

Tenerife Infrared Polarimeter TIP (+TIP2)



Andreas Lagg

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung
Katlenburg-Lindau, Deutschland

Übersicht:

- Spezifikationen (TIP, TIP2)
- Funktionsprinzip
- technische Handhabung
- Benutzung der Software
- Datenreduktion

Spezifikationen

TIP

| | |
|---|---------------------|
| ■ Detektorgröße | 256x256 |
| ■ Pixelgröße | ~40 μm |
| ■ Quanteneffizienz | ? |
| ■ Bildfrequenz | 8 /s |
| ■ Modulatoren | 2 FLC |
| ■ Räumliche Auflösung | 0.8" |
| ■ Spalthöhe | 40" |
| ■ spektrale Auflösung | ~60 mÅ |
| ■ Spektralfenster | ~7 Å |
| ■ Wellenlänge | 1-1.8 μm |
| ■ Signal/Rausch-Verh. bei 5s Integration | 500 |
| ■ Zeit für 40" Scan | ~10 min. |

TIP 2

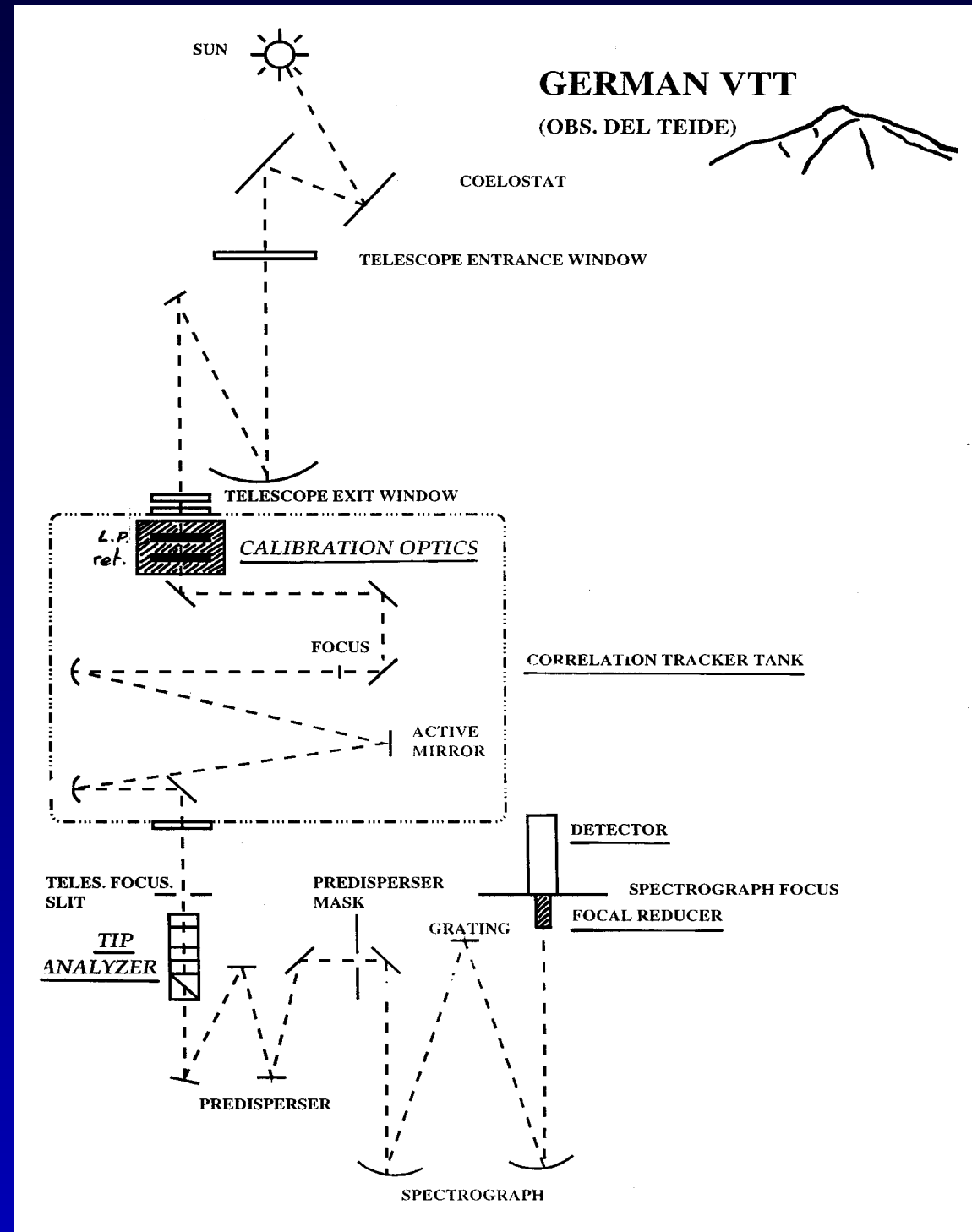
| | |
|---|-----------------------|
| ■ Detektorgröße | 1024x1024 |
| ■ Pixelgröße | 18 μm |
| ■ Quanteneffizienz | 55% |
| ■ Bildfrequenz | 4 /s |
| ■ Modulatoren | 2 FLC |
| ■ Räumliche Auflösung | 0.6" (?) |
| ■ Spalthöhe | 60" (?) |
| ■ spektrale Auflösung | ~30 mÅ |
| ■ Spektralfenster | ~15 Å |
| ■ Wellenlänge | 0.9-2.5 μm |
| ■ Signal/Rausch-Verh. bei 5s Integration | 500 (?) |
| ■ Zeit für 40" Scan | ~15 min. |

