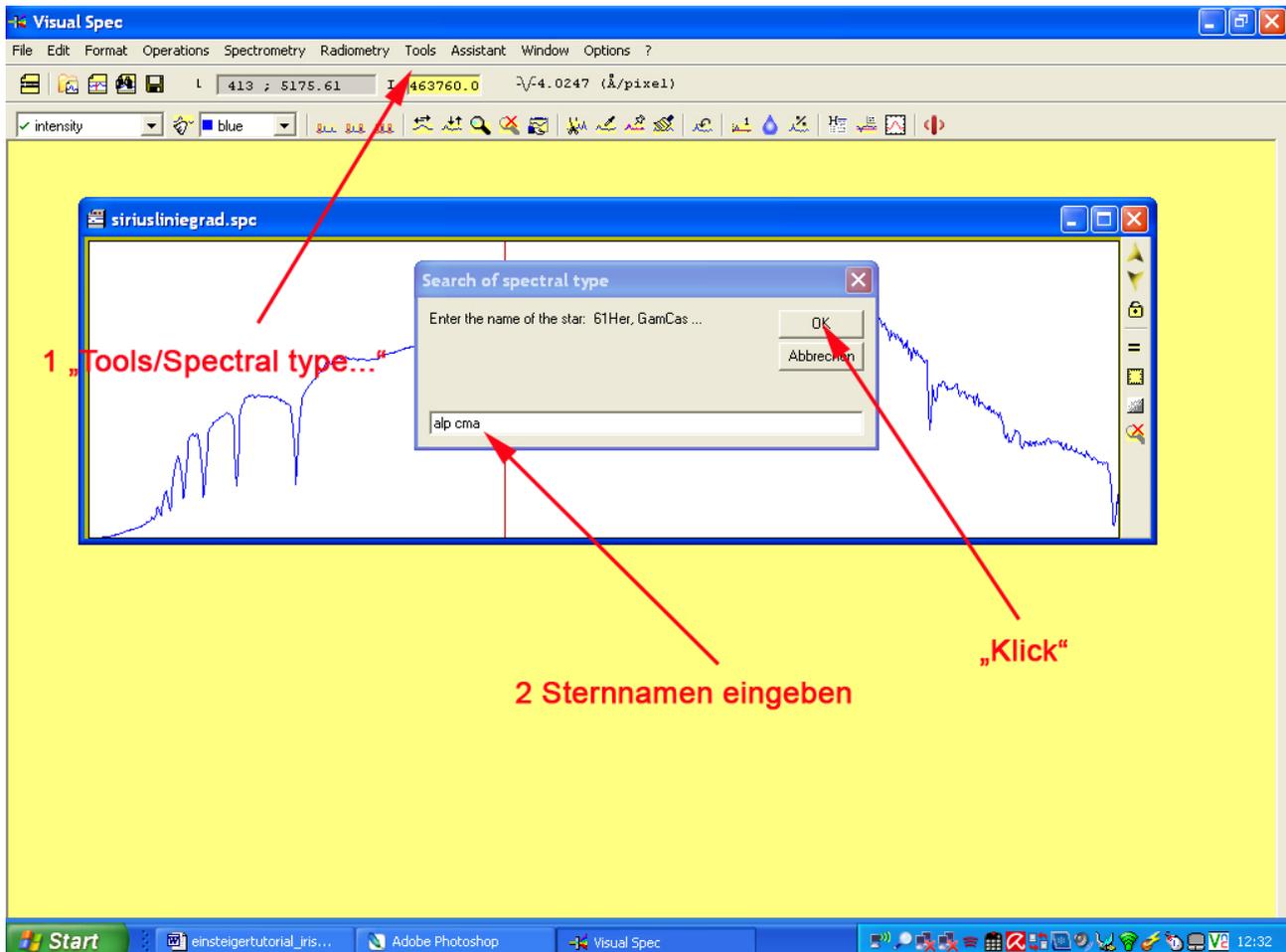
**Tipp:** Soll das Linienspektrum samt Gradierung und Kennzeichnung „1:1“ abgespeichert werden, geschieht dies am besten über eine bmp- Datei: „File/Export bmp“.

## Schritt 12; Korrektur der gerätespezifischen Einflüsse auf das kalibrierte Spektralprofil. (Relative Radiometrische Profilkorrektur):

Zuerst das kalibrierte Spektralprofil (Rohspektrum; hier: „siriuskal.fit“) öffnen und die Spektralklasse des Sterns (Sirius, Alp Can Maj) mit dem Befehl „Tools/Spectral type...“ bestimmen.

**Wichtig:** Das Rohspektrum muss kalibriert sein. Ansonsten ist der Zuzug eines Vergleichsspektrums natürlich nicht möglich

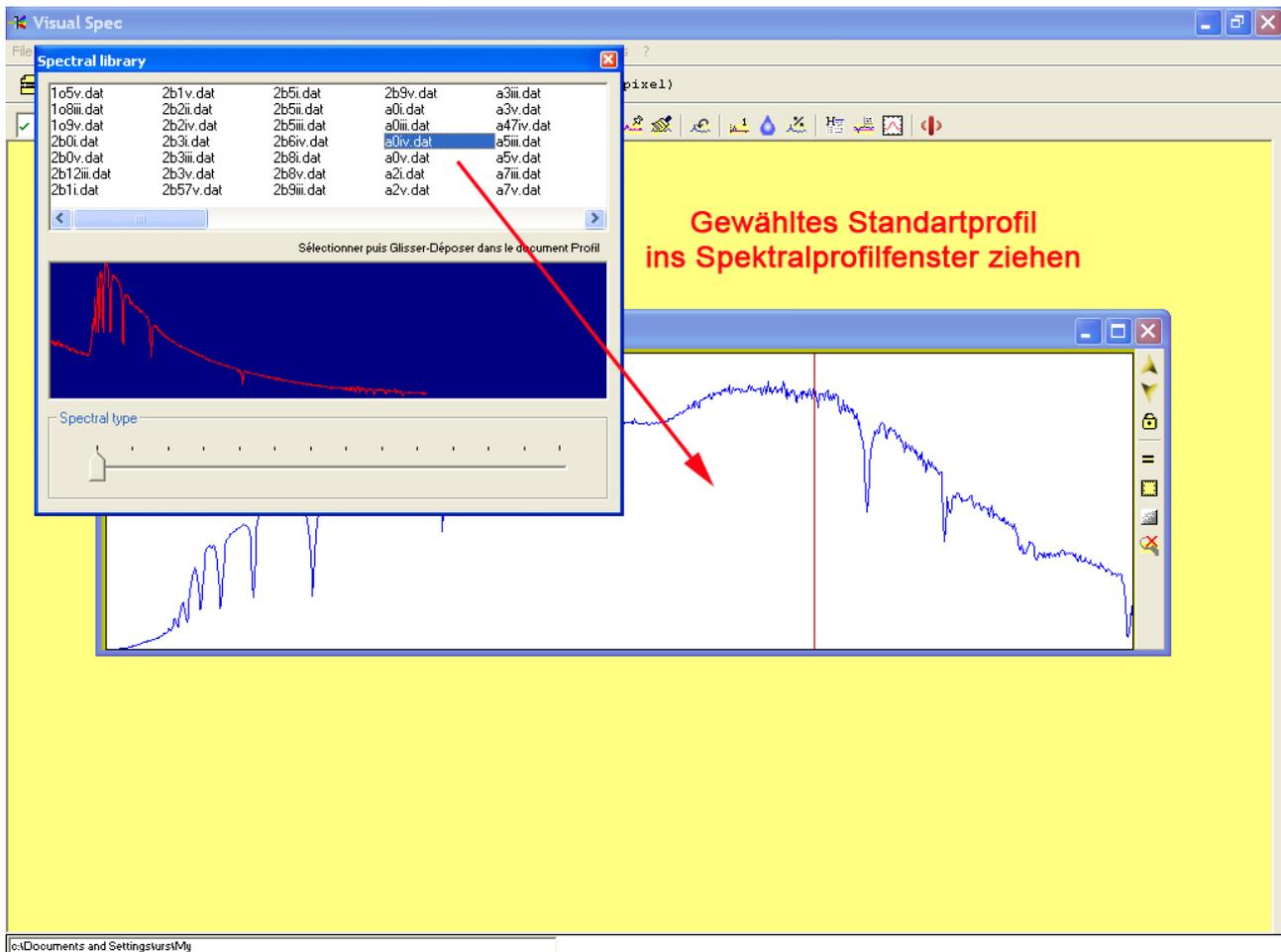
**Anmerkung:** Dazu wird das Programm MS Office EXCEL benötigt; dort muss zuerst das Aktivieren von Makros unter „Extras/Makros/Sicherheit...“ mit „mittel“ oder „niedrig“ erlaubt werden.



The screenshot shows the Visual Spec software interface. The main window displays a spectral plot with a blue line representing the spectrum. A dialog box titled "Search of spectral type" is open, prompting the user to "Enter the name of the star: 61Her, GamCas ...". The text "alp cma" is entered in the input field. The dialog box has "OK" and "Abbrechen" buttons. Red arrows and text annotations are overlaid on the image:

- A red arrow points from the text "1 „Tools/Spectral type...“" to the "Tools" menu in the software's menu bar.
- A red arrow points from the text "2 Sternnamen eingeben" to the input field containing "alp cma".
- A red arrow points from the text "„Klick“" to the "OK" button in the dialog box.

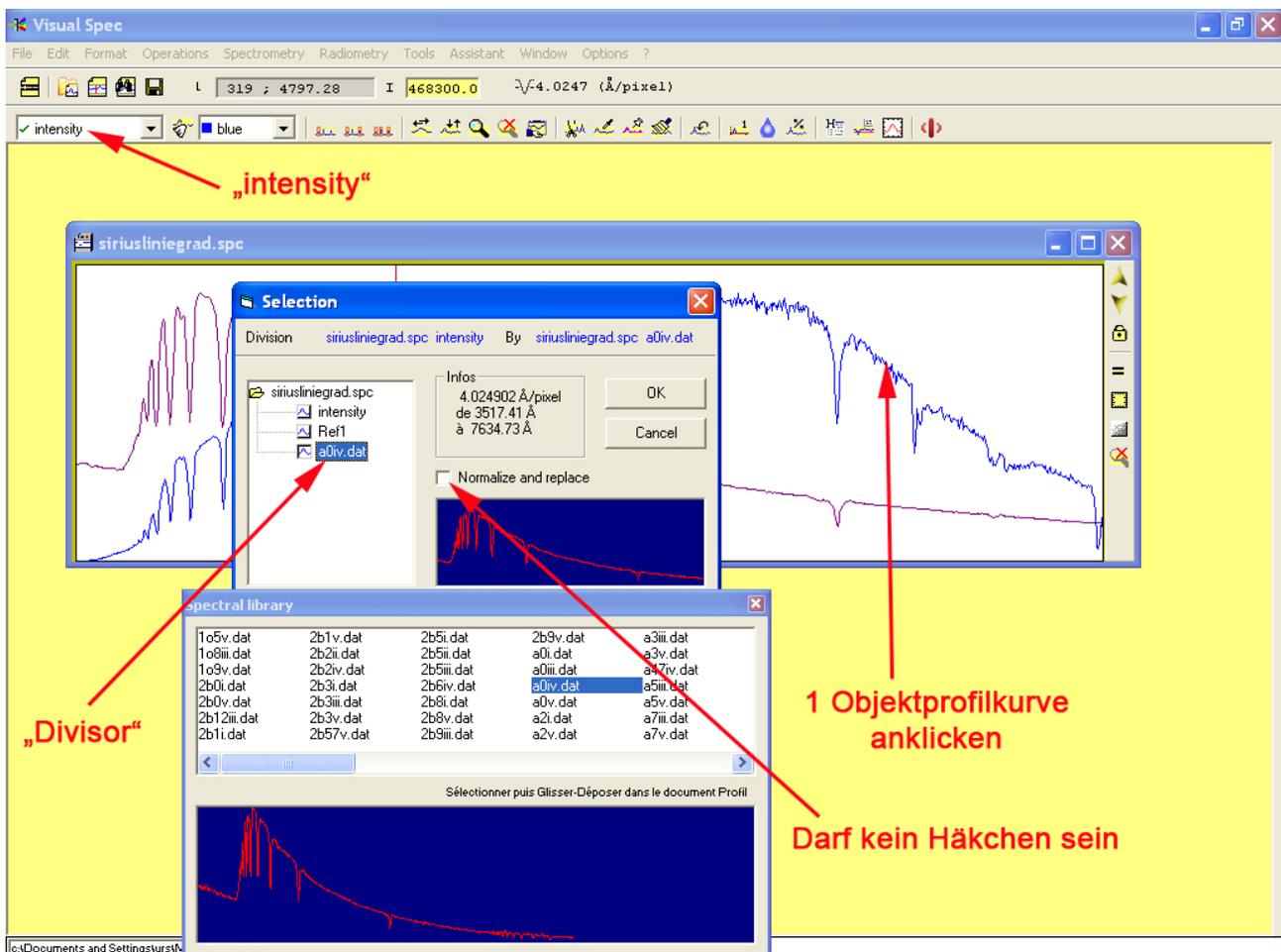
**Schritt 13:** Mit dem Befehl „Tools/Library...“ geeignetes Standardprofil für (hier) Sirius anwählen (z.B. a0iv.dat) und mit gedrückter, linker Maustaste ins Fenster des Spektralprofils ziehen:



The screenshot shows the Visual Spec software interface. A 'Spectral library' window is open, displaying a grid of files. The file 'a0iv.dat' is selected. A red arrow points from this file to the main spectral profile window. The main window displays a spectral profile with a blue line and a vertical red line. A yellow background with red text reads 'Gewähltes Standardprofil ins Spektralprofilfenster ziehen'. The status bar at the bottom shows 'c:\Documents and Settings\sturm\My'.

