

Spektroskopie mit dem Alpy600-Spektrographen

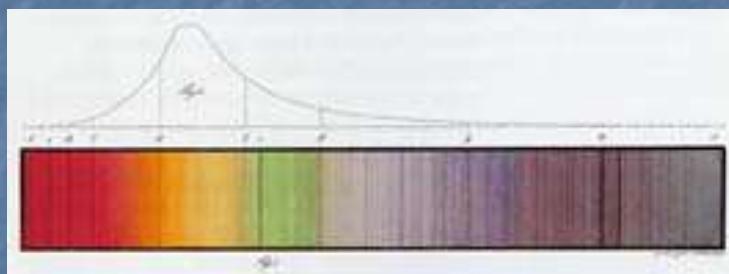




Anfänge

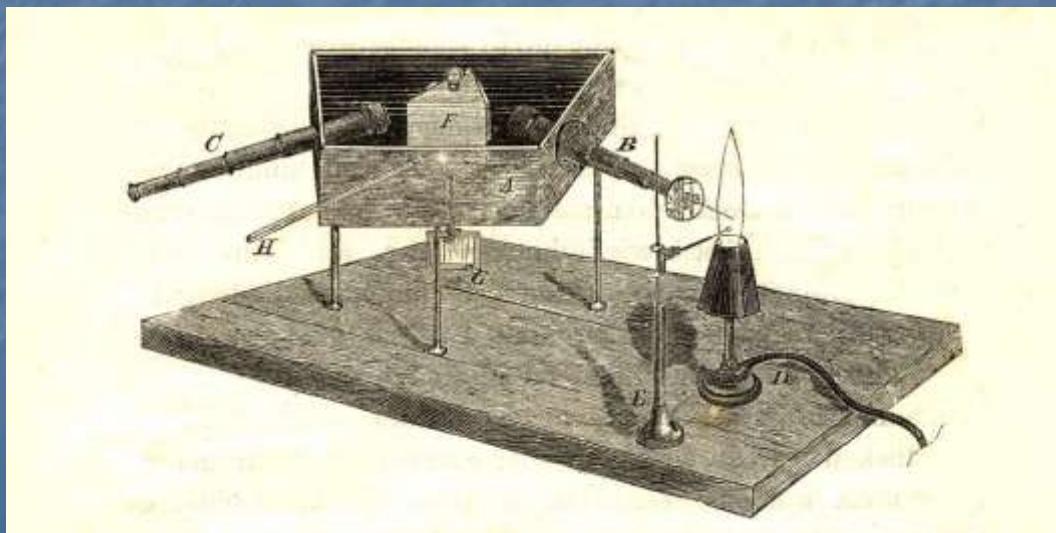
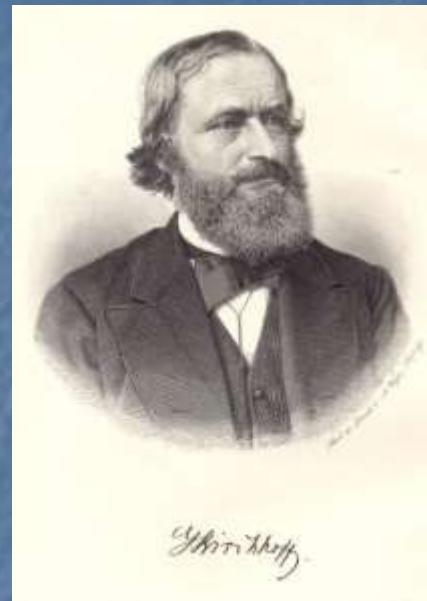
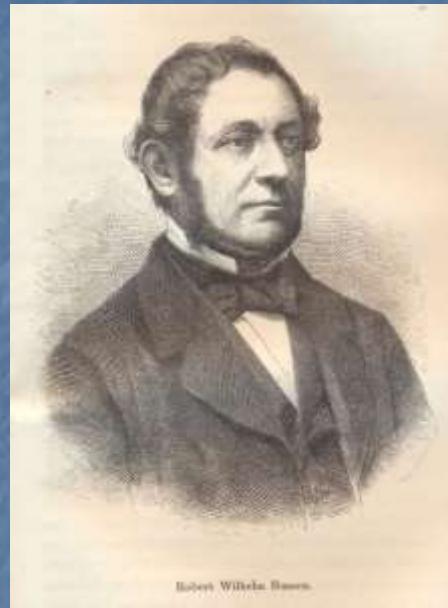


1672 Newton

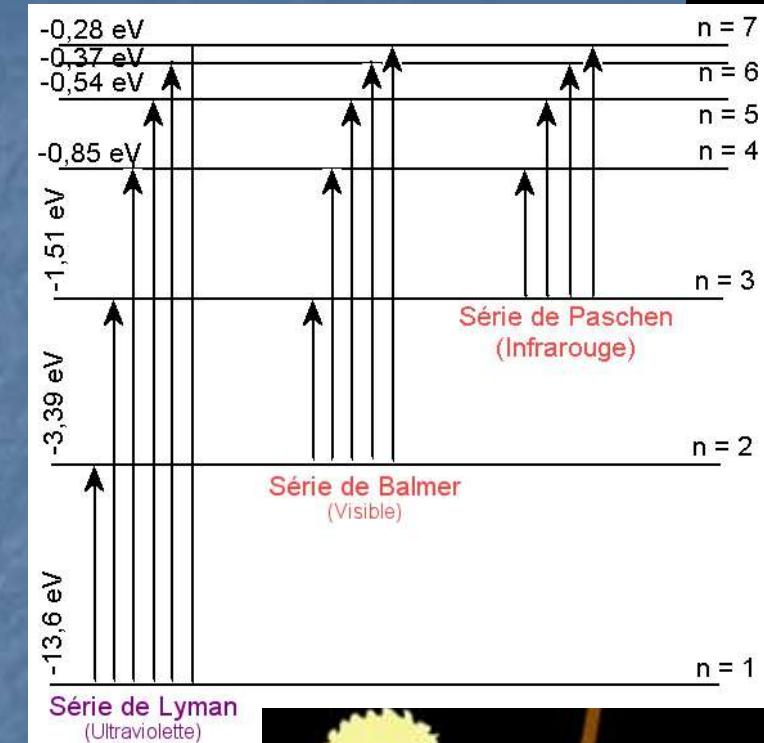
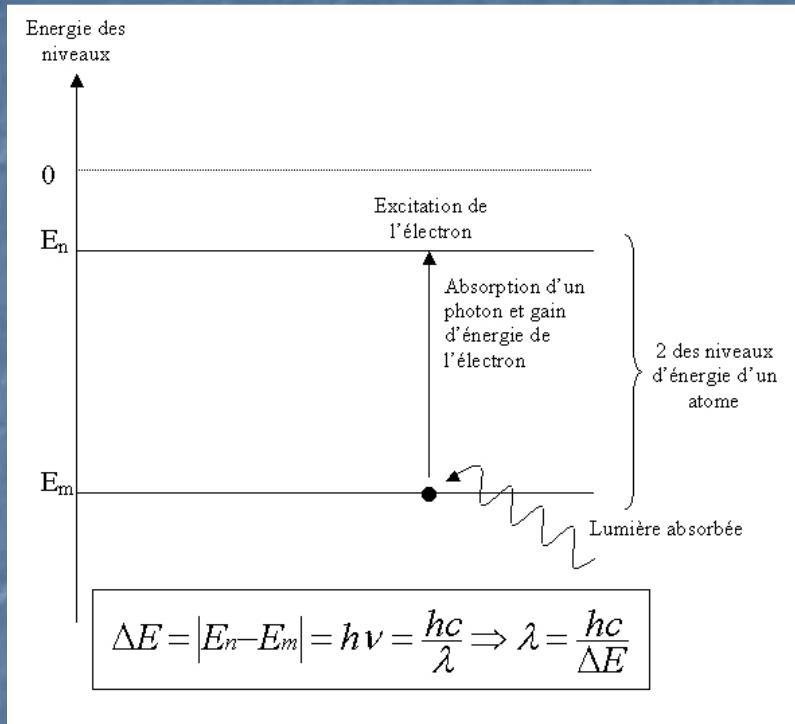


Zeichnung des Sonnenspektrums von Fraunhofer

Bunsen & Kirchhoff: 150 Jahre Spektralanalyse

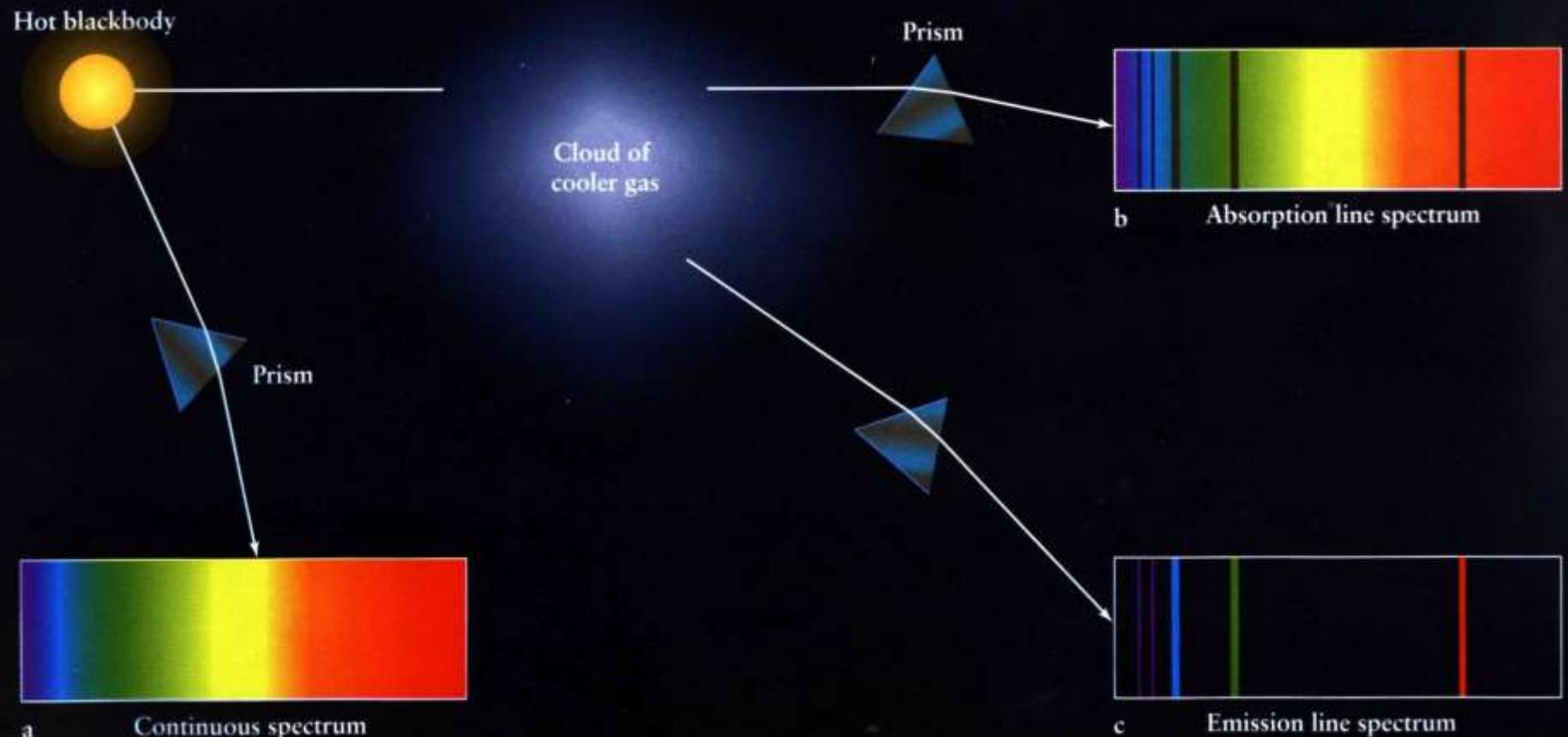


Physik der H-Linien





Typen von Spektren



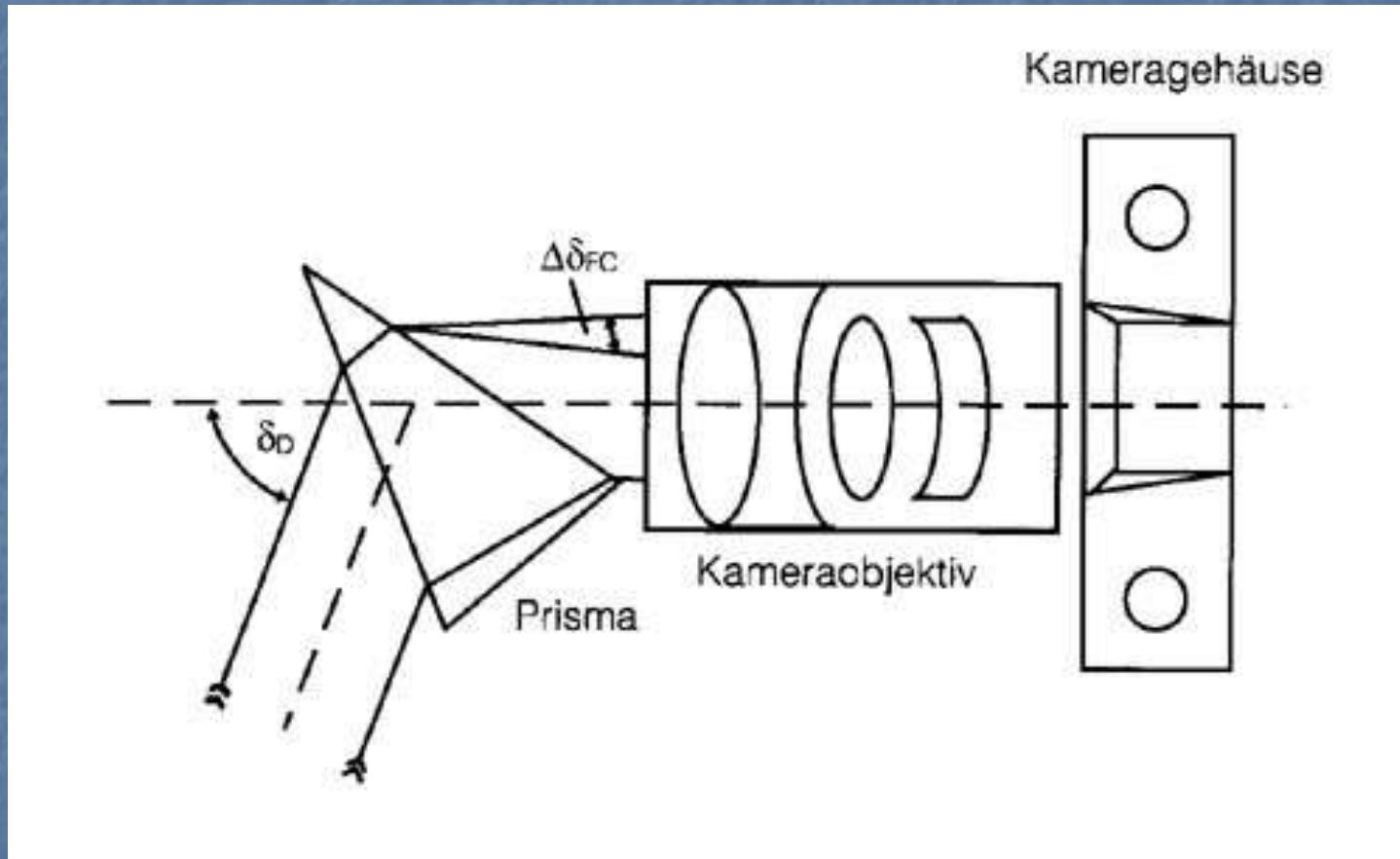


Die Möglichkeiten damals

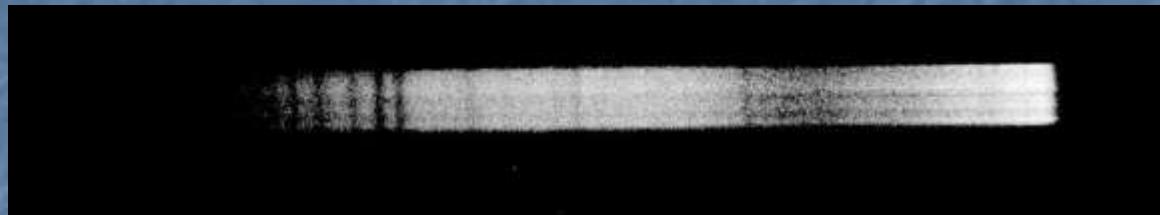
- Aufnahmen nur von hellen Sternen möglich
- Film/Platten geringen Empfindlichkeit und nicht linearer Empfänger
- Spezielle Geräte zur Auswertung nötig
- Gewusst wie - nur bei den Profis/Universitäten
- Literatur Recherche mühsam/zeitaufwendig



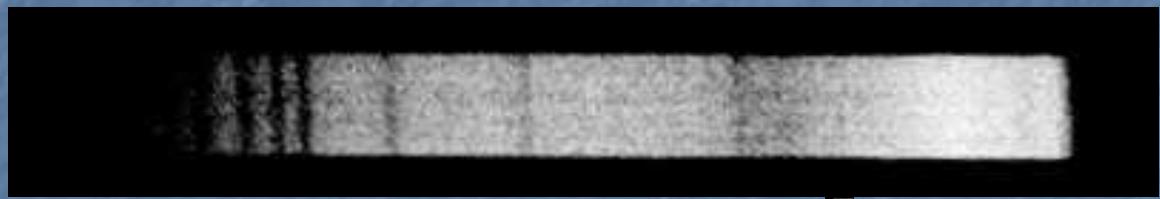
Damals : Mit dem Objektivprisma und Film



Spektren mit dem Objektivprisma und Film



δ Cas



β Cas



α Cas



α Ori



Das Objektivprisma



- + Viele Spektren
- +Große Reichweite
- +Einfache Handling
- -Nichtlineare Dispersion
- -Seeing
- -Bewölkung
- -Nachführfehler in DE

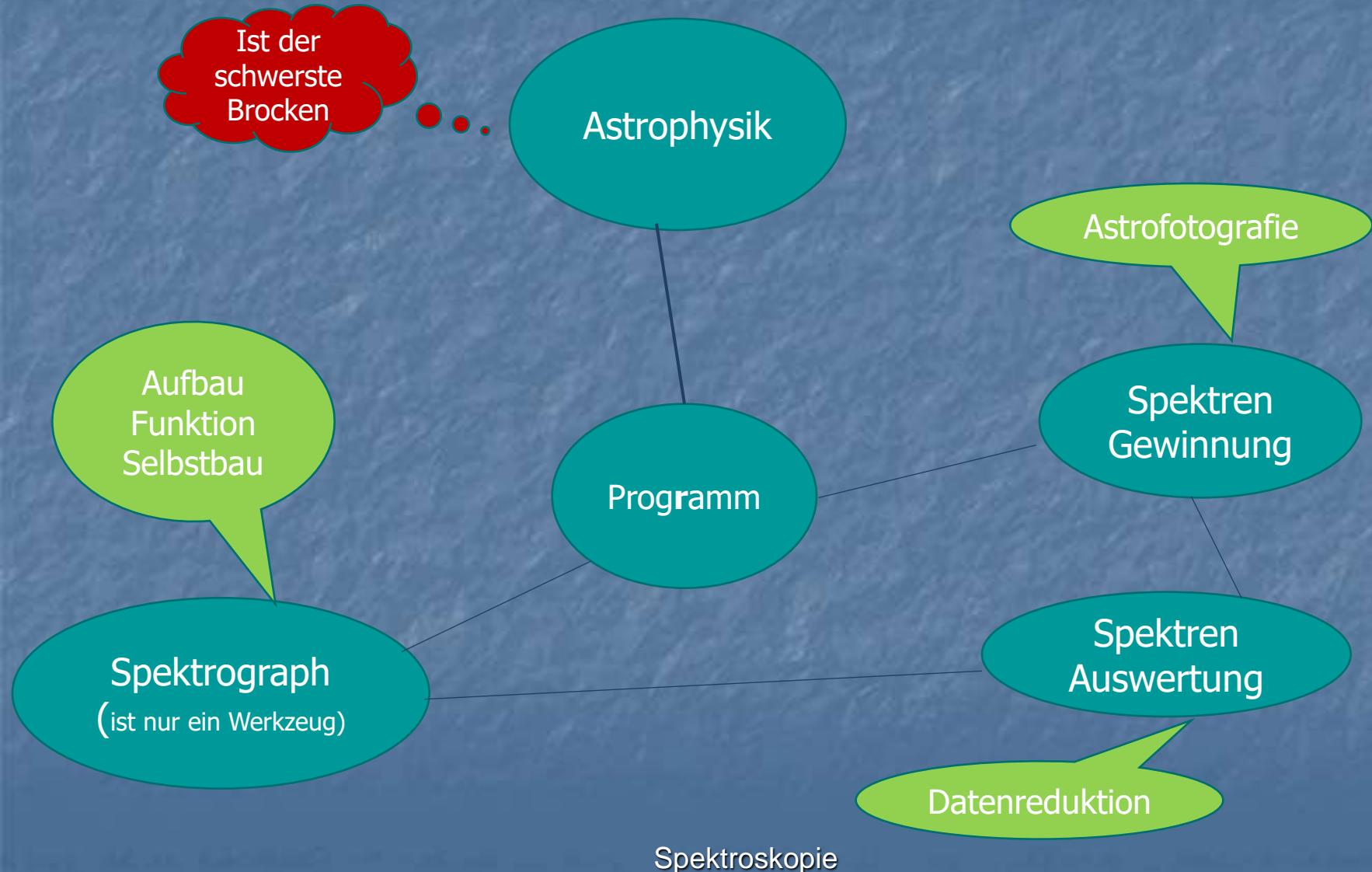


Die Möglichkeiten heute

- CCD/CMOS-Technik – Bessere Reichweite früher 2-3 m Teleskope – heute 20-30 cm Teleskope
- Spektren liegen bereits digital vor – Keine zusätzlichen Geräte Scanner/Photometer nötig
- Vereinfachte Aufnahme und Auswertung durch Computer/Software
- Internet : Informationen Foren Amateur/Profi – Zugang Online Bibliotheken, Datenbanken, Kataloge, Sternkarten etc.
- Jeder Amateur, der eine astrofotografische Ausrüstung hat kann auch Spektren aufnehmen
- Wir leben in einer spannenden Zeit...



