

# Der Context SMS

Günter Gebhard

19. Februar 2009

Der Context SMS dient der Extraktion von Rohspektren, die mit einem Spalt-spektrographen gewonnen wurden. Jedem Pixel der Rohaufnahmen wird mit Hilfe eines Vergleichsspektrums die Wellenlänge zugeordnet, so dass auch bei Reihenaufnahmen in denen das Objekt langs des Spalts auf und ab wandert mit der korrekten Wellenlängenskala versehen werden. Verbiegungen des Spektrographen bei langen Aufnahmeserien werden durch Korrelation der späteren Aufnahmen mit der ersten aus der Serie zurück gerechnet. Bisher werden Bias, Dark und Flatfields berücksichtigt. Die Spektren können normiert werden, Äquivalentbreiten bestimmt werden und das Signal/Rausch-Verhältnis wird auf eine vereinfachte Weise abgeschätzt. TODO: heliozentrische Korrektur, Standardstern.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1	Installation	2
1.2	Schreibweisen	3
1.3	Eine typische Sitzung	3
1.4	Kataloge in SMS	3
1.5	Aufnahmezeitpunkt	5
<b>2</b>	<b>Die Kommandos des Context SMS</b>	<b>6</b>
2.1	Starten	6
2.2	Eigene Einstellungen verwenden	7
2.3	Einstellungen anschauen und setzen	8
2.4	Objektspektren	8
2.5	Darks	10
2.6	Biases	11
2.7	Flatfields	12
2.8	Flatkorrektur	16
2.9	Vergleichsspektrum	16
2.10	Drehen	17
2.11	Hot Pixels	19
2.12	Extrahieren	21

2.13	Verschiebungen beseitigen	24
2.14	Kontrollen	25
2.14.1	Kalibration in Wellenlänge	25
2.14.2	Auflösung	26
2.15	Normieren	27
2.16	Julianisches Datum	27
2.17	Ein-Punkt-Normierung	28
2.18	Signal To Noise	28
2.19	Äquivalentbreite	29
2.20	Daten ins Bild schreiben	30
2.21	Bild vom Spektrum	30
2.22	Einstellungen anzeigen	31
2.23	Einstellungen speichern	31
2.24	Aufräumen	31
2.25	Beenden	32
<b>3</b>	<b>Lizenz</b>	<b>32</b>

# 1 Einleitung

SMS ist eine Skriptsammlung zur Reduktion von Spektren, die mit einem Spektrographen mit Spalt erzeugt wurden. SMS läuft als Context innerhalb von ESO-MIDAS.

Ich will hier Dr. Otmar Stahl, Landessternwarte Königsstuhl, für seine unermüdliche Unterstützung danken. Ohne seine geduldige Hilfe wäre das Skript nie über das Anfangsstadium hinausgekommen.

Die Dokumentation von MIDAS beschreibt im Volume B wie Long-Slit and 1D Spectra reduziert werden können, und bietet im Anhang G ein Kochbuch zur Reduction of Long Slit and 1D Spectra mit Befehlen aus dem Context LONG . Daraus habe ich viel gelernt.

## 1.1 Installation

Die jeweils aktuelle Version von SMS erhält man auf [www.spektros.de](http://www.spektros.de) unter Data Reduction. Die Datei smsctx\_datum\_zeit.tar.bz2 speichert man in persönlichen ~/midwork/ und entpackt das Archiv mit dem Befehl

```
tar xjf smsctx_datum_zeit.tar.bz2
```

Es entstehen die Datei gneon.tfits, der Link sms.ctx und das Verzeichnis sms/. Darin sind alle Skripte vom SMS enthalten. Das Unterverzeichnis doc/ enthält diese Anleitung. Wenn man keine eigene Linientabelle für Neonlampen hat, dann kopiert man in ~/midwork/ die Tabelle gneon.tfits nach neon.tfits.<sup>1</sup>

Midasbefehle	SCHREIBMASCHINENSCHRIFT
Midasausgaben	Schreibmaschinenschrift
Datei- und Verzeichnisnamen	ohne Serifen
Namen von Variablen	<code>keyword</code>

Tabelle 1: Schreibweisen

## 1.2 Schreibweisen

## 1.3 Eine typische Sitzung

Die Tabelle 2 zeigt, mit welchen Befehlen die Rohspektren bearbeitet werden können, und wie daraus das eindimensionale Spektrum extrahiert wird. Danach helfen noch einige Befehle bei der Berechnung vom Messwerten. Die Messwerte werden alle im Fitsheader des Ergebnisspektrums gespeichert.

Die eigentliche Signal vom beobachteten Objekt wird nach folgendem Schema aus den Aufnahmen gewonnen:

$$science = \frac{\text{hotpixremove}(roh - dark)}{\text{hotpixremove}(\text{normalized}(flat - flatdark))} - sky$$

Mit dem Flatfield werden nur kleinskalige Variationen in der Empfindlichkeit des Spektrographen beseitigt. Diese entstehen durch Staub auf den Spaltbacken oder Verschmutzungen auf dem Eintrittsfenster der CCD. Da sich diese Verschmutzungen im Laufe der Zeit ändern, sollte man in jeder Beobachtungsnacht neue Flatfields aufnehmen.

Der Himmelshintergrund *sky* wird aus Bereichen unterhalb und oberhalb des Spektrumfadens genommen.

Eine Flusskalibration erreicht man nur, wenn man einen Standardstern spektroskopiert und damit die spektrale Empfindlichkeit des Spektrographen bestimmt. Das ist hier aber noch nicht implementiert.

Die Befehle OBJECT-, DARK-, RMHOT-, FCORR-, ROTATE- und EXTRACT/SMS erzeugen alle einen Katalog, der die bearbeiteten Einzelaufnahmen enthält. Damit der Bearbeiter auch etwas zu sehen bekommt wird aus den Einzelaufnahmen jeweils der Durchschnitt gebildet und im Display als Ergebnis präsentiert.

Diese und weitere Befehle werden im Kapitel 2 ausführlich erläutert.

## 1.4 Kataloge in SMS

Um das Rauschen in den Daten zu verkleinern ist es sinnvoll, von mehreren Aufnahmen den Durchschnitt zu bilden. Deshalb wird man mehrere Objektspektren und Flatfields vom gleichen Spektralbereich herstellen und viele Dunkelströme mit geeigneter Belichtungszeit aufnehmen.

---

<sup>1</sup>cp gneon.tfits neon.tfits

Befehl	Wirkung, Durchschnittsbild	Katalog
SET/CONT sms	Damit werden die Befehle des Context SMS geladen und die Variablen des Contexts mit voreingestellten Werten belegt.	
BASIC/SMS	Setzen oder lesen einiger grundlegender Variablen	
OBJECT/SMS Origs/00000*.FIT	Originaldateien 00000*.FIT aus dem Unterverzeichnis Origs/ einlesen und Header korrigieren. -> MOBJECTS.bdf	OBJECTS.cat
DARK/SMS Origs/dark*.FIT	Passende Dunkelstromdateien einlesen dark*.FIT. Ihr Median von jedem Rohspektrum subtrahiert. -> MDARKSUB.bdf	DARKSUB.cat
FLAT/SMS Origs/flat*.fit Origs/dflat*.fit	Aus Flatfields und Dunkelströmen normiertes, Masterflat NFLAT.bdf erzeugen.	
FCORR/SMS DARKSUB.cat	Rohspektren werden noch durch das Masterflat dividiert. -> MFLATCORR.bdf	FLATCORR.cat
CSPEC/SMS Origs/neon3.fit	Das Vergleichspektrum neon3.fit wird hinzugefügt.	
FHOT/SMS MFLATCORR.bdf	MFLATCORR.bdf wird nach heißen Pixeln durchsucht	
RMHOT/SMS	Die Spektren aus dem letzten Katalog werden an den gefundenen Stellen von heißen Pixeln. befreit -> MHOTREM.bdf	HOTREM.cat
EXTRACT/SMS	Die Spektren aus dem letzten Katalog werden in der Wellenlänge kalibriert, einzeln extrahiert und der Median davon gebildet. -> Ergebnisspektrum.bdf -> Ergebnisspektrum.fits	EXTRACTED.cat
NORMAL/SMS	Das Spektrum normieren.	
EQUIV/SMS	Die Äquivalentbreite einer Linie im Spektrum ermitteln.	
STON/SMS	S/N berechnen.	
LABEL/SMS	Daten in den Spektrumplot schreiben.	
CLEAN/SMS	Temporäre Dateien löschen.	
CLEAR/SMS	Die Contexte SMS, LONG und SPEC beenden.	

Tabelle 2: Typischer Ablauf einer Sitzung

Diese Aufnahmen werden von SMS in Katalogen verzeichnet und die Befehle zur Bearbeitung der Rohdaten lesen die Einträge in diesen Katalogen und tragen die Namen ihrer Ergebnisse wieder in eigene Kataloge ein.

So erzeugt OBJECT/SMS den Katalog OBJECTS.cat. Aus diesem Katalog liest dann DARK/SMS und schreibt die Namen der Rohspektren, die vom Dunkelstrom befreit sind in den Katalog DARKSUB.cat

Der Namen des zuletzt erzeugten Katalogs wird in der Variablen `smslastcat` gespeichert. Die nachfolgenden Befehle lesen diese Variable und verwenden standardmäßig den zuletzt erzeugten Katalog.

Wenn man also gleich nach DARK/SMS die Extraktion der Spektren mit EXTRACT/SMS anstößt, werden die Spektren extrahiert, die in DARKSUB.cat verzeichnet sind. Führt man allerdings vorher noch die Flatfieldkorrektur durch, dann werden die Spektren aus FLATCORR.cat extrahiert. Selbstverständlich kann man auf der Kommandozeile erzwingen, dass ein bestimmter Katalog verwendet wird: EXTRACT/SMS DARKSUB.cat reduziert auf jeden Fall die Spektren aus DARKSUB.cat, selbst wenn die Flatfieldkorrektur vorgenommen wurde und die heißen Pixel aus den Spektren entfernt wurden.

Der Befehl READ/KEYWORD {`smslastcat`} zeigt den Inhalt der Variablen `smslastcat` an.

## 1.5 Aufnahmezeitpunkt

Der Zeitpunkt des Beginns einer Objektaufnahme ist wichtig, wenn man die zeitlichen Veränderungen im Spektrum eines Objekts untersuchen will. Die [Definition des Fitsstandards](#) ist in diesem Bereich leider etwas unbestimmt.

Das Keyword `DATE-OBS` muss das Datum in der Form yyyy-mm-dd enthalten und kann auch noch zusätzlich den Beginn der Aufnahme in UT enthalten. Dann aber muss es die Form `yyy-mm-ddThh:mm:ss[.sss]` aufweisen. Die verschiedenen Programme zur Steuerung der CCDs erzeugen meistens einen Eintrag `DATE-OBS`, der das Datum und die Uhrzeit enthält. Nur MaximDL kann man leider so einstellen, dass die Uhrzeit nicht in `DATE-OBS`, sondern in `TIME-OBS` enthalten ist.

Midas verwendet allerdings die Uhrzeit aus `DATE-OBS` nicht, sondern erwartet sie in UT im Keyword `TM-START`, und auch nicht im Format `hh:mm:ss`, sondern in Sekunden seit Mitternacht. Ich kenne keine Aufnahmesoftware, die diesen Header in ihre Fitsdateien schreibt.

SMS versucht mit einem Perl-Skript den Header `DATE-OBS` auszulesen und daraus die benötigte Uhrzeit zu extrahieren. Wenn das nicht gelingt, wird der Benutzer bei jeder Objektaufnahme nach dem richtigen Datum und der richtigen Uhrzeit in UT gefragt. Mit den Mitteln von Midas wird dann `TM-START` erzeugt, das Julianische Datum des Aufnahmezeitpunkts berechnet und im Deskriptor `JD` gespeichert.