File	File	File	File	File
1o5v.dat	2b1v.dat	2b5i.dat	2b9v.dat	a3iii.dat
1o8iii.dat	2b2ii.dat	2b5ii.dat	a0i.dat	a3v.dat
1o9v.dat	2b2iv.dat	2b5im.dat	a0iii.dat	a47iv.dat
2b0i.dat	2b3i.dat	2b5iv.dat	a0iv.dat	a5im.dat
2b0v.dat	2b3ii.dat	2b6i.dat	a2i.dat	a5v.dat
2b12iii.dat	2b3v.dat	2b6iv.dat	a2v.dat	a7iii.dat
2b1i.dat	2b57v.dat	2b9iii.dat		a7v.dat

**Schritt 14:** Nun wird das Spektralprofil des Sterns mit dem ausgewählten Standardprofil dividiert. Zuerst das Sternspektrumprofil anklicken (oben links im Kästchen steht nun „intensity“). Alternativ kann das Kontextmenü dieses Kästchen geöffnet und „intensity“ ausgewählt werden. Anschliessend wird der Befehl „Operations/Divide profile by a profile...“ ausgeführt und im sich öffnenden Fenster wird das ausgewählte Standardprofil angeklickt (a0iv.dat). Im Kästchen „Normalize and replace“ darf kein Häkchen stehen. Ansonsten in dieses Kästchen klicken und zuletzt „OK“ anklicken. Es entsteht im Fenster neben Stern- (intensity) und Standardprofil (a0iv.dat) die neue Kurve „Division“. Diese Kurven können auch alle im Kontextmenü oben links im Befehlsbalken aufgerufen werden



**„intensity“**

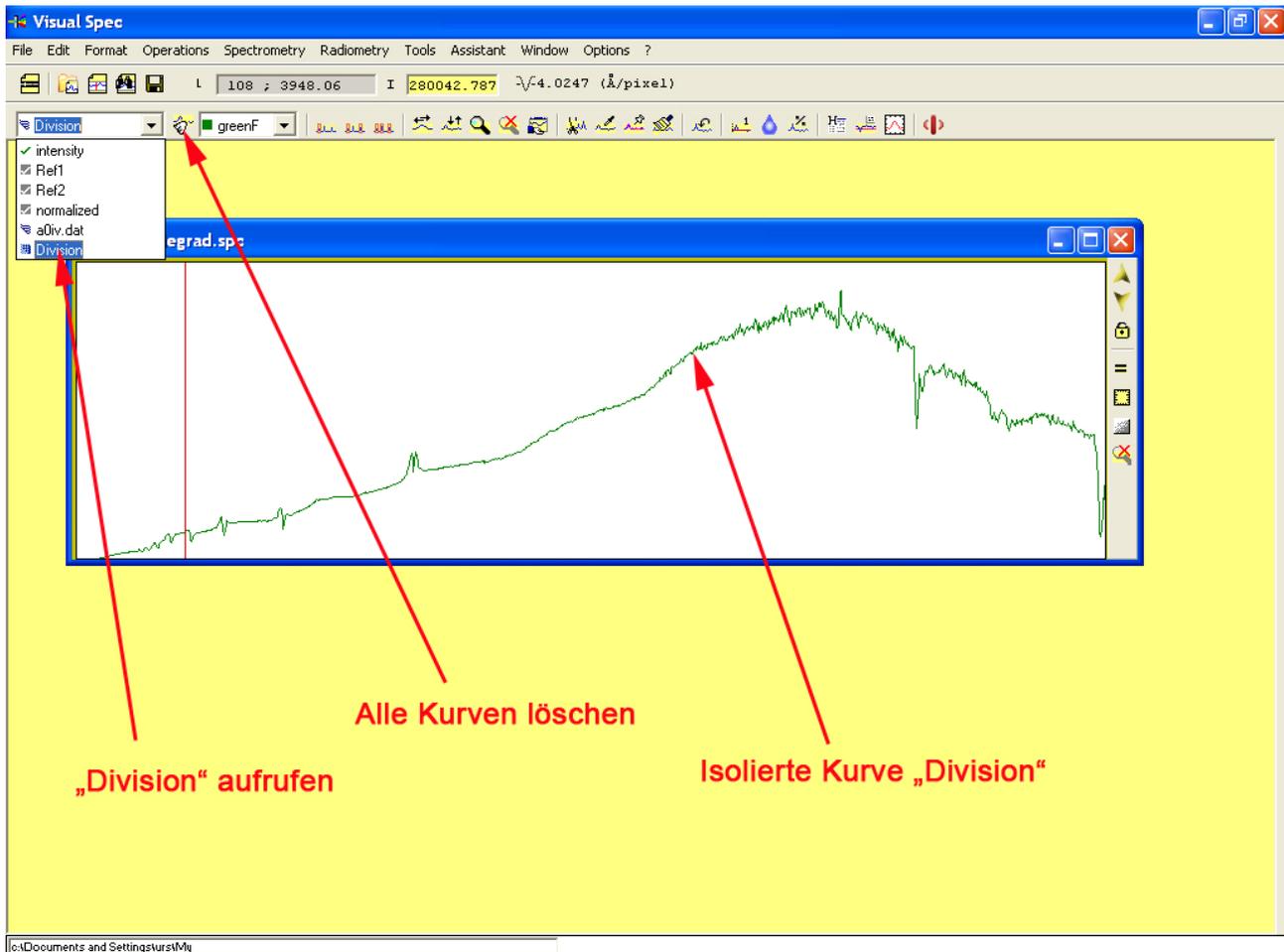
**„Divisor“**

**1 Objektprofilkurve anklicken**

**Darf kein Häkchen sein**

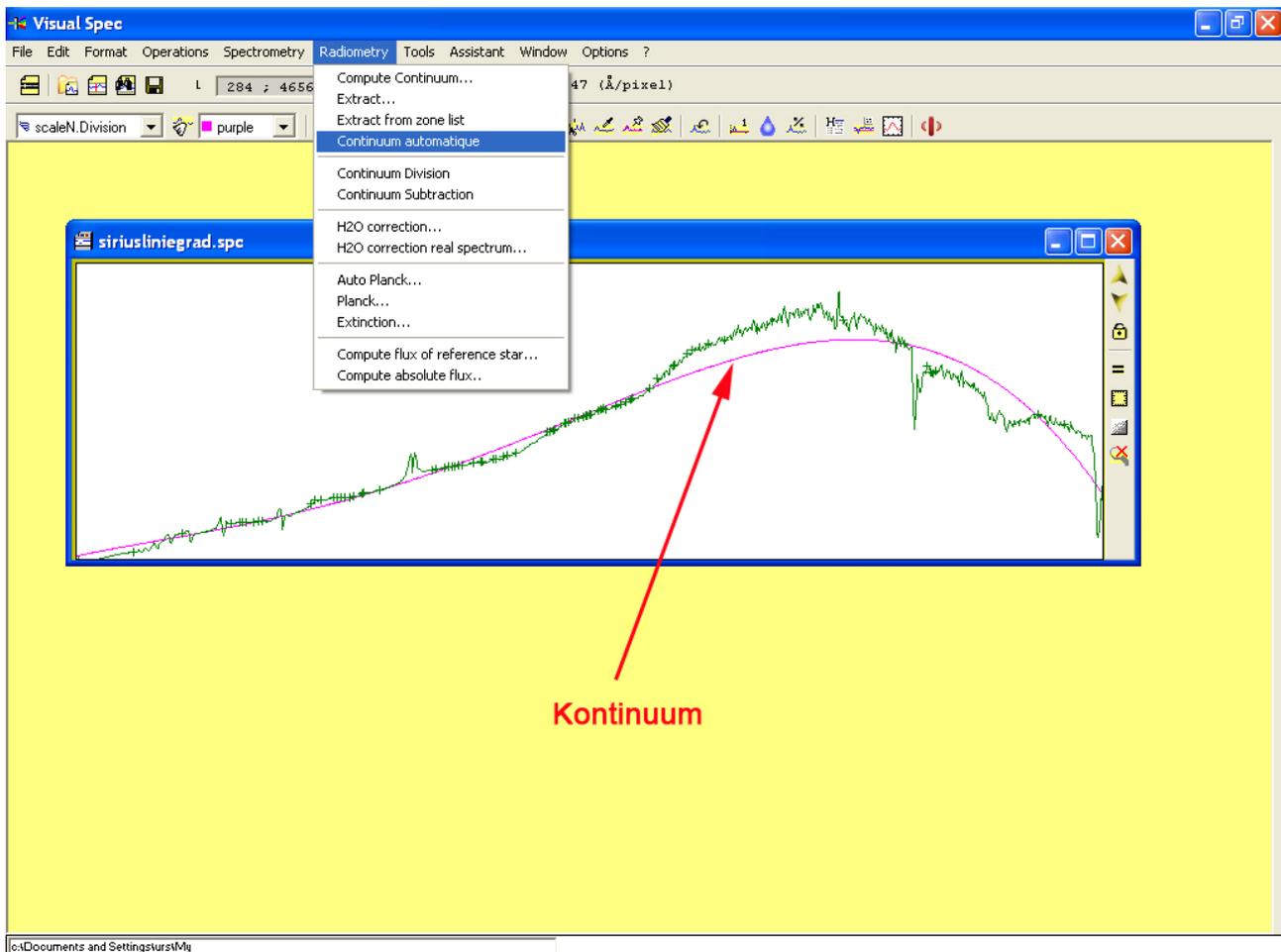
1a5v.dat	2b1v.dat	2b5i.dat	2b9v.dat	a3iii.dat
1a8iii.dat	2b2i.dat	2b5ii.dat	a0i.dat	a3v.dat
1a9v.dat	2b2iv.dat	2b5iii.dat	a0ii.dat	a47iv.dat
2b0i.dat	2b3i.dat	2b6iv.dat	a0iv.dat	a5iii.dat
2b0v.dat	2b3ii.dat	2b8i.dat	a0v.dat	a5v.dat
2b12ii.dat	2b3v.dat	2b8v.dat	a2i.dat	a7iii.dat
2b1i.dat	2b57v.dat	2b9iii.dat	a2v.dat	a7v.dat

**Schritt 15:** Nun wird die neue Profilkurve isoliert. Zuerst mit dem Button „Erase graphic“ alle drei Kurven im Fenster löschen. Anschliessend im Kontextmenue oben links im Befehlsbalken „Division“ auswählen und das Profil „Division“ erscheint im Fenster.



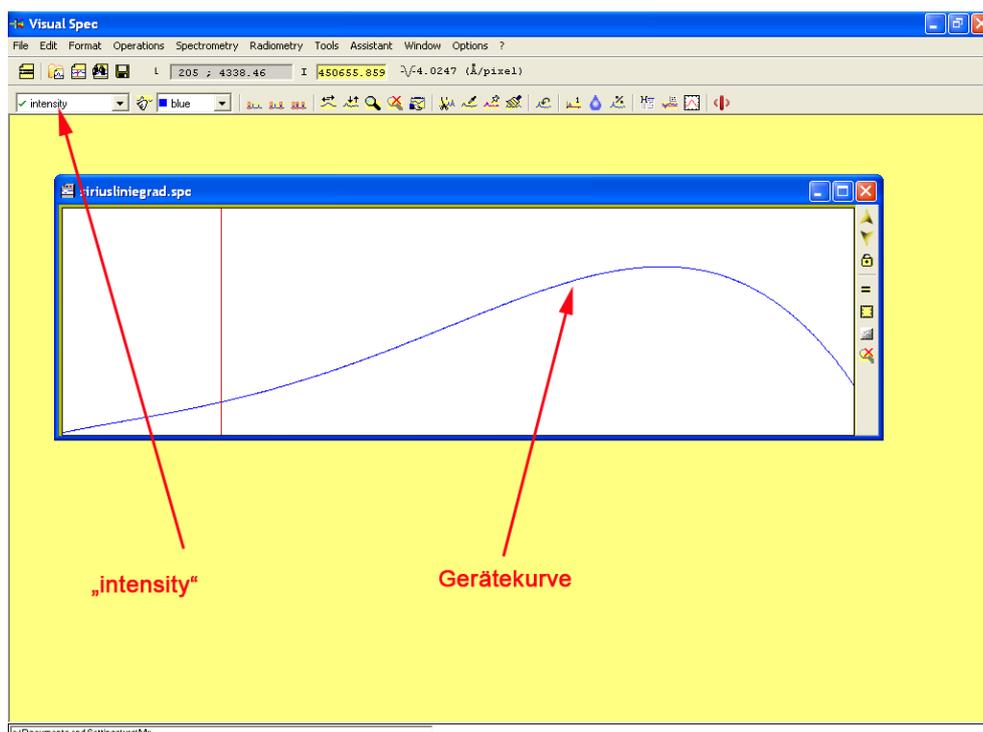
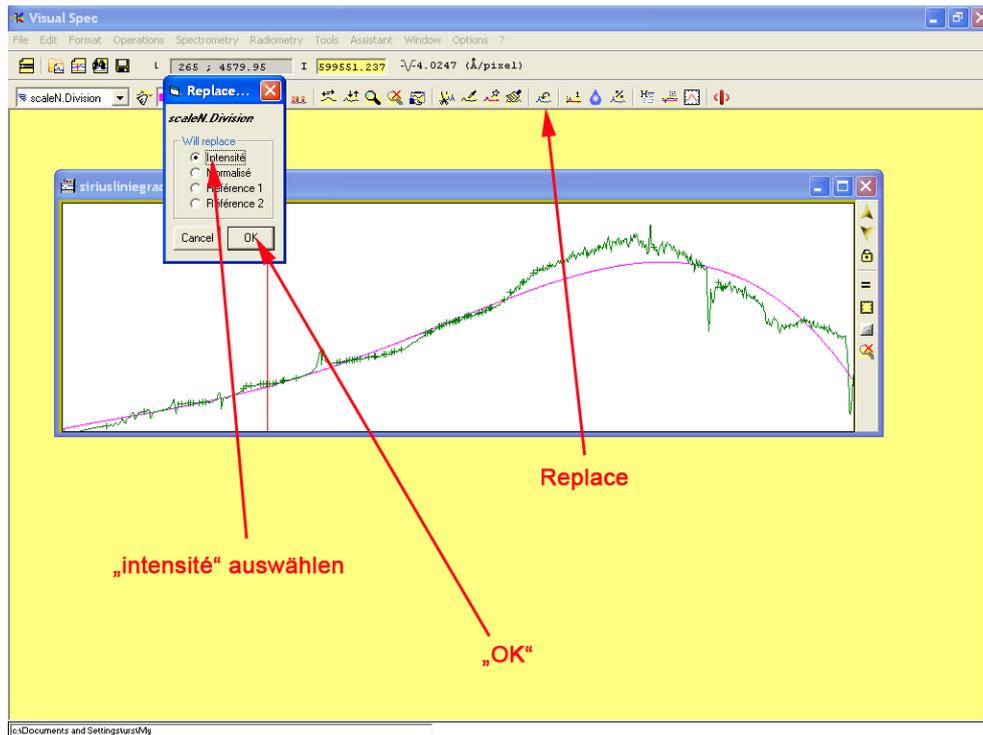
**Schritt 16:** Jetzt wird die im Schritt 15 isolierte „Divisions“- Kurve zum Kontinuum geglättet. Dazu wird der Befehl „Radiometry/Continuum automatique“ eingesetzt und es entsteht die geglättete Kurve „scaleN.Division“:

**Hinweis:** Sollte infolge zu „lebendiger“ Kurve das Kontinuum befriedigend ausfallen, ist es empfehlenswert nach der „manuellen“ Methode ab Schritt 19 vorzugehen.