Spektroskopie besteht aus ...





Astrophysik

- Ist sicherlich die größte Hürde für den Amateur, wenn er nicht Physik studiert hat
- Atom- und Molekülphysik Wie entstehen Spektren
- Aufbau und Entwicklung von Sternen
- Fachliteratur
- Tagungen
- Aus diesen Kenntnissen sein Programm erstellen
- Physikstudium ist von Vorteil

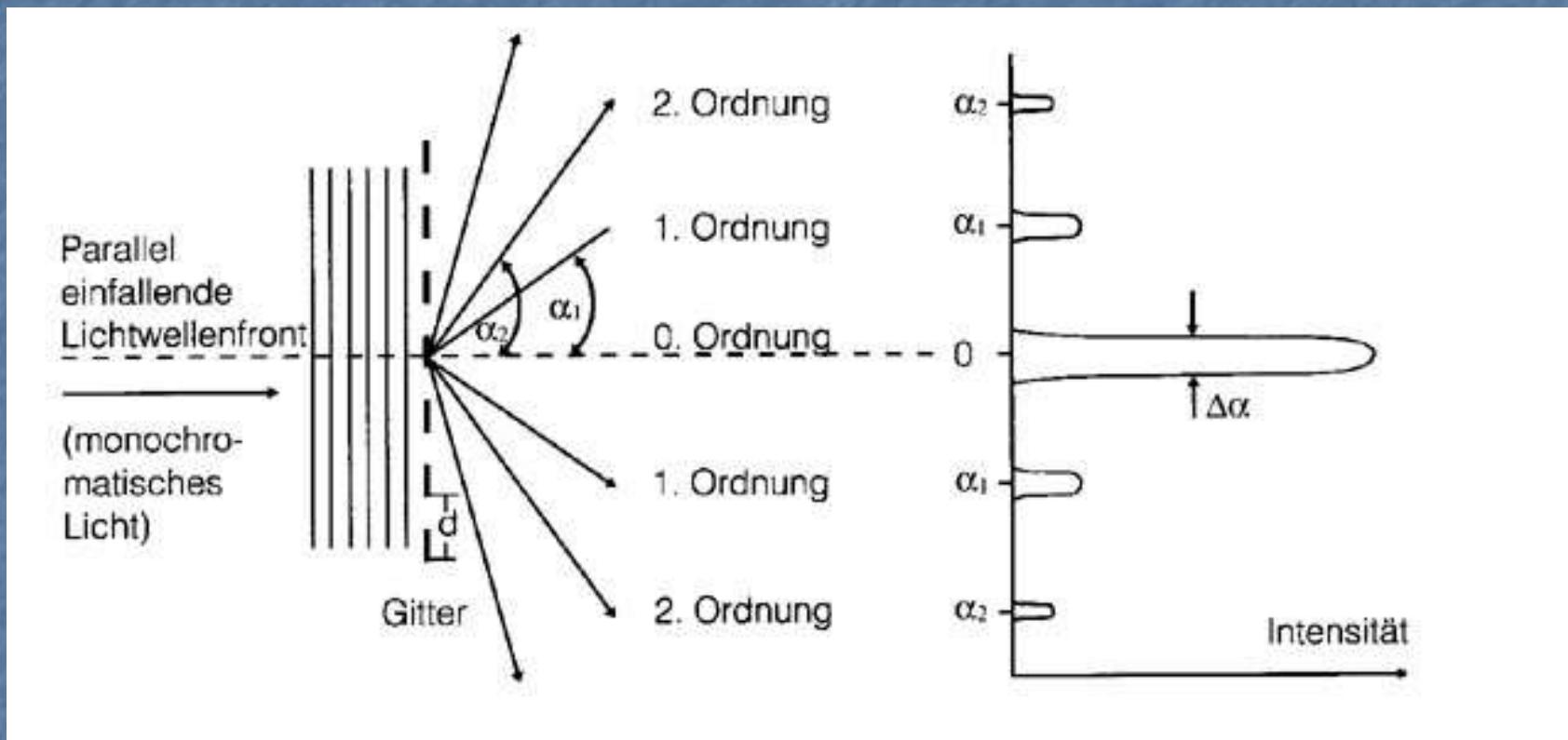


Programm

- Spektren sind in fast allen Auflösungen nützlich
- Zeitliche Variabilität im Bereich vom Minuten, Stunden, Tagen, Monaten und Jahren
- Langzeit Monitoring ist nur von Amateuren möglich z.B. Be-Sterne
- Internationale Zusammenarbeit Amateur/Profi
- Der Amateur kann Beobachten wann er will und was er will
- Auch nicht so in „Mode“ befindlichen erforschen
- Muß nichts veröffentlichen

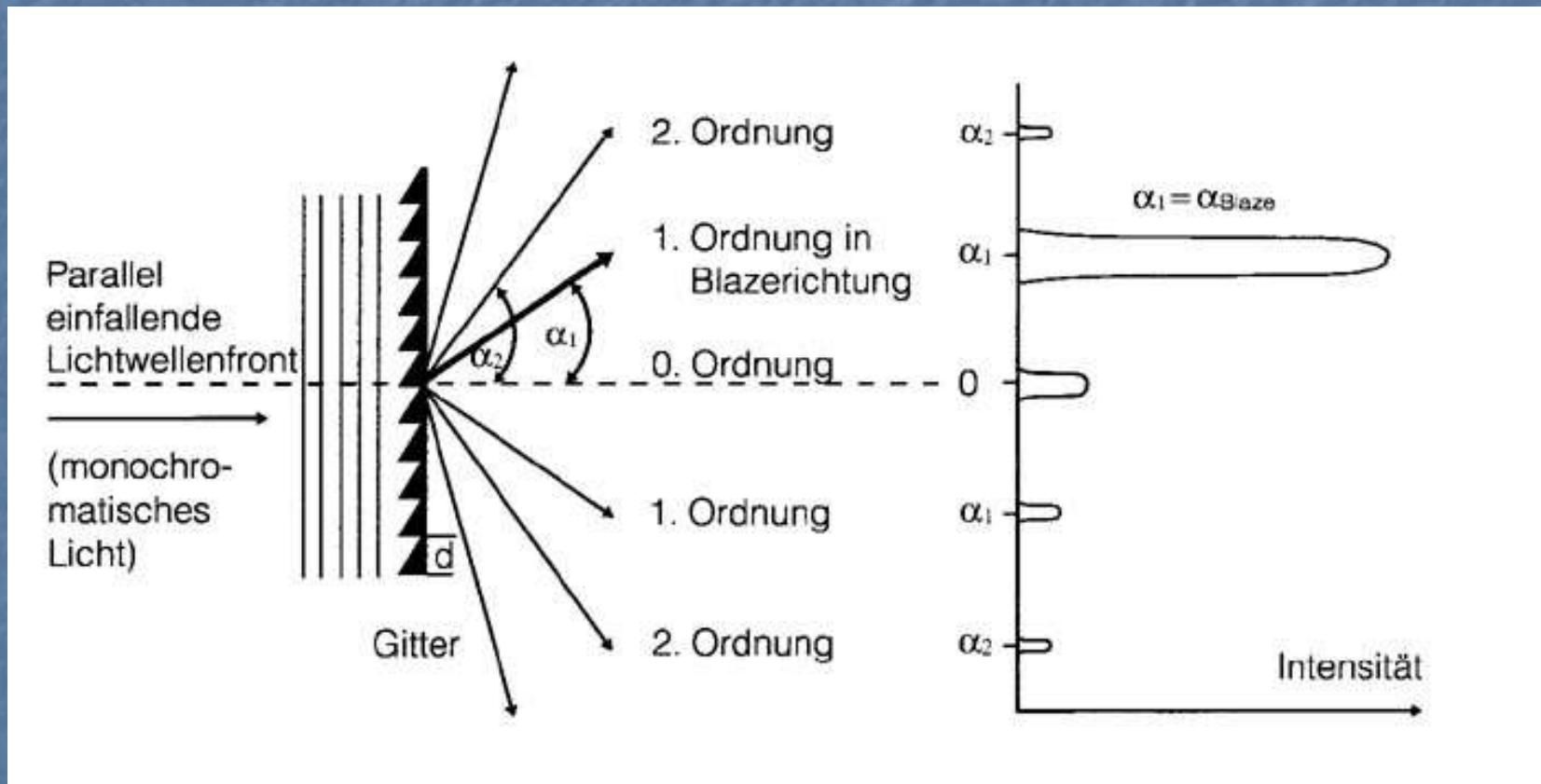


Das Standard-Gitter





Das Blazegitter – Transmissions- und Reflexionsgitter



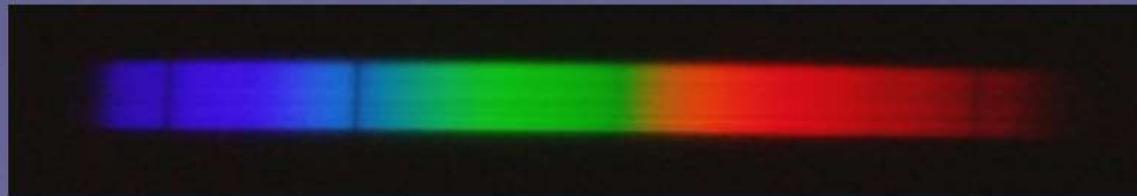


Einstieg in die Spektroskopie

- Das Transmissionsgitter Star Analyser
- Spaltloser Spektrograph 100/200 Linien/mm
- Visuell - Einfach ins Okular schrauben
- Vor dem Objektiv der DSLR
- Oder ins Filterrad der CCD Kamera



Staranalyser und DSLR

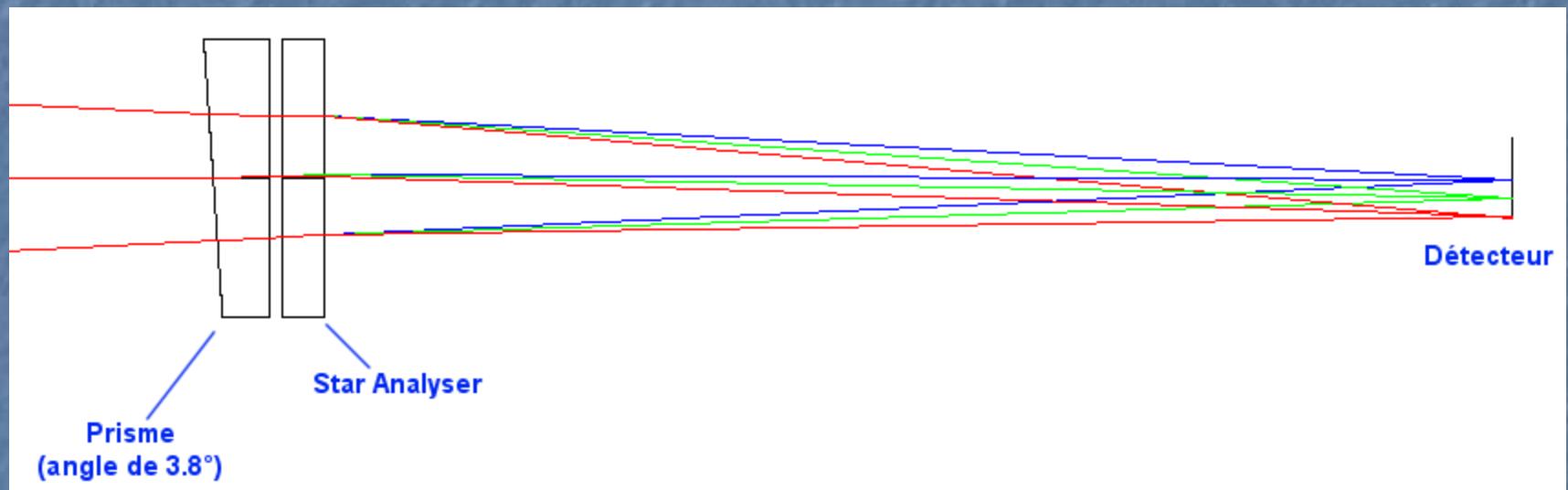


Altair

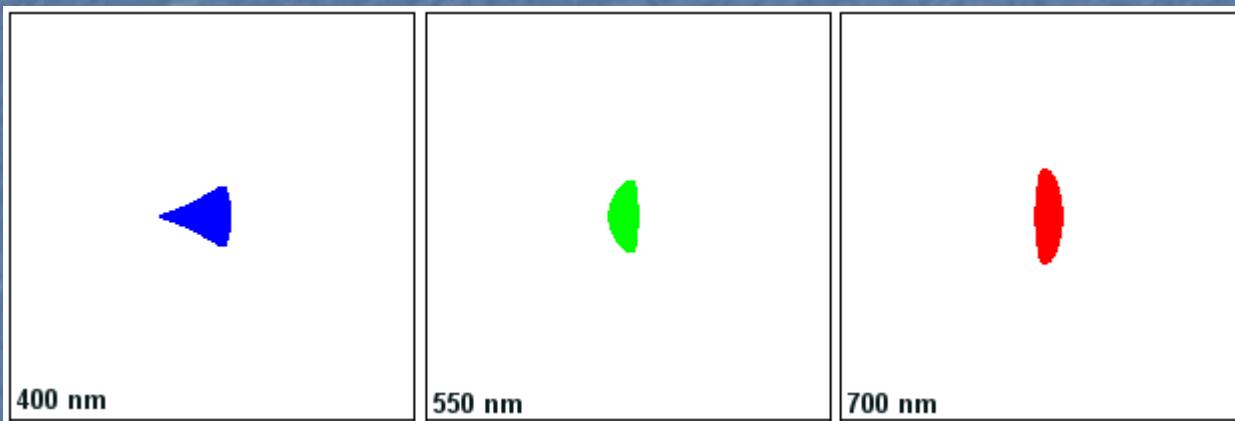
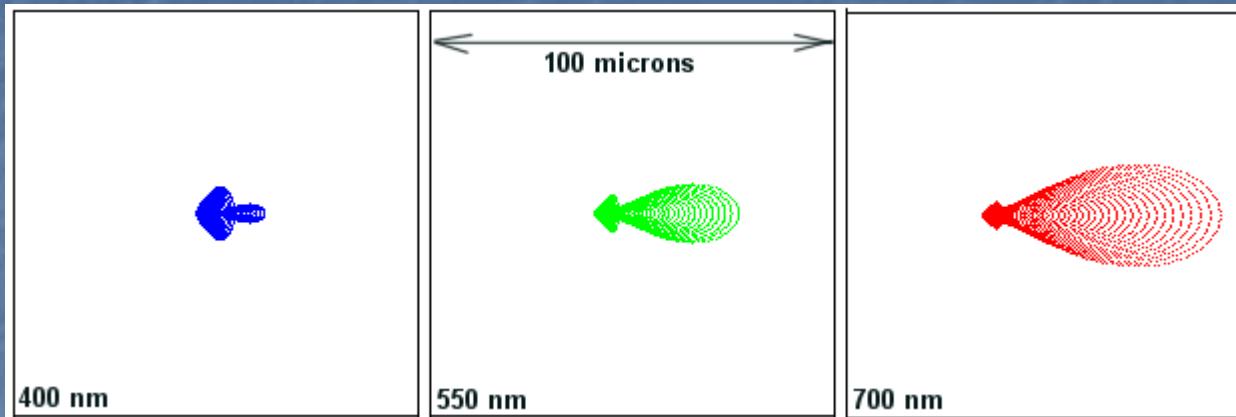


Besser : Grism (Gitter+Prisma)

- Gitter haben auch Abbildungsfehler



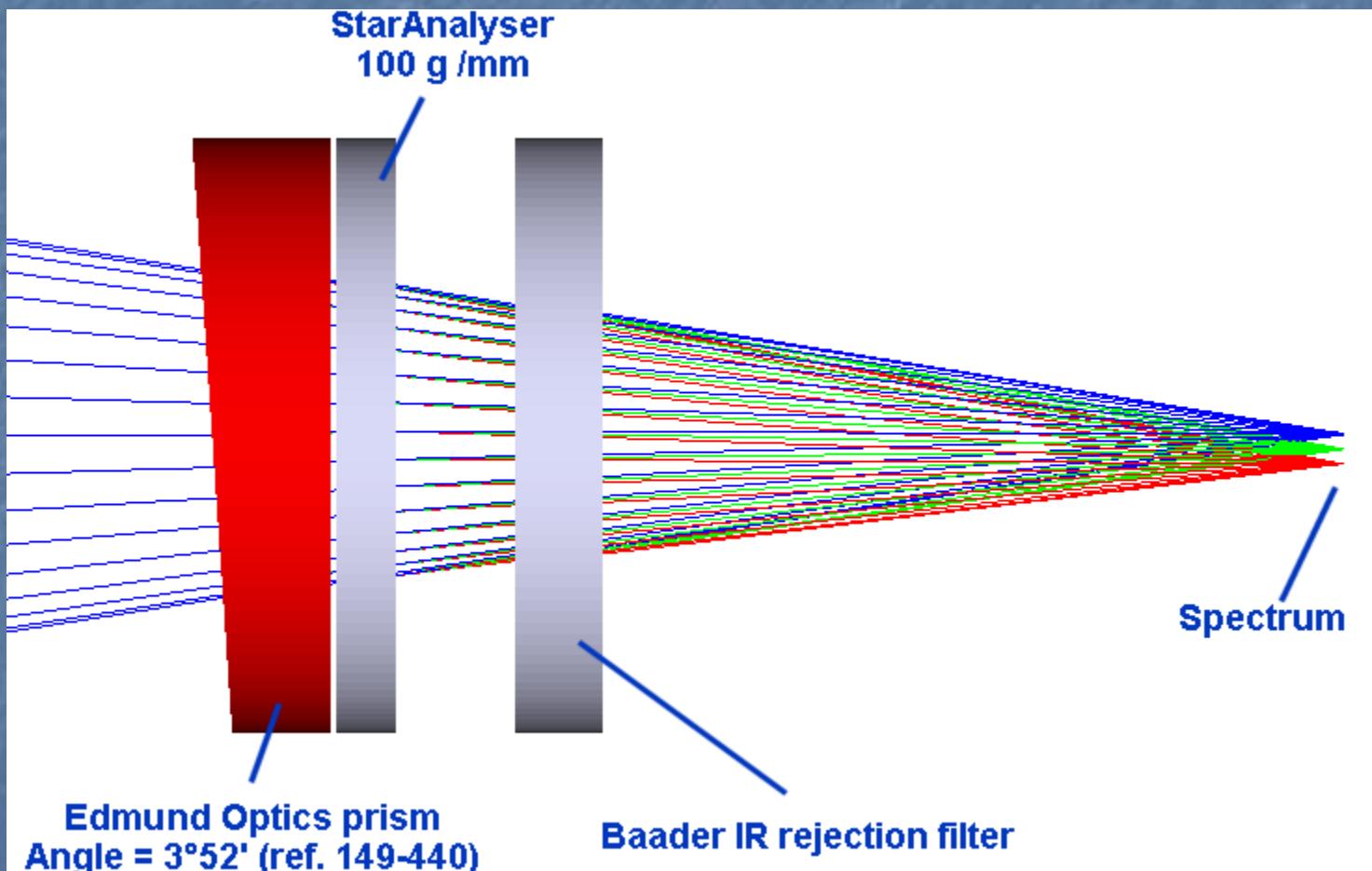
Abbildung



Spektroskopie



Weitere Verbesserung –IR Cut Filter Überlagerung der Ordnung





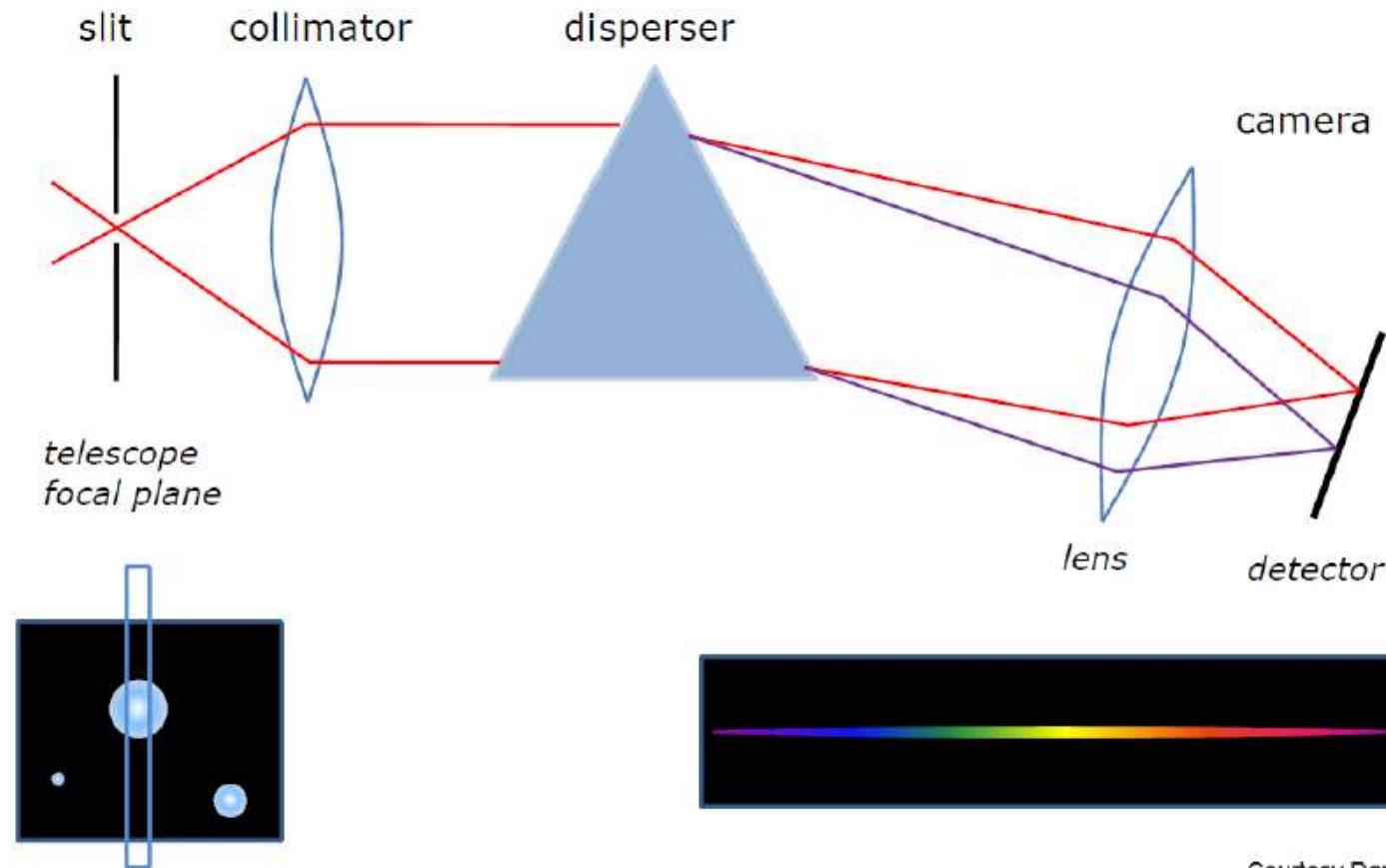
Zusammenfassung Staranalyser

- + Gitter kostet nur 150.- €
- + Ins Filterrad der CCD-Kamera
- + Oder vor einem 135mm Teleobjektiv
- + Mit aktuellen Kameras gute Reichweite
- + Workflow von Aufnahme und Auswertung erlernen
- + Novae und Supernova nachweisen
- + Meteor Spektren
- - Ohne Spalt – Seeing-Abhängig
- - Verstellt sich leicht - fragil