Wenn die genauen Zeitpunkte nicht wichtig sind, kann man den Headercheck abstellen, indem man dem Keyword `smscheck` dem Wert `n` gibt.

## 2 Die Kommandos des Context SMS

Die Kommandos des Context SMS werden nun im Einzelnen vorgestellt. Dazu werden Beispieldateien verwendet, die Berthold Stober und Lothar Schanne 2008 auf Teneriffa gewonnen haben. Unser Arbeitsverzeichnis wird also Teneriffa/ heißen. Im Unterverzeichnis origs/ liegen die Originaldateien.

```
dark1x1_1200s-001.fit
dark1x1_1200s-002.fit
dark1x1_600s-001.fit
dark1x1_600s-002.fit
dark1x1_600s-003.fit
flat_1x1_600s-001_9p30.fit
flat_1x1_600s-002_9p30.fit
flat_1x1_600s-003_9p30.fit
the1OriC_1x1_1200s-001.fit
the1OriC_1x1_1200s-002.fit
the1OriC_1x1_1200s-003.fit
the1OriC_1x1_1200s-004.fit
the1OriC_1x1_1200s-005.fit
the1OriC_1x1_1200s-006.fit
the1OriC_1x1_Neon_after.fit
the1OriC_1x1_Neon_before.fit
```

Wir starten also ESO-MIDAS im Verzeichnis Teneriffa.

```
cd Teneriffa
inmidas
```

### 2.1 Starten

SET/CONT SMS

Set parameters to default value

Your Language [de]:

startet den Context SMS und stellt die neuen Kommandos bereit. Der Benutzer wird auch gleich nach der gewünschten Sprache gefragt. Derzeit sind aber nur Englisch (en) und Deutsch (de) implementiert. Die Voreinstellung ist de. Die Voreinstellung bleibt erhalten, wenn man ohne weitere Eingabe ENTER drückt. Es wurde versucht alle Abfragen so zu gestalten, dass der bloße Druck auf die ENTER-Taste sinnvolle Voreinstellungen übernimmt.

Einige Voreinstellungen zeigt die Tabelle 3. Sie können jederzeit mit den Befehlen SET/SMS bzw. SET/LONG geändert werden.

Die östliche Länge<sup>2</sup> des Observatoriums wird zur Berechnung des julianischen Datums und der barycentrischen Geschwindigkeit des Beobachtungsorts aus der Beobachtungszeit gebraucht. Die Beobachtungszeit muss dabei in UT im FITS-Header gespeichert sein. Es ist Aufgabe der

---

<sup>2</sup>östliche Längen sind positiv, westliche negativ anzugeben

Aufnahmesoftware aus Rechnerzeit und Zeitzone die Universal Time zu berechnen.

SET/SMS smslong=-16,30,35

Wenn man alle Fehler- und Erfolgsmeldungen mitlesen will, setzt man die Beredsamkeit des Context SMS auf y.

SET/SMS smsverb=y

Context	Keyword	Wert	Bedeutung	Werte
SMS	smsverb	n	Meldungen mitlesen	y, n
SMS	mslang	de	Sprache	de, en
SMS	smstype	s	Art des Objekts	s=Stern, m=manuell, f=full
SMS	smsflip	n	alle Rohdaten flippen	y, n
SMS	smshcheck	y	Datum im Header prüfen	y, n
SMS	smsdisplayscale	-2	Bildmaßstab	ganze Zahl
SMS	smslindisp	0.1	gewünschte Lineardispersion	Dezimalzahl
SMS	mslong	11,29,16	östliche Länge des Beobachtungsorts	Zahl,Zahl,Zahl
LONG	gain	1.8	Gain des CCD	Zahl
LONG	ron	16	Ausleserauschen	Zahl
LONG	lincat	neon	Linienkatalog	Text
LONG	twodopt	y	2D Dispersion	y, n

Tabelle 3: Defaultwerte einiger Variablen

Wenn die Wellenlänge in den Spektren nicht von links nach rechts, sondern von rechts nach links ansteigt, müssen die Aufnahmen geflippt werden. Dazu setzt man das Keyword `smsflip` jetzt auf y. Geflippt wird jedoch erst bei EXTRACT/SMS. Die Originaldaten werden dabei nicht angetastet.

Midas wird vom Context SMS in den Midas-Modus geschaltet, d.h. alle neu erzeugten Bilder und Tabellen sind im Midasformat mit der Endung .bdf bzw. .tbl. ESO-Midas läuft schneller, wenn es seine eigenen Formate verwenden darf. Einige Befehle des Context LONG und EDIT/FIT setzen das Tabellenformat .tbl voraus.

Diese Formate sind allerdings *nicht geeignet zum Archivieren von Ergebnissen*. Dazu müssen die gewünschten Dateien in das normierte FITS-Format verwandelt werden.

## 2.2 Eigene Einstellungen verwenden

Wenn man eigene Voreinstellungen verwenden will, dann kann man im Verzeichnis midwork/sms die Datei ownsms.prg erstellen. Alle Kommandos in dieser Datei werden mit

SELF/SMS

ausgeführt. Die Datei ownsms.prg wird nicht mitgeliefert. Die eigenen Einstellungen werden bei einem Update also auch nicht überschrieben.

Die Datei ownsms.prg könnte zum Beispiel die Zeilen

```
set/sms smslindisp=0.7
set/sms smsflip=y
```

enthalten.

## 2.3 Einstellungen anschauen und setzen

Einige Einstellungen, die für die Verarbeitung der Spektren wichtig sind, kann man mit dem Befehl

BASIC/SMS

anschauen und verändern. Der Reihe nach werden folgende Variablen mit ihren momentanen Werten präsentiert:

```
Beobachter smsobserver=+:
Objekt smsobject=Star:
Rektaszension smsra=0.0,0.0,0.0:
Deklination smsdec=0.0,0.0,0.0:
geogr. Laenge (oestl. negativ) smslong=11.0,29.0,16.0:
geogr. Breite (noerdl. positiv) smslat=49.0,16.0,26.0:
Meereshoehe in m smsselev=595.0:
```

Nach dem Doppelpunkt kann ein neuer Wert eingetragen werden. Wenn man einfach nur ENTER drückt, bleibt der Inhalt der Variablen unverändert.

Beispiel: Beobachter smsobserver=+: Berthold und Lothar

Objekt smsobject=Star: theta Ori 1C

Texteingaben dürfen auch Leerzeichen enthalten.

## 2.4 Objektspektren

OBJECT/SMS origs/the1OriC\_1x1\_1200s-00\*.fit

Das Muster origs/the1OriC\_1x1\_1200s-00\*.fit passt genau auf die sechs Objektspektren im Unterverzeichnis origs/. Diese sechs Dateien werden nun von einem Perlskript der Reihe nach auf middummbb.fits kopiert. Dabei werden in den Headern der sechs Dateien gegebenenfalls die Einträge von Datum und Belichtungszeit berichtigt.<sup>3</sup> Wenn es SMS nicht gelingt Datum und Uhrzeit der Aufnahme zu ermitteln, dann wird der Bearbeiter bei jedem Objektspektrum danach gefragt. Die Originaldateien werden dabei nicht angetastet, und bleiben in ihrem ursprünglichen Zustand, wie sie von der CCD-Software geschrieben wurden.

Die Datei middummbb.fits wird in das bdf-format verwandelt und so der Reihe nach Objektspektren ob0001.bdf - ob0006.bdf erzeugt. Diese werden in den Katalog OBJECTS.cat aufgenommen.

Die Header werden nur angepasst, wenn  den Wert y enthält.

---

<sup>3</sup>Dazu muss aber die Uhr des Rechners mit dem die Spektren aufgenommen werden die richtige Zeit anzeigen und  die richtige geographische Länge des Beobachtungsortes enthalten.

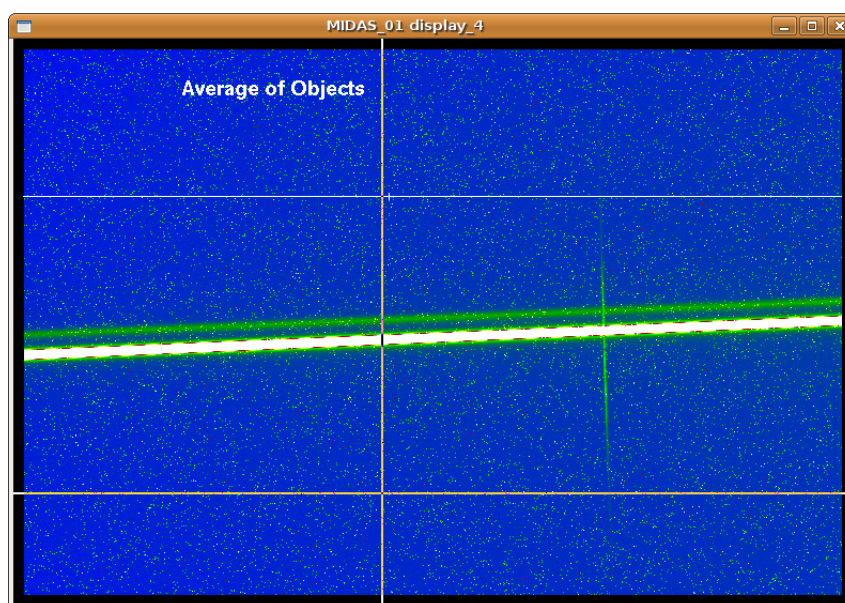


Die Belichtungszeit von ob0001.bdf wird in `smstexp` gespeichert, damit später die richtigen Dunkelströme gefunden werden, falls man welche verwenden will.

OBJECT/SMS liest auch die Abmessungen der CCD-Aufnahmen aus. Damit werden dann die Abmessungen des Displays berechnet, das in späteren Befehlen geöffnet wird. Selbst kleine CCD-Chips sind schon 800 Pixel breit. Damit würde das Display eine Breite von 820 Pixeln erhalten. Für die Auswahl von Hintergrundbereichen und Objektgrenzen ist das unnötig. Deshalb werden die Bilder im Maßstab 1:2 dargestellt. Dies kann man ändern, indem man die Variable `smsdisplayscale` auf einen anderen Wert setzt. Genauer dazu kann man unter `HELP LOAD/IMAGE` erfahren.<sup>4</sup>

Im Textfenster wird nun das Julianische Datum der ersten Aufnahme angezeigt. Falls das im Header nicht existiert, wird der Descriptor `o_time(4)` angezeigt, wo das modifizierte julianische Datum stehen sollte.

Für 2 Sekunden wird nun das Mittel aus den Rohspektren gezeigt. Dann soll noch ein Bereich für die weitere Bearbeitung bestimmt werden. Dazu wird dem Bearbeiter der krass überbelichtete Mittelwert aus allen Objektaufnahmen präsentiert.

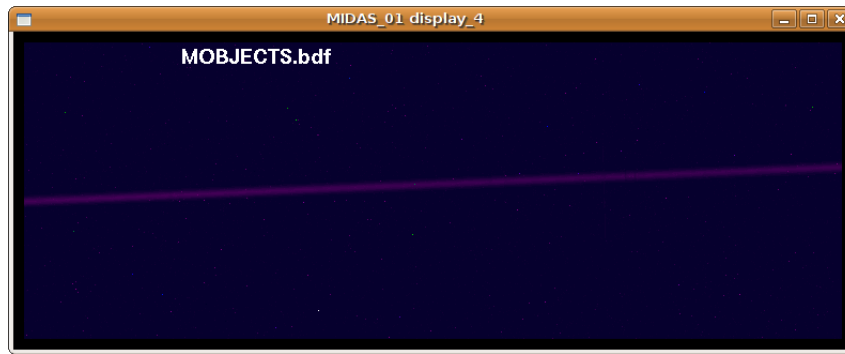


Im Displayfenster muss er nun einen Bereich um den Spektralfaden auswählen, der genug Himmelshintergrund enthält. ein Bereich von etwa 200px - 400px Breite sollte genügen.