based on Rockwell CMOS TCM 8600,
HgCdTe/ Al_2O_3

Messprinzip

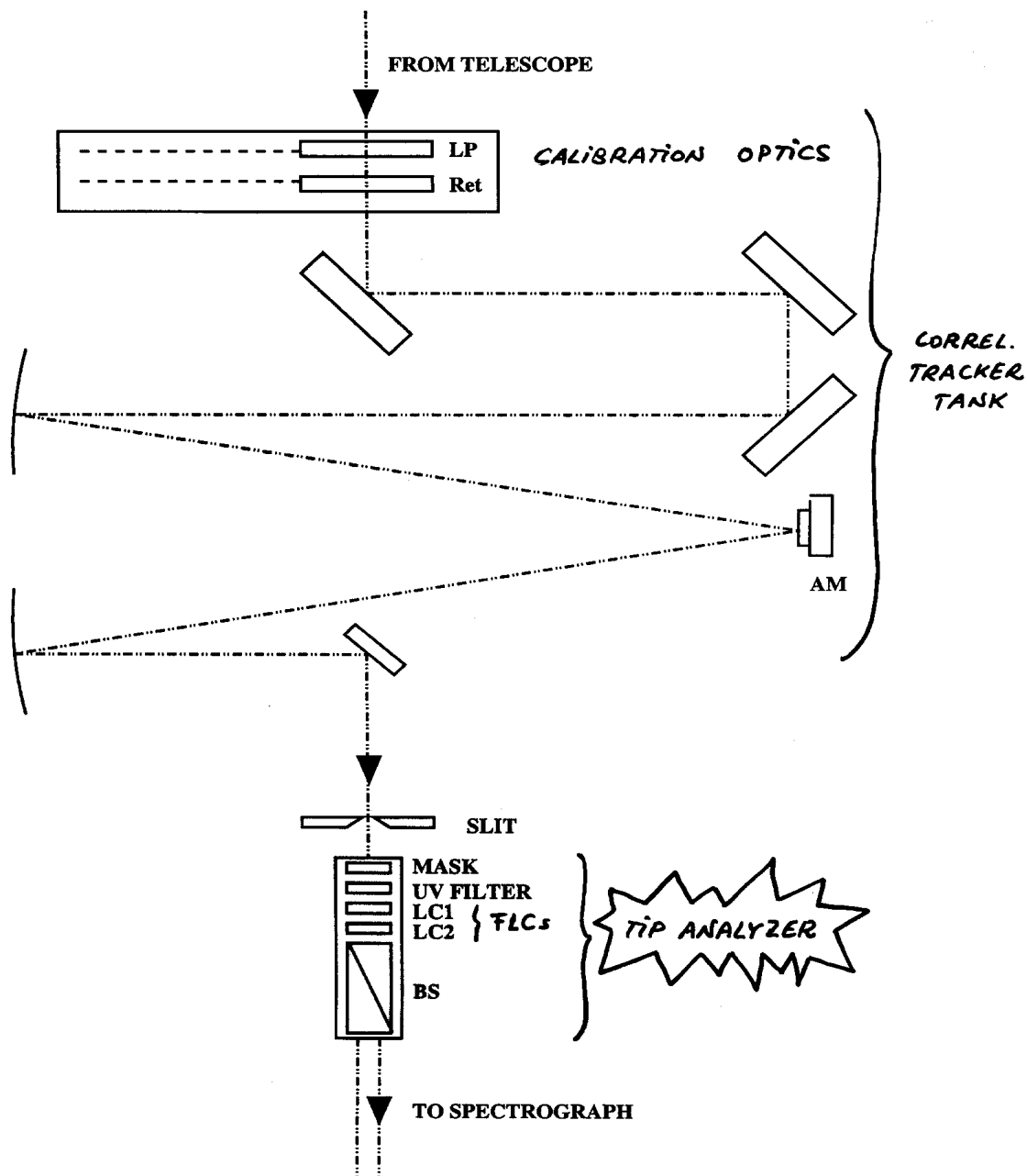
TIP:

- 2 ferro-elektrische Liquid-Crystals als Retarder:
"half wave" und "quarter wave" (fix),
45° Änderung der Achsen durch ext. Spannung
→ zeitliche Modulation
- Strahlteiler
→ räumliche Modulation
- IR-Gitter
- Kamera-Filter
- Kamera



Messprinzip

Tenerife Infrared Polarimeter (TIP)

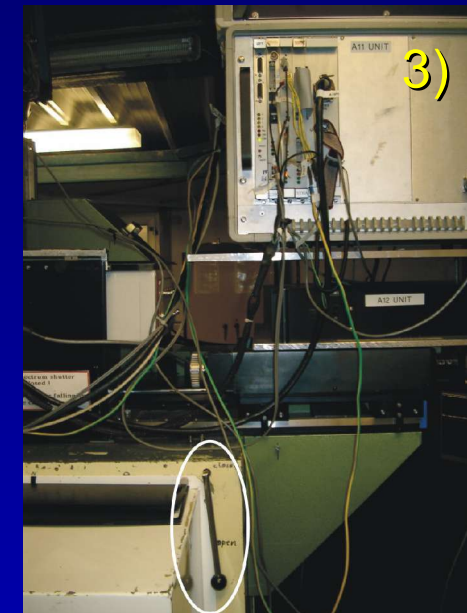
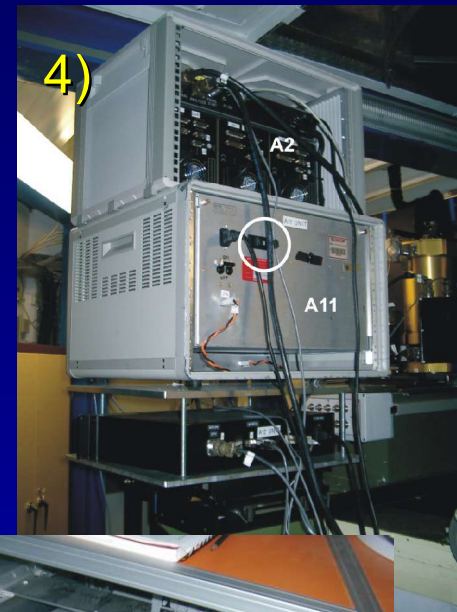
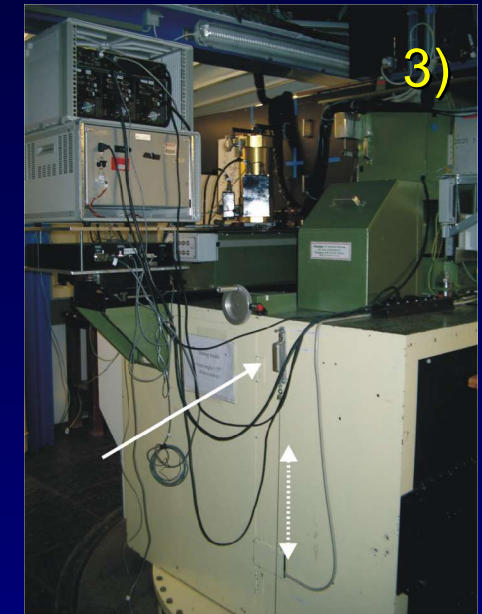
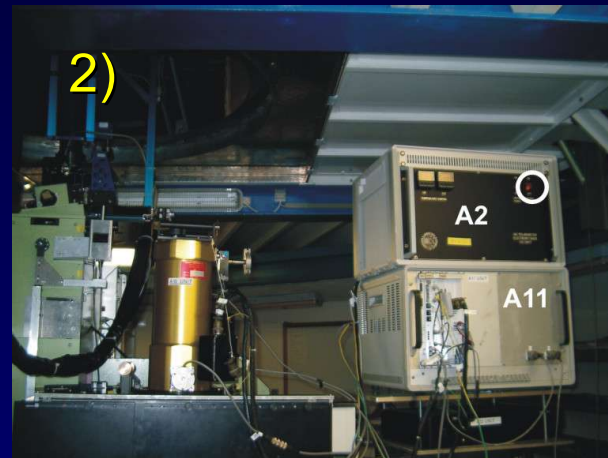


verfügbare Kamera-Filter:

- aux: 1.03 – 1.10 μm
- J: 1.13 – 1.30 μm
- H: 1.53 – 1.75 μm

Inbetriebnahme

- 1) Flüssiger Stickstoff: Stand prüfen!
(TIP2: 1 x wöchentlich???)
- 2) Einschalten der Temperatur-Kontrolleinheit A2
- 3) Teleskop-Cover und Kamera-Ausgang öffnen
- 4) Einschalten: A11 Einheit
- 5) innerhalb 5 Sekunden: im BKR A13 einschalten
→ LEDs blinken
- 6) Software auf NESTOR starten:
unix-Kommando:
polar
Datenaufnahme erfolgt im
aktuellen Verzeichnis!
→ vorher entsprechendes