Der Spaltspektrograph

The basic spectrograph



Courtesy Danny Steeghs



Anforderungen an einen Spalt- Spektrographen



Auflösung

- Dopplereffekt $\Delta\lambda / \lambda = v/c = 1/R$
- R auf H@ bezogen
- Niedrig : R = 600 Auflösung 10Å
- Hoch : R = 12000 Auflösung 0,5Å bzw. 25 km/s
- Hohe Auflösung wenig Objekte
- Niedrige Auflösung viele Objekte
- Stern 8mag 3x3 Pixel
- Spektrum Stern 8mag mit R=600 3x1390 Pixel

$R = 600$



- Veränderliche Sterne - Monitoring
- Spektralphotometrie – statt Photometrie UBVRI
- Novae und Supernova
- Galaxien und Quasare Rotverschiebung
- Kometen



R = 12000

- Detaillierte Studien
- Be – Sterne H@ - Monitoring
- Massenfluss bei symbiotischen Doppelsternen beobachten
- Helle Sterne - Monitoring z.B. Deneb oder Algol
- Planeten Dopplermessungen von Objekten



Anforderungen 1

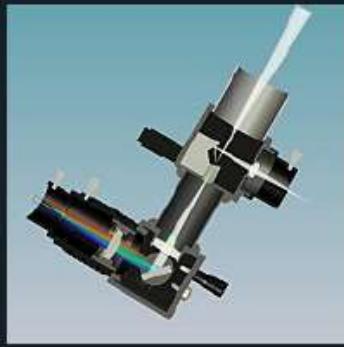
- Blazegitter – Reflexion / Transmission
- Optional : Gitter auswechselbar – verschiedene Auflösungen
- Optional : Spektralbereich einstellbar
- Kollimator muß das Öffnungsverhältnis des Teleskops haben
- Optional Anpassung durch Barlow/Reducer
- Genügend Backfokus für die Kamera
- Spalt – Auflösung hängt nur von der Spaltbreite ab nicht mehr so sehr vom Seeing
- Optional - verschiedene Spaltbreiten
- Optional – Spaltwechsel ohne Demontage des Geräts
- Nachführung über Guiding-Modul – geht nicht mit Leitrohr
- Abmessungen - Gewicht



Anforderungen 2

Parameter des Spektrographen durchrechnen

- Performance Auflösung/Grenzgröße - simspec.xls
- Spektrographen sind nicht für alle Teleskopgrößen gemacht – typischerweise maximal 20-30cm (25cm f/8 perfekt L200)
- Lange Brennweiten > 3m , bei 3"- 4" Seeing große Beugungsscheibchen – Spalt größer – Auflösung sinkt. Spalt kleiner entspricht kleinerer Öffnung
- A - Flexibel – verschiedene Teleskope/Gitterwechsel/Spaltbreiten
- B - Optimierte Anpassung - Eine Auflösung Teleskop/Spektrograph/Kamera



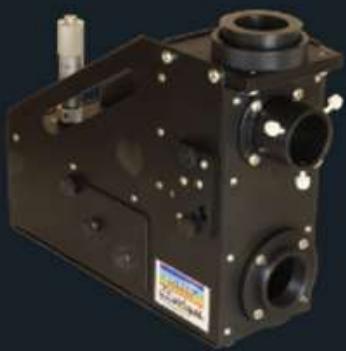
DADOS



L200



CCDSPEC



LHIRES



ALPY



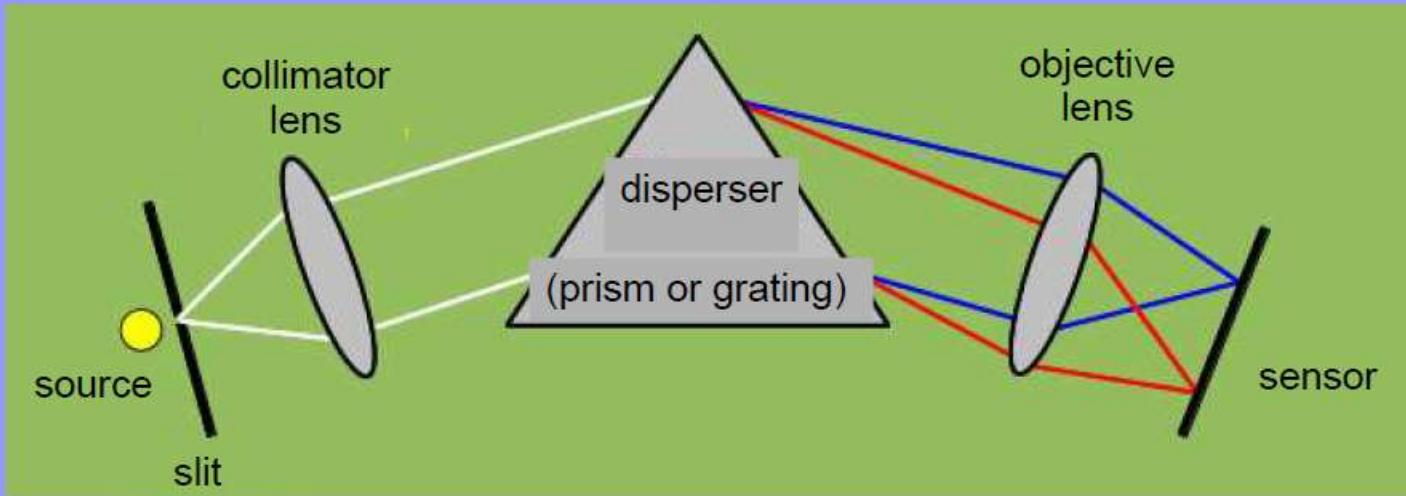
LISA



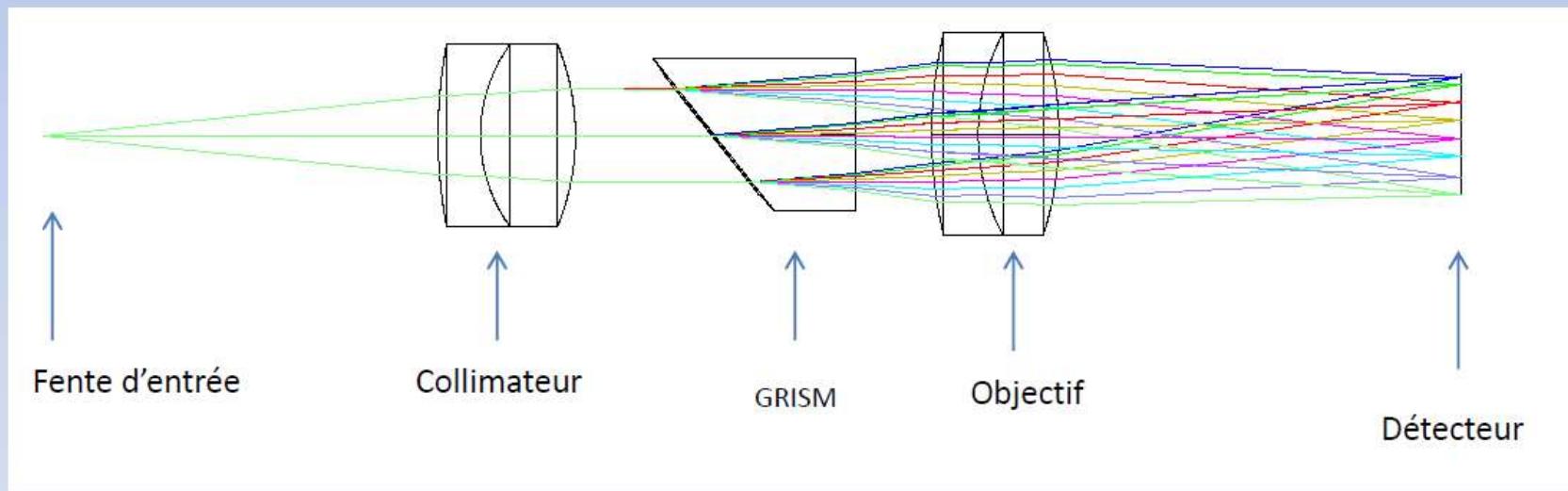
Alpy600 - Spektrograph von Shelyak Instruments

- + Modular: Basis AutoGuider Kalibrierung
- + Geringes Gewicht
- + f/5
- + Hohe Performance (ca. 1mag mehr als der DADOS-Spektrograph)
- - Eine Auflösung $R = 600$
- - Eine Spaltbreite mit dem Guiding Modul
- - Fester Spektralbereich
- - Geringer Backfokus (max 21mm)

Inside the Alpy 600 spectroscope



Optique du spectrographe Alpy 600



Grandissement interne = 0,98

Dispersion moyenne = 554 Å/mm

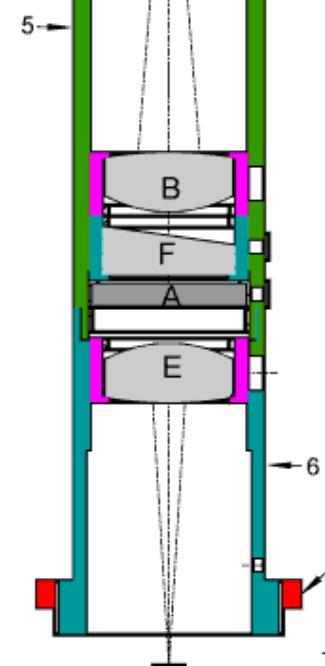
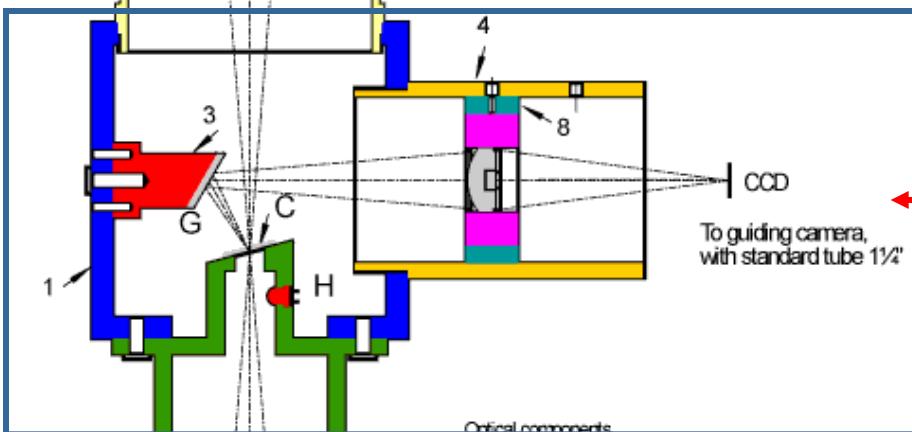
Pouvoir de résolution (R) dans le rouge avec fente 23 microns = 600

F/D accepté = 5 (4)

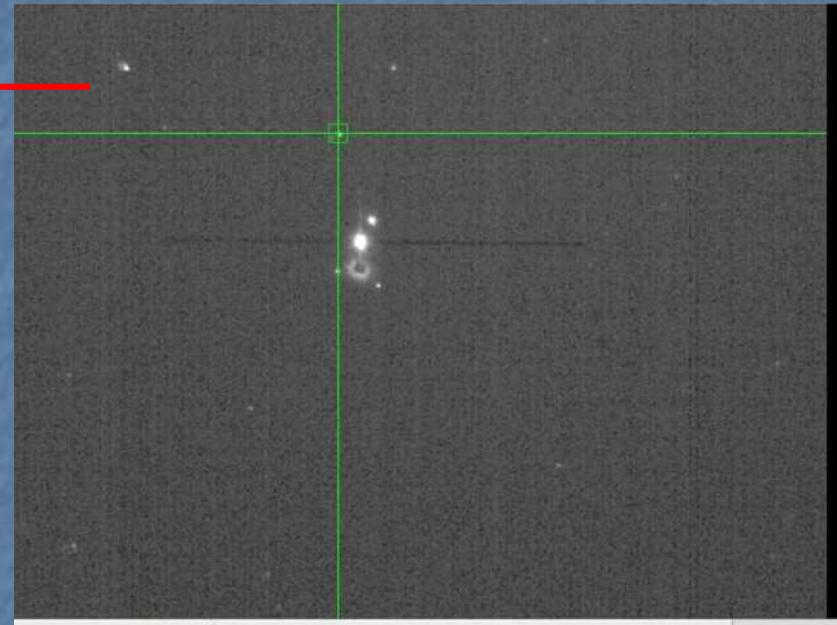
Couverture spectrale typique = 3750 Å – 7500 Å



Nachführleinheit



To image camera with T2-NK thread or
with standard tube 1¼"



Alpy 600 Spektrograph am 200mm Newton f/4



Kalibrierungs-Modul

Guiding-Modul
mit $23 \mu\text{m}$ Spalt

Basis-Modul

Gitter/Prisma 600 L/mm

Kollimator/Objektiv 40mm f/4

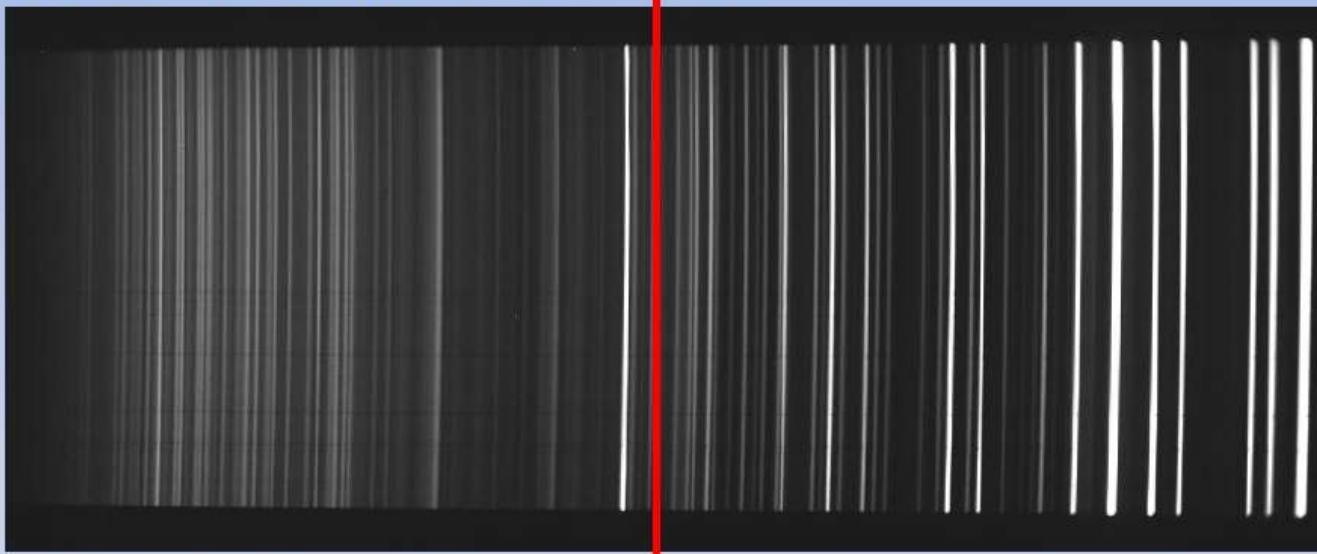
Guiding Kamera
Lodestar/ASI120mm

Atik 414 ex mono

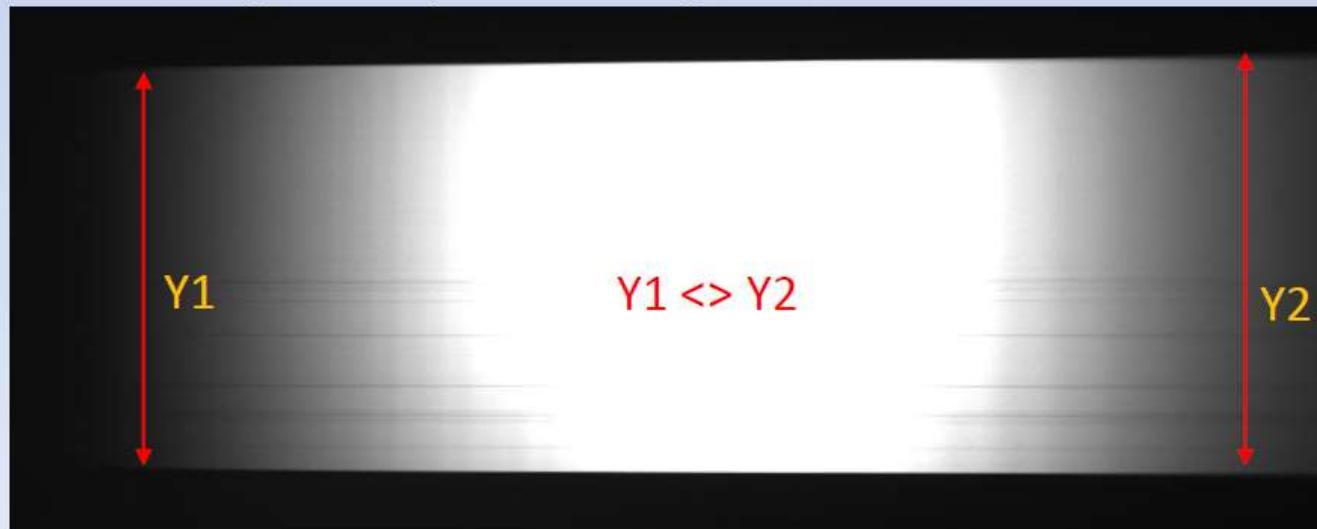
Spécificités de l'usage d'un GRISM

Non linéarité de la dispersion : 530 Å / mm dans le rouge - 560 Å / mm dans le bleu

Effet de « Smile » (courbure des raies)



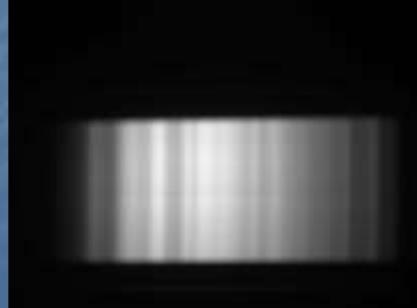
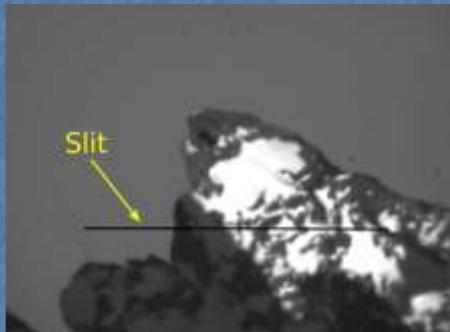
Effet de « Keystone » (variation du grandissement en fonction de lambda)





Vorbereitungen am Tage

- Fokussierung Atik Kamera auf den Spalt – Sonnenspektrum
- Spektrum parallel zur CCD-Zeile
- Fokussierung der Guiding-Kamera auf den Spalt und Spalt parallel zu CCD Zeile





Workflow Aufnahme

- Eigentliche Spektrum
- Referenzspektrum für die Instrumenten-Funktion
- Flats
- Darks
- Bias
- Kalibrierungsspektrum Ne-Ar-Xe



Verwendete Programme

- Carte du Ciel – EQMod Objekte finden GOTO
- PHD für Monitoring-Guiding – mit Markierung des Spaltes
- Artemis Capture – Aufnahme mit Atik Kamera
- AstroArt zur Aufnahme mit der ASI Kameras
- Visualisierung mit VSpec oder BASS



Objekt finden

- Carte du Ciel
- AAVSO Aufsuchkarten





Spektrum aufnehmen

- Zielobjekt finden
- Leitstern – Kalibrierung PHD Guiding
- Zielobjekt in die Mitte des Spalt positionieren – nur 3" breit !!
- Spektrum aufnehmen
- Genügend Signal Belichtungszeit prüfen – ggf. mit Visual Spec visualisieren
- Referenzstern aufnehmen



PHD-Guiding

Zwischenablage01 - IrfanView (Zoom: 1096 x 616)

Artemis Capture - ATIK-414ex

PHD2 Guiding 2.4.1 - Mein Ausrüstung

EQMOD HEQ5/6 ASCOM

Mount Position

LST: 22:28:43 RA: 18:50:31 DEC: +33:23:56 AZ: 265:52:28 ALT: 47:00:40 Pier Side: East, pointing West

Slew Controls

N RA Rate DEC Rate
W STOP E
Pad S
RA Reverse DEC Reverse
RA 2000
Track Rate: Sidereal
STOP RA 15.041067 DEC 0
Park Status: NOT PARKED
PARK to Home Position

Exposure

Exp.(s) 20 min sec Lock Pre
BinX 1 BinY >X StartX 0 StartY 0 Width 1391 Height 1039 Full frame FIFO
Autosave Images Browse... C:\Spektren\Spektren-65\lyr_beta Seq fmt. file-1 Next dir. Seq no. 1 Close