Damit wird zum einen die Größe der Dateien verkleinert, und so die Bearbeitung beschleunigt. Der Hauptgrund ist allerdings, dass ein Bereich entstehen soll, wo im Vergleichsspektrum auch tatsächlich Linien zu finden sind und der im Flatfield auch wirklich Licht von der Halogenlampe enthält.

Zur Belohnung wird dem Betrachter nun noch der Median der ausgeschnittenen Objektaufnahmen gezeigt. Diesmal ohne Überbelichtung.

<sup>4</sup>Wenn `smsdisplayscale` einen negativen Wert enthält, dann ist das Fenster kleiner als das Bild in Originalgröße. Bei `smsdisplayscale = -2` ist es genau halb so groß ( $2^{-1}$ ). Wenn man dann mit `LOAD/IMAGE` ein Bild ganz anschauen möchte muss man den Verkleinerungskoeffizienten angeben. Zum Beispiel `LOAD/IMAGE &mflat sc=-2`



Entstanden sind nun der Katalog OBJECTS.cat, der die beschnittenen Rohaufnahmen enthält und die Datei MOBJECT.bdf die nur der oben schon genannte Median der Objektspektren ist.

---

Syntax : OBJECTS/SMS P1  
 P1 : Pfad oder Einzelbild  
 Katalog: OBJECTS.cat, enthält ob0001.bdf,...  
 Bild : MOBJECTS.bdf, Mittel aus OBJECTS.cat

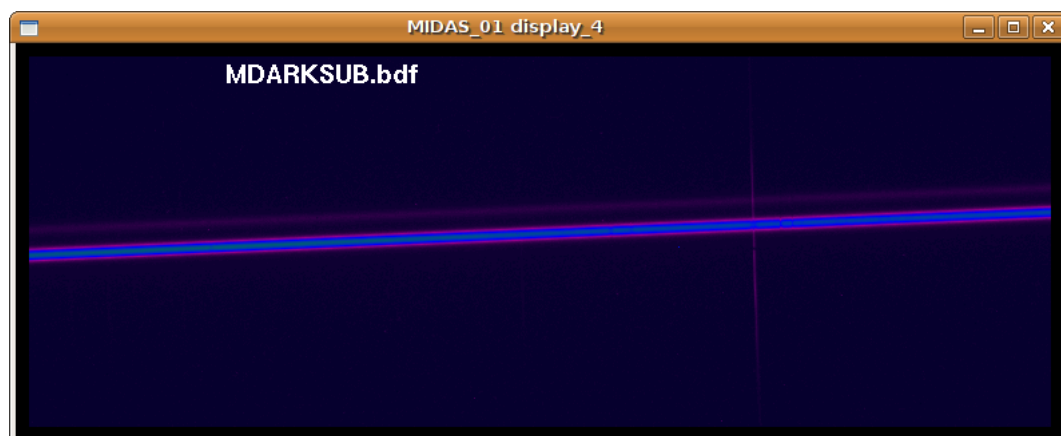
## 2.5 Darks

Von den Rohspektren sollte jetzt der Dunkelstrom abgezogen werden.

DARK/SMS origs/dark1x1\_\*.fit

Von den Dateien origs/dark1x1\_\*.fit werden nur die beiden Darks mit der Belichtungszeit der Objektaufnahmen (1200s) verwendet. Von diesen Darks wird der Median erzeugt. Das so entstandene Masterdark DASMS.bdf wird im aktuellen Verzeichnis gespeichert und von jedem Objektspektrum subtrahiert. Dabei entstehen die Dateien Dob0001.bdf usw., die dann im Katalog DARKSUB.cat aufgelistet sind.

Beim Abzug des Masterdark von den Objektaufnahmen können Pixel mit negativen Intensitäten entstehen (bis zu -65000!). Diese stören bei der Bestimmung des Himmels hintergrundes bei EXTRACT/SMS sehr und müssen deshalb in den Bildern Dob0001.fits usw. entfernt werden. Sie werden durch den Median des Gesamtframes ersetzt, oder, falls dieser negativ ist, durch 0.0.



Im angezeigten Mittel aus den korrigierten Objektframes sollten nun nur noch wenige heiße Pixel zu sehen sein.

Wenn keine geeigneten Darks gefunden wurden, wird eine Fehlermeldung ausgegeben und das gesamte HOME des Bearbeiters nach Dateien durchsucht, auf die das Muster passt. Der Bearbeiter kann dann den passenden Pfad bei einer erneuten Anwendung von DARK/SMS angeben.

```
Syntax : DARK/SMS P1
P1      : Pfad oder Einzelbild
Bild    : DASMS.bdf, Masterdark, der Median aus den gefundenen Darks
Katalog: DARKSUB.cat, enthält Dob0001.bdf,...
Bild    : MDARKSUB.bdf, Mittel aus DARKSUB.cat
```

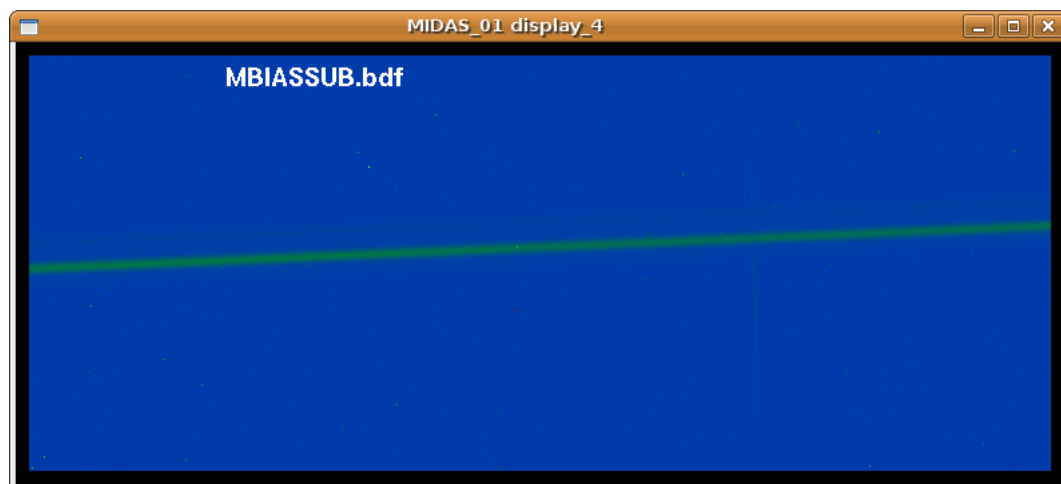
## 2.6 Biases

Bias-Aufnahmen sind sehr kurze ( $< 1$  sec) Darks. Sie enthalten den Gleichspannungsanteil der Ausselelektronik, das Infrarotlicht des Auslesetransistors und einen leicht ansteigenden Dunkelstrom, der während der Auslesedauer entsteht.

Die Biasframes enthalten kaum Cosmics oder heiße Pixel.

BIAS/SMS origs/bias\_00\*

Von den gefundenen Biases wird der Median gebildet. Das Bild wird zurecht geschnitten wie die Objektaufnahmen, und als MBIAS.bdf gespeichert. Danach wird MBIAS.bdf von den Aufnahmen im aktuellen Katalog subtrahiert. Normalerweise führt man BIAS/SMS aus, nachdem die Objektaufnahmen eingelesen wurden, so dass der Katalog OBJECTS.cat aktuell ist. Will man einen anderen Katalog verwenden, kann man ihn als zweiten Parameter auf der Kommandozeile angeben.



Die neu erzeugten Dateien erhalten ein B vor ihren ursprünglichen Namen gesetzt.

Wenn später das Vergleichsspektrum eingelesen wird, dann wird auch dieses vom Bias befreit. Dazu muss nur die Datei MBIAS.bdf existieren.

Syntax :	BIAS/SMS P1 P2
P1	: Pfad oder Einzelbild
P2	: alternativer Katalog
Bild	: MBIAS.bdf Median der Biasframes
Katalog:	BIASSUB.cat, enthält B...,...
Bild	: MBIASSUB.bdf, Mittel aus BIASSUB.cat

## 2.7 Flatfields

Gute Flatfields zu erstellen ist nicht einfach und auch nicht unbedingt nötig. Wer aber gut belichtete Flats hat, kann sie hier verwenden.

Flatfields werden mit einer Halogenlampe hergestellt, die oft durch einen Diffusor in das Teleskop leuchtet. Damit sind die Strahlengänge beim Flatfield und beim Sternspektrum deutlich verschieden. Deshalb kann mit einem solchen Flat weder die Blazefunktion des Gitters, noch eine eventuelle Vignettierung der Spektrographenoptik aus dem Spektrum entfernt werden. Lediglich Variationen der Empfindlichkeit einzelner Pixel und Staub im Spalt oder auf dem Eintrittsfenster des CCD werden mit den Flats beseitigt.

**Dunkelstromkorrektur:** Bevor das Flat jedoch normiert werden kann, sollte ein geeigneter Dunkelstrom abgezogen werden.

Wenn das CCD über die Chipfläche einen nahezu konstanten Dunkelstrom liefert, kann man einfach diese Intensität als Zahl vom Flatfield subtrahieren. Das hat den Vorteil, dass zum Flatfield kein weiteres Rauschen hinzu gefügt wird.

Wenn man wirklich den Durchschnitt zugehöriger Darks verwenden will, muss dieser vor der Subtraktion von eventuellen heißen Pixeln befreit werden. Das implementierte Verfahren wird im Abschnitt 2.11 beschrieben.

Wenn das Masterflatdark von den heißen Pixeln befreit ist, wird der Median aller seiner Pixelintensitäten berechnet und der Benutzer wird noch einmal gefragt, ob er nicht lieber doch diesen Zahlenwert als Dunkelstrom verwenden will.

**Normieren:** Nach der Dunkelstromkorrektur wird das gemittelte Flat normiert. Dabei werden alle großräumigen Variationen entfernt.

Es stehen 2 verschiedene Verfahren zur Auswahl:

- NORMAL/SPEC
- Polynomfit

NORMAL/SPEC aus dem Context SPEC kann man verwenden, wenn alle Zeilen des Flat im wesentlichen den gleichen Intensitätsverlauf zeigen.

Wenn jedoch in einem Bereich des Flats eine deutliche Intensitätsspitze zu sehen ist, sollte versucht werden das Kontinuum der Flatfieldlampe mit einem Polynomfit zu approximieren. Dazu wird der Intensitätsverlauf durch ein zweidimensionales Polynom vom Grad  $n \leq 3$  approximiert.

$$I(x, y) = \sum_{0 \leq i, j \leq n} a_{ij} x^i y^j$$

$I(x, y)$  ist die Intensität des Pixels mit den Koordinaten  $x$  und  $y$ .

Für eine bessere Konvergenz wurde beim Grad  $n = 3$  der Koeffizient  $a_{33}$  auf Null gesetzt.

Eine genauere Beschreibung der angewendeten Methode kann man im Kapitel [Fitting of Data](#) im [ESO-MIDAS User's Guide Volume A](#) nachlesen.

Das Ergebnis der Approximation ist das Bild FLATFIT.bdf. Das Flat wird dann durch diese Approximation geteilt. Das Ergebnis hat dann die Durchschnittsintensität 1 und enthält nur noch die räumlich kleineren Abweichungen und einige heiße Pixel, die wieder, wie in [2.11](#) beschrieben, entfernt werden müssen.

Der Befehl FLAT/SMS kann zwei Parameter lesen. Der erste Parameter ist, wie bei DARK/SMS der Pfad zu den Flats. Aus den Datei(en) wird der Median gebildet.