**Schritt 17:** Für eine spätere Verwendung bei weiteren Spektren (mit gleichen Bedingungen; Teleskop, Kamera, Gitterstellung etc.) kann diese Kurve abgespeichert werden. Wenn nicht gewünscht, dann weiter mit Schritt 18.

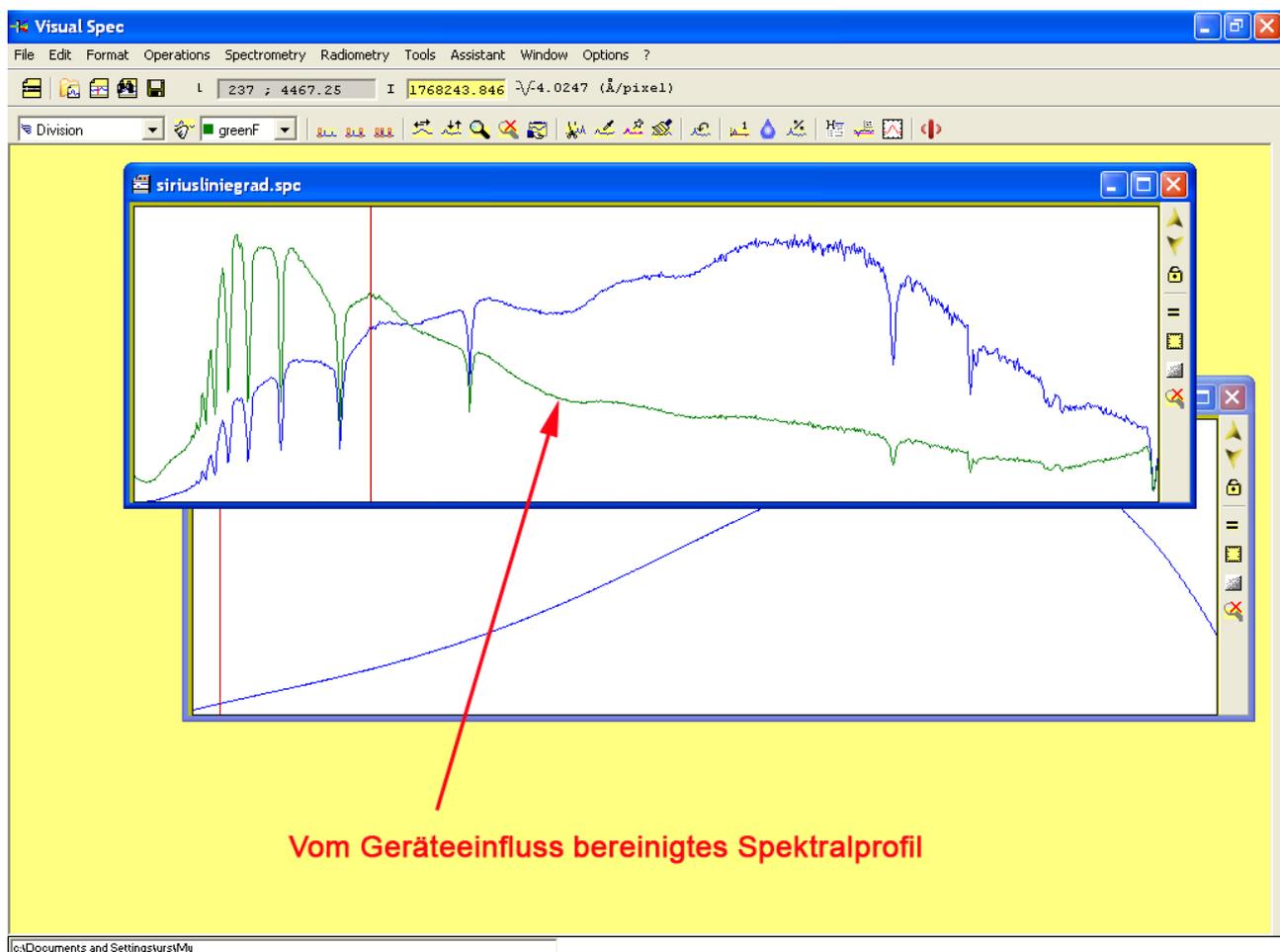
Zuerst mit dem Button „Replace“ das Auswahlménü öffnen, dann „intensité“ ausgewählt und nach dem Klick auf „OK“ wird das Kontinuum zu „intensity“. Jetzt wird die Kurve „intensity“ analog Schritt 15 isoliert und anschliessend unter aussagekräftigem Namen („gerätekurve.spc“) abgespeichert:



**Schritt 18:** Jetzt wird das kalibrierte Spektrum durch die Gerätekurve dividiert. Damit werden die verfälschenden Einflüsse vom Teleskop bis und mit Kamera zu einem grossen Teil korrigiert.

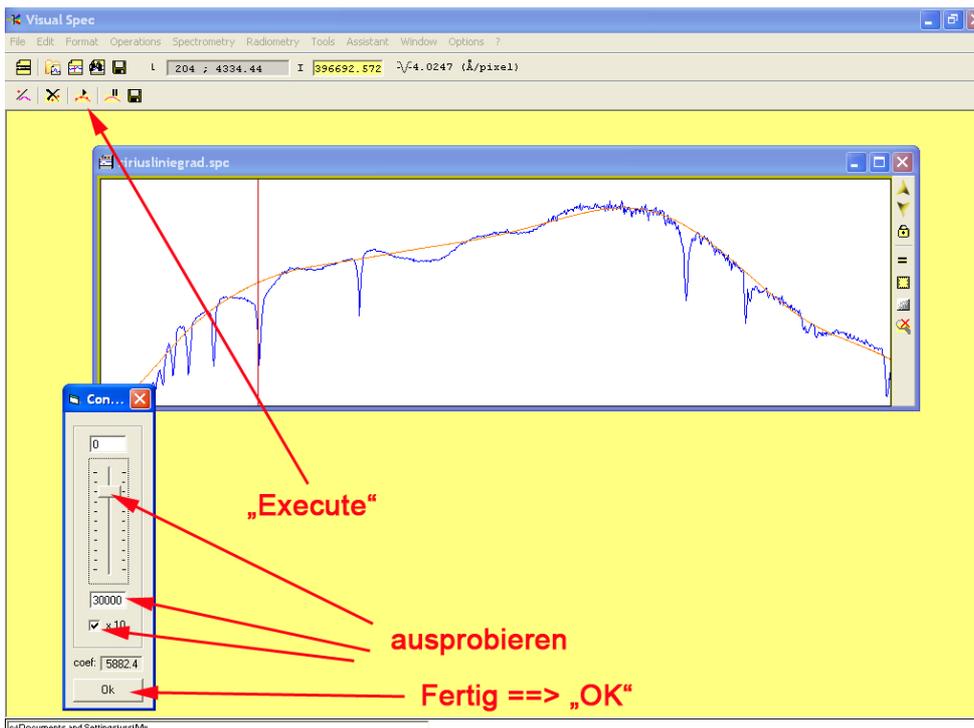
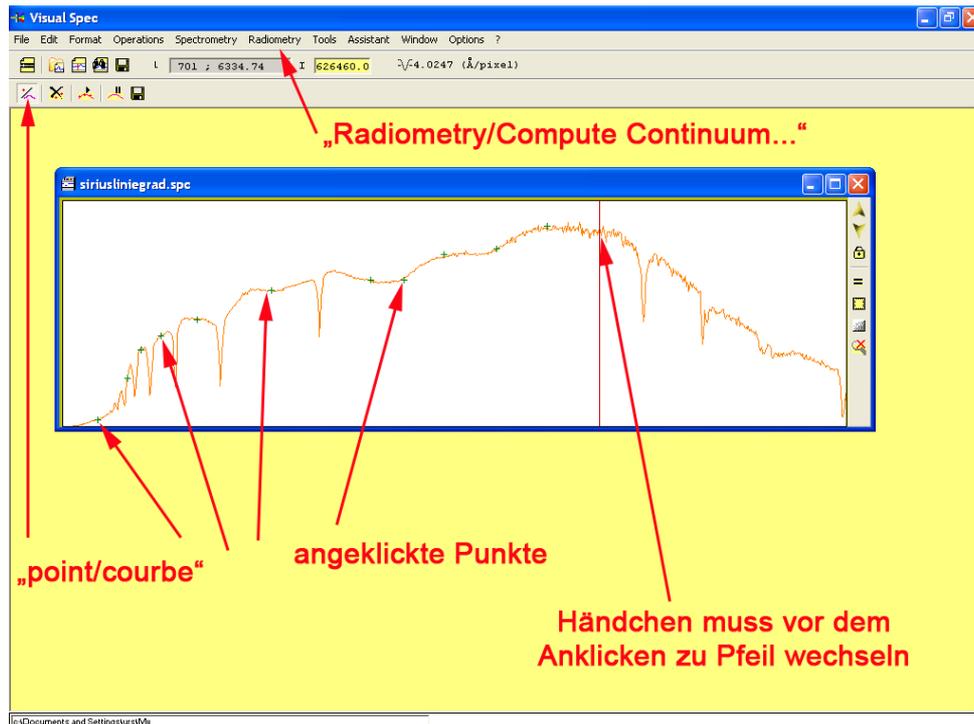
**a;** Von Schritt 16 kommend: Analog Schritt 15 alle Kurven im Fenster mit dem Button „Erase graphic“ löschen und im Kontextmenü oben links „intensity“ öffnen. Anschliessend mit dem Befehl „operations/Divide profile by a profile...“ wie bei Schritt 14 durch „scaleN.Division“ dividieren. Nun diese neue Kurve „Division“ wie in Schritt 15 beschrieben isolieren, anschliessend auf „intensity“ (siehe Schritt 17) umbenennen und unter aussagekräftigem Namen („siriusrad.spc“) speichern.

**b:** Von Schritt 17 kommend: Das kalibrierte Rohprofil „siriuskal.spc“ und die Gerätekurve „gerätekurve.spc“ öffnen. Beide Profile lauten momentan auf „intensity“. Die Gerätekurve muss analog Schritt 17 mit „Replace“ umbenannt werden. Hier wird „Ref1“ gewählt. Nun wird das Fenster des Rohspektrums („siriuslinegrad.spc“ angeklickt und analog Schritt 14 mit dem Befehl „Operations/divide profile by a profile“ verfahren, indem „siriuskal.spc“ mit „Ref1“ dividiert wird. Das vom Geräteeinfluss korrigierte Siriusprofil erscheint nun unter dem Namen „Division“ im Profilenster. Nach der Isolation gemäss Schritt 15 und einem Umbenennen analog Schritt 17 zu intensity, kann dieses normierte Profil unter aussagekräftigem Namen gespeichert werden. Hier „siriusrad.spc“:

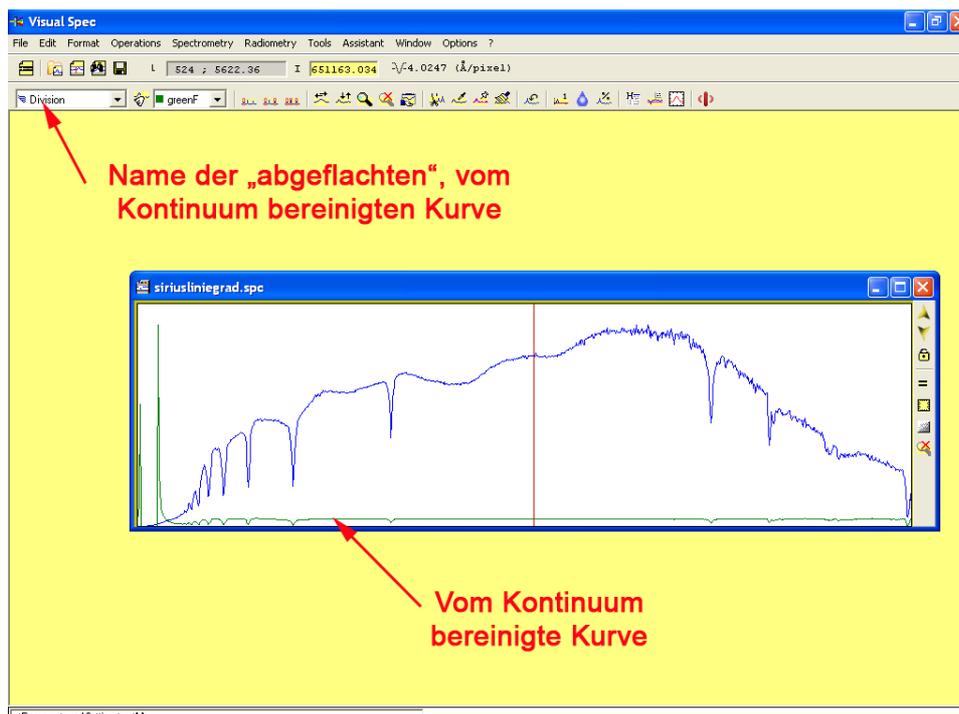
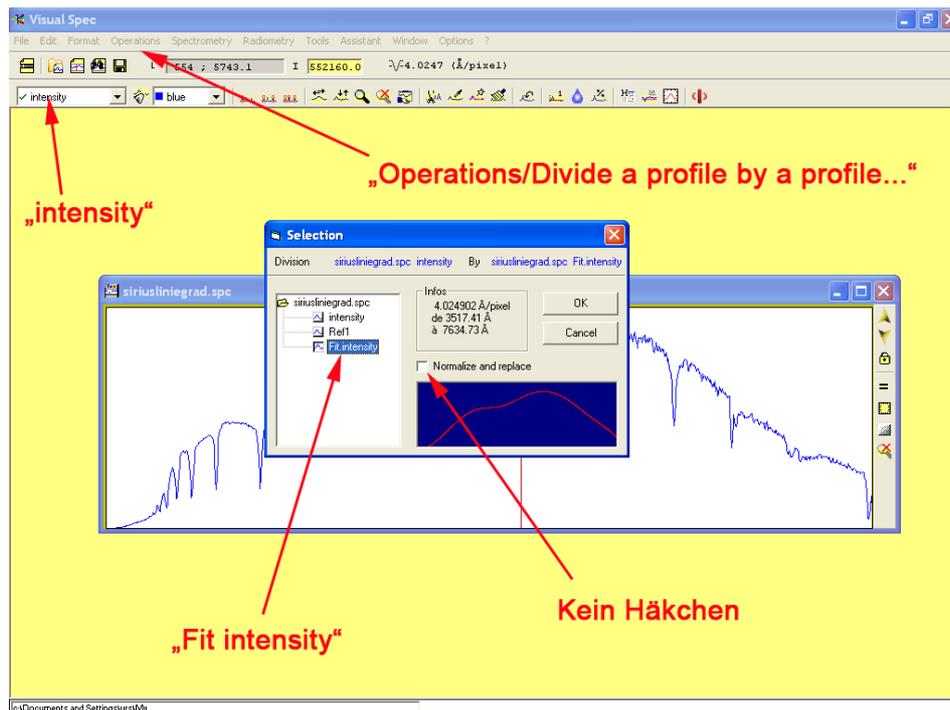


### Schritt 19; Kontinuum aus Spektralprofil entfernen (Flachdarstellung):

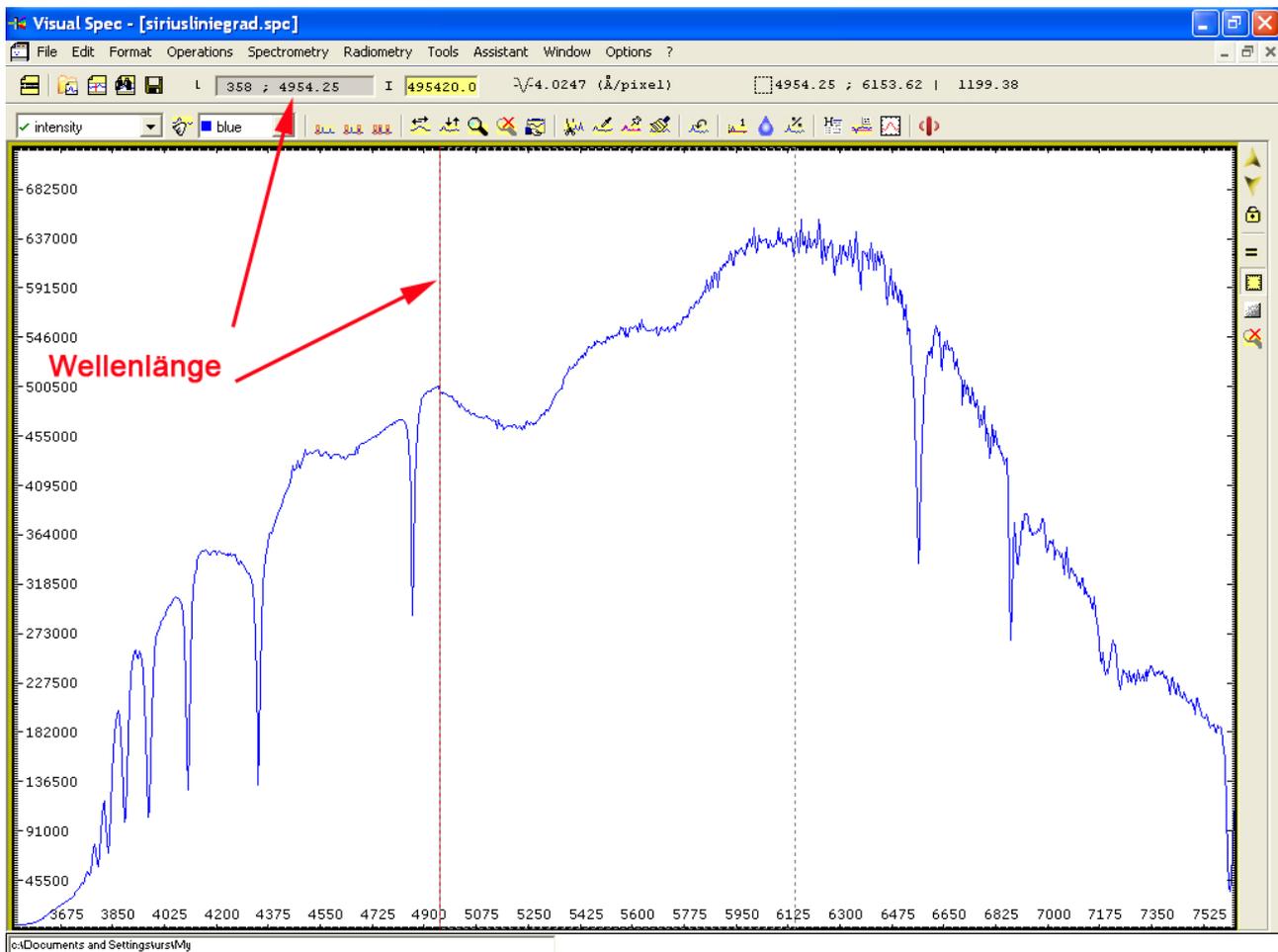
Das **kalibrierte** Spektralprofil „siriuskal.spc“ öffnen. Den Befehl „Radiometry/Compute Continuum...“ aufrufen. Es erscheint eine neue Toolbar. Dort den Softkey „point/courbe“ anklicken und einzelne Punkte **zwischen** den Emissions- und Absorptionslinien anklicken. Danach den Softkey „Execute“ anklicken. Mit dem erscheinenden Popupregler kann die Kurve falls notwendig näher anzugleichen versucht werden (Grosse Zahl, Häkchen bei „x10“).



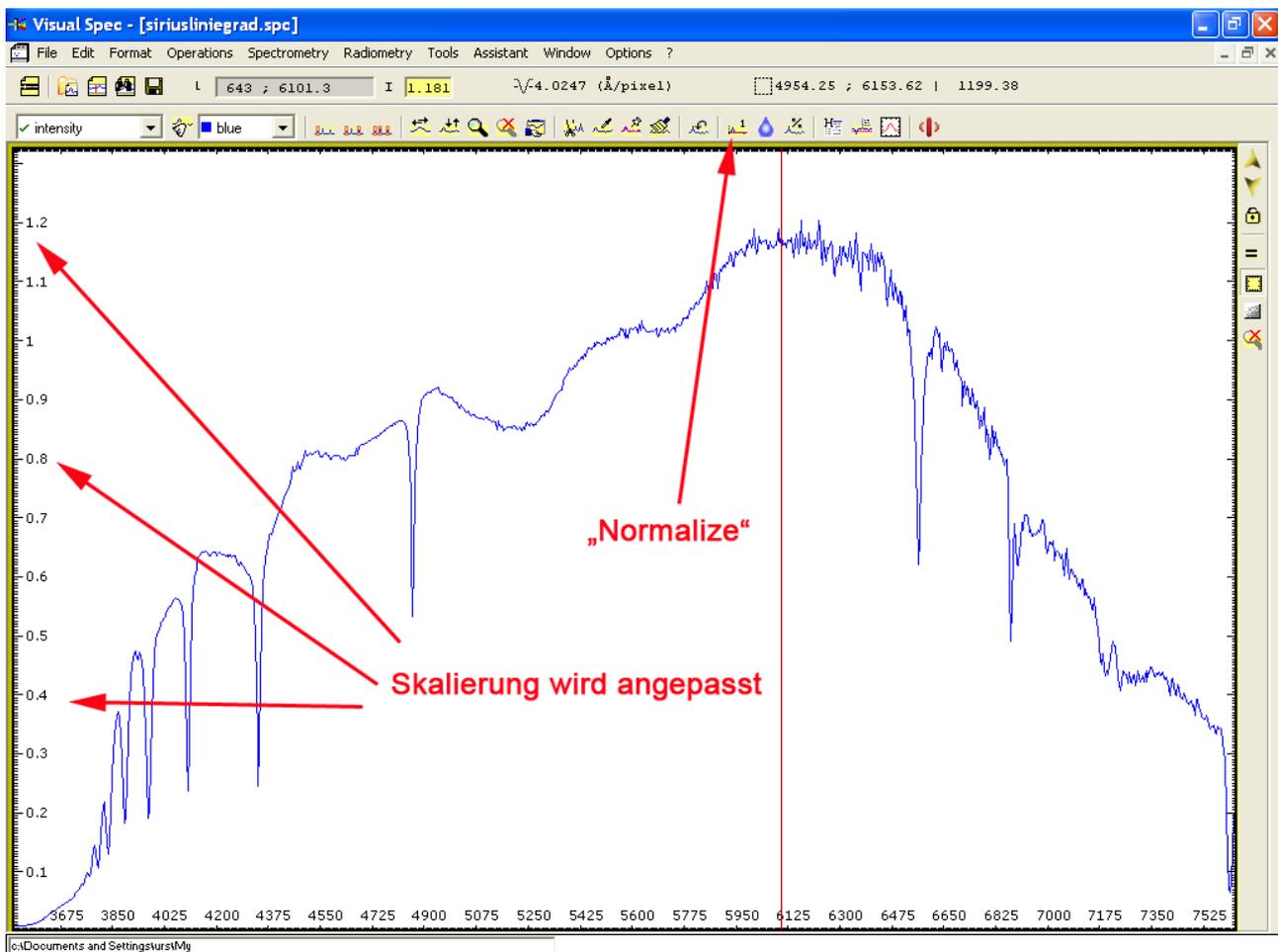
**Schritt 20:** Wie bereits bei Schritt 18 beschrieben wird nun das Rohspektralprofil durch den Kontinuumsverlauf dividiert. Dazu werden zuerst analog Schritt 15 mit dem Button „erase graphic“ alle Linien im Fenster gelöscht und dann die Kurve mit Auswahl von „intensity“ im oberen linken Fenster im Befehlsbalken geöffnet. Anschliessend - wie bereits in Schritt 18 beschrieben - mit dem Befehl „Operations/Divide profile by a profile...“ die „intensity“- Kurve mit der Kurve (Kontinuum) „Fit intensity“ dividieren. Es entsteht die flache, vom Kontinuumsverlauf bereinigte, neue Kurve „Division“. Freistellen und Abspeichern wie in den Schritten 15 und 17 beschrieben.



**Schritt 21; Normieren:** Damit Spektren untereinander verglichen werden können, z.B. für das Erkennen objektiver Veränderungen oder für einen Vergleich von Äquivalenzbreiten von Absorptions- und Emissionslinien müssen die Spektren entsprechend normiert werden. Im kalibrierten Profil einen grösseren Bereich mit gedrückter, linker Maustaste auswählen. Dieser sollte möglichst dem Kontinuum folgen und möglichst keine Linien aufweisen. Im Befehlsbalken kann die Wellenlänge abgelesen werden, wo sich die senkrechte, rote Linie gerade befindet.