Cooler

-20.0°C Temp: -19.6°C Close

80 % m=2158 SNR=34.8 Ost 0.25 px 139 ms Kamera Montierung Kalibrierung +

13L Zwischenablage01 - ... ASD PHD2 Guiding 2.4.1 ... Artemis Capture - A... EQMOD HEQ5/6 Skychart

42



Atik-Aufnahme Software Artemis

Artemis Capture - ATIK-414ex

File View Camera Colour Quick Help

EQMOD ... - X

ASCOM

EQMOD HEQ5/6 V1.271

Mount Position

LST 22:28:12
RA 18:50:31
DEC +33:23:53
AZ 265:45:53
ALT 47:05:21
PierSide East, pointing West

Slew Controls

N RA Rate DEC Rate
W STOP E
Pad S
RA Reverse DEC Reverse
RA 2000

Track Rate: Sidereal

STOP RA 15.04106 DEC 0

Park Status: NOT PARKED
PARK to Home Position

Ready

PHD2 Guiding 2.4.1 ... Artemis Capture - A... EQMOD HEQ5/6 Skychart

Saved: lyr_beta-0.fit (843,223)=322 Zoom 1:2 Idle

Exposure

Exp.(s) 20 min sec Lock Pre
Dly.(s) 0 BinX 1 BinY >X StartX 0 StartY 0
Width 1391 Height 1039 Full frame FIFO
Autosave Images Browse ...
C:\Spektren\Spektren-65\lyr_beta
Seq fmt. file-1 Next dir.
Seq no. 1 Close

Display

Histogram

Black 275 White 50401 Log 0
Zoom
Auto stretch Reticle
Negative Correct aspect ratio
Night vision Close

Cooler

Setpoint: -20.0°C Status: Cooling Temp: -19.5°C
Warm up Close

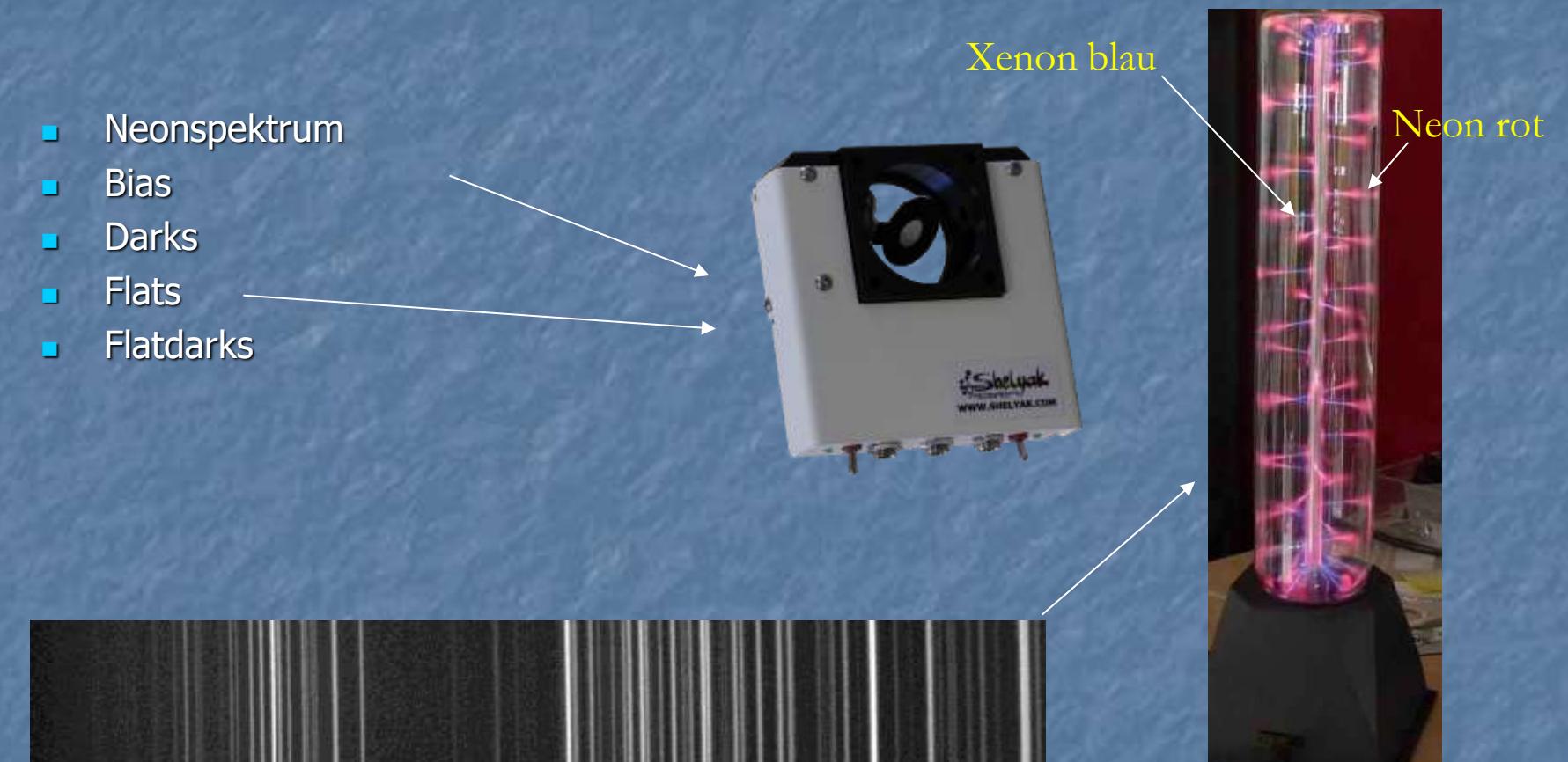
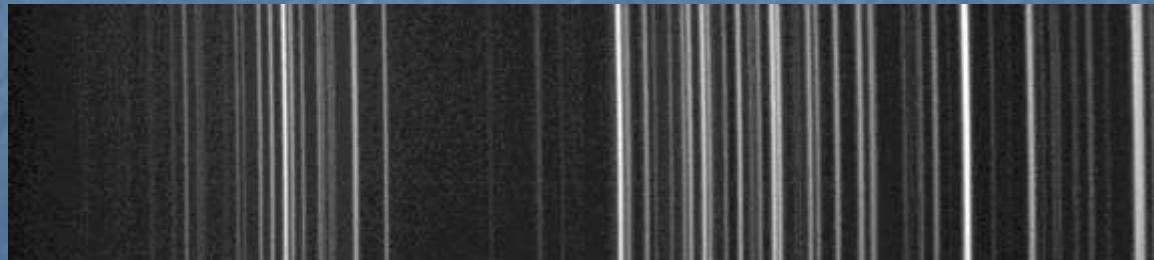


Kalibrierungsbilder

- Neonspektrum
- Bias
- Darks
- Flats
- Flatdarks

Xenon blau

Neon rot



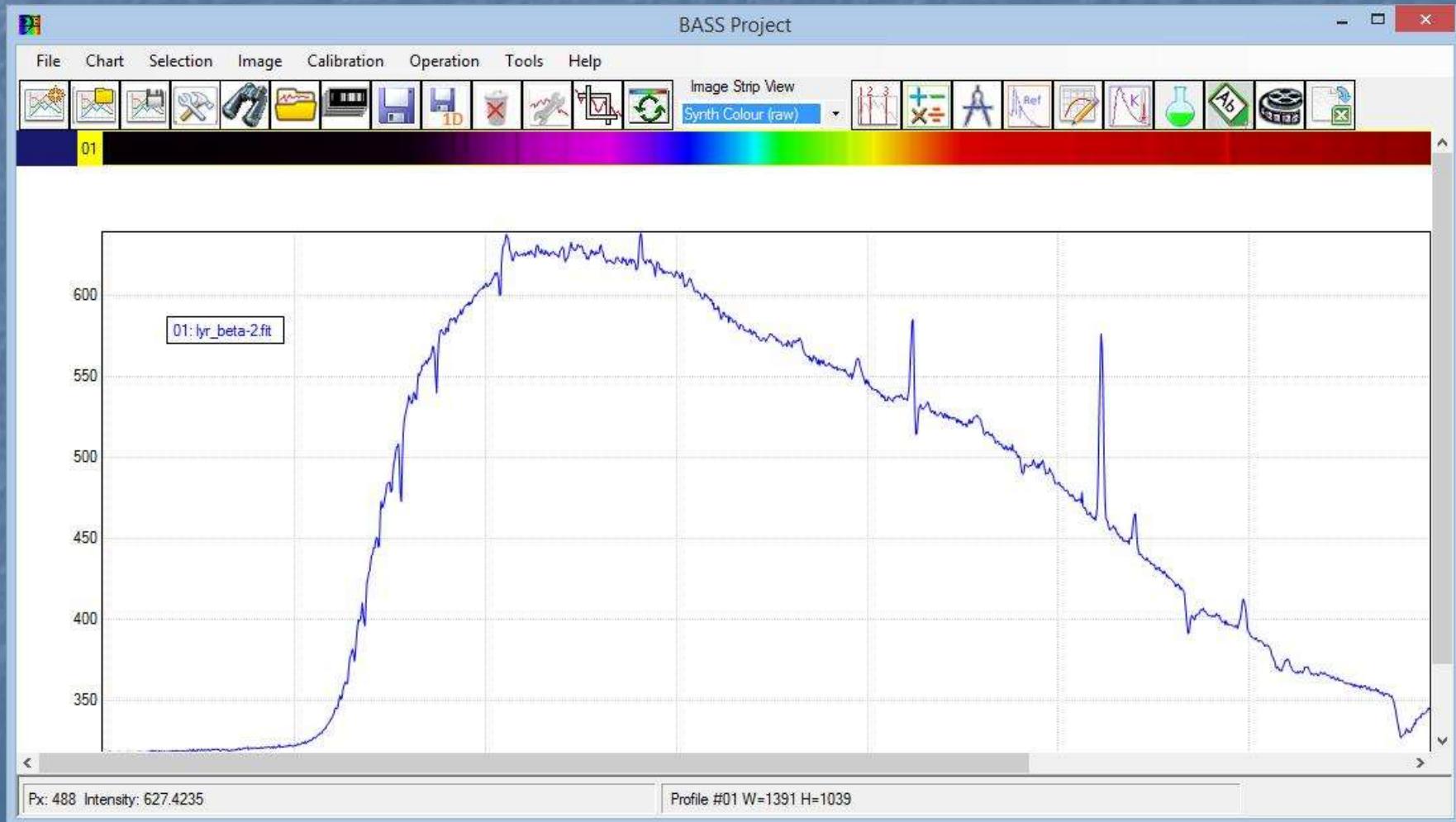


Auswertungsprogramme Datenreduktion

- ISIS - Integrated Spectrographic Innovative Software
- Visual Spec
- BASS Project – Basic Astronomical Spectroscopy Software
- IRAF (Unix) - Image Reduction and Analysis Facility - Profis
- MIDAS (Unix) - Munich Image Data Analysis System - Profis



Beta-Lyr im BASS Programm





Spektren auswerten

- Basis Korrektur - Datenreduktion
 - MasterBias
 - MasterDark
 - Hotpixel-Korrektur
 - MasterFlat
- Spektren ausrichten und aufaddieren/mitteln
- Korrektur von Winkelfehlern „Tilt“ und „Slant“
- Wellenlängen Kalibrierung



Eingabe für Basiskorrektur

ISIS - V5.5.2

1. Image 2. General 3. Calibration 4. Go 5. Profile 6. Gnuplot Masters Tools Misc Instruments Settings

Root name : HD176437 Object : HD176437 Auto Next

Images to process

Generic name : HD176437- Number : 18

Calibration : calib-19 Spectral calibration

Offset : MasterBias-m20g Dark : MasterDark-10s-m20g

Flat : MasterFlat

Spectral calibration

Predefined mode ALPY 600 (calibration module)

Predefined dispersion equation (see "Dispersion" tool in "Profile" tab)

File mode : (type xxx.lst) (type xxx.lst)

Output

Instrument : N200 ALPY600 ATIK414

Observatory : Berlin

Observer : MK

Hour shift : 0 R : 533

General parameters

Pixel size (microns) : 6.35 Fixed Y value for sequence

Cosmetic file : cosmetic_10s Sky not removed

Instr. responsivity : Wavelength registration

Wavelength shift (Å) : 0 Cosmic rays filter

Heliocentric radial velocity correction Optimal binning

Auto atmosphere AOD : 0.13 Rejection coef. : 50

Atmo. transmission : Automatic air mass computing

Files name prefix and suffix

Object suffix : -

Calibration suffix : _calib-

Calibration prefix : -



Spektren aufaddieren/ausrichten

ISIS - V5.5.2

1. Image | 2. General | 3. Calibration | 4. Go | 5. Profile | 6. Gnuplot | Masters | Tools | Misc | Instruments | Settings

Image to process : HD176437-1 | Display | Previous | Next | Save | Header | FWHM | Statistic | Tilt | Slant | Smile | Line PSF | X : 544 | Y : 667 | I : 338

Calibration image : calib-19 | Display | Binning zone adjustment | Calibration assistant | Response assistant

Tilt angle : | Smile Y : | Radius : | Vertical coordinate : Auto | Graticule

X coordinate of line at wavelength A = (pixels)

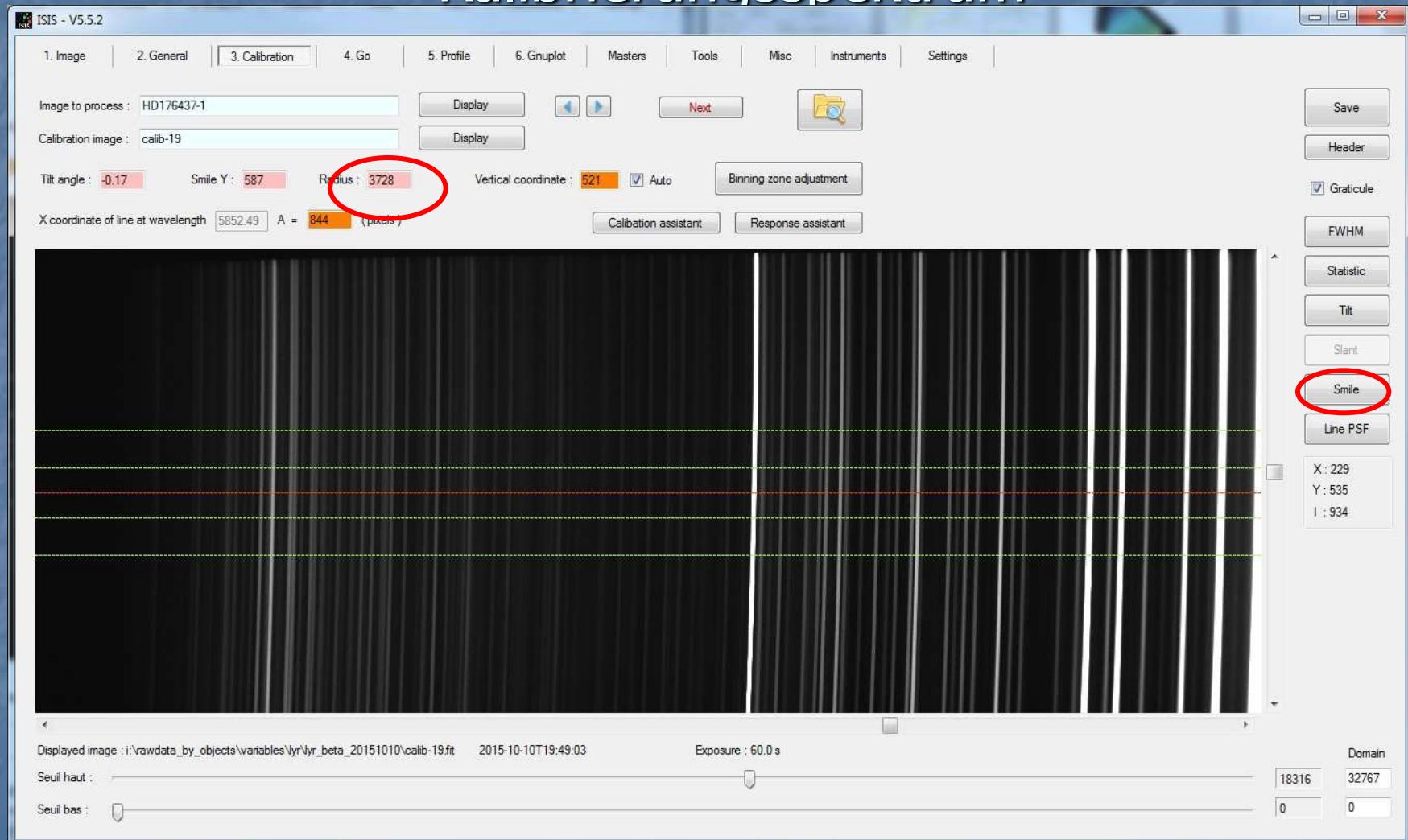
Displayed image : i:\rawdata_by_objects\variables\lyr\lyr_beta_20151010\hd176437-1.fit 2015-10-11T18:45:38 | Exposure : 60.0 s | Domain : 32767 | 32767

Seuil haut : | Seuil bas :

A screenshot of the ISIS software interface, version V5.5.2, showing the "Calibration" tab selected. The main window displays a dark image with a horizontal white line indicating the spectral profile. On the left, various calibration parameters are listed: Image to process (HD176437-1), Calibration image (calib-19), Tilt angle (-0.17), Smile Y (587), Radius (3728), Vertical coordinate (521, Auto checked), X coordinate of line at wavelength (5852.49), and A (844 pixels). On the right, there are buttons for Save, Header, FWHM, Statistic, Tilt (circled in red), Slant, Smile, Line PSF, and a coordinate display (X: 544, Y: 667, I: 338). At the bottom, it shows the displayed image file path (i:\rawdata_by_objects\variables\lyr\lyr_beta_20151010\hd176437-1.fit), exposure time (60.0 s), and domain settings (32767, 32767) along with Seuil haut and Seuil bas sliders.



Kalibrierungsspektrum





Data Processing

ISIS - V5.5.2

1. Image | 2. General | 3. Calibration | 4. Go | 5. Profile | 6. Gnuplot | Masters | Tools | Misc | Instruments | Settings

Object name : HD176437

Instrument : N200 ALPY600 ATIK414

Observatory : Berlin

Observer : MK

Go for process

Go Stop

Inverse dispersion equation

```
Coefficient a4 : 1.348773E-10
Coefficient a3 : -6.045421E-07
Coefficient a2 : 7.431550E-04
Coefficient a1 : 3.23111
Coefficient a0 : 2894.937
```

RMS : 0.706001 (in angstroms)

Wavelength fit deviation

```
point #1 x = 308.300 lambda = 3945.225 dlambda = 0.875
point #2 x = 368.919 lambda = 4160.241 dlambda = -1.651
point #3 x = 466.943 lambda = 4510.577 dlambda = 0.153
point #4 x = 476.469 lambda = 4544.731 dlambda = 0.319
point #5 x = 507.968 lambda = 4657.735 dlambda = 0.165
point #6 x = 537.739 lambda = 4764.598 dlambda = 0.272
point #7 x = 593.553 lambda = 4964.909 dlambda = 0.171
point #8 x = 715.361 lambda = 5400.659 dlambda = -0.099
point #9 x = 842.987 lambda = 5852.785 dlambda = -0.295
point #10 x = 961.514 lambda = 6266.630 dlambda = -0.140
point #11 x = 1031.103 lambda = 6506.376 dlambda = 0.154
point #12 x = 1220.825 lambda = 7146.781 dlambda = 0.259
point #13 x = 1292.638 lambda = 7384.163 dlambda = -0.183
```

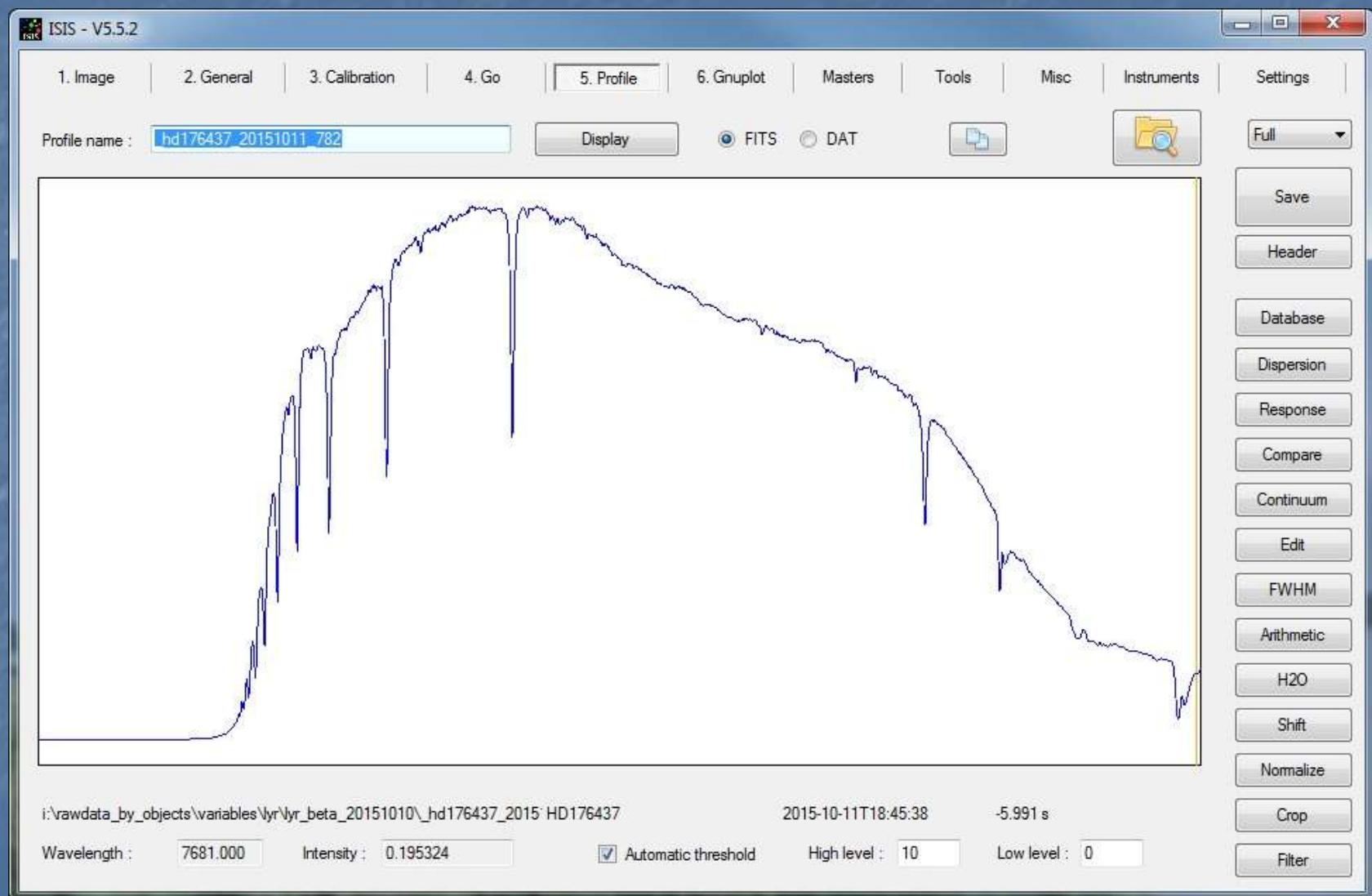
Intermediate files removed

```
Acquisition starting date : 10.10.2015 20:28:18
Duration : -37.0 secondes
Mid-exposure date : 10.853/10/2015
Mid-exposure Julian day : 2457306.3528
Resolution power : 536.1
Ok.
```