Wie es dann weiter geht hängt vom zweiten Parameter ab. Es gibt drei Möglichkeiten:

- A:** der Parameter darf fehlen,
- B:** eine Zahl sein, oder
- C:** der Pfad zu passenden Dunkelströmen.

**A** verwendet man, wenn die Flats schon vom Dunkelstrom befreit sind.

FLAT/SMS origs/flat1x1\_\*\_9p30.fit

Alle Flats um Unterverzeichnis origs, auf die das Muster flat1x1\_\*\_9p30.fit passt werden verwendet. Von diesen Flats wird der Median gebildet.

**B** vermeidet noch das Rauschen im Dunkelstrom indem nur eine Zahl von den Flats subtrahiert wird.

FLAT/SMS origs/flat1x1\_\*\_9p30.fit 834

Hier wird vom Median der Flats einfach 834 abgezogen.

**C** veranlasst, dass die Dunkelströme tatsächlich verwendet werden.

FLAT/SMS origs/flat1x1\_\*\_9p30.fit origs/dark1x1\_600s\*.fit

Hier wird der Median aller gefundenen Darks dark1x1\_600s\*.fit vom Median der Flats flat1x1\_\*\_9p30.fit abgezogen.

Vor dem Darkabzug wird der Median der Darks noch von heißen Pixeln befreit. Siehe [2.11](#)

Bei allen Varianten wird das Ergebnis als Masterflat in MFLAT.bdf gespeichert.

Mit  $\&mnflat = MFLAT / FLATFIT$  erhält man das normierte Masterflat, das keine großräumigen Gradienten enthält, aber noch die Pixelvariationen, die Spuren des Staubes auf den Spaltbacken und die Verschmutzungen des Eintrittsfensters des CCD und heiße Pixel.

Das Masterflat ohne heiße Pixel heißt dann NFLAT.bdf.

Hier der kompletter Dialog:

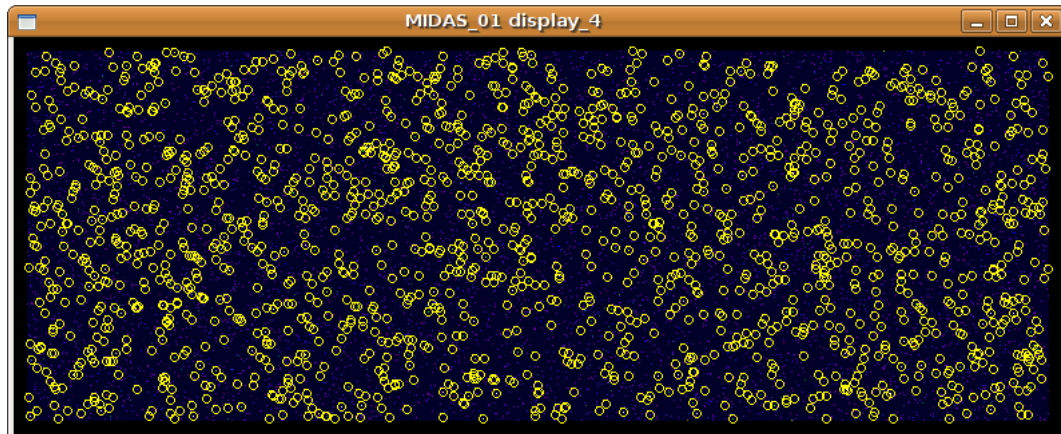
```
Midas 054> FLAT/SMS      origs/flat_1x1_600s-00*.fit origs/dark1x1_600s-00*.fit
```



```

4 Flats gefunden.
... arbeite
... arbeite
3 Darks gefunden.
... arbeite
... arbeite
Median (filter) = 6
Mindestlevel der Hot Pixel    = 695
Median                        = 6.38289E+00
863 Hot Pixels

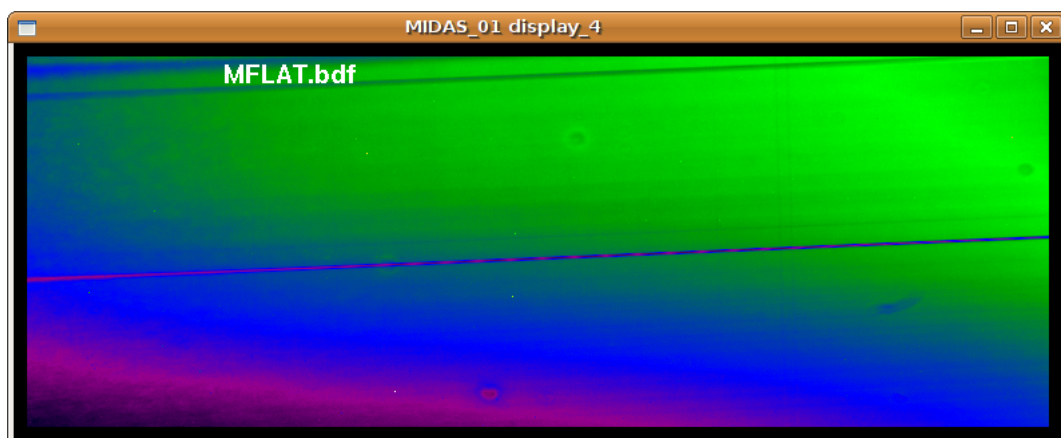
```



```

neuer Wert [695]?
300
Median      = 6.38289E+00
2140 Hot Pixels
neuer Wert [300]?
fdhotpix.tbl erzeugt.
Removing hot pixels ...
... arbeite
MFLATDARK Median = 98
Median statt Bild verwenden? (y/n) [n]: y

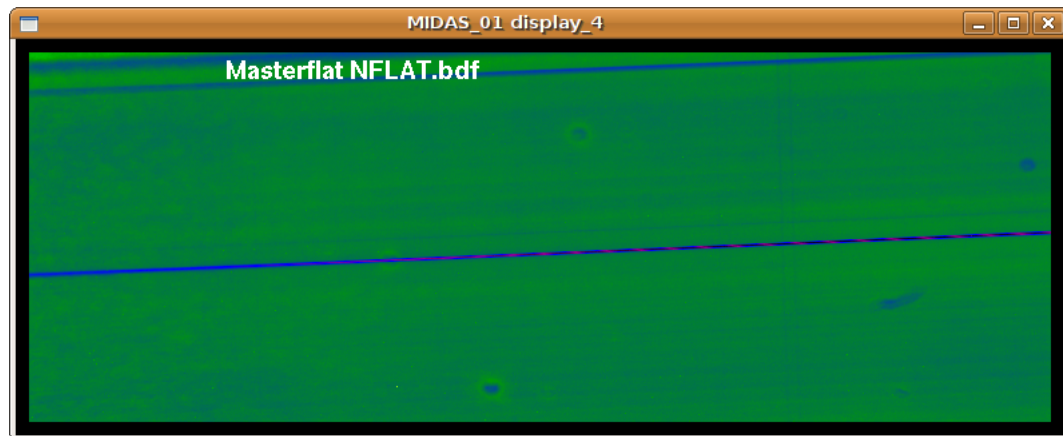
```



```

Art der Normierung?
NORMAL/FLAT      N
Fit Polynom Grad 1
Fit Polynom Grad 2
Fit Polynom Grad 3
N, 1, 2, 3 ? [3]:
15 of 20 iterations
Median           = 1.0
Mindestlevel der Hot Pixel    = 1.16
Median           = 1.0
46 Hot Pixels
neuer Wert [1.16]?
1.05
Median           = 1.0
681 Hot Pixels
neuer Wert [1.05]?
1.08
Median           = 1.0
105 Hot Pixels
neuer Wert [1.08]?
fhotpix.tbl erzeugt.
Removing hot pixels ...
... arbeite
Masterflat NFLAT erzeugt.

```




---

```

Syntax: FLAT/SMS P1 P2
P1      : Pfad oder Einzelbild
P2      : Pfad oder Einzelbild oder Zahl, optional
Bild    : MFLAT.bdf, Masterflat
Bild    : NFLAT.bdf, normiertes Masterflat

```

## 2.8 Flatkorrektur

Danach werden die Objektspektren durch das Masterflat geteilt.

FCORR/SMS

Der Befehl kennt zwei Parameter. Zuerst kann man den gewünschten Katalog angeben, als zweites den Namen des Masterflat, falls es nicht NFLAT.bdf ist.

Die dividierten Objektaufnahmen werden im Katalog FLATCORR.cat gespeichert und dem Benutzer wird MFLATCORR.bdf gezeigt. Das ist das arithmetische Mittel aus den Dateien in FLATCORR.cat.



Syntax : FCORR/SMS P1 P2  
P1 : Katalog oder Einzelbild  
P2 : Masterflat, optional  
Katalog: FLATCORR.cat enthält F...,... oder F...,...  
Bild : MFLATCORR.bdf, Masterflat

## 2.9 Vergleichsspektrum

Der Befehl liest ein einziges Vergleichsspektrum ein. Der Name ist deshalb vollständig anzugeben.

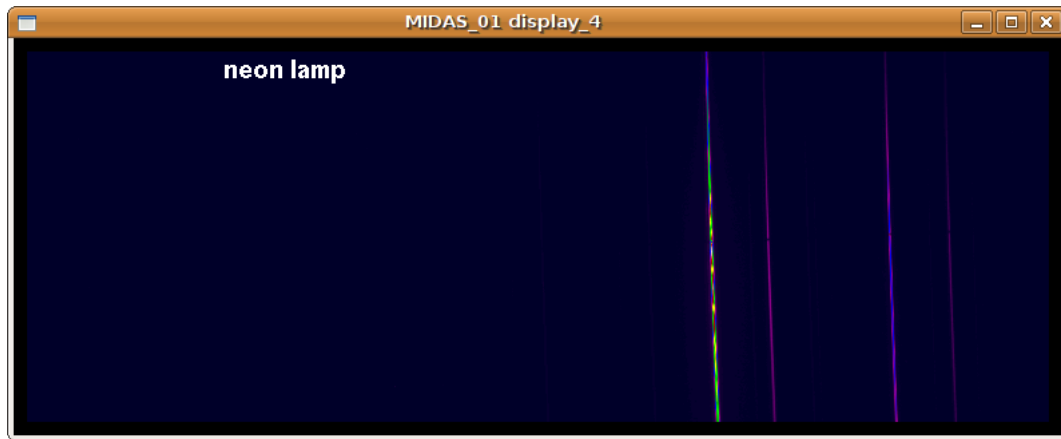
CSPEC/SMS origs/thet1OriC\_1x1\_Neon\_before.fit  
Linienkatalog? [neon]:

Das Spektrum wird in die temporäre Datei &cspec kopiert, und der Benutzer nach dem Katalog der Spektrallinien gefragt. Wir können hier einfach ENTER drücken, wenn der Name richtig ist. Der Katalog neon.tfits wird aus dem Verzeichnis midwork/ in das aktuelle Verzeichnis kopiert und dabei in neon.tbl konvertiert. neon.tfits muss also in midwork/ vorhanden sein.<sup>5</sup> Will man einen anderen Linienkatalog, z.B. thar.tfits verwenden, so gibt man oben thar ohne Endung an. Die Tabelle thar.tfits muss unter genau diesem Namen in midwork vorhanden sein.

Die Datei &cspec wird noch zurechtgeschnitten und das Ergebnis wird dem Benutzer gezeigt. Falls oben MBIAS.bdf erzeugt wurde, wird das Spektrum stillschweigend von Bias befreit.

<sup>5</sup>Die Tabelle neon.tfits wird als gneon.tfits mitgeliefert. Man kopiert sie gegebenenfalls auf neon.tfits





Leider sind nur rechts Linien zu sehen. Das ist etwas ungünstig. Wir werden das weiter unten bei der Kalibration berücksichtigen.