**Schritt 22:** Unter dem Befehl „Options/Preferences/Continuum“ die Wellenlängen des gewählten Abschnittes eingeben und anschliessend den Button „Normalize“ anklicken. Die Kurve ändert sich dabei nicht; es wird aber die Skalierung der Y- Achse angepasst. Anschliessend das normierte Profil unter aussagekräftigem Namen speichern („siriusnorm1.spc“)



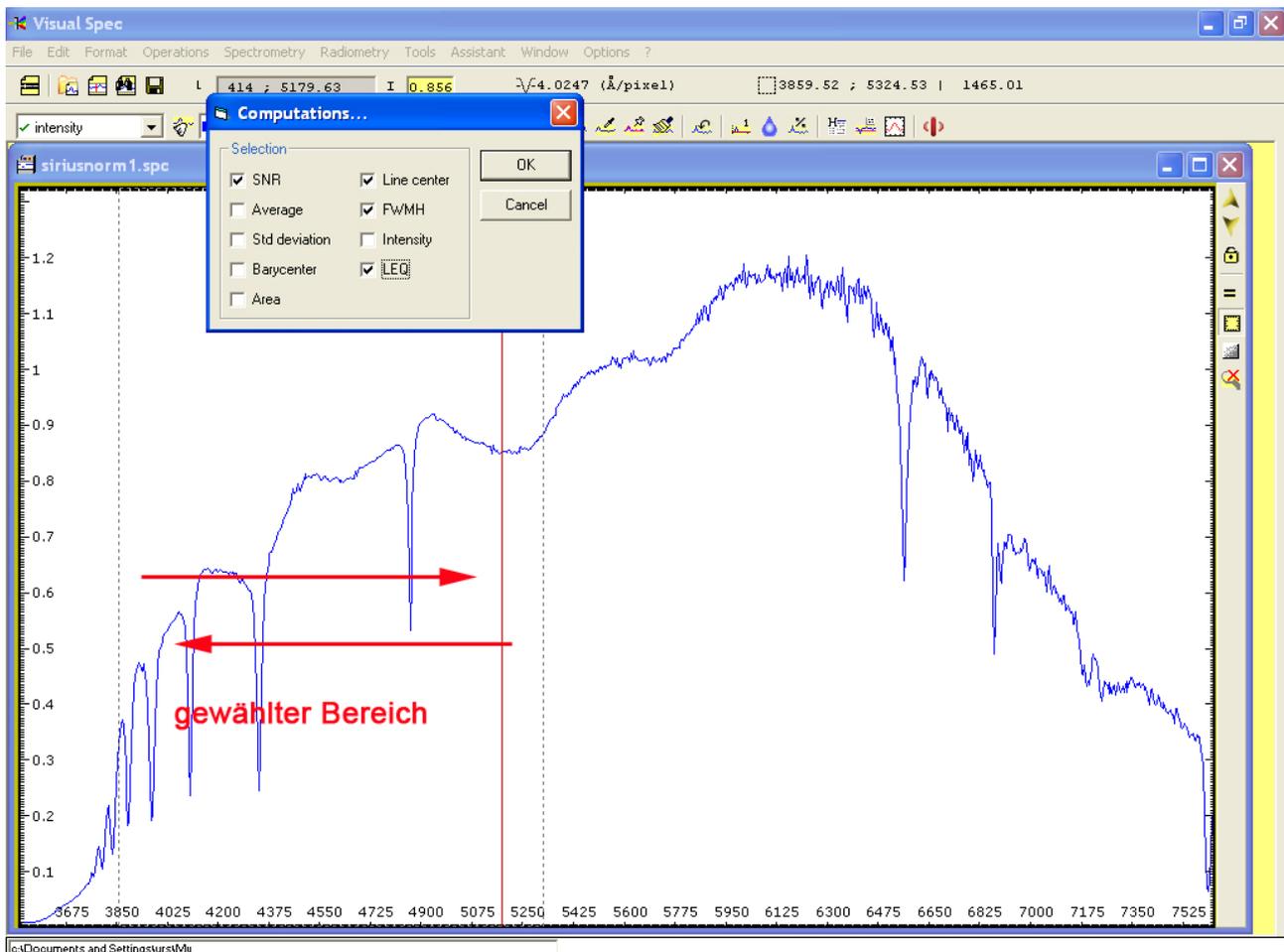
### Schritt 23; Messen von Spektralinformationen:

Folgende Größen können mit VSPEC aus einem kalibrierten und normierten Spektralprofil herausgemessen werden:

- SNR: Signal- Rauchverhältnis des Spektralprofils – grösser = besser
- FWHM: Full Width ad half Maximum Height (mehrere Messungen sinnvoll)
- LEQ: Line Equivalent Width (mehrere Messungen sinnvoll)
- Line Center Wellenlänge der Spektrallinie („Line centre“)

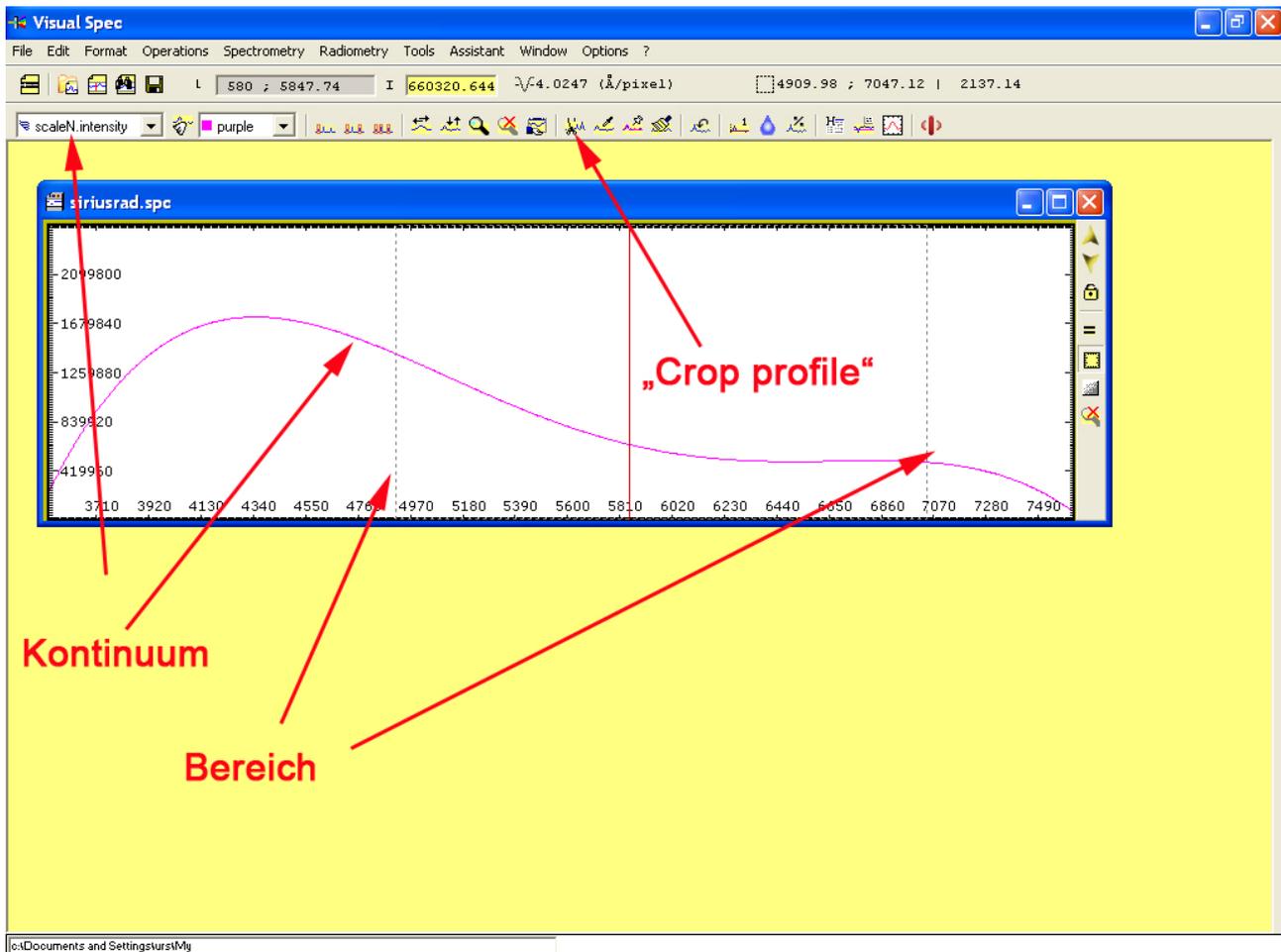
siehe auch: <http://spektroskopie.fg-vds.de/wiki/doku.php>

Mit gedrückter, linker Maustaste den gewünschten Bereich überstreichen. Mit rechter Maustaste das Popup- Menü aufrufen und Computation anklicken. Gewünschte Messwerte anklicken und nach „OK“ erscheinen diese in einem blauen Fenster

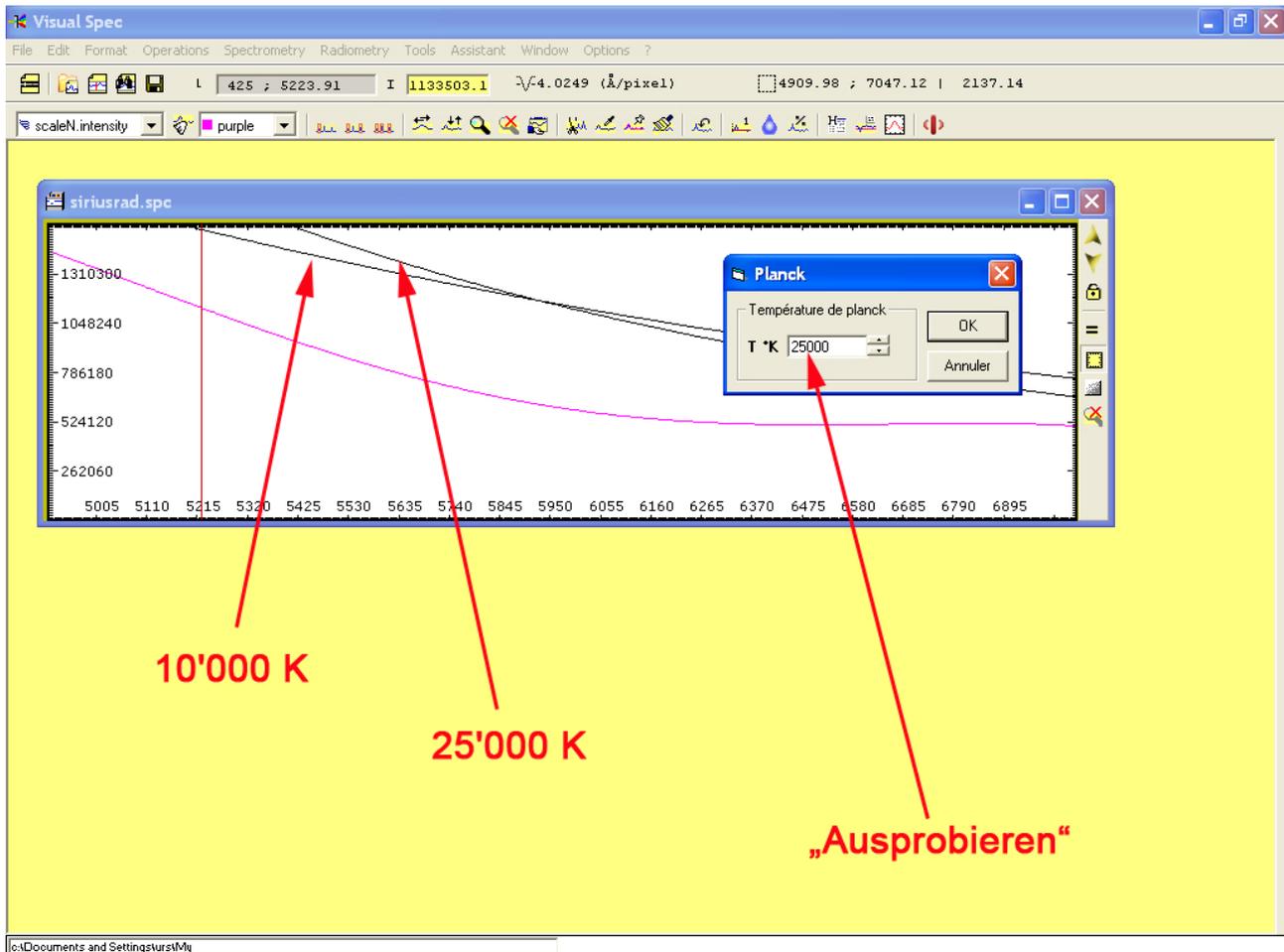


### Schritt 24; Bestimmen der Plancktemperatur:

Das radiometrisch korrigierte Spektralprofil (hier „siriusrad.spc“) öffnen. Analog der Schritte 16 und 17 das Kontinuum isolieren. Mit gedrückter, linker Maustaste gewünschter Bereich (hier ca. 5000 – 7000 Angström überstreichen und mit dem Button „Crop profile“ ausschneiden:

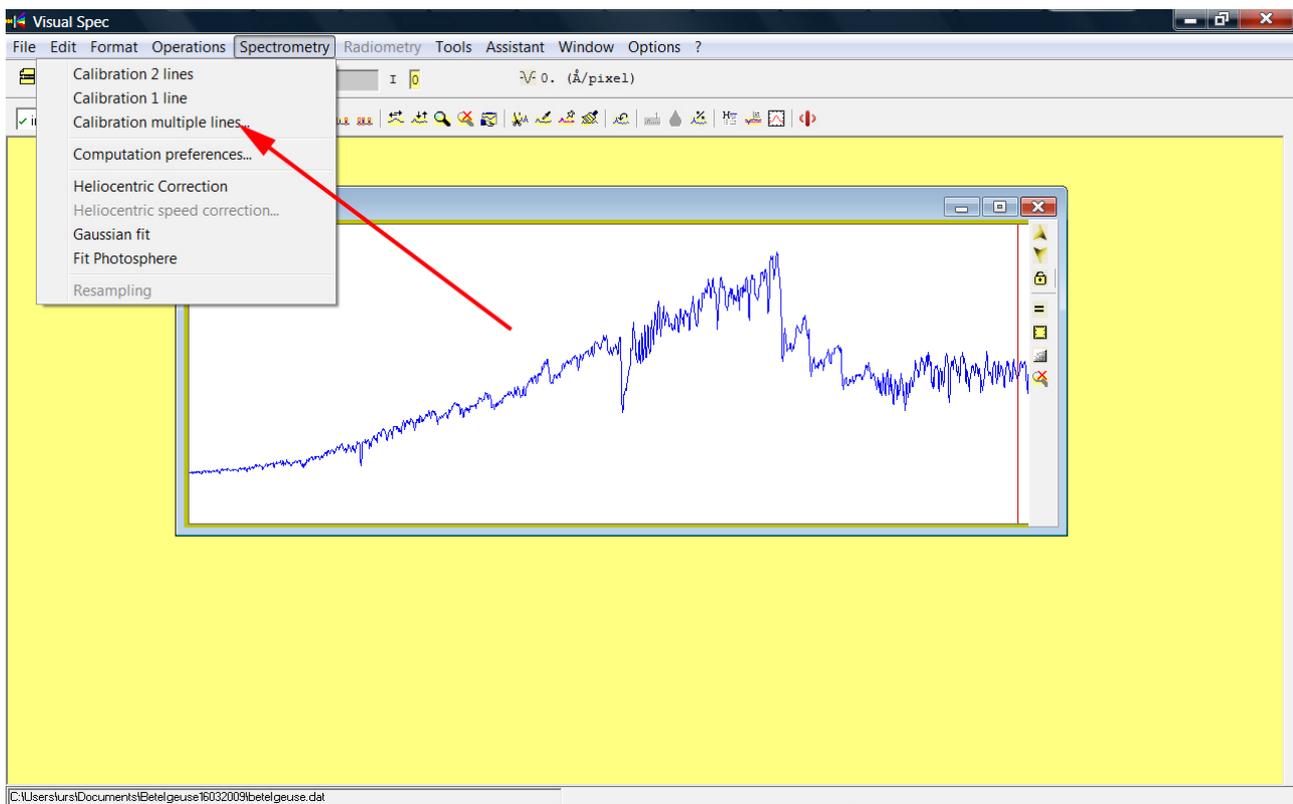


**Schritt 25:** Dann Befehl „Radiometry/Planck...“ wählen. Im sich öffnenden Fenster den ungefähr zu erwartenden Wert in [K] eingeben und solange ändern, bis die eingeblendete Kurve im gewünschten Bereich parallel zum Kontinuum verläuft:



**Schritt 26: Kalibration nichtlinearer Spektren:** Mit "Open Profile" das zu kalibrierende Rohspektrum laden und mit dem Befehl "Spectrometry/Calibration multiple lines" das Parameterfenster öffnen.