Display image | Display profile | Plot



Referenzstern



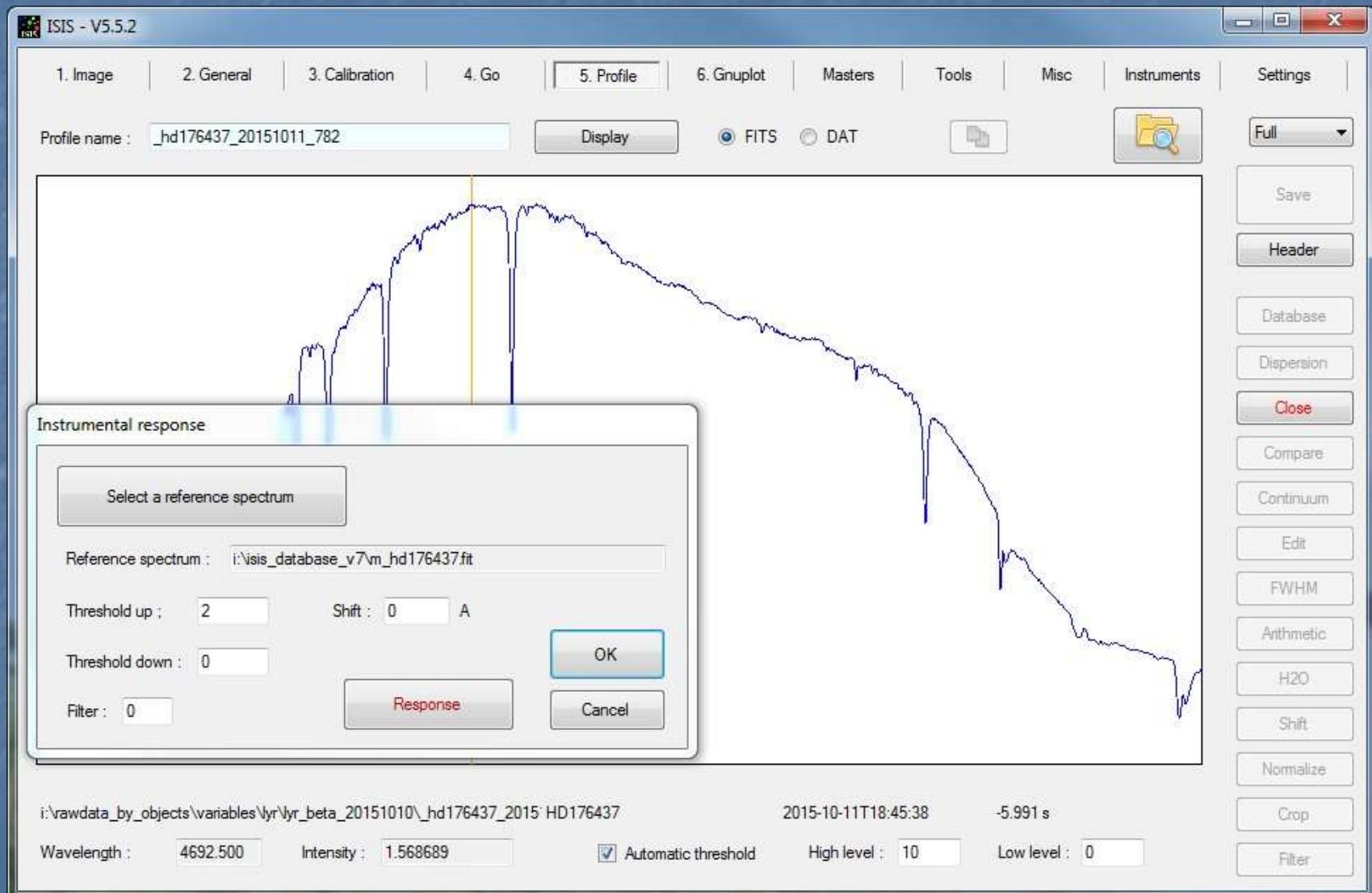


Instrumenten Korrektur

- Referenzspektrum aufgenommen mit der Kamera
- Library Referenzspektrum
- Instrument Response „IR“
- Extinktion

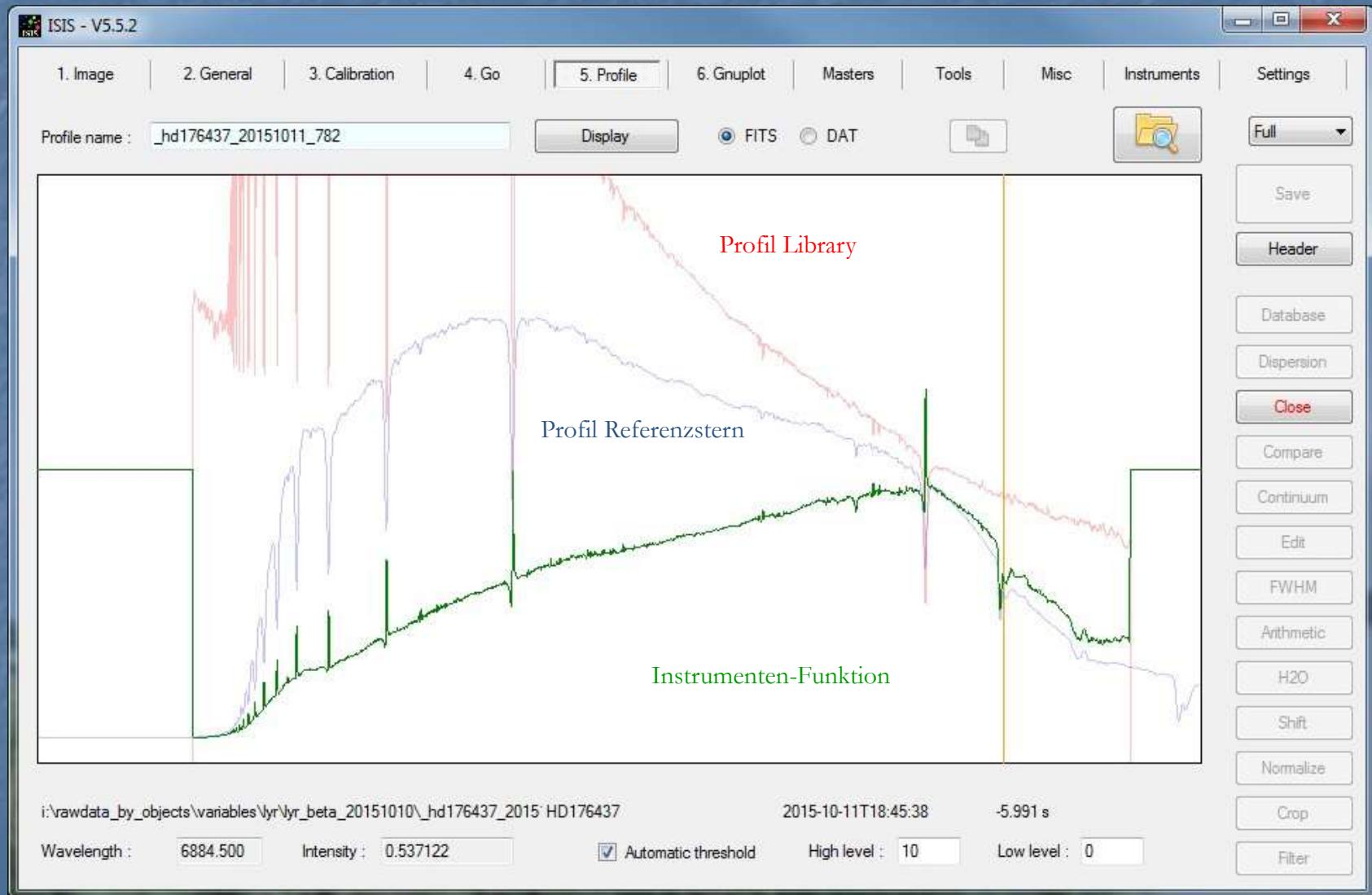


Referenzstern aus Library



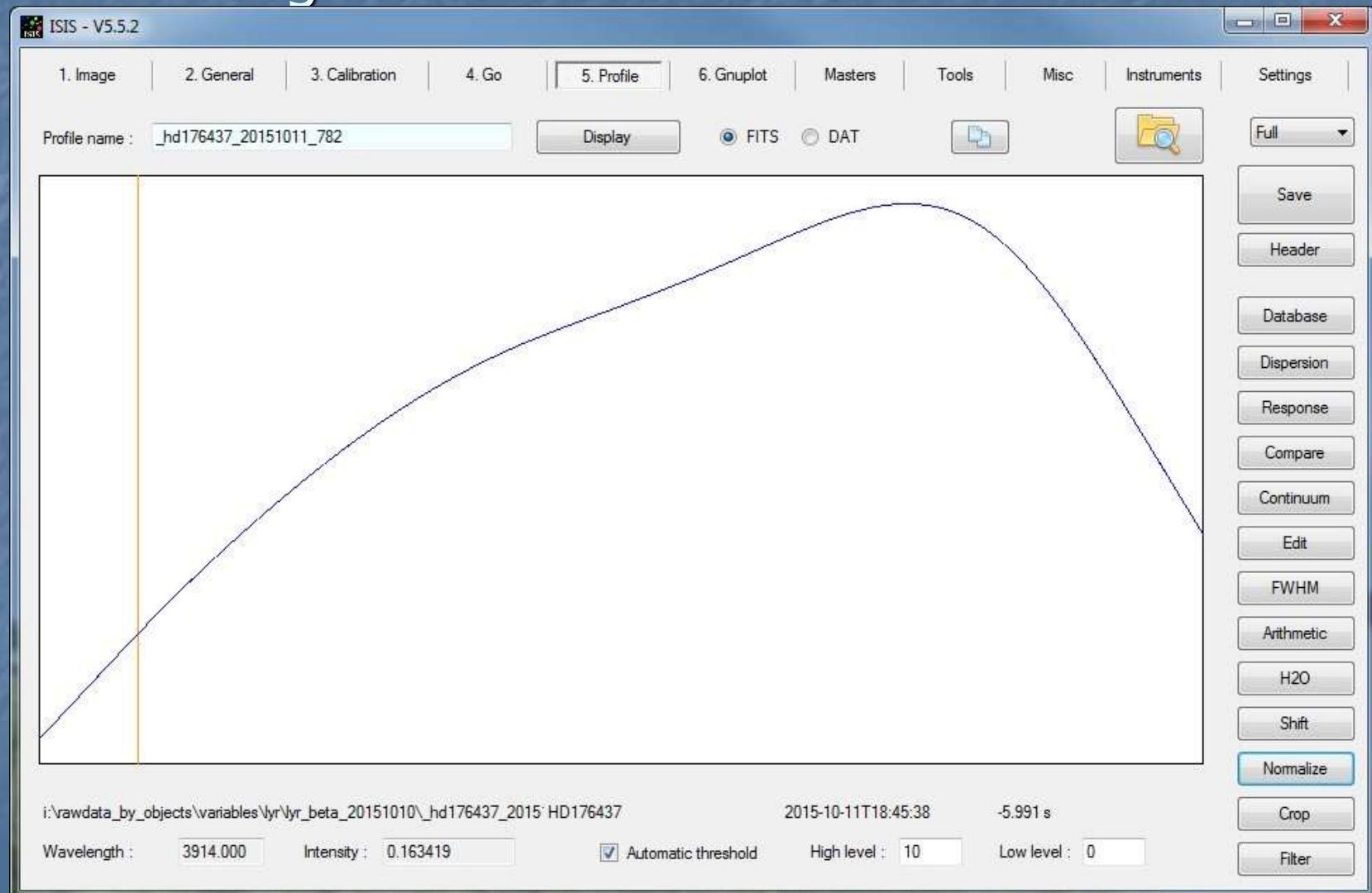


Profile Referenzstern und Library



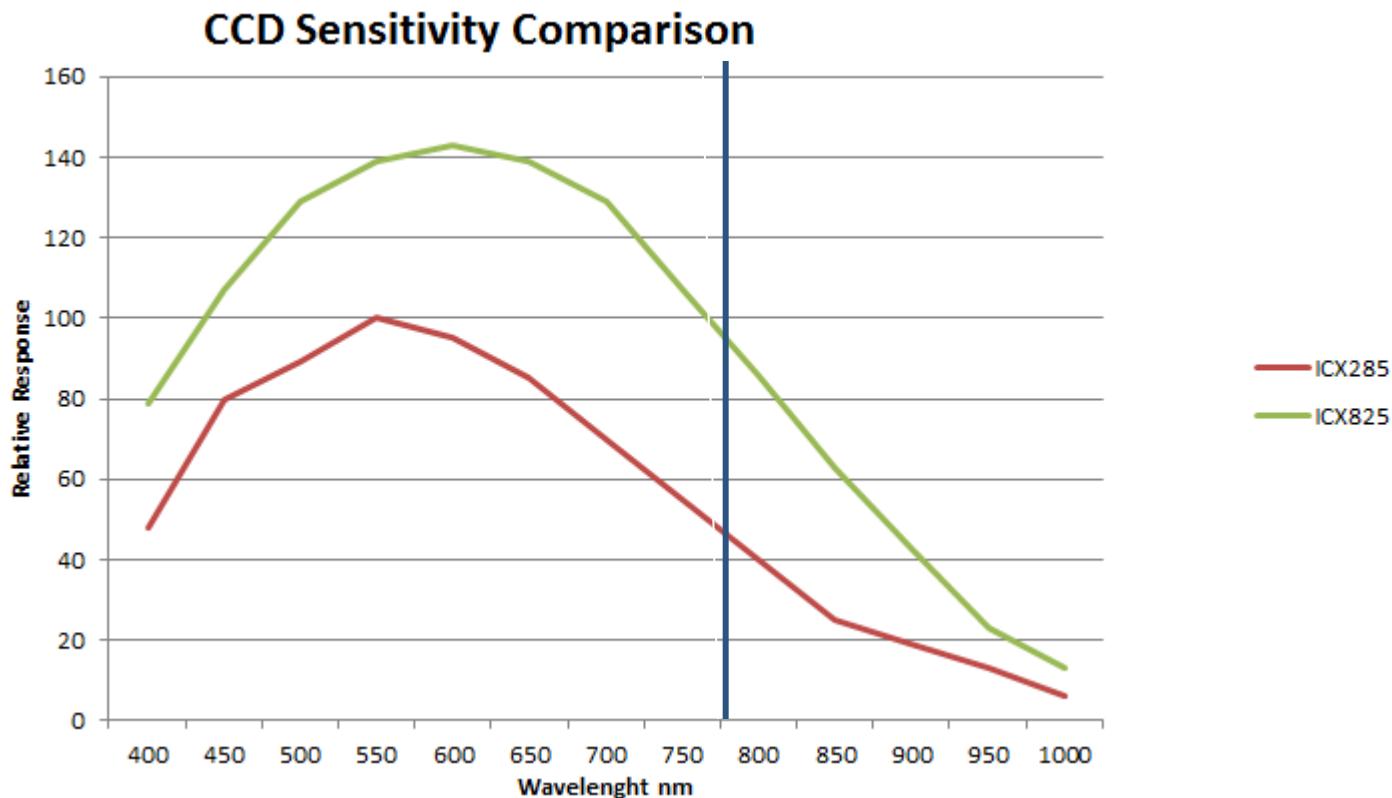


Geglättete Instrumentenfunktion IR



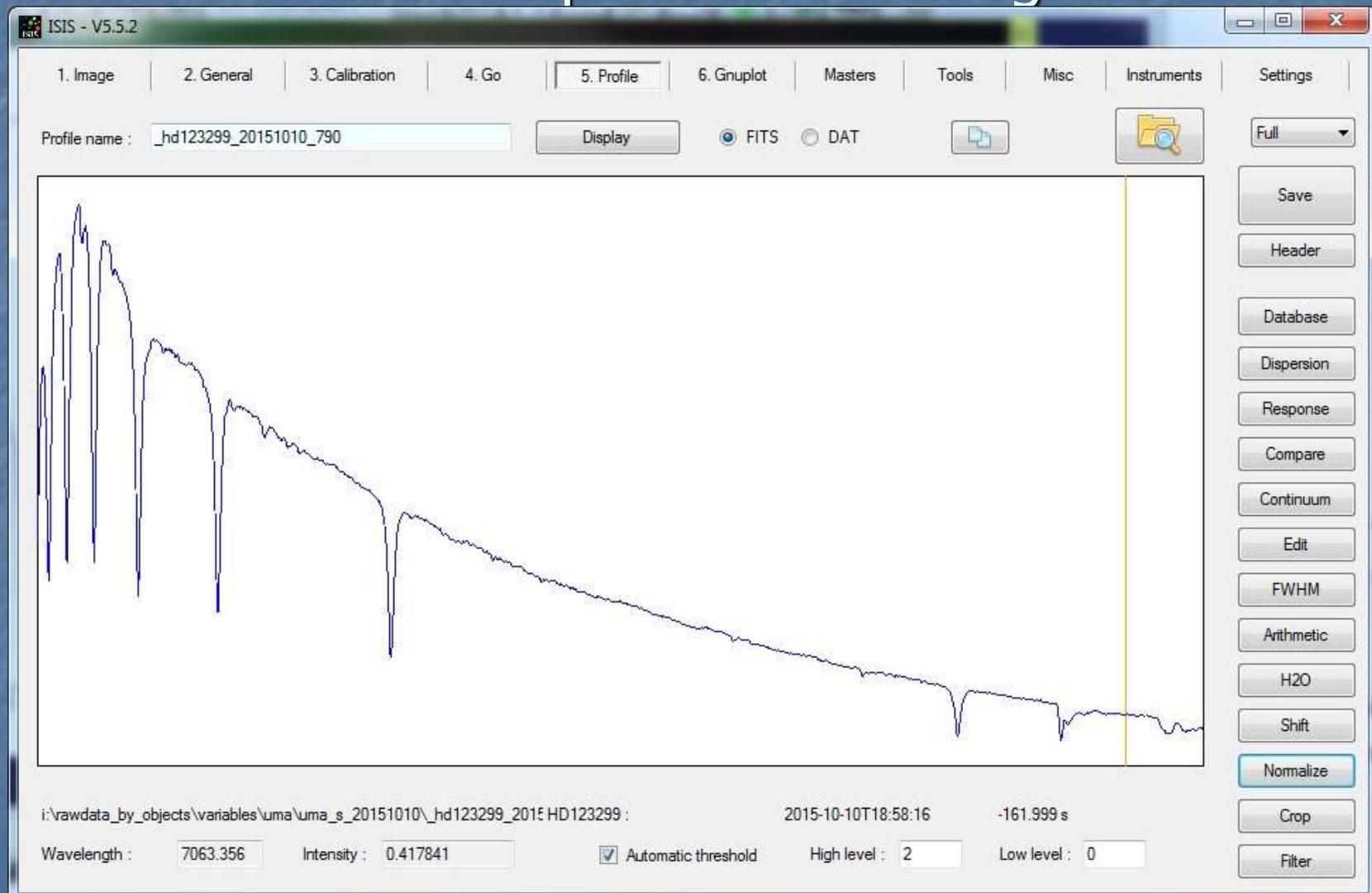


QE der Atik 414ex ICX825





Referenzspektrum IR korrigiert



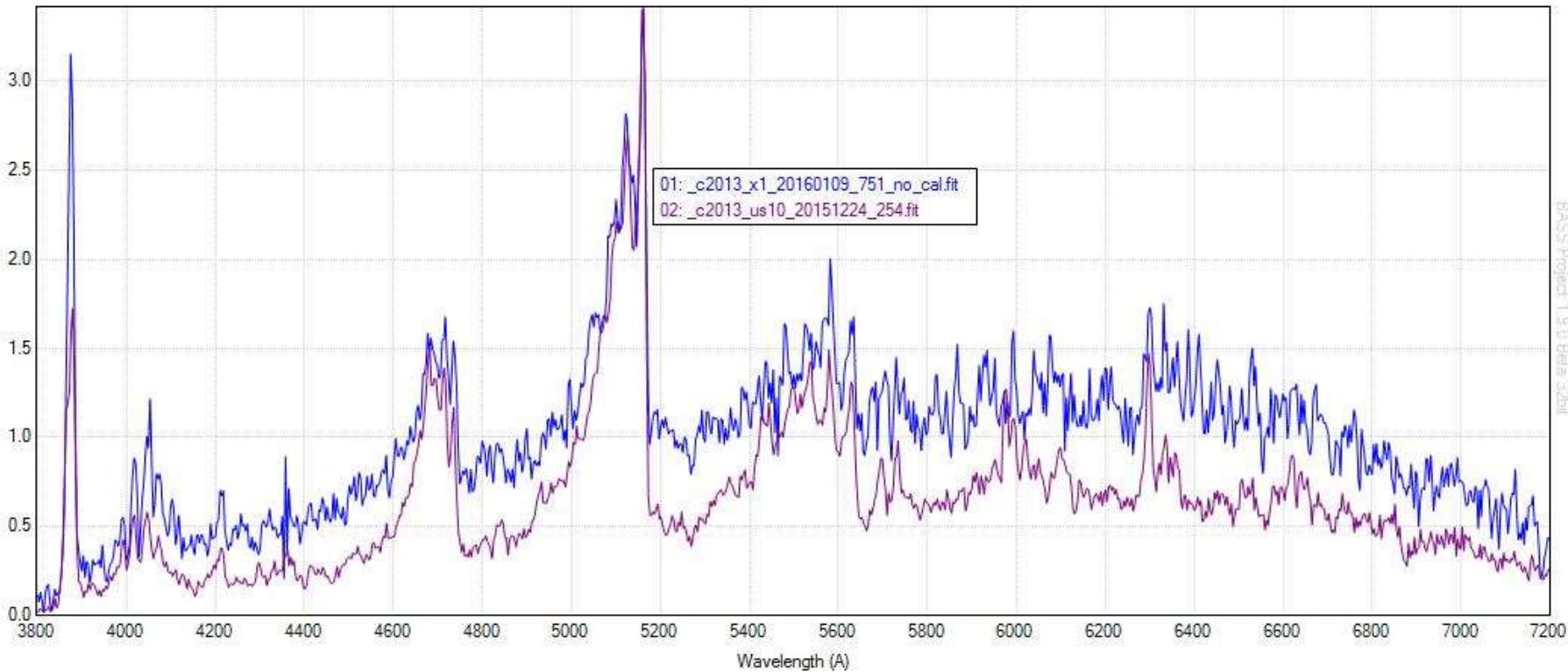


Ergebnisse

- Kometen
- Blaue Überriesen (Supernova-Kandidaten)
- Novae
- Mirasterne
- Kataklysmischen Veränderliche
- Planetarische Nebel
- Galaxie