Wenn keine geeigneten Dateien gefunden wurden, gibt es eine Fehlermeldung.

```
Syntax: CSPEC/SMS P1
P1      : Einzelbild
Bild    : middummts
```

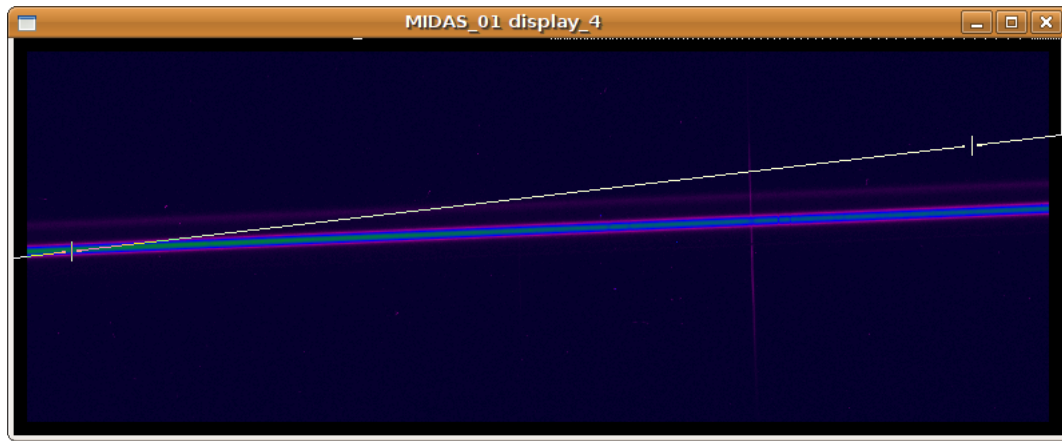
## 2.10 Drehen

Eigentlich kann man einen Spaltspektrographen so bauen, dass die Spektren perfekt waagrecht auf dem Chip liegen. Hier ist trotzdem die Möglichkeit eingebaut, die Spektren waagrecht zu drehen. Das Vergleichsspektrum wird stillschweigend mitgedreht.

Auf der Kommandozeile gibt man den Katalog der Objektspektren an. Das kann, je nachdem welche Bearbeitungsschritte durchgeführt wurden, OBJECTS.cat, DARKSUB.cat oder FLATCORR.cat sein.

### ROTATE/SMS

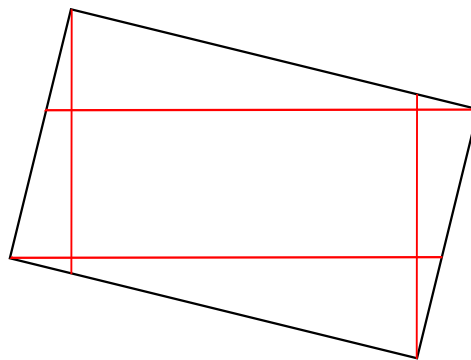
Wir haben vorhin die Flatkorrektur durchgeführt, also wird automatisch FLATCORR.cat verwendet. Das erste Bild aus dem Katalog wird gezeigt und zwei Cursor aktiviert, mit denen man eine Gerade auf das Spektrum legen kann. Der linke Cursor wird ganz normal mit der Maus bedient, der rechte mit den Pfeiltasten. Wenn die Gerade richtig liegt, drückt man die linke und dann die rechte Maustaste.



Der Rotationswinkel wird aus der Steigung der Geraden berechnet und die Bilder aus dem Katalog werden gedreht.

Das Vergleichsspektrum wird mitgedreht. Falls DASMS.bdf vorhanden ist, wird auch das gedreht und unter dem Namen RDASMS.bdf abgespeichert.

Die gedrehten Bilder werden noch achsenparallel zugeschnitten.



Die gedrehten Objektspektren werden im Katalog ROTOBJ.cat notiert und erhalten den Buchstaben R vor ihren Namen gesetzt. Nur das Vergleichsspektrum heißt weiterhin &ts.



Syntax : ROTATE/SMS P1

P1 : Katalog oder Einzelbild

Katalog: ROTOBJ.cat enthält RFDob0001.bdf,... oder ..., je nach Katalog

Bild : MROTOBJ.bdf

## 2.11 Hot Pixels

Jetzt sind die Objektspektren soweit hergerichtet, dass die heißen Pixel daraus entfernt werden können.

**Heiße Pixel finden:** FHOT/SMS MROTOBJ.bdf

Die heißen Pixels suchen wir im Bild MROTOBJ.bdf und entfernen sie dann aus den einzelnen Objektspektren.

Wenn die Spektren nicht gedreht werden mussten, dann kann auch in MFLATCORR oder in MDARKSUB, oder in DASMS, oder, wenn wir nicht mal eine Dunkelstromkorrektur durchführen wollten in OBJECTS nach den heißen Pixels gesucht werden.

Jetzt aber verwenden wir MROTOBJ.bdf.

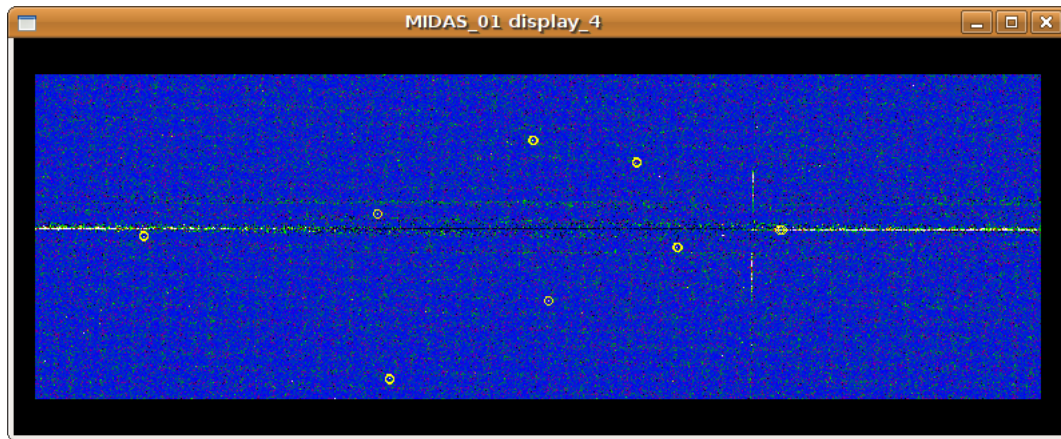
Aus MROTOBJ.bdf wird vorher das Objektspektrum durch einen Medianfilter abgeschwächt. Dazu wird MROTOBJ mit einem  $3 \times 3$  Pixel weitem Medianfilter geglättet. Dabei verschwinden die kleinräumigen Strukturen im Bild, also die heißen Pixel. Die gefilterte Datei wird dann von MROTOBJ subtrahiert. Damit werden großräumige Variationen grob unterdrückt, also vor allem das Spektrum, und im Differenzbild treten die heißen Pixel deutlicher hervor.

Im so erzeugten Bild &hot.fits werden dann alle Pixel markiert, die mindestens 5 Standardabweichungen über dem Median des ganzen Bildes liegen. Die Positionen dieser heißen Pixel werden in die Tabelle hotpix.tbl aufgenommen und in einem Bild gezeigt. Der Bearbeiter kann nun den Mindestlevel ändern. Wenn er den angezeigten Wert beibehält, wird der Befehl beendet und die Tabelle geschrieben.

Wenn man den Mindestlevel recht klein wählt, kann die Anzahl der heißen Pixel leicht in die Tausende gehen. Ihre Entfernung aus dem Bild dauert dann schon einige zig Sekunden.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>Aus eigener Erfahrung möchte ich darauf hinweisen, dass manche hartnäckigen hot pixels auch einfach vom Monitor abgewischt werden können.☺



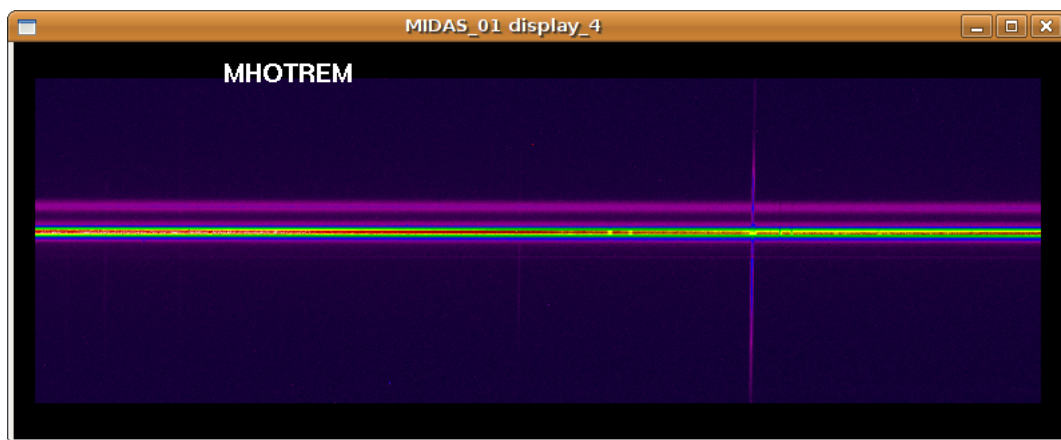
Heiße Pixel, die in der ersten oder der letzten Zeile eines Bildes liegen, werden nicht mit entfernt.

---

Syntax: FHOT/SMS P1  
P1 : Einzelbild  
Tabelle: hotpix.tbl

### Heiße Pixel entfernen: RMHOT/SMS

Jetzt werden aus jedem Bild im aktuellen Katalog die markierten Pixel durch den Mittelwert des Pixels in der Zeile darüber und in der Zeile darunter ersetzt.



Das Bild zeigt vier Spektren. Drei waagrecht liegende Sternspektren. Senkrechten dazu stehen zwei Emissionslinien des Orionnebels, der kein Kontinuum zeigt.

---

Syntax : RMHOT/SMS P1  
P1 : Katalog oder Einzelbild  
Katalog: HOTREM.cat enthält HRFDob0001.bdf,... oder ... , je nach Katalog  
Bild : MHOTREM.bdf

## 2.12 Extrahieren

Bevor man diesem Befehl aufruft, sollte das Keyword `smstype` richtig gesetzt werden. 's' für Punktquellen (Voreinstellung), 'm' für manuelle Auswahl von Himmelshintergrund und Objektbereich.

Da wir drei Sternspektren in jeder Aufnahme haben, müssen wir Sky und Objekt manuell bestimmen.

SET/SMS `smstype=m`

`smstype=s` bewirkt, dass in jedem Bild nach dem Spektrum gesucht wird und Sky- und Objektgrenzen automatisch berechnet werden. Das geht nur gut, wenn wirklich nur ein Sternspektrum zu sehen ist und keine starken heißen Pixel den Suchalgorithmus irritieren.

EXTRACT/SMS

Der Befehl liest zwei Parameter. Der erste ist wieder der Katalog mit den Namen der Spektren, die reduziert werden sollen. Wir können ihn einfach weglassen. Der zweite Parameter bewirkt, dass in jedem Bild kurz angezeigt wird, aus welchem Bereich der Himmelshintergrund genommen wird und wo das Spektrum vermutet wird.

Der zweiten Parameter auch angegeben werden, wenn man beim ersten nichts eintragen will.

EXTRACT/SMS ? y bewirkt, dass in jedem rektifizierten Rohspektrum für 2 Sekunden die Bereiche des Himmelshintergrunds und des Objektspektrums angezeigt werden.