**Hinweis:** Soll mit einem Kalibrierspektrum kalibriert werden, dann vorgängig die Schritte 4 bis 8 ausführen

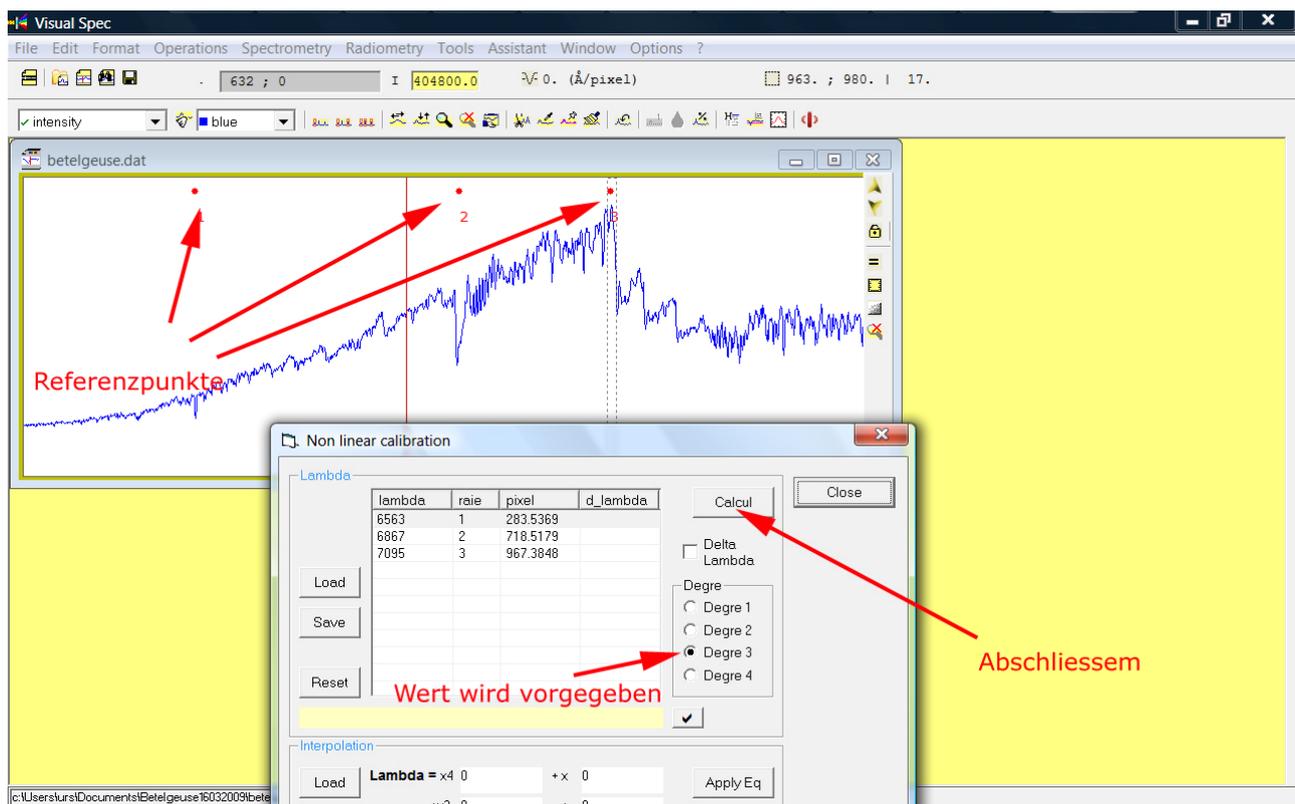


**Schritt 27:** Nun werden die bekannten Wellenlängen (mindestens drei) mit dem Überstreichen der Peaks mit dem Cursor und gedrückter linker Maustaste aktiviert und das sich öffnende Feld "Lambda" mit der entsprechenden Wellenlänge überschrieben und mit "Return" quittiert. Nach der Eingabe des letzten, hier dritten, Punktes den Button "Calcul" im Parameterfenster anklicken. Danach geht zusätzlich das Dispersionsfenster auf. Mit "Close" werden beide Fenster geschlossen und die Spektrallinie kalibriert.

**Hinweis 1:** Der Wert "Degre" wird als 3 vorgegeben und muss um "1" kleiner sein, als die Anzahl der Referenzpunkte; wird aber von VSPEC automatisch berücksichtigt.

**Hinweis:** Ausser der H-alpha-Linie (6563 Angström) sind die anderen Werte bei diesem Beispiel nur näherungsweise gewählt worden. Das Resultat wird demzufolge entsprechend falsch werden.

Weitere Bearbeitung ab Schritt 11



lambda	raie	pixel	d_lambda
6563	1	283.5369	
6867	2	718.5179	
7095	3	967.3848	

Fragen, Anregungen, Meldung bitte an:

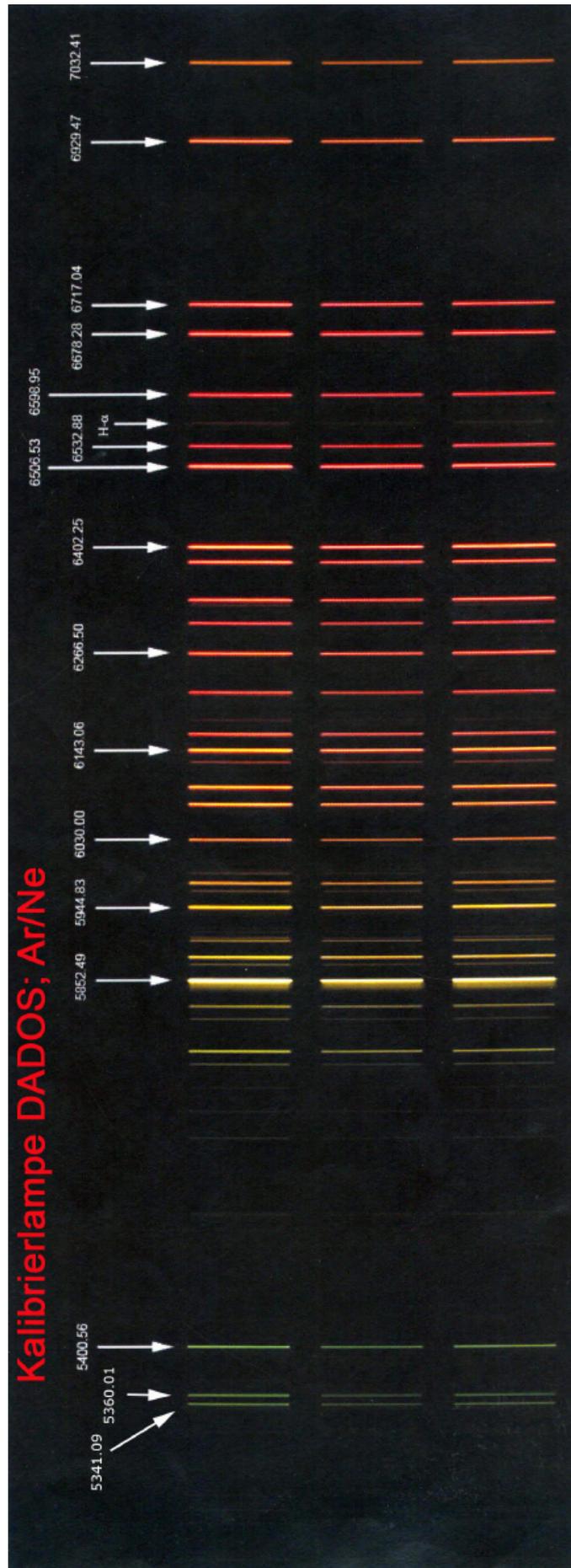
[astronomie@ursusmajor.ch](mailto:astronomie@ursusmajor.ch)

Ersigen, 20.03.2010

Urs Flükiger

## Anhang 1:

Emissionslinien  
Kalibrierlampe DADOS  
(ArNe)







<b>Anhang 3</b> Dateibezeichnungen IRIS	<b>Datei- Inhalt</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Bemerkungen</b>
	Light	sirius1.fit sirius2.fit usw	Effektive Aufnahme
	Bias	bias1.fit bias2.fit usw	Dunkelbild
	Dark	dark1.fit dark2.fit usw	Berücksichtigung Verstärkerrauschen
	Offset	offset.fit	Entsteht aus gemittelten Darks
	Flat	flat.fit	Wird mit IRIS erstellt (Schritt 8)
	Hotpixels	cosme.lst	Wird mit IRIS eruiert und automatisch gespeichert (Schritt 6)
	Himmelshintergrund	himmel1.fit himmel2.fit usw	Wird durch IRIS errechnet und gespeichert (Schritte 10- 13)
	Vom Himmelshintergrund bereinigte, mit Dark, Offset, Hotpixel und Flat bereinigte Light	siriusber1.fit siriusber2.fit usw	Wird durch IRIS automatisch gespeichert (Schritt 16)
	Spektralband aus Aufnahme ausschneiden	siriusband1.fit siriusband2.fit usw	Wir durch IRIS erstellt und automatisch gespeichert (Schritt 18)
	Mitteln der Spektralbänder	siriusvspec.fit	Datei zur Weiterverwendung in VSPEC (IRIS Schritte 18+17)
Zusatz- Option: Optimiertes Spektralband	siriusvspec.fit	Siehe IRIS Schritt 19	

**Siehe auch Anhang 5**



<b>Anhang 4</b>	<b>Datei- Inhalt</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Bemerkungen</b>
Dateibezeichnungen VSPEC	Rohprofil	siriusprofil.dat	VSPEC Schritte 2+3
	Kalibriertes Spektralprofil	siriuskal.dat	VSPEC Schritte 4-10
	Gradiertes Profil	siriusgrad.bmp	VSPEC Schritt 11
	Geräte- bzw. Kontinuumsbefreites Spektralprofil	siriuskor.dat	VSPEC Schritte 12-18 bzw. Schritte 19+20
	Normiertes Spektralprofil	siriusnorm.dat	VSPEC Schritte 21+22

**Siehe auch Anhang 5**



<b>Anhang 5:</b> Dateibezeichnungen für die Ablage	<b>Datei- Inhalt</b>	<b>Bezeichnungsinhalt *)</b>	<b>Beispiele</b>
	Lights	Objekt/Gitter/Datum/Nr	sirius900100420091.fit sirius900100420092.fit sirius900100420093.fit neon900100420091.fit
	Darks	Dark/Belichtungszeit(s)/Nr.	dark301.fit dark302.fit dark303.fit
	Spektralband mit IRIS bearb.	Objekt/Gitter/Datum/IRIS	sirius90010042009iris.fit
	Rohspektrum unkalibriert	Objekt/Gitter/Datum	sirius90010042009.spc
	Kalibriertes Spektrum	Objekt/Gitter/Datum/Kalibration	sirius90010042009kal.spc
	Formatiertes Spektrum	Objekt/Gitter/Datum	sirius90010042009kal.bmp
	Normiertes Spektrum	Objekt/Gitter/Datum/Normierung - auf Kontinuumsfläche - auf Kontinuumspeak - auf profileigenes Kontinuum - Radiometrische Fluxkalibration	sirius90010042009flat.spc sirius90010042009peak.spc sirius90010042009cont.spc  sirius90010042009rad.spc
<b>Ablageordner:</b> C/Eigene Dateien/Astronomie/Spektroskopie/Objekt/Datum			