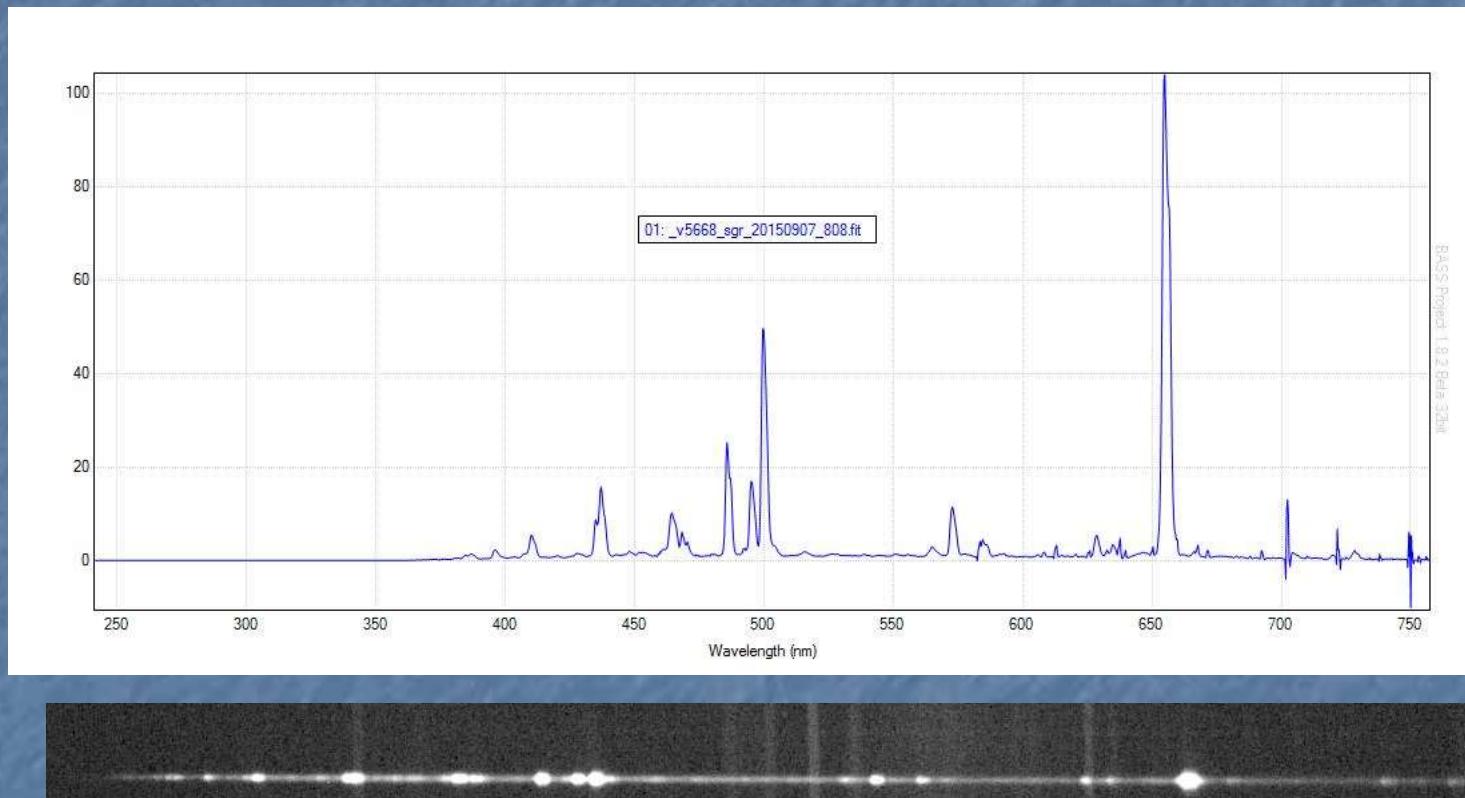


Komet C/2013 US10 – C/2013 X1



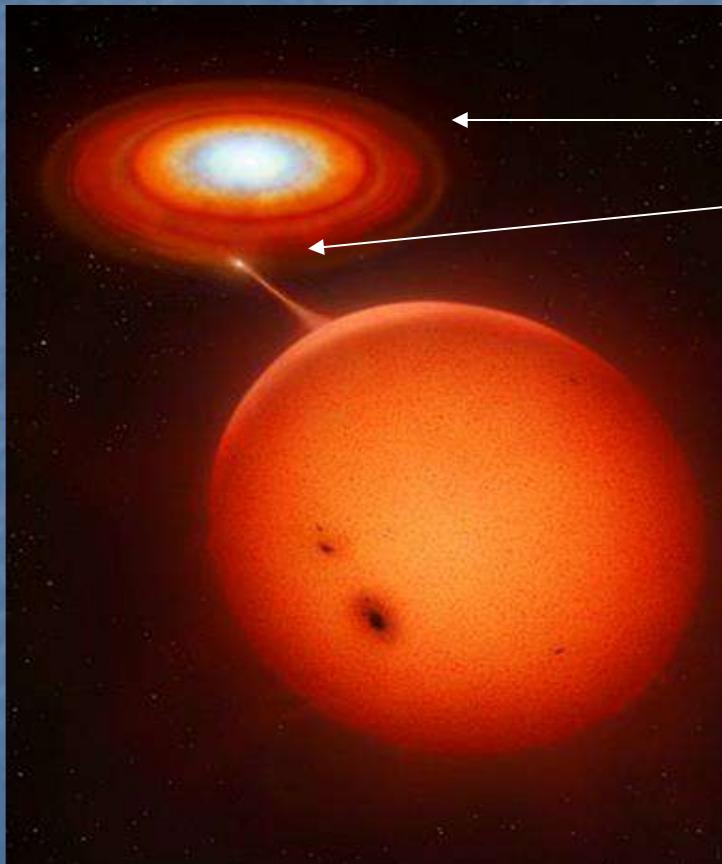


Nova Sagittarii 2015





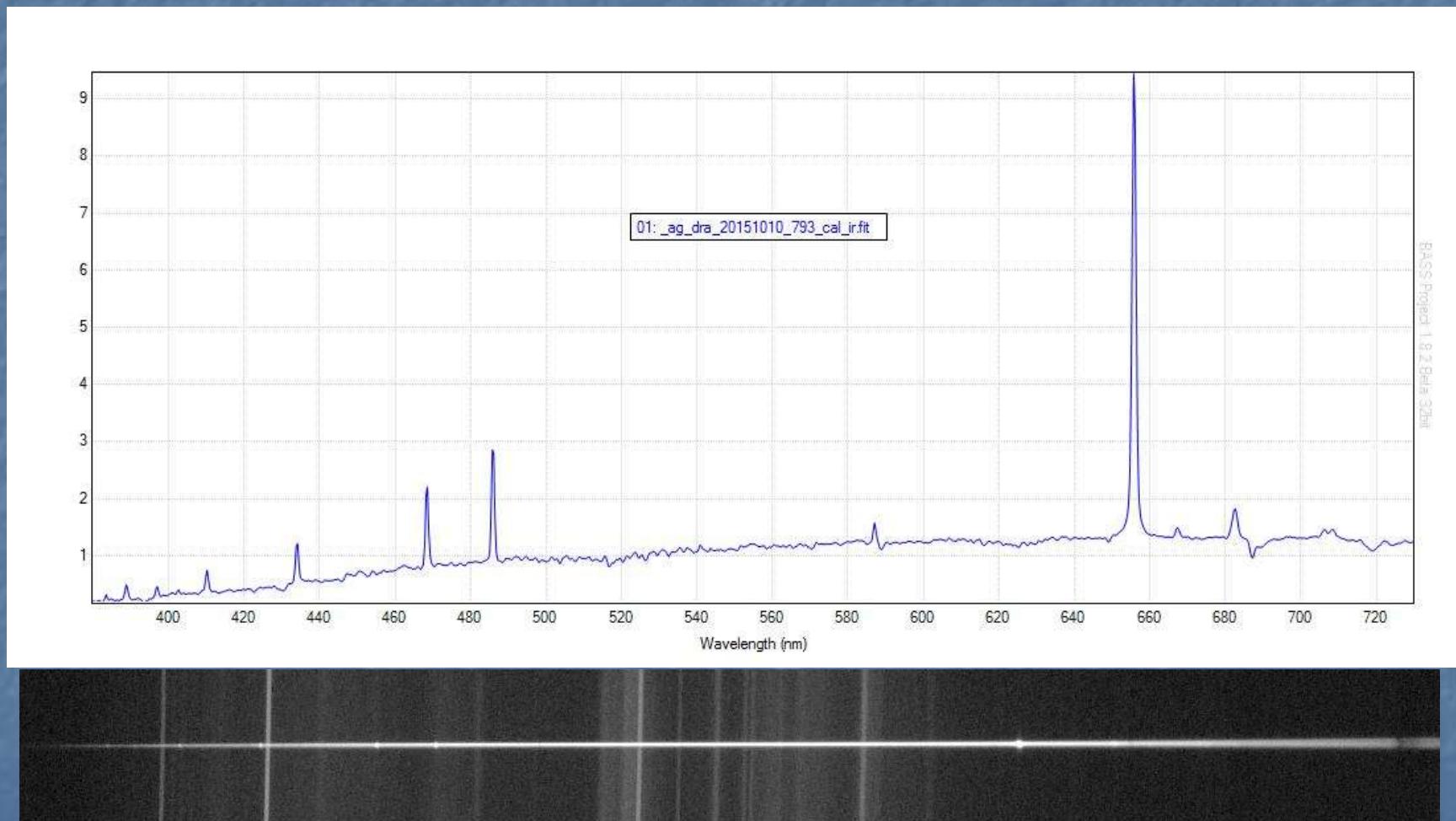
Cataclysmic Variables



- Roten Riesen M-K
- Weißen Zwerp
- Accretions-Scheibe
- Massentransfer



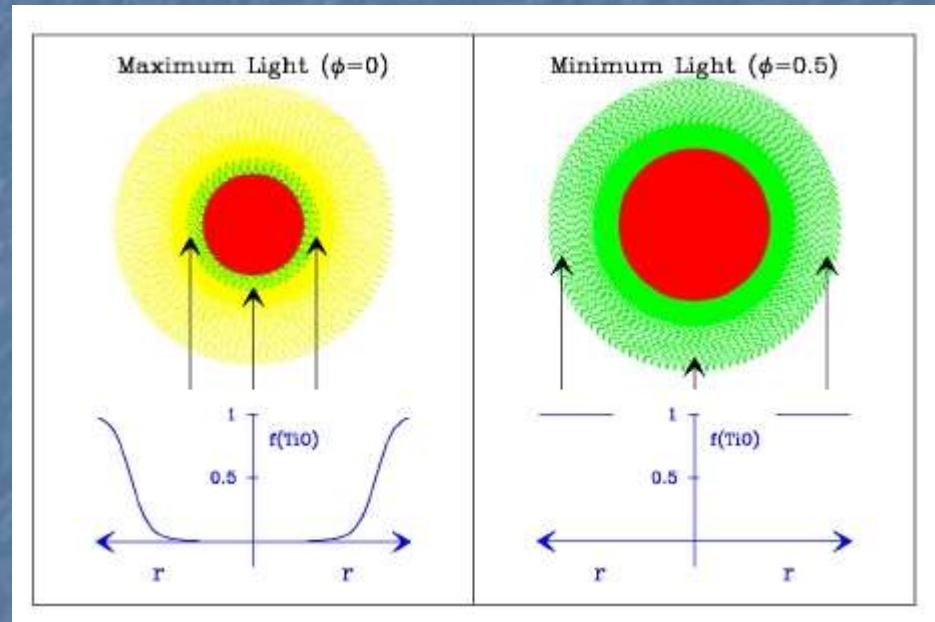
AG Dra





Mirasterne

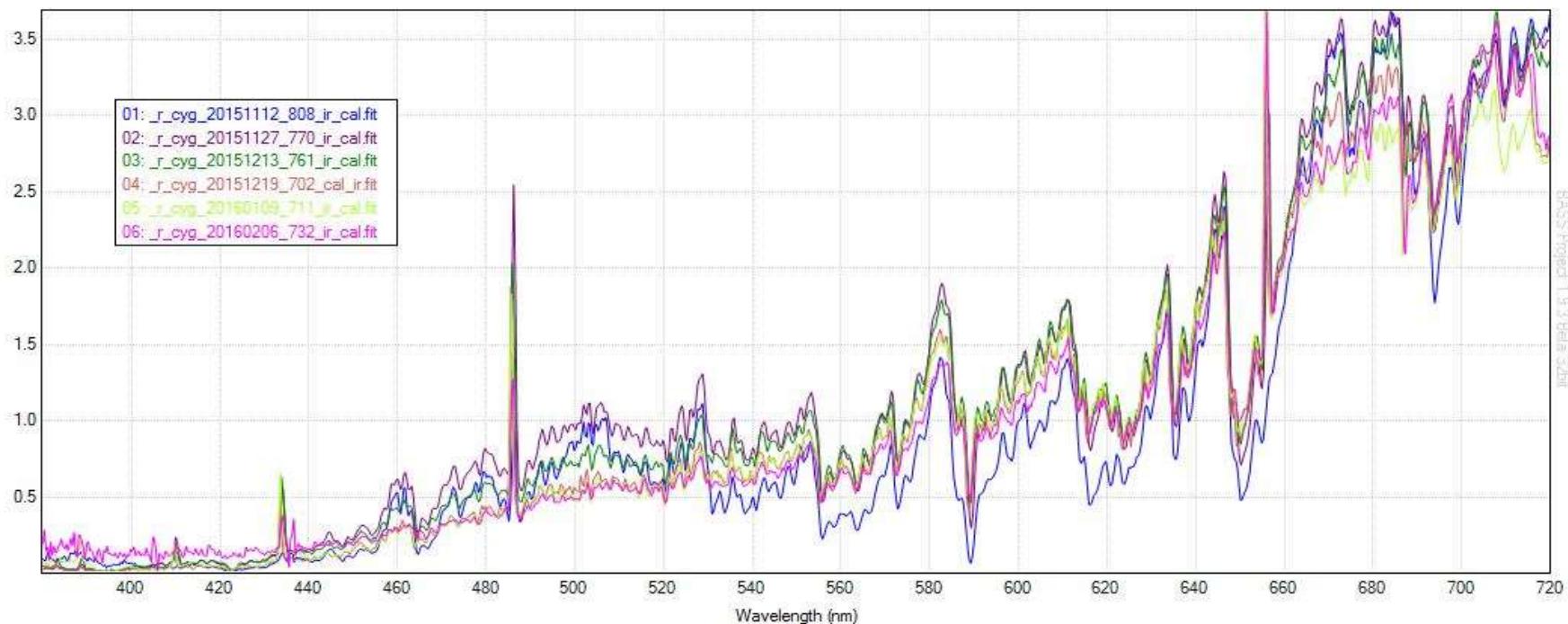
- Pulsationsveränderliche
- Periode 200 – 1000 Tage
- Amplitude 2.5 – 8 mag
- Spektralklasse M und S



Reference: Reid & Goldston (2002,
ApJ, 572, 694)



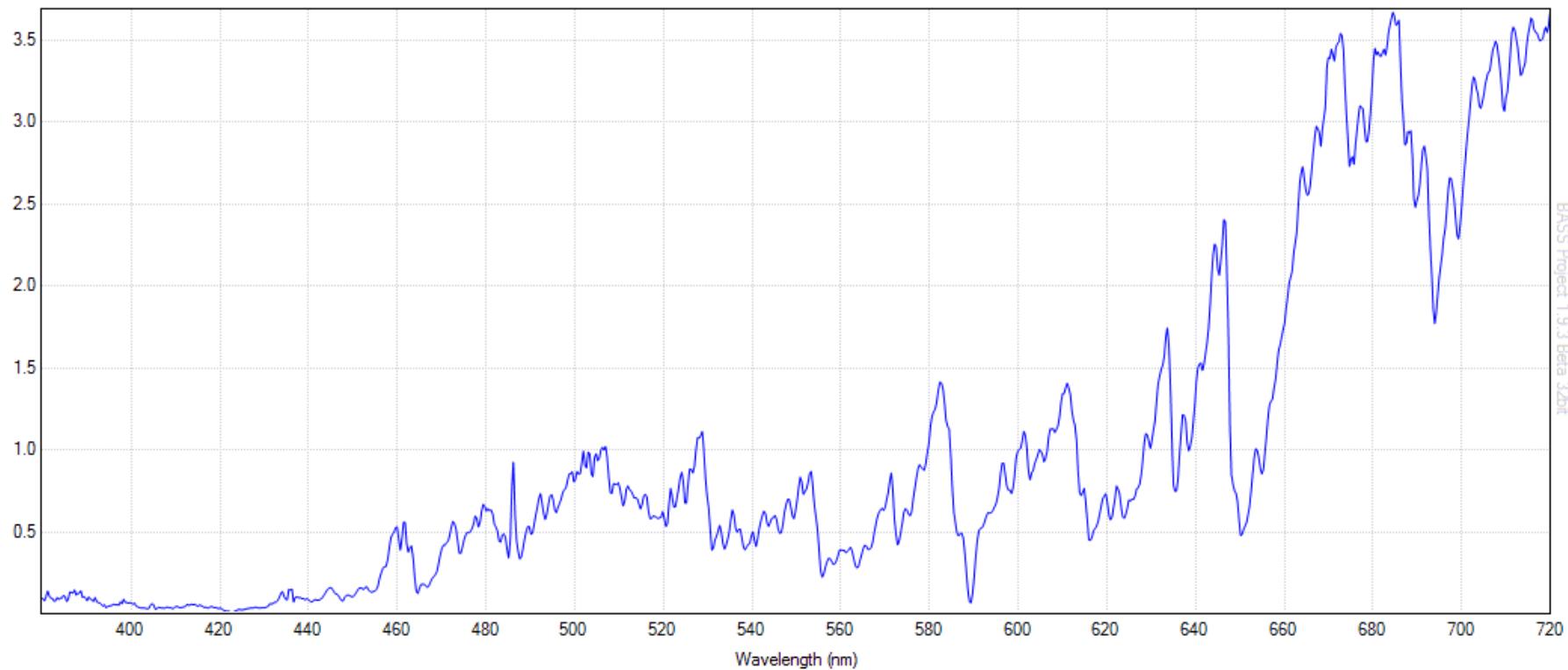
Mira-Stern R Cyg





Animation R Cyg

01:_r_cyg_20151112_808_ir_cal.fit



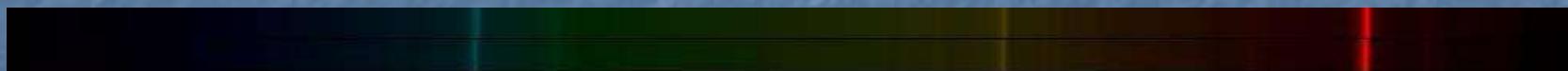
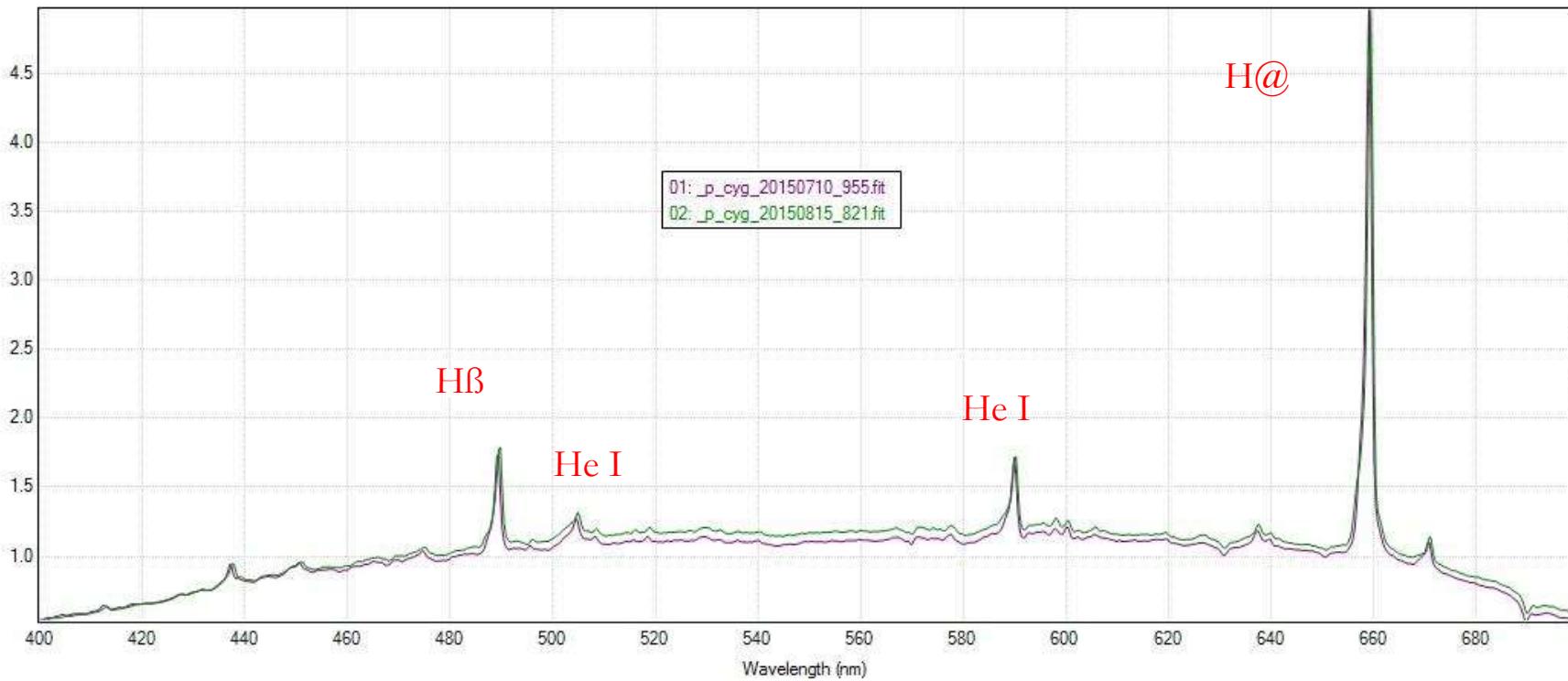