Der Benutzer wird zunächst nach dem Namen des Ergebnisspektrums gefragt:

Ergebnisspektrum : `theta1OriC`

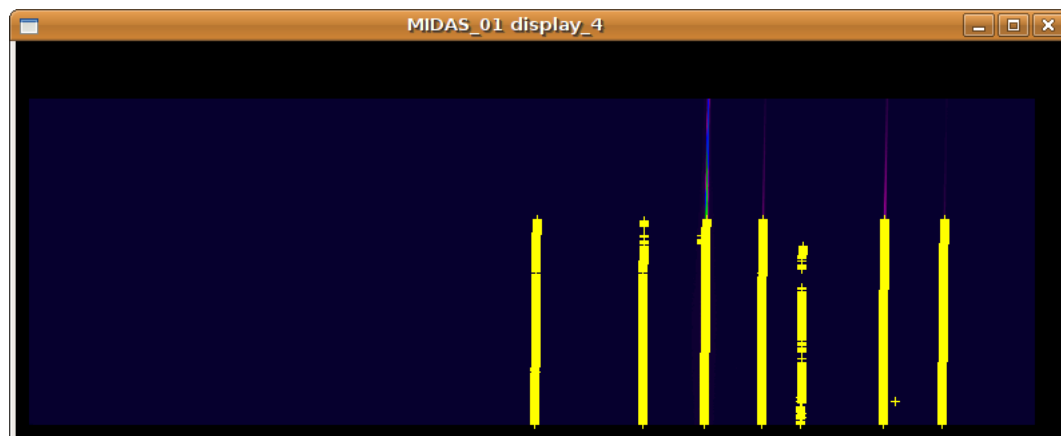
Das Ergebnis soll also `theta1OriC.fits` werden.

Zuerst wird das Vergleichsspektrum auf Werte zwischen 0 und 1 normiert.

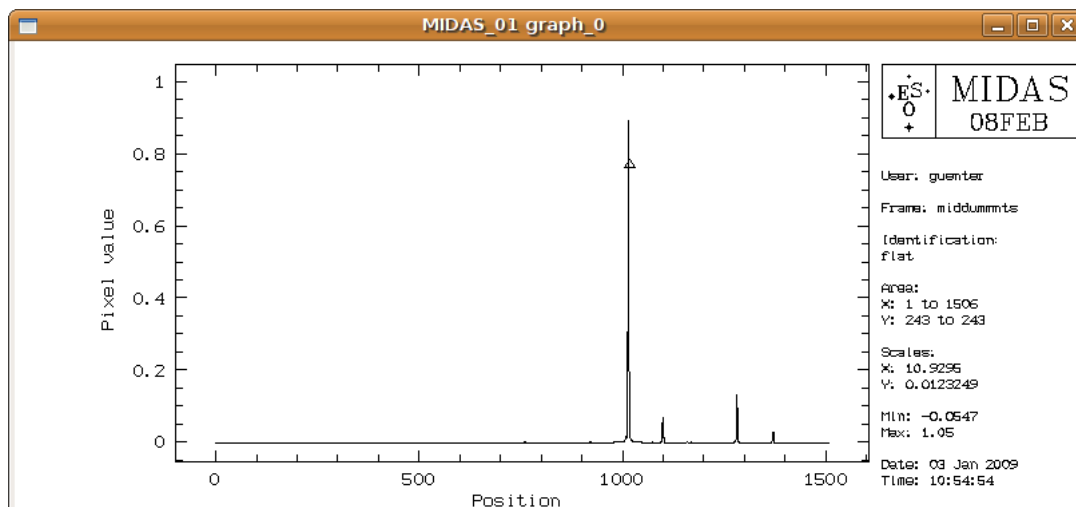
Im zusammengestauchten Vergleichsspektrum werden nun die Spektrallinien gesucht und das Ergebnis ins Bild gezeichnet. Der Bearbeiter wird gefragt ob die Suche erfolgreich war.

Neuer Threshold 0.002? :

Wenn zu wenige Linien markiert wurden, sollte man hier einen kleineren Wert eingeben, wenn viele Kreuzchen an Stellen ohne Spektrallinien zu sehen sind, dann kann man den Schwellenwert erhöhen. Sind wir aber zufrieden, dann drücken wir nur ENTER.



Jetzt müssen einige gefundene Spektrallinien identifiziert werden. Dazu wird die mittlere Zeile des Vergleichsspektrums im Graphikfenster gezeigt und nun sollte man sein Neonspektrum gut kennen!



Ein Klick auf die Linie bei 1000 ergibt:

IDENT ? :

Die Wellenlänge ist ungefähr 5852 Å. Genauer müssen wir es nicht wissen, denn Midas schaut selber in der Tabelle nach. Wir geben also 5852 im Textfenster an, drücken ENTER und identifizieren eine weitere Linie. Die Linie bei 1300 hat ungefähr 5944 Å. Das genügt. Rechtsklick im Graphikfenster beendet den Cursor.

Der Grad der Dispersionsrelation spielt eine wichtige Rolle. Der Grad sollte um 2 kleiner sein als die Anzahl der zugeordneten Linien. Je höher der Grad des Polynoms, desto absurder die Werte an den Rändern des Spektralbereichs. Im Neonspektrum stehen bei unseren kleinen Chips und bei hoher Lineardispersion oft nur drei Linien zur Verfügung. Wenn die drei Linien auch noch falsch identifiziert werden, kann es zum Abbruch des Programms kommen.

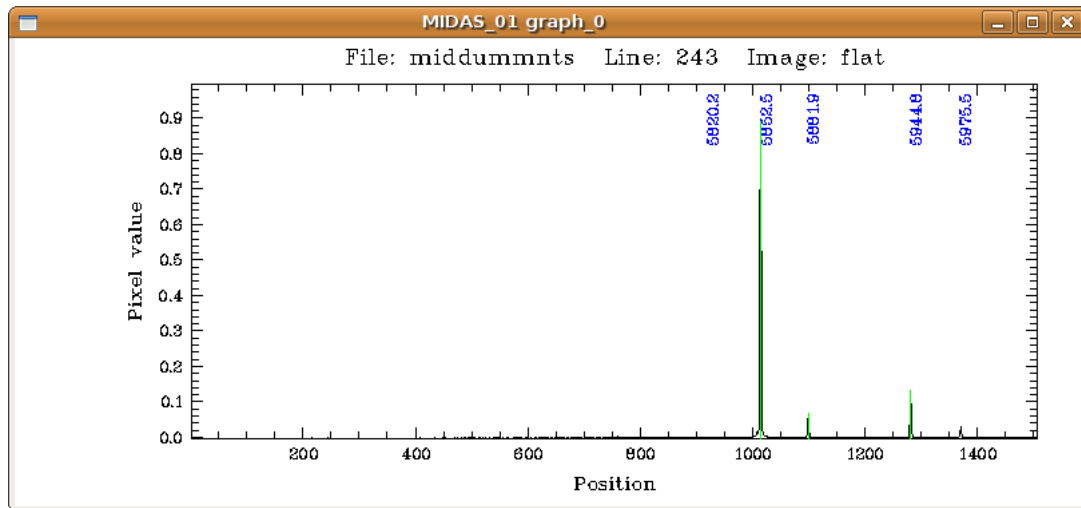
dcx = 3 ?

Wenn man die Frage nicht mit ENTER beantwortet, kann man für DCX einen beliebigen Wert eingeben. Wir nehmen ein lineares Polynom, weil links die Vergleichslinien fehlen.

dcx = 3 ? 1

Die Voreinstellung für DCX ist 3. Wenn aber nicht mehr als 5 Linien gefunden wurden, sinkt der Grad auf 2, bei weniger als 4 Linien auf 1.

Dann wird im Graphikfenster die Ausgabe von PLOT/CALI gezeigt. Darin ist bei all den Linien die Wellenlänge eingetragen, die zur Berechnung der Dispersionsrelation verwendet wurden. Wenn hier bei vielen Linien die Wellenlängen fehlen, dann stimmen die angegebenen Wellenlängen der identifizierten Linien nicht!



Im Befehlsfenster wird der Inhalt von 4 Variablen des Context LONG angezeigt:

```
- 5. (R) Rebin Parameters --
Rebinning method      : REBMTD = LINEAR
Wavelength Start      : REBSTRT = 5785.496
Wavelength End        : REBEND = 5988.116
Wavelength Step       : REBSTP = 0.131
Ok?
```

REBSTP ist die Lineardispersion in Å/px.

Wenn man bei Ok? nicht nur ENTER drückt, sondern n eingibt, gelangt man wieder zur Identifizierung zurück.

gewünschte Lineardispersion [0.1] Angstr./px

Hier ist nicht die tatsächliche Lineardispersion des Spektrographen gemeint, sondern die Schrittweite in den Einzelspektren EXEobj\_nnnn.fits und im Ergebnisspektrum. Hier sollte man eine Lineardispersion eingeben, die kleiner ist als REBSTEP oben. Da die echte Lineardispersion aber vom Wellenlängenbereich abhängt, sollte man die Ergebnisspektren auf einen gemeinsamen Wert linear rebinnen.

Jetzt wird das Spektrum ohne weitere Abfragen in der Wellenlänge kalibriert.

Wenn `smstype` auf s gesetzt ist, dann werden ohne weiteres Zutun die Spektrallinien im Vergleichsspektrum gerade gebogen.<sup>7</sup> Dann wird auf jedes Objektspektrum die gefundene Dispersionsrelation angewandt und alle Objektspektren einzeln reduziert.

- In jeder Aufnahme wird der Ort des Spektrums bestimmt
- der Bereich des Himmels aus der Breite des Spektrumfadens berechnet,
- ein Modell des Himmelshintergrundes erstellt,
- der Himmel abgezogen,
- und mit EXTRACT/LONG das Spektrum herausgeholt.
- Dabei werden auch nochmal behutsam Cosmics entfernt.

<sup>7</sup>Wer will kann das Bild &rts anschauen.



Wenn man will kann man jetzt die einzelnen extrahierten Spektren begutachten und schlechte Aufnahmen verwerfen:

Objektaufnahmen ausw [y/n] [y]:

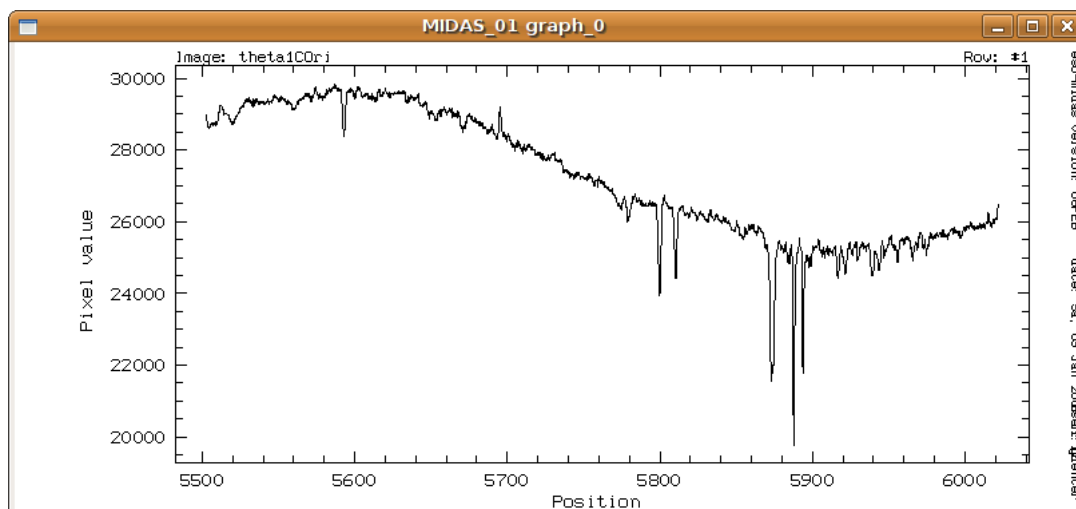
Verwenden? [y/n] [y]:

Verwenden? [y/n] [y]:

Verwenden? [y/n] [y]:

Da die Spektren gelungen sind drücken wir hier nur ENTER und von den gefundenen Spektren wird der Median gebildet und das Ergebnis dem Bearbeiter präsentiert.

theta10riC.fits



Bei einer ausgedehnten Lichtquelle, deren Bild auf dem Spalt auch noch räumliche Informationen enthält<sup>8</sup>, setzt man `smstype` auf m. Dann wird dem Bearbeiter jedes Objektspektrum gezeigt und er muss mit insgesamt 6 Mausklicks die Bereiche des unteren und oberen Himmelshintergrundes bestimmen und die horizontalen Grenzen des Objektspektrums.<sup>9</sup>

Wenn man die gleichen Spektren noch einmal extrahieren will, dann kann man die Kalibration der Wellenlänge überspringen, indem man den Befehl `EXTRACT/SMS JUMP` ausführt. Jetzt kann man die Bereiche von Sky und Object neu wählen.