\*) Datum = Aufnahmedatum



## Anhang 6: Glossar

Stichwort	Bereich	Erklärung
<b>Absorptionslinie</b>	Spektroskopie	Dunkle Linie im <i>Spektrum</i> ( <i>Fraunhoferlinien</i> )
<b>Analoge Fotografie</b>	Bildbearbeitung	Bildaufnahme auf chemischem Film
<b>Angström</b>	Spektroskopie	Masseinheit für die <i>Wellenlänge</i> im sichtbaren Lichtbereich. Heute veraltet. Nach ISO: <i>Nanometer</i> (nm)
<b>Äquivalentbreite</b>	Spektroskopie	Die Breite eines Rechtecks, welche die gleiche Fläche ausweist wie das Integral einer Absorptionslinie in einem Spektrum, wo das <i>Kontinuum</i> auf 1 normiert ist. Die Höhe dieses Rechtecks ist von 0 bis 1. damit ist das Integral des Rechtecks gleich der Absorptionslinie. Emissionslinien haben negative Äquivalentbreite (English: Equivalent Width oder <i>EW</i> ). Im Gegensatz zu z.B. der Linientiefe, ist die <i>EW</i> unabhängig von der <i>Spaltfunktion</i> des <i>Spektrografen</i> .
<b>Astrospektrografie</b>	Spektroskopie	Spezialgebiet der Spektroskopie. Zusammensetzung, Bewegungen und physische Eigenheiten können mit Hilfe der <i>Astrospektroskopie</i> untersucht werden. Ist ein sehr wichtiges Wissensgebiet der Astrophysik
<b>Atmosphären-Korrektur</b>	Spektroskopie	Das Entfernen der <i>tellurischen Linien</i> ; entweder mittelst eines gemessenen Referenzspektrums oder einer Modellierung der Erdatmosphäre
<b>Auflösung</b>	Spektroskopie	Der Abstand (in Nanometer oder <i>Angström</i> ) zwischen zwei <i>monochromatischen</i> Spektrallinien, welche vom <i>Spektrograf</i> noch gerade getrennt werden können. Oft gleichgesetzt mit <i>Halbwertsbreite</i> der <i>Spaltfunktion</i>
<b>Aufspaltungsbild</b>	Spektroskopie	<i>Spektrallinie</i> , nach <i>Reduktion</i> , <i>Normierung</i> und <i>Kalibration</i> der <i>Spektralaufnahme</i>
<b>Balmerlinien</b>	Spektroskopie	<i>Emissionslinien</i> des Wasserstoffs (H $\alpha$ , H $\beta$ , H $\gamma$ , H $\delta$ )
<b>Belichtungszeit</b>	Bildbearbeitung	Je nach Lichtstärke des Objekts benötigt es eine gewisse Zeitspanne, wo das Licht auf <i>Sensor</i> oder Filmemulsion einwirken kann, um bei <i>Pixel</i> bzw. Emulsionspartikel die erwarteten Reaktionen auszulösen
<b>Beugungsgitter</b>	Spektroskopie	Optisches <i>Gitter</i> , das mittelst <i>Reflektion</i> ( <i>Reflektionsgitter</i> ) oder <i>Interferenz</i> ( <i>Transmissionsgitter</i> ) einen <i>Lichtstrahl</i> in sein <i>Spektrum</i> aufspaltet.
<b>Bias</b>	Bildbearbeitung	Mit abgedecktem Sensor bei kürzestmöglicher <i>Belichtungszeit</i> mehrere Aufnahmen anfertigen und diese <i>mitteln</i> . Diese Aufnahmen enthalten das <i>Verstärkerrauschen</i> . Wird in Verbindung mit <i>Masterdarks</i> zur Skalierung bei unterschiedlicher <i>Belichtungszeiten</i> benötigt.
<b>Bildbearbeitung</b>	Bildbearbeitung	è <i>Digitale Fotografie</i> :
<b>Blazegitter</b>	Spektroskopie	Spezielles <i>Reflektionsgitter</i> mit Sägezahnartiger Gitterstruktur das für engere Wellenlängenbereiche optimiert wird è <i>Echellegitter</i>
<b>Blazewinkel</b>	Spektroskopie	Anstiegswinkel der Sägezahnstruktur beim <i>Blaze-</i> bzw. <i>Echellegitter</i>
<b>CCD- Kamera</b>	Bildbearbeitung	è <i>Digitalkamera</i>
<b>CMOS- Kamera</b>	Bildbearbeitung	è <i>Digitalkamera</i>
<b>Coolpixels</b>	Bildbearbeitung	Fehlerhafte <i>Pixel</i> , die bei einer anormal niedrigen Empfindlichkeit hohe Werte aufweisen. Mit <i>Flats</i> können diese vom <i>Light</i> eliminiert werden. Siehe auch è <i>Hotpixels</i>
<b>Dark</b>	Bildbearbeitung	Bei der <i>Digitalen Fotografie</i> : Unter denselben Bedingungen ( <i>Belichtungszeit</i> , <i>ISO- Wert</i> , <i>Chiptemperatur</i> ) wie die <i>Lights</i> , werden mehrere Bilder mit abgedecktem <i>Sensor</i> erstellt und zum Zwecke eines besser <i>Signal-Rauschverhältnisses</i> gemittelt. Die <i>Subtraktion</i> dieses <i>Masterdarks</i> von den einzelnen <i>Lights</i> , werden die <i>Hotpixels</i> und das <i>Verstärkerrauschen</i> heraus gerechnet
<b>Detektor</b>	Bildbearbeitung	Nachweis- oder Aufzeichnungsgerät; beim <i>Astrografen</i> in der Regel eine <i>Kamera</i>
<b>Digitale Fotografie</b>	Bildbearbeitung	Aufnahmeverfahren mittels CCD- oder CMOS- <i>Sensor</i> . Ersetzt heute zu einem sehr grossen Teil die <i>analoge Fotografie</i>
<b>Digitalisierung</b>	Bildbearbeitung	Übersetzung einer Anzahl von Elektronen in einem <i>Pixel</i> nach dem è <i>Pixelwert</i>
<b>Digitalkamera</b>	Bildbearbeitung	Mit einem CCD- oder CMOS <i>Sensor</i> ausgestattetes Bildaufnahmegerät
<b>Dispersion</b>	Spektroskopie	Mass für die Länge eines Spektrums; oft ausgedrückt in <i>Nanometer / Pixel</i> . Nicht zu verwechseln mit der <i>Auflösung</i>
<b>Dispersionsrichtung</b>	Spektroskopie	Richtung der Länge des Spektrums (parallel zur <i>Wellenlängen- Achse</i> ). Bei einem <i>Spaltspektrografen</i> senkrecht zur abgebildeten Spalthöhe (Die Höhe ist grösste Dimension im Gegensatz zu Spaltbreite)
<b>Division</b>	Bildbearbeitung	Negative <i>Multiplikation</i> ;
<b>Dunkelbild</b>	Bildbearbeitung	è <i>Dark</i>
<b>Echellegitter</b>	Spektroskopie	Ähnlicher Aufbau wie das <i>Blazegitter</i> aber mit deutlich höherem <i>Blazewinkel</i> ;



**Privatsternwarte Loberg**  
**Urs Flükiger**  
**CH- 3423 Ersigen**

Stichwort	Bereich	Erklärung
		meist >45°
<b>Elektromagnetische Wechselwirkung</b>	Spektroskopie	Als Folge entstehen unter anderem die für die <i>Astrospektroskopie</i> wichtigen <i>Absorptionslinien</i> infolge der <i>Elektromagnetischen Wechselwirkung</i> zwischen <i>Photonen</i> und <i>Materie</i>
<b>Emissionslinie</b>	Spektroskopie	Helle Linie im <i>Spektrum</i>
<b>Erste Ordnung</b>	Spektroskopie	è <i>Ordnung</i>
<b>EW</b>	Spektroskopie	è <i>Äquivalentbreite</i>
<b>Farbe</b>	Spektrografie	è <i>Sichtbare Farbe</i>
<b>Flat</b>	Bildbearbeitung	Bei der <i>Digitalen Fotografie</i> : Mit denselben Einstellungen wie bei den <i>Lights</i> gegen eine homogene, helle Fläche mehrere Aufnahmen schiessen und <i>mitteln</i> . Mit der <i>Division</i> dieses <i>Masterflats</i> werden Staub und andere gerätinterne ( <i>Spektrograf</i> ) „Störungen“ herausgerechnet.
<b>Fraunhoferlinien</b>	Spektroskopie	è <i>Absorptionslinien</i>
<b>FWHM</b>	Spektroskopie	Full Width at Half Maximum è <i>Halbwertsbreite</i>
<b>Gitter, optisches</b>	Spektroskopie	Beugungsgitter; ausgeführt als <i>Transmissions-</i> oder <i>Reflektionsgitter</i> . Spaltet einen Lichtstrahl in sein ( <i>Farben-</i> ) <i>Spektrum</i> auf.
<b>Glasfaser</b>	Spektroskopie	Sehr dünn gezogener, flexibler Faden aus Kunststoff. Diameter zwischen 50 und 600 Mikrometer. wird als <i>Lichtwellenleiter</i> zwischen Teleskop und Spektrografen eingesetzt
<b>Halbwertsbreite</b>	Spektroskopie	Die Breite der <i>Spaltfunktion</i> auf halber Höhe vom Maximum
<b>Hintergrund</b>	Spektroskopie	Licht vom Himmel neben dem (Ziel-) Stern, dessen Spektrum sich oben und unter dem Sternspektrum befindet; muss vom Sternspektrum abgezogen werden. Mit der <i>Hintergrundkorrektur</i> kann auch ein Teil des <i>Streulichts</i> korrigiert werden.
<b>Hintergrundkorrektur</b>	Bildbearbeitung	<i>Subtraktion</i> des – Spektrums vom Spektrum des Zielobjekts
<b>Hotpixels</b>	Bildbearbeitung	<i>Fehlerhafte Pixel</i> , die bereits ohne eigentliche Belichtung eine anormal hohen Wert aufweisen. Mit <i>Darks</i> können diese vom <i>Light</i> subtrahiert werden. Siehe auch è <i>Coolpixels</i>
<b>Hüllkurve</b>	Spektroskopie	è Pseudokontinuum
<b>Interferenz</b>	Spektroskop	Phasenrichtige Überlagerung von <i>Lichtwellen</i>
<b>Kalibrierspektrum</b>	Spektroskopie	è <i>Vergleichsspektrum</i>
<b>Kalibrierung</b>	Spektroskopie	Zuordnung der <i>Pixelposition</i> eines <i>Spektrums</i> zur <i>Wellenlänge</i> . Zum Beispiel anhand von <i>Vergleichsspektren</i> oder <i>Kalibrierspektren</i> von Vergleichslichtquellen (z.B. Ne-Lämpchen) bekannten <i>Wellenlängen</i>
<b>Kamera</b>	Bildbearbeitung	Analoge- oder digitale <i>CCD-/ CMOS- Kamera</i> ; vorzugsweise monochrom. Auch abbildende Linse im <i>Spektrografen</i>
<b>Kollimator</b>	Spektroskop	Parallelisiert die vom <i>Objektiv</i> gesammelten <i>Lichtstrahlen</i> und führt diese zum <i>Beugungsgitter</i> .
<b>Kontinuum</b>	Spektroskopie	Intensitätsniveau eines stellaren Spektrums ohne Absorptionslinien (mathematischer Idealfall). Bei Spektren mit vielen Linien (z.B. kühle Sterne) oder Spektrografen mit niedriger <i>Auflösung</i> schwer zu bestimmen ( è <i>Pseudokontinuum</i> ); Kontinuierlicher, strukturloser (ohne Linien) Strahlungsuntergrund im Spektrum. Meist der Planckkurve angenähert.
<b>Kontinuum</b>	Spektrografie	Der Bereich, innerhalb dessen alle Werte einer physikalischen Grösse lückenlos und stetig zusammenhängen. Die Annahme eines Kontinuums stellt häufig eine Idealisierung dar
<b>Licht</b>	Spektroskopie	è <i>Sichtbares Licht</i>
<b>Lichtwellenleiter (LWL)</b>	Spektroskopie	Verbindungsstück - meistens eine <i>Glasfaser</i> - um Licht ohne Optik von einer Stelle zu einer anderen zu leiten; in der Spektroskopie über einige Meter, in der Telekommunikation über viele Kilometer hinweg
<b>Light</b>	Bildbearbeitung	è <i>Lightbild</i>
<b>Lightbild</b>	Bildbearbeitung	<i>Digitale Fotografie</i> : Das eigentliche Bild der <i>Digitalkamera</i> è <i>Dark</i> , <i>Flat</i> , <i>Offset</i>
<b>Littrow</b>	Spektroskopie	Ein Spektrografentyp, bei dem die Einfallswinkel und Austrittswinkel auf dem <i>Beugungsgitter</i> gleich dem <i>Blazewinkel</i> sind. Liefert höchste Effizienz, aber ist mechanisch anspruchsvoll und anfällig für <i>Streulicht</i>
<b>Masterdark</b>	Bildbearbeitung	<i>Gemitteltes Summenbild</i> mehrerer <i>Darks</i> ; wird zum Skalieren für unterschiedliche <i>Belichtungszeiten</i> bei konstanter Chiptemperatur benutzt
<b>Mitteln</b>	Bildbearbeitung	Mehrere Aufnahmen werden mittels geeigneter Software aufaddiert. Jeder <i>Pixelwert</i> wird durch die Anzahl der Aufnahmen geteilt. Dies verbessert das <i>Signal- Rausch- Verhältnis</i>
<b>MK-System</b>	Spektroskopie	è <i>Spektralklassifizierung</i>
<b>Monochromatisch</b>	Spektroskopie	Licht ist monochromatisch, wenn die <i>Photonen</i> nur eine <i>Wellenlänge</i> besitzen (mathematischer Idealfall)