P Cygni - Blauer Überriese (LBV)

- Luminous Blue Variables - nur 20 Sterne
- Erster Ausbruch 1600
- Wasserstoff aufgebraucht Kandidat für eine Supernova
- Emissionslinien H, He von expandierender Hülle
- Hülle ist nicht homogen
- $T = 19.000 \text{ }^{\circ}\text{K}$
- Extreme UV Strahlung

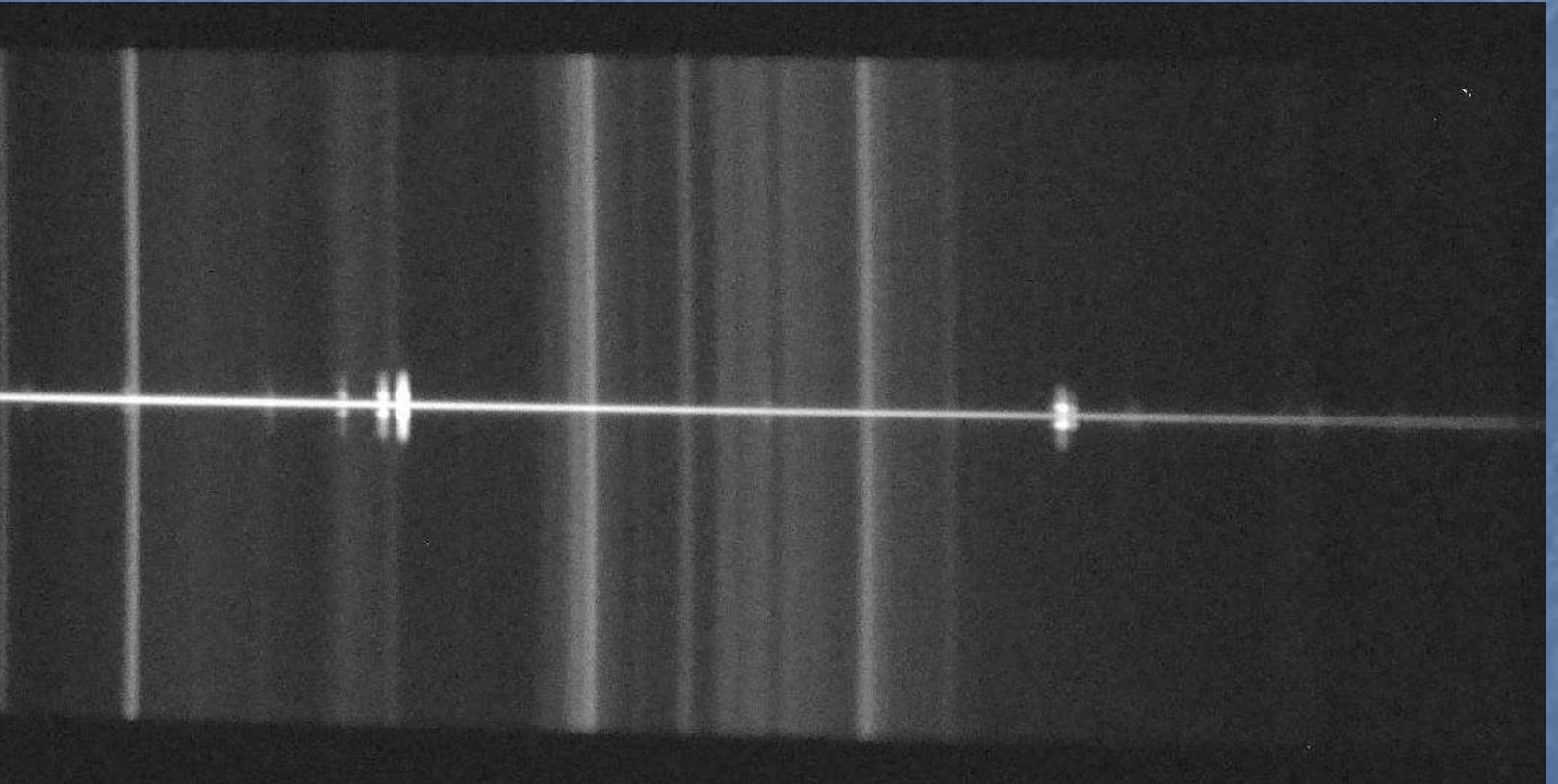


P Cyg





Planetarischer Nebel NGC 2392





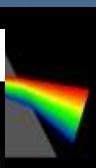
Spektrum vom Andromeda-Nebel



200mm Newton 10s belichtet ASI120mm



ED80 Refraktor 3h belichtet Canon 1000d



Ca II K Ca II H
3933.7 Å 3968.5 Å

CH
4305 Å

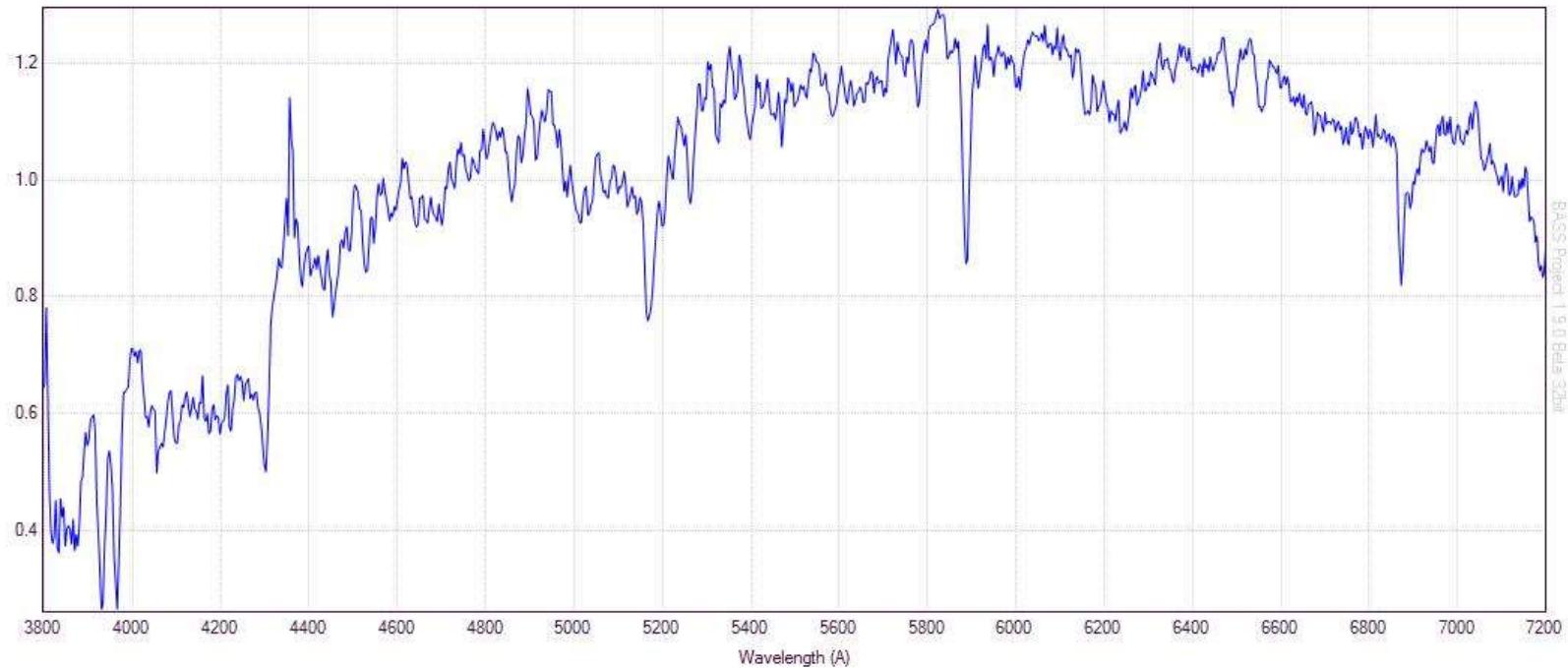
Mg I
5174 Å

Na I
5893 Å

H alpha
6563 Å

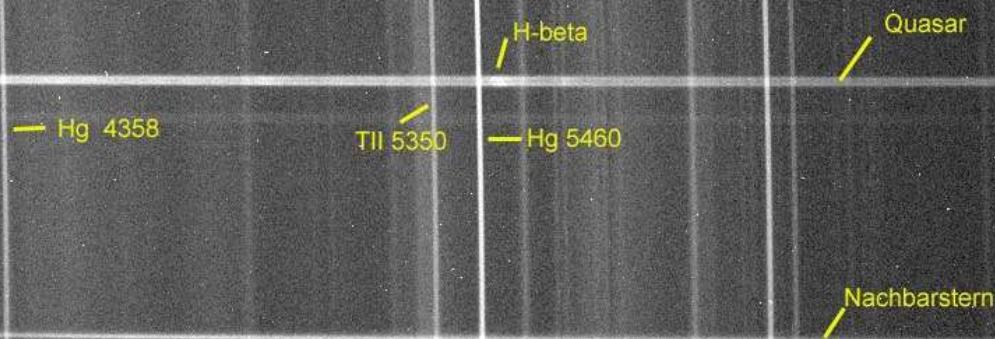
O2 Atmo.
6872 Å

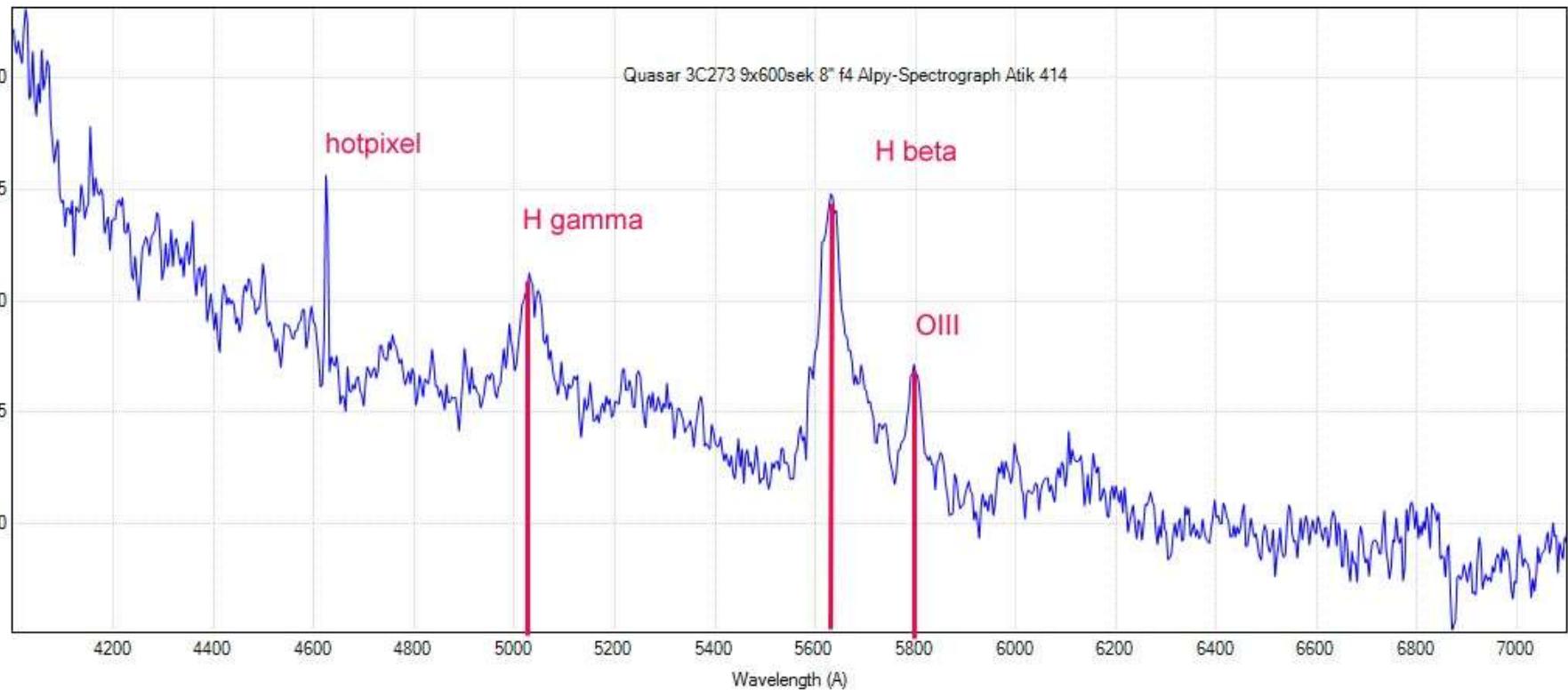
BASS Project 1.9.0 Beta 32bit





Quasar 3C273



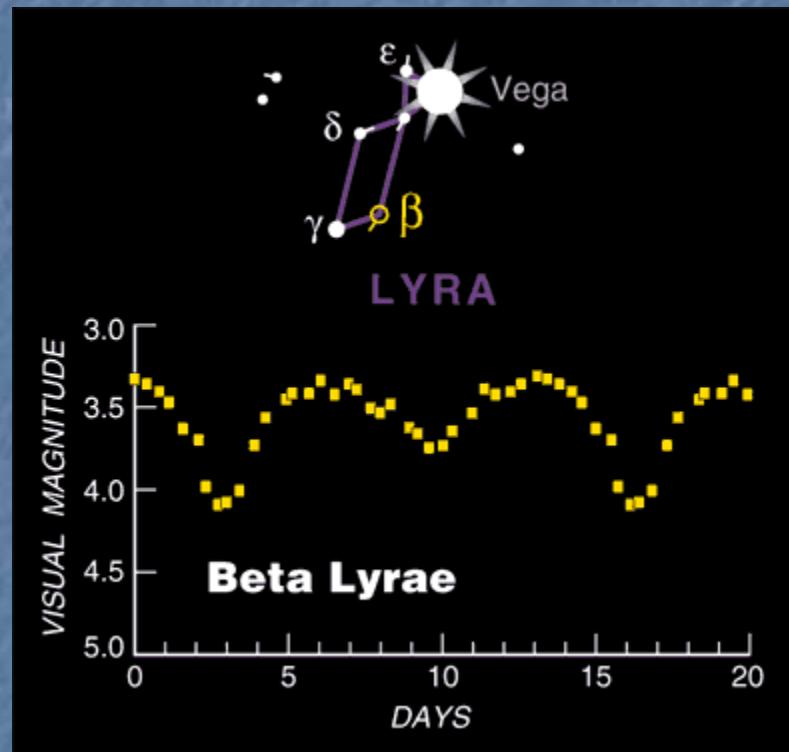


$$Z = (5630 - 4861) / 4861$$
$$0.158 \pm 0.002$$

Literaturwert
0.158339 \pm 0.000067

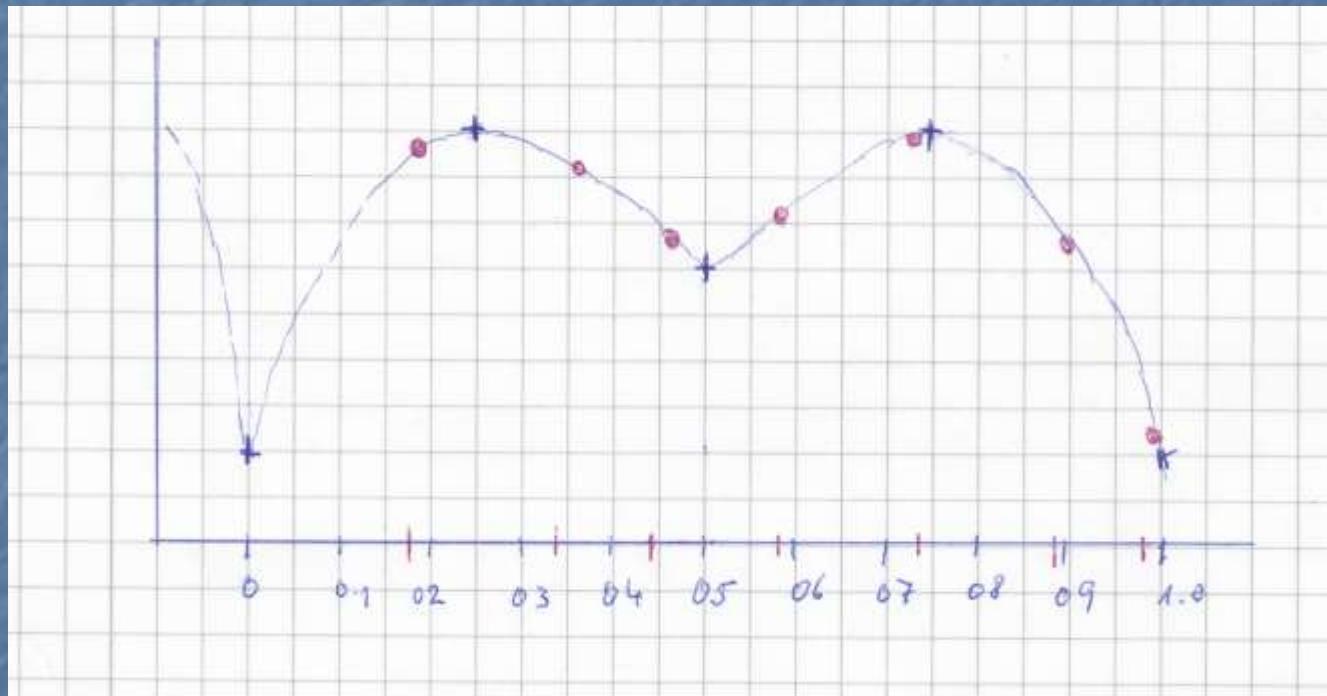


Beta Lyrae ist ein Sternensystem, das aus zwei Sternen, die deckungsgleich umeinander rotieren besteht. Laut Spock ist Beta Lyrae eines der größten Wunder der Galaxie und wird von vielen Raumschiff-Crews bewundert ;-)



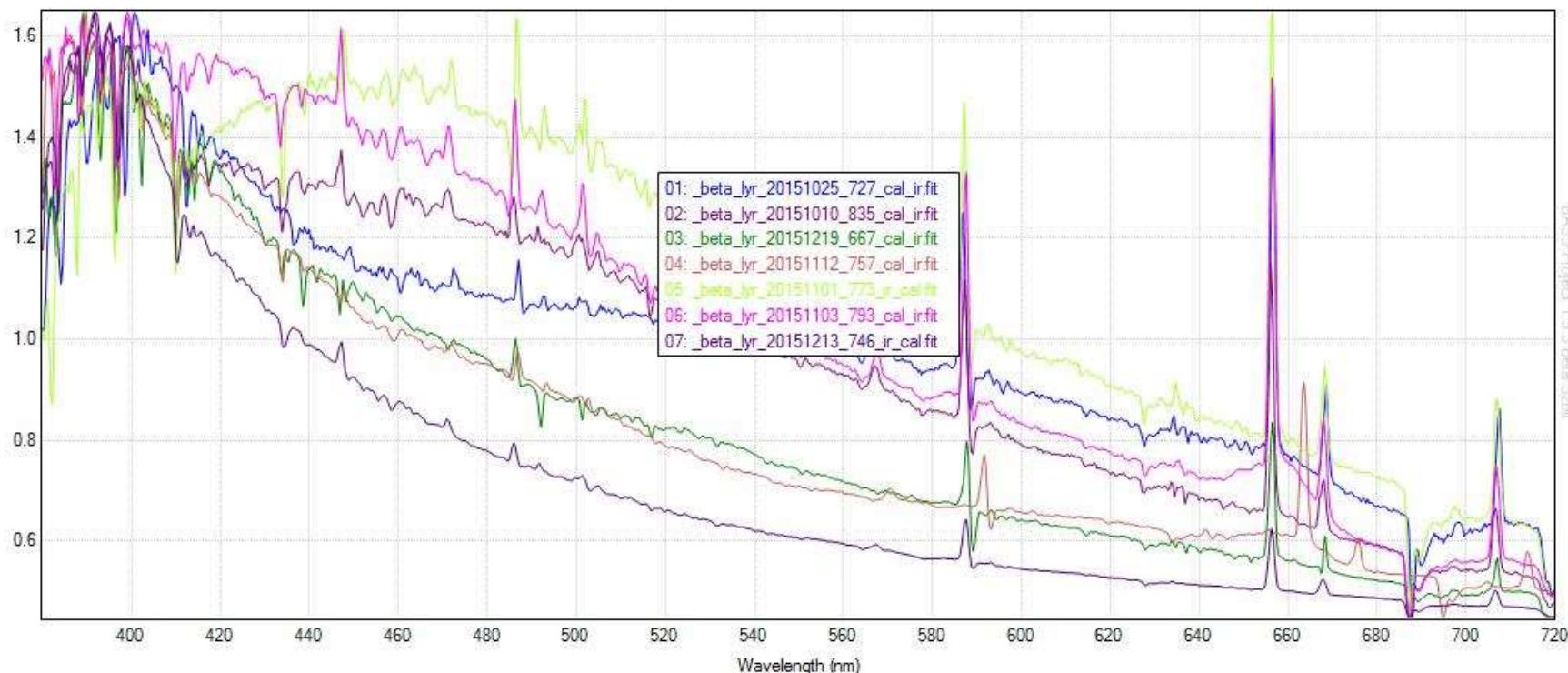
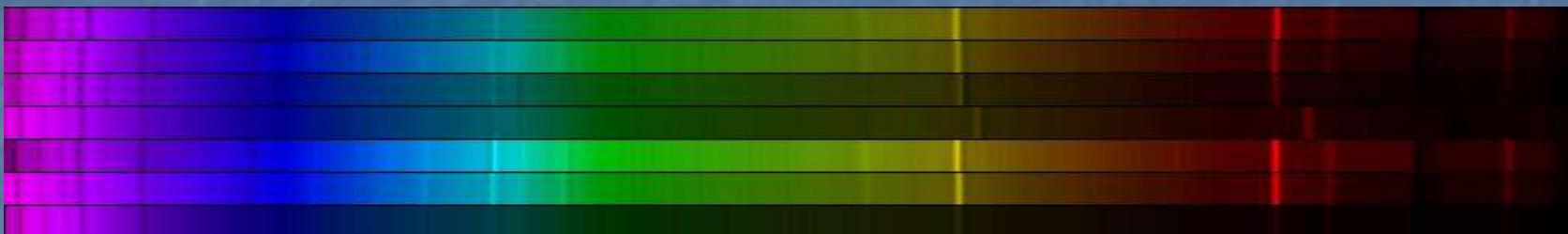