Wenn das Spektrum aber den ganzen Spalt ausfüllt, und kein Himmelshintergrund neben dem Spektrum vorhanden ist, setzt man `smstype` auf f und von allen Zeilen in der jeweiligen Aufnahme wird der Mittelwert genommen.

## 2.13 Verschiebungen beseitigen

Bei langen Aufnahmeserien können Verbiegungen auftreten, so dass die Einzelspektren in der Wellenlänge verschoben sind.

<sup>8</sup>Zum Beispiel der Planet Saturn mit seinem Ring.

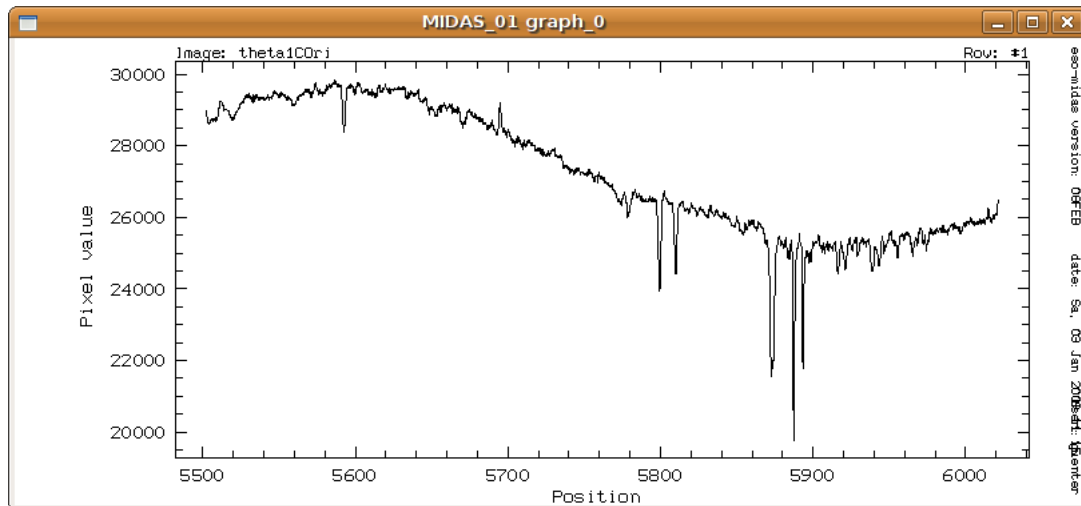
<sup>9</sup>Mit den Mausklicks bestimmt man die Grenzen der Bereiche. Von den Mauspositionen werden nur die y-Werte verwendet. Man klickt also zwei mal unterhalb des Spektrums und bestimmt so Unter- und Obergrenze des unteren Himmelshintergrunds, zwei mal oberhalb, um Unter- und Obergrenze des oberen Himmelshintergrunds. Analog grenzt man das Objektspektrum ein.



## CORREL/SMS

Ohne weitere Angabe wird der Katalog EXTRACTED.cat verwendet.

Das erste extrahierte Spektrum wird angezeigt und der Graphikcursor aktiviert. Man wählt mit zwei Klicks einen interessanten Bereich mit markanten Linien aus. In jedem Spektrum wird dann durch Kreuzkorrelation die Verschiebung relativ zum ersten Spektrum bestimmt und beseitigt. Das Summenspektrum heißt dann theta1OriC.bdf. Es steht auch als Fits zur Verfügung. Die Originaldatei von EXTRACT/SMS ist noch als theta1OriC\_orig.fits vorhanden.



```
Syntax: CORREL/SMS P1
P1      : Katalog
Bild    : smsresult.fits
```

## 2.14 Kontrollen

### 2.14.1 Kalibration in Wellenlänge

Der Context LONG bietet sechs Befehle an, mit denen die Wellenlängenkalibration überprüft werden kann.

Mit

REVIEW/SMS

können diese nach Belieben ausgeführt werden. eigentlich ist dazu kein neuer SMS -Befehl nötig, aber da Midas zuerst in den BDF-Modus geschaltet muss, habe ich dies hier automatisiert. Der gewünschte Befehl wird durch die Angabe der Ziffer gewählt.

- 1: PLOT/SEARCH
- 2: PLOT/IDENT
- 3: PLOT/CALIBRATE
- 4: PLOT/RESIDUUM
- 5: PLOT/DELTA
- 6: PLOT/DISTORTION

7: PLOT/CSPEC

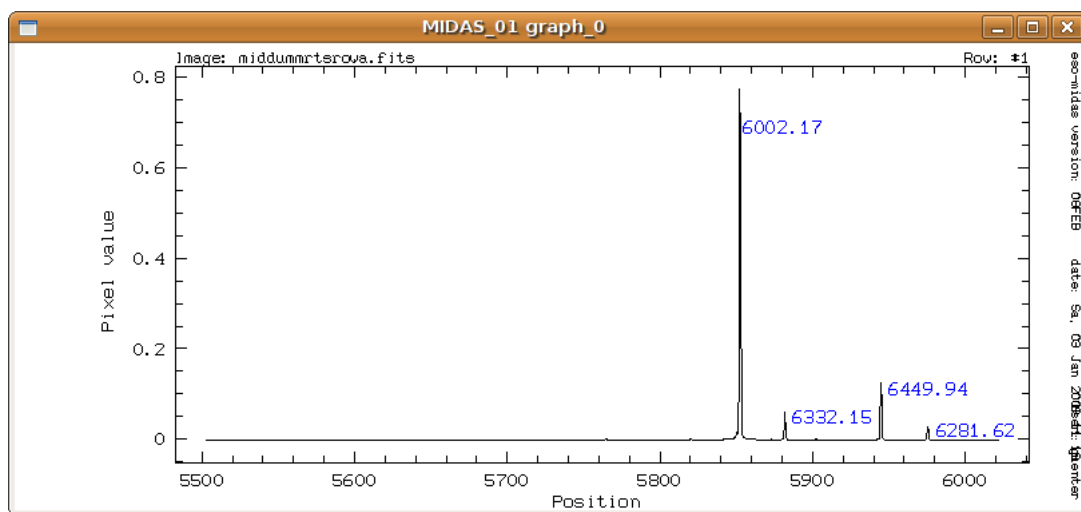
8: QUIT

- 1: Die mittlere Zeile des Vergleichsspektrums wird gezeigt, und die gefundenen Linien markiert.
- 2: Die mittlere Zeile des Vergleichsspektrums wird gezeigt, und die identifizierten Linien markiert.
- 3: Die mittlere Zeile des Vergleichsspektrums wird gezeigt, und die Linien markiert, deren Wellenlänge zur Kalibration verwendet wurden. Die identifizierten Linien sind grün markiert.
- 4: Die Dispersionsrelation  $Pixelnummer \mapsto \lambda$  ist ein Polynom vom Grad 1,2 oder 3. Sie ordnet den verwendeten Linien nicht mehr genau die Katalogwellenlänge zu. Die relativen Abweichungen werden hier angezeigt.
- 5: Hier wird die absolute Abweichung der Katalogwellenlängen (blaue Kreuzchen) von der Dispersionsrelation (durchgezogene schwarze Linie) gezeigt.
- 6: Hier muss zuerst eine Katalogwellenlängen ausgewählt werden. Dann wird für jede Zeile des rektifizierten Vergleichsspektrums die Abweichung vom der Dispersionsrelation vom Katalogwert angezeigt. Der Maßstab ist ziemlich extrem: Die Breite des Graphikfensters entspricht nur 1 Pixel auf den Chip.
- 7: Eine Zeile des kalibrierten Vergleichsspektrums im Bereich des Objektspektrums wird gezeigt.

## 2.14.2 Auflösung

RESOL/SMS

Die Auflösung wird aus der Breite der Linien im Vergleichsspektrum bestimmt. Dazu werden die Zeilen des rektifizierten Vergleichsspektrum &rts gemittelt in denen das Objekt liegt und ein 1D-Spektrum erzeugt. Aus diesem Spektrum werden die Peaks herausgeschnitten. Mit CENTER/GAUSS wird an jede Linie eine Gaussfunktion angepasst und die FWHM bestimmt.



Die lokale Auflösung ist dann der Quotient aus der Zentralwellenlänge und der FWHM der Linie. Minimum, Maximum und Mittelwert der gemessenen Auflösungen werden im Deskriptor RESOL im Bild theta1OriC<sup>10</sup> gespeichert.

## 2.15 Normieren

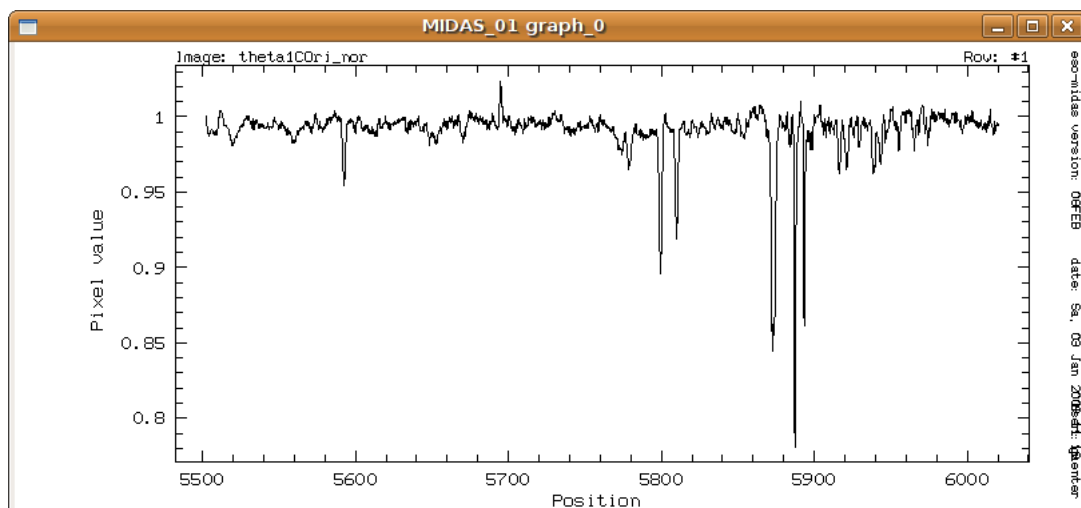
Ab hier wird Midas in den Fitsmodus geschaltet.

NORMAL/SMS

Das Spektrum theta1OriC wird angezeigt und man muss mit dem Cursor *mindestens 5 Punkte* anklicken, die man für das Kontinuum hält. durch die angeklickten Punkte werden Splines gelegt, und daraus das synthetische Kontinuum gebildet. Das Spektrum dann durch dieses dividiert.

Da der Spline am Anfang und am Ende oft nicht ganz bis an die Ränder des Spektrums reicht werden die überstehenden unbrauchbaren Pixel vom normierten Spektrum weggeschnitten.

Es entsteht die Datei theta1OriC\_nor.



Will man nicht das Ergebnis von EXTRACT/SMS bearbeiten, dann kann man auch einen anderen Dateinamen übergeben:

NORMAL/SMS MeinSpektrum

und erhält dann die Datei MeinSpektrum\_nor.