**Privatsternwarte Loberg**  
**Urs Flükiger**  
**CH- 3423 Ersigen**

Stichwort	Bereich	Erklärung
<b>mü- Meter</b>	Spektroskopie	ISO- Masseinheit für kleine Längen. 1 <i>mü- Meter</i> entspricht einem Millionstel Meter = 0,000001 Meter oder $1 \times 10^{-6}$ Meter. Korrekte Abkürzung: „ $\mu\text{m}$ “
<b>Multiplikation</b>	Bildbearbeitung	
<b>Nanometer</b>	Spektroskopie	ISO- Masseinheit für die <i>Wellenlänge</i> im sichtbaren Lichtbereich, 1 <i>Nanometer</i> entspricht 0,000000001 Meter oder $1 \times 10^{-9}$ Meter. Korrekte Abkürzung: „ $\text{nm}$ “
<b>Normierung</b>	Spektroskopie	Der Scan der Spektralaufnahme wird durch das <i>Pseudokontinuum</i> (Hüllkurve) dividiert. Das neue <i>Kontinuum</i> hat damit den <i>wellenlängenunabhängigen</i> Wert „1“.
<b>Objektiv</b>	Spektroskop	Optisches System zum Sammeln von <i>Licht</i> , das aus Linsen (Refraktor), Spiegeln (Reflektor) oder Kombinationen von Linsen und Spiegeln (Katadiopter) bestehen kann
<b>Offset</b>	Bildbearbeitung	è <i>Bias</i>
<b>Optik</b>	Optik	Vorrichtung zum Sammeln von Licht. Je nach Aufbau unterscheidet man Refraktor (Linsen), Reflektor (Spiegel) oder Katadiopter (Kombination von Linse und Spiegel)
<b>Optische Spektroskopie</b>	Spektroskopie	Beobachtungsverfahren für das Ermitteln von <i>Wechselwirkungen</i> zwischen Materie und optischen, elektromagnetischen Wellen
<b>Ordnung</b>	Spektroskopie	Bei Benutzung eines <i>Beugungsgitters</i> können mehrere Spektren entstehen (erste und höhere Ordnung). Die nullte Ordnung ist das ungebeugte Licht vom Gitter
<b>Photonen</b>	Spektroskopie	Lichtteilchen; damit das wichtigste Teilchen in der <i>Astrospektroskopie</i> . è <i>Elektromagnetische Wechselwirkung</i>
<b>Pixel</b>	Bildbearbeitung	Ist ein Mikrokondensator - einige <i>mü- Meter</i> gross - der sich mit zunehmender Lichtintensität bzw. – Belichtungsdauer proportional elektrisch auflädt. Mehrere dieser Kondensatoren - bis zu einigen Millionen als Raster nebeneinander - sind bei einem <i>Sensor</i> zusammengefasst
<b>Pixelgrösse</b>	Bildbearbeitung	Laterale Abmessung der Pixel. Gebräuchlich sind 6x6 bis 24x24 <i>mü- Meter</i> . Hat direkten Einfluss auf die <i>Sensorempfindlichkeit</i> und die Auflösung. Je grösser das <i>Pixel</i> , desto grösser die Lichtempfindlichkeit.
<b>Pixelwert</b>	Bildbearbeitung	Graustufenbildung. Ein 16-bit-Wandler verfügt über 65'000 Graustufen
<b>Prisma</b>	Spektroskop	Glaskörper verschiedenster Bauarten (nicht unbedingt prismenförmig), die das <i>Licht</i> mittelst <i>Refraktion</i> (Brechung) aufspalten
<b>Pseudokontinuum</b>	Spektroskopie	<i>Kontinuum</i> des Sterns nach Durchgang durch die Atmosphäre, des Teleskops und des <i>Spektrografen</i> ; einschliesslich Registrierung im <i>Detektor</i> . Hat in der Regel wenig mit dem tatsächlichen <i>Kontinuum</i> eines Sterns zu tun è Normieren
<b>Reduktion</b>	Spektroskopie	Gesamtheit aller Bearbeitungsschritte, um ein Spektrum aus den Rohdaten auszuwerten. è <i>Spektrallinie</i>
<b>Reflektion</b>	Optik	Rückwerfen eines eintreffenden <i>Lichtstrahls</i> nach dem <i>Reflektionsgesetz</i>
<b>Reflektionsgesetz</b>	Optik	Sagt aus, dass ein eintreffender <i>Lichtstrahl</i> im selben Winkel zurückgeworfen wird.
<b>Reflektionsgitter</b>	Spektroskop	Auf <i>Interferenzen</i> , unter Reflektionsbedingungen, beruhendes <i>Beugungsgitter</i>
<b>Refraktion</b>	Optik	Brechen eines <i>Lichtstrahls</i> nach dem <i>Refraktionsgesetz</i>
<b>Refraktionsgesetz</b>	Optik	Je nach <i>Wellenlänge</i> , Geometrische Form und Brechungsindex des Glaskörpers wird ein Lichtstrahl mehr oder weniger stark gebrochen
<b>S/N- Verhältnis</b>	Bildbearbeitung	è <i>Signal- Rausch- Verhältnis</i>
<b>Sättigung</b>	Bildbearbeitung	Ein <i>Pixel-</i> (Kondensator) kann nur eine bestimmte Ladung „aufnehmen“, bis er „voll“ = gesättigt ist. Die Sättigung ist das Verlassen des Proportionalitätsbereichs eines Chips bei hoher Ladung. Je nach Kamera und Chip kann dies schon bei 60% der „Vollen Ladungskapazität“ (Full Well Capacity) erreicht sein.
<b>Sensor</b>	Kamera	
<b>Sichtbare Farbe</b>	Spektroskopie	Elektromagnetische Schwingung mit Wellenlängen zwischen 380 (Violett) und 750 (Rot) nm
<b>Sichtbares Licht</b>	Spektroskopie	Elektromagnetische Wellen im Wellenlängenbereich von 400 (Ultrablau) und 700 (Rot) <i>Nanometer</i> .
<b>Signal- Rausch- Verhältnis</b>	Bildbearbeitung	Stellt das Verhältnis des mittleren Nutzsignals zum mittleren Störsignal (Rauschen) dar. Mittels <i>Mittelung</i> mehrerer Bilder kann dieses Verhältnis verbessert werden, da sich das Nutzsinal linear vergrössert, das Rauschsignal nur per Wurzel
<b>Skylines</b>	Spektroskopie	è <i>Hintergrund</i>
<b>Spaltfunktion</b>	Spektroskop	Mathematische Funktion welche die Abbildung einer <i>monochromatischen</i> Spektrallinie auf dem Detektor beschreibt



<b>Stichwort</b>	<b>Bereich</b>	<b>Erklärung</b>
<b>Spaltspektrograf</b>	Spektroskopie	Im Brennpunkt des <i>Kollimators</i> vom <i>Spektroskop/Spektrograf</i> befindet sich ein Spalt (einige 10 <i>mü-Meter</i> ). Dieser sorgt für gleich bleibende <i>Auflösung</i> des <i>Spektrografen</i> und schirmt das <i>Beugungsgitter</i> weitgehend von dem den Stern umgebenden Himmels- und <i>Streulicht</i> ab
<b>Spektralaufnahme</b>	Spektroskopie	Mit einer Kamera aufgenommenes <i>Spektrum</i>
<b>Spektralband</b>	Spektroskopie	Mittelst Spektroskop erzeugtes <i>Spektrum</i>
<b>Spektrale Aufspaltung</b>	Spektroskopie	Das Zerlegen des einfallenden <i>Lichtes</i> in seine <i>Spektralfarben</i> ( <i>Spektrogale Anteile</i> )
<b>Spektralfarbe</b>	Spektroskopie	Ist die reine <i>Farbe</i> , die nach der <i>Aufspaltung</i> eines <i>Lichtstrahls</i> sichtbar ist. Sie orientiert sich am Farbpfinden und geht von violett- blau- grün- gelb- orange- rot
<b>Spektralklassifizierung</b>	Spektroskopie	Das Einordnen eines stellaren Spektrums nach gewissen Kriterien; bekannt ist die Morgan-Keenan (MK-) Klassifikation in die Spektralklassen OBAFGKM (RN) und die Leuchtkraftklassen I-V
<b>Spektrallampe</b>	Spektroskopie	Lampe die im Licht einzelne <i>Emissionslinien</i> aufweist; wird verwendet zur spektralen <i>Kalibration</i>
<b>Spektrallinie</b>	Spektroskopie	Dunkle Stelle im <i>Spektrum</i> im Vergleich zum umgebenden <i>Kontinuum</i> . Individuelle <i>Wellenlängenposition</i> ist typisch für Atome, Ionen und Moleküle
<b>Spektrograf</b>	Spektroskopie	Vorrichtung für das <i>Aufspalten</i> von <i>Licht</i> mittels <i>Prisma</i> oder <i>Gitter</i> und Aufnahmen mit einem <i>Detektor</i>
<b>Spektrografie</b>	Spektroskopie	Aufzeichnung eines <i>Spektrums</i> mittelst <i>Spektrografen</i>
<b>Spektroskop</b>	Spektroskopie	Vorrichtung zum Zerlegen eines <i>Lichtstrahls</i> in seine <i>Spektralfarben</i>
<b>Spektroskopie</b>	Spektroskopie	è <i>Optische Spektroskopie</i>
<b>Spektrum</b>	Spektroskopie	Das durch die <i>Aufspaltung</i> von <i>Licht</i> entstehende <i>Spektralband</i> , das sich von rot über orange, gelb, grün, blau zu violett ändert. (z.B. Regenbogenfarben)
<b>Standardstern</b>	Spektroskopie	Stern mit genau bestimmtem, „unveränderlichem“ <i>Spektrum</i> . Kann benutzt werden zur <i>Spektralklassifizierung</i> oder, wenn gleichzeitig gemessen, zur spektralen <i>Kalibration</i> oder zur <i>Atmosphärenkorrektur</i>
<b>Streulicht</b>	Spektroskopie	Im optischem System gestreutes <i>Licht</i> , das mit einer anderen <i>Wellenlänge</i> auf den <i>Detektor</i> gelangt als das eigentliche <i>Spektrum</i>
<b>Subtraktion</b>	Bildbearbeitung	Digitales und <i>pixelweises</i> „Abziehen“ von einem Bild zum andern. Wird genutzt bei Bildverarbeitung und <i>Reduktion</i>
<b>Summenbild</b>	Bildbearbeitung	Summe aller addierten Einzelaufnahmen
<b>Tellurische Linie</b>	Spektroskopie	<i>Absorptionslinie</i> welche nicht im Stern, sondern in der Erdatmosphäre entsteht
<b>Transmissionsgitter</b>	Spektroskopie	è <i>Beugungsgitter</i>
<b>Vergleichsspektrum</b>	Spektroskopie	è <i>Kalibrierspektrum</i>
<b>Verstärkerrauschen</b>	Bildbearbeitung	Entsteht in der Auslese- und Digitalisierungselektronik von CCD- und CMOS-Sensoren und ist mit einem <i>Bias-</i> Bild korrigierbar
<b>Wechselwirkung</b>	Spektroskopie	Die <i>optische Spektroskopie</i> interessiert ausschliesslich die <i>Elektromagnetische Wechselwirkung</i> . Zwischen Materie und <i>sichtbarem Licht</i>
<b>Wellenlänge</b>	Spektroskopie	Mit dieser Grösse ist unter anderem auch eine elektromagnetische Welle ( <i>Licht</i> ) definiert. Einheit beim <i>sichtbaren Licht</i> ist <i>Nanometer</i> (nm) oder (noch) <i>Angström</i> , 10 <i>Angström</i> = 1 <i>Nanometer</i> . Die Wellenlänge ist der Quotient von der Ausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz



## Versionen- History:

- 6.2 01.11.2011: Ergänzungen bei den Hinweisen für die Dateibezeichnungen und –Nummerierungen. (Seite 3)
- 6.1 24.10.2010: Anpassung Schritte 6+7: **Berücksichtigung der „Hotpixel“**
- 5.6: 20.03.2010: Diverse Präzisierungen im Text, Hinweise auf Störungsquellen bei der Verwendung von Sonderzeichen im Dateinamen.
- 5.5 07.07.2009: VSPEC: Ergänzungen und Präzisierungen bei der Kalibration (Schritte 4-10, 26+27)
- 5.4 06.06.2009: Kalibration nichtlinearer Spektren (Schritte 26 bis 29)
- 5.3 24.05.2009: Diverse, kleinere Korrekturen
- 5.2 15.05.2009: Erweiterung VSPEC um die Schritte 24+25: Bestimmen der Plancktemperatur
- 5.1 05.05.2005: Erweiterung VSPEC um Schritt 23: Messen von Spektralinformationen
- 5.0 16.04.2009: Diverse Darstellungskorrekturen, Anpassung verschiedener Screenshots, Erweiterung um Versionen- History
- 4.1 13.04.2009: Hinweise bei Schritt 16 auf mögliche Ungenauigkeiten bei der Verwendung der automatischen Kontinuumsbildung. Tipp seitens *Richard Walker*
- 4.0 12.04.2009: Diverse Rechtschreibkorrekturen, Gestaltungsanpassungen
- 3.3 09.04.2009: Erweiterung um die Anhänge 3+4: Dateibezeichnungen, Glossar
- 3.2 05.04.2009: Erweiterung um die Anhänge 1+2: Neonspektrum, Stichwortregister
- 3.0 03.04.2009: Erweiterung VSPEC um die Schritte 19-22: Kontinuum aus Spektralprofil entfernen. Hilfe seitens *Richard Walker*
- 2.1 31.03.2009: Erweiterung um die im Tutorial verwendeten Datei Bezeichnungen (Seite 2)
- 2.0 29.03.2009: Erweiterung VSPEC um die Schritte 12-18: Berücksichtigung der gerätespezifischen Einflüsse. Hilfe seitens *Richard Walker*
- 1.2 15.03.2009: Schritt 12, Berücksichtigung Himmelshintergrund; Hinweis bezüglich Unwichtigkeit bezüglich X- Richtung der vier Markierungspunkte. Tipp seitens *Robin Leadbeater*
- 1.1 10.03.2009: Diverse Rechtschreibkorrekturen. Hinweis seitens *Hugo Kalbermatten*
- 1.0 08.03.2009: Tutorial IRIS und VSPEC anhand eines Mitschnitts des Workshops von *Hugo Kalbermatten* am 3. Einsteigerkurs in Heppenheim vom 28. Februar 2009 erarbeitet

## Formatierung der Seiteneinrichtung:



# Privatsternwarte Loberg Urs Flückiger CH- 3423 Ersigen

Tutorial  
IRIS / VSPEC  
Version 6.2

Seite 64