Spektren in verschiedenen Phasen





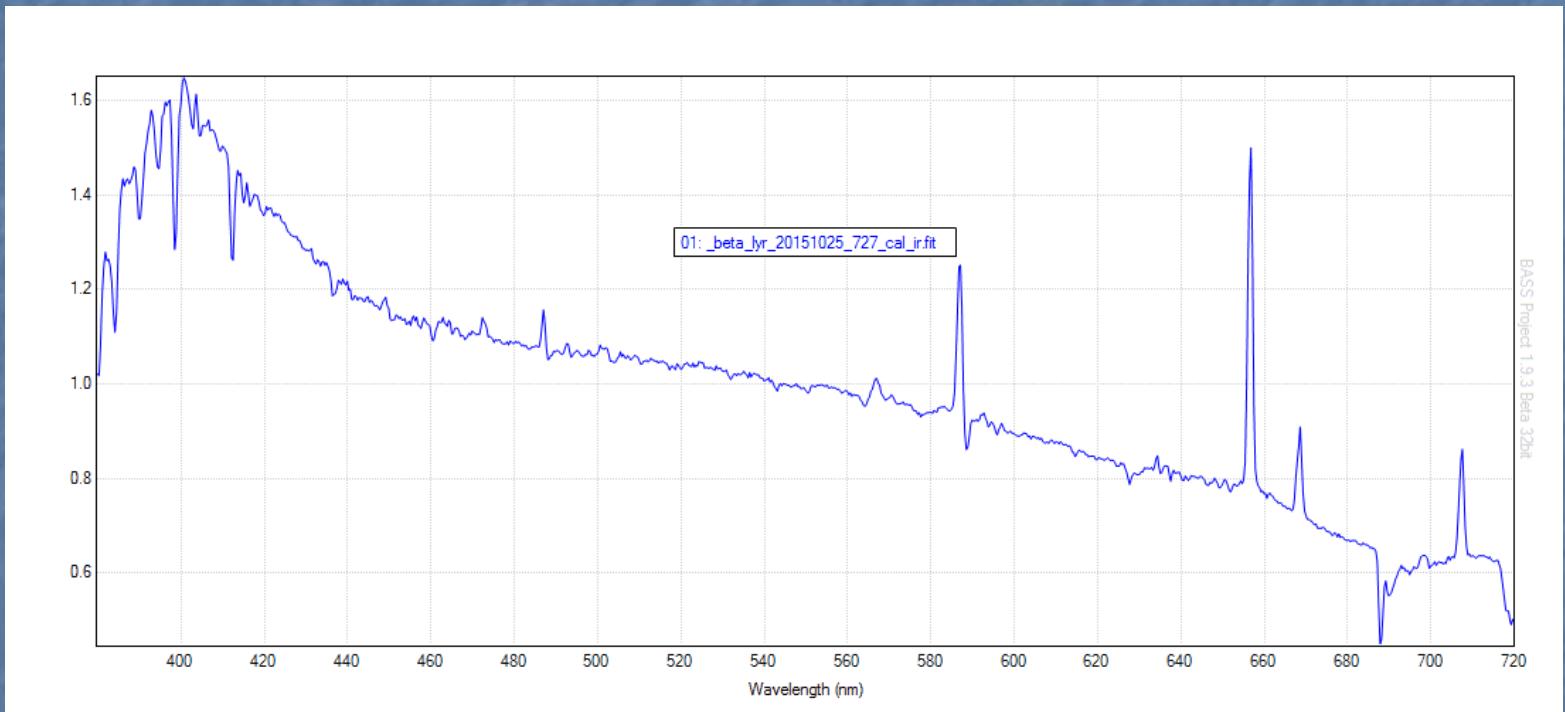
Beta Lyrae



BASS Project 1.9.3 Beta 32bit



Animation β -Lyrae





Filtertest

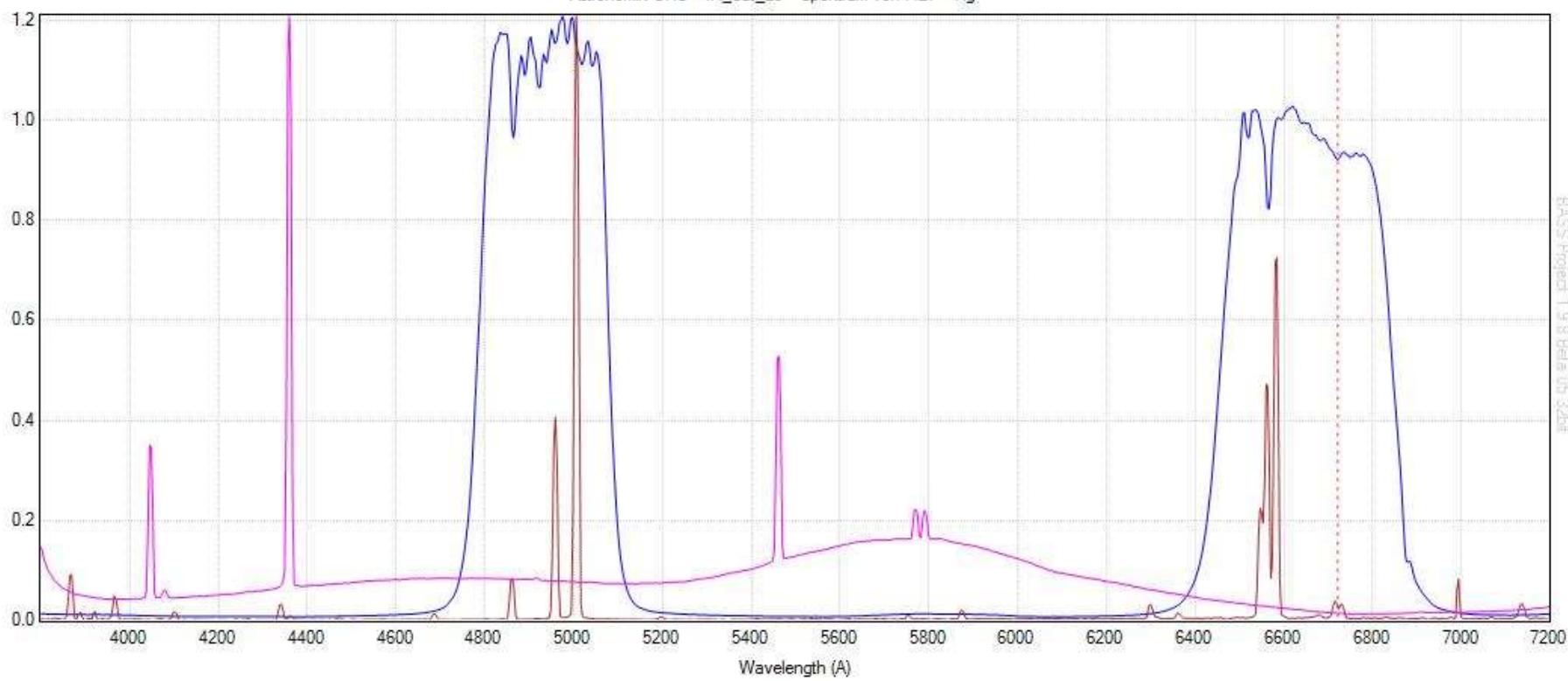




UHC+IR_Cut

Filtertest Sonnenspektrum Alpy600 Spektrograph

Astronomik UHC + IR_Cut_L3 + Spektrum von M27 + Hg



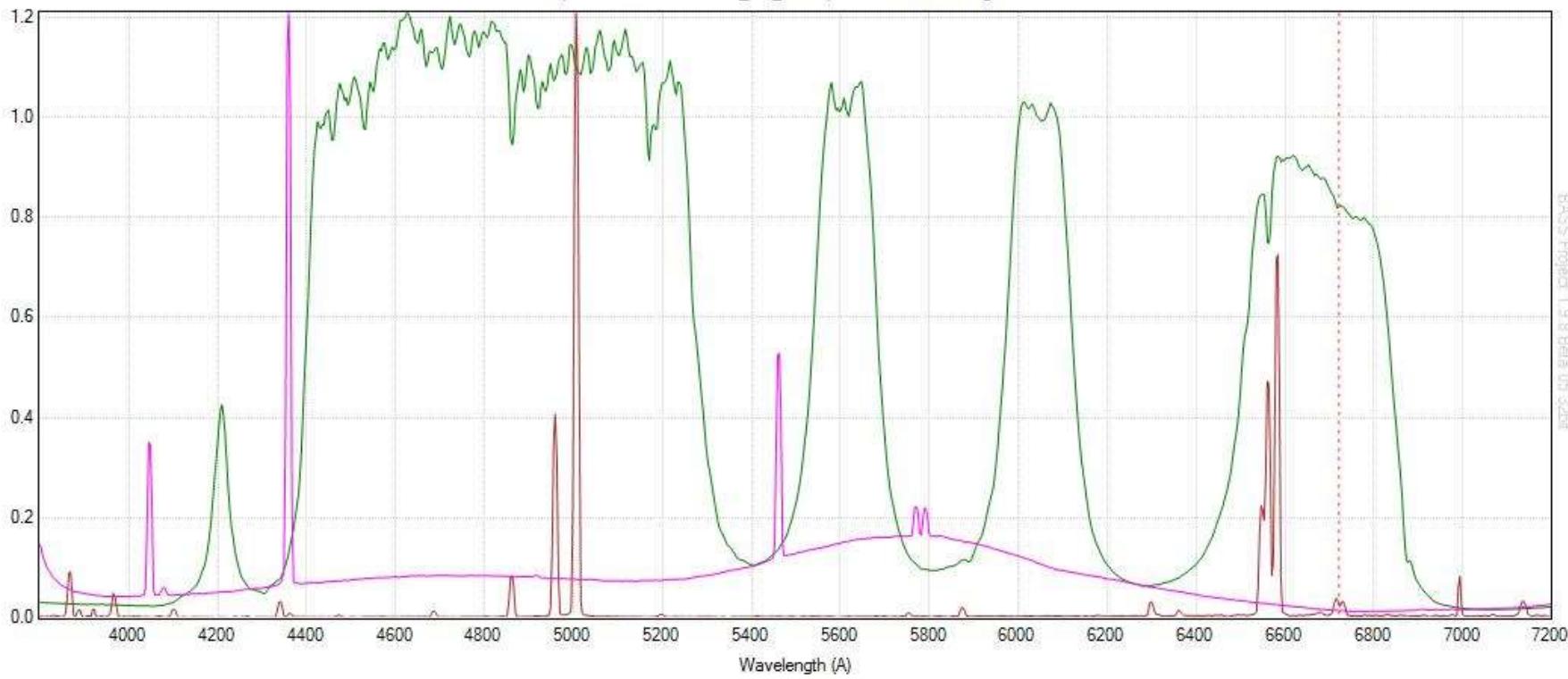


OptolongL+IR_Cut

Filtertest Sonnenspektrum Alpy600 Spektrograph

Optolon-L + Astronomik IR_Cut_L3 + Spektrum von M27 + Hg

GASS Project 1.9.9 Beta 05.32b#



Spektroskopie

unter Stadtbedingungen

- Trennung von Nutzsignal und Störsignal
- Viele Objekte
- Mehrere Objekte pro Nacht
- Mond stört zusätzliches Spektrum
- Spalt: Seeing unabhängig
- Nachführfehler, schlechte
- Fokussierung stören nicht
- Dramatische Lichtverluste
- Auswertung knifflig
- Programme sind nicht „Userfriendly“
- Datenreduktion
- Nur wenige Spektroskopiker
- Alleinstellungsmerkmal

Astrofotografie



- Schmalbandfilter H@, OIII, SII
- Wenige H- Nebel SN-Reste
- Lange Belichtung
- Mond stört nicht
- Seeing abhängig
- Nachführfehler, schlechte
- Fokussierung stören

- Viele gut zu bedienende Programme
- Daten werden verändert, die Physik des Objektes um schön auszusehen
- Viele Astrofotografen und unzählige Bilder des gleichen Objektes



Spectro-Party

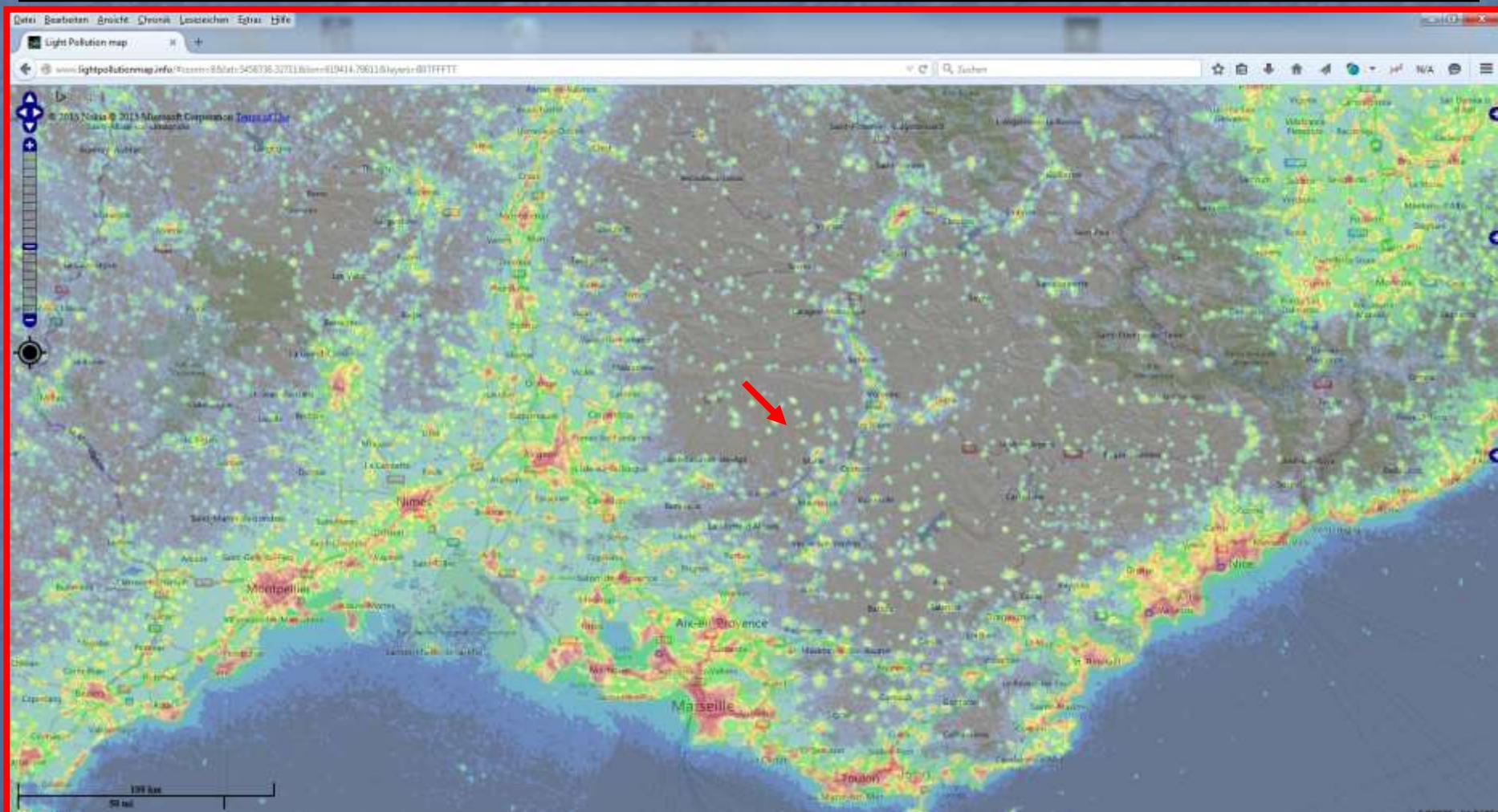
Die andere Starparty



Aix-Marseille
université



Location Observatoire de Haute-Provence





Teilnehmer

- 48 Teilnehmer
- Frankreich, Schweiz, Österreich, Italien Deutschland
- England, USA , Australien
- Steve Shore Astronomie-Professor aus Pisa
- Shelyak Instruments – Spektrographen



Programm

- 10:00 Spektroskopie Praktikum in franz/eng
- 12:00 Mittag
- 14:00 Präsentationen von Amateuren engl/franz
- 15:30 Astrophysik Vorlesung engl
- 19:00 Abendessen
- 21:00 Praktische Beobachtung
- Das ganze 6 Tage lang



Kuppel des 193cm Teleskops





Teleskope



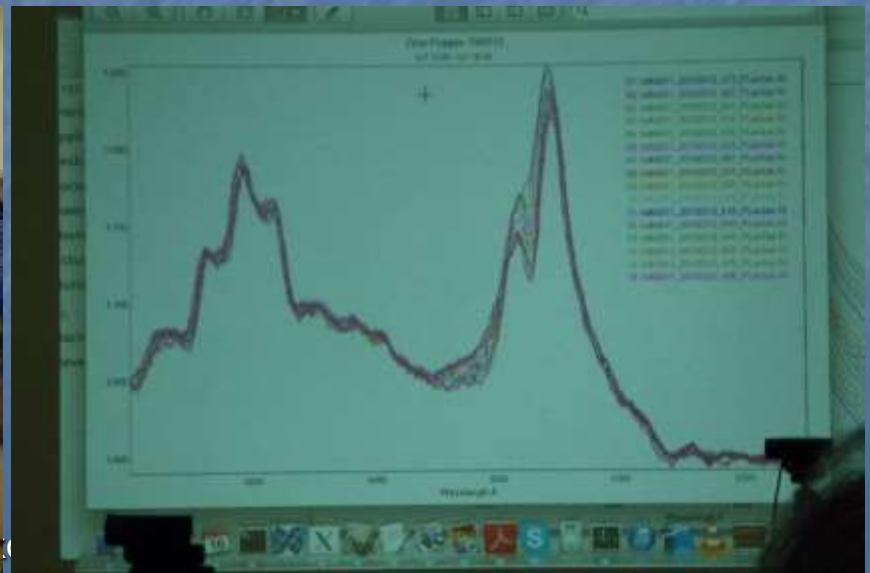
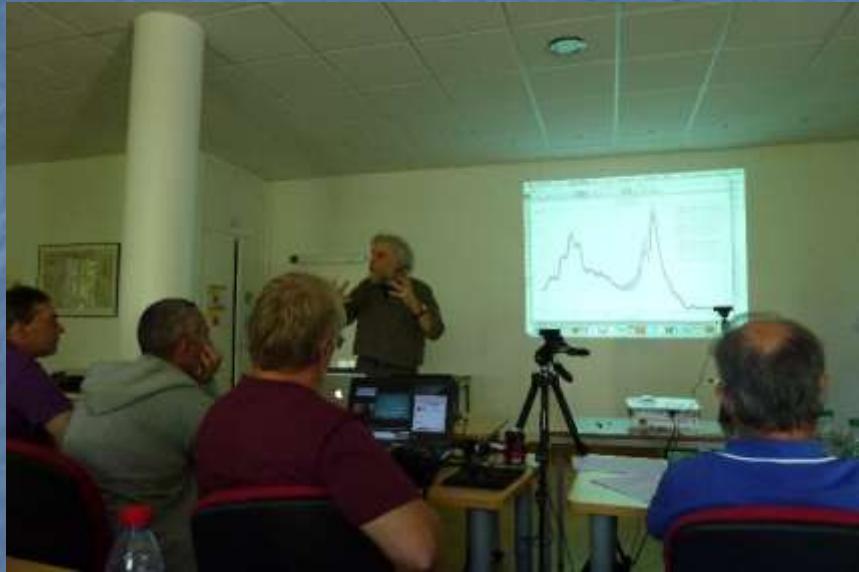


Teleskope der Teilnehmer





Astrophysik – Steve Shore



Aktuelle Literatur



- Aus der Patrick Moore – Reihe Practical Astronomy
- Ken Harrison : Astronomical Spectroscopy for Amateurs
- Ken Harrison : Grating Spectroscopes and How to Use Them
- Jeffrey Hopkins: Using Commercial Amateur Astronomical Spectrographs
- Marc Trypsteen, Richard Walker: Spectroscopy for Amateur Astronomers
- Richard Walker: Spectral Atlas for Amateur Astronomers
- Francois Cochard: Succesfully Starting in Astronomical Spectroscopy – A Practical Guide
- VDS Fachgruppe Spektroskopie <http://spektroskopie.vdsastro.de/startseite.html>
- ARAS Spectroscopy Group Frankreich <http://www.spectro-aras.com/forum>
- Christian Buil <http://www.astrosurf.com/buil>



Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit ...

Vortrag unter : <http://kiehl-inter.net/download/Spektroskopie.pdf>