## 2.16 Julianisches Datum

Das Julianische Datum der Aufnahme kann meist aus dem Header, den die Aufnahmesoftware schreibt berechnet werden. Die Eigenheiten der verschiedenen Aufnahmeprogramme werden dabei berücksichtigt.

<sup>10</sup>Wenn das normierte Spektrum theta1OriC\_nor schon vorhanden ist, wird der Deskriptor dort auch gespeichert.

Bei EXTRACT/SMS wird das JD gleich mitberechnet, so dass man JULIA/SMS eigentlich nicht extra ausführen muss.

Wenn allerdings das automatisch berechnete JD nicht stimmt, kann man mit

JULIA/SMS MeinSpektrum 24556742.4329479

ein selbst gewähltes Datum in den Header JD eintragen.

## 2.17 Ein-Punkt-Normierung

Mit einem Mausklick kann man im Spektrum eine Wellenlänge auswählen. Das ganze Spektrum wird dann durch die Intensität bei dieser Wellenlänge dividiert. Der Verlauf des Kontinuums ändert sich dabei nicht, aber die Intensitäten verschiedener Spektren liegen nun in der Nähe von 1, so dass man gut verschiedene Spektren übereinander plotten kann.

OPN/SMS

erzeugt die Datei theta1OriC\_opn. Der Skalenfaktor wird in der neuen Datei im Deskriptor SCALED BY gespeichert.

Will man nicht das Ergebnis von EXTRACT/SMS bearbeiten, dann kann man auch einen anderen Dateinamen übergeben:

OPN/SMS MeinSpektrum

und erhält dann die Datei MeinSpektrum\_opn.

## 2.18 Signal To Noise

Den Signal-Rausch-Abstand kann man bei einem sauber normierten Spektrum in einem linienfreien Bereich leicht bestimmen. Das Kontinuum liegt dort bei 1. Die tatsächlichen Messwerte werden aber um die 1 herum etwas schwanken. Der Kehrwert der Standardabweichung dieser Schwankung ist dann S/N.

STON/SMS

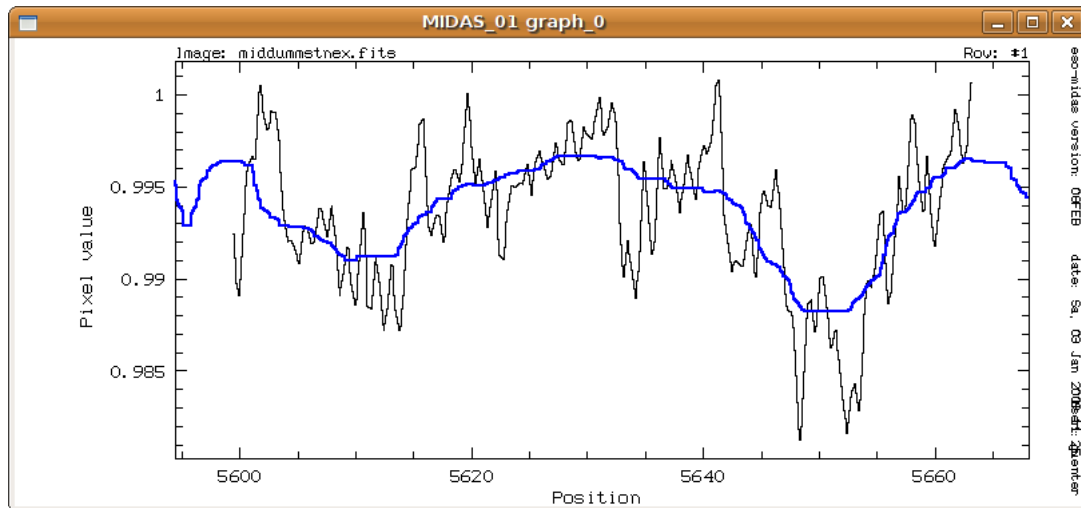
Wähle den Bereich.

Das Spektrum theta1OriC\_nor.fits wird angezeigt und man muss mit zwei Cursorclicks den Bereich auswählen, in dem das S/N berechnet werden soll.

Das komplette Spektrum wird nun mit einem Medianfilter der Breite `smsstn` geglättet um den Verlauf des Kontinuums zu erhalten. Im ausgewählten Bereich wird das Spektrum durch das Kontinuum geteilt und dann S/N berechnet.

Die Breite des Filters beträgt 50, d.h. es werden  $2 * 50 + 1 = 101$  Pixel bei der Berechnung des Medians verwendet.

Dem Bearbeiter wird der ausgewählte Spektralbereich mit dem eingeblendeten Kontinuum präsentiert.



$S/N = 375$

Das Ergebnis der S/N-Bestimmung wird im Descriptor sigtonoise im Spektrum theta1OriC\_nor.fits gespeichert.

Will man nicht das Ergebnis von NORMAL/SMS bearbeiten, dann kann man auch einen anderen Dateinamen übergeben:

STON/SMS MeinSpektrum

## 2.19 Äquivalentbreite

EQUIV/SMS

Zoomen mit 2 Klicks

Zuerst wird der Bereich um die interessierende Linie herausvergrößert, dann wird der Benutzer nach einer Bezeichnung der Linie gefragt.

Bezeichnung der Linie: [H\_alpha]: X5592

Dies ist notwendig, weil die berechnete Äquivalentbreite im Descriptor equivHe5876 gespeichert wird.

Bereich mit dem Cursor bestimmen? (y/n) [y]:

Hier kann man wählen ob der Integrationsbereich mit 2 Cursorklicks (beenden mit Leertaste) oder durch die Eingabe der Start- und Endwellenlänge bestimmen will. Bei der Cursormethode legt man mit dem Cursor sowohl die Wellenlänge, als auch die Intensität festgelegt. Der angenommene Verlauf des Kontinuums wird nach dem Beenden des Cursors angezeigt.<sup>11</sup> Wenn man die Wellenlängen angibt, dann wird die Intensität aus dem Spektrum genommen.

Will man nicht das Ergebnis von NORMAL/SMS bearbeiten, dann kann man auch einen anderen Dateinamen übergeben:

EQUIV/SMS MeinSpektrum

<sup>11</sup>Man kann hier ein richtig schön gekrümmtes Kontinuum erfinden, wenn man die Variablen `smseqcurs` und `smseqdeg` auf höhere Werte setzt. Standard sind 2, bzw. 1. Siehe die Hilfe zu INTEGRATE/LINE.

## 2.20 Daten ins Bild schreiben

Mit dem Befehl

LABEL/SMS werden einige Daten und Messwerte in das gerade aktive Graphikfenster geschrieben.

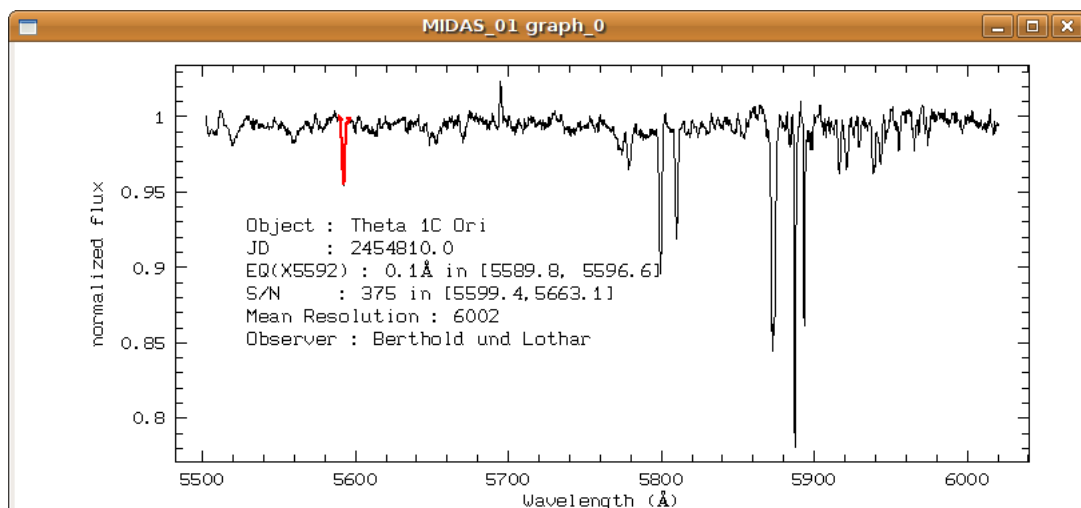
- Name des Objekts
- Julianisches Datum der Beobachtung
- mittlere Auflösung, falls vorhanden
- eine Äquivalentbreite, falls vorhanden
- S/N, falls vorhanden
- Name des Beobachters, falls ungleich +
- eine selbst formulierte Zeile, falls ungleich +

Die Messwerte und das JD werden aus dem Header des normierten Spektrums ausgelesen, das Spektrum wird in das Graphikfenster gezeichnet und mit schöneren Achsen versehen.

Wenn eine Äquivalentbreite gemessen wurde, dann wird der Bereich der Messung im Spektrum rot gefärbt.

Als Spektrum wird das Ergebnis von NORMAL/SMS verwendet. Wenn die Datei nicht existiert wird die Datei `SMSRESULT` verwendet. Wenn auch diese Datei nicht existiert, dann wird nach einem gültigen Namen gefragt. Man kann die gewünschte Datei auch gleich beim Befehl angeben:

LABEL/SMS MeinSpektrum.fits



Der Name des Objekts und der Name des Beobachters dürfen Leerzeichen enthalten, aber weder ' noch ''.

## 2.21 Bild vom Spektrum

IMAGE/SMS

Der Befehl liest drei Parameter:

`IMAGE/SMS out width trim`

Ohne weitere Angabe wird der Graphikbildschirm kopiert und das Bild `theta1OriC.gif` in der Größe  $600 \times 322$  Pixel erzeugt.

Will man nur eine andere Bildgröße erzielen, dann gibt man die gewünschte Breite als zweiten Parameter an. Das Seitenverhältnis des Bildes wird dabei nicht verändert.

`IMAGE/SMS ? 800`

Das Bild ist am Rand etwas beschnitten. Deshalb ist das erzeugte Bild etwas schmaler als 800 Pixel.

Einen anderen Bildnamen und ein anderes, von `convert` unterstütztes Format, gibt man als ersten Parameter an.

`IMAGE/SMS MeinSpektrum.jpg`

erzeugt dann `MeinSpektrum.jpg` in der Standardgröße  $600 \times 322$  Pixel.

`IMAGE/SMS` setzt voraus, dass die Pakete Ghostscript und ImageMagick im Linuxsystem installiert sind.

## 2.22 Einstellungen anzeigen

`SHOW/SMS` zeigt den Inhalt aller relevanten Variablen.

Man kann sie mit `SET/SMS` verändern. Siehe [2.1](#).

## 2.23 Einstellungen speichern

Mit dem Befehl

`SAVE/SMS meineEinstellungen`

werden alle Variablen des Contexte SMS und LONG in den Tabellen `meineEinstellungen.tbl` und `meineEinstellungen_long.tbl` im aktuellen Verzeichnis gespeichert<sup>12</sup>. Mit dem Befehl

`INIT/SMS meineEinstellungen`

kann man sie jederzeit wieder laden, insbesondere nach `SET/CONT sms`.

## 2.24 Aufräumen

`CLEAN/SMS`

löscht nahezu alle nicht mehr benötigten Dateien, hoffentlich nicht mehr.

---

<sup>12</sup>Das funktioniert nur, wenn lokal in `workenv=midas` zurückgeschaltet wird :-)

## 2.25 Beenden

CLEAR/SMS

beendet die Contexte LONG, SPEC und SMS.

## 3 Lizenz

Die Skriptsammlung ist nicht frei! Wer sie benutzt muss dem Verfasser bei einem persönlichen Zusammentreffen eine Tafel heller oder weißer Schokolade überreichen.



Maya ist immer dabei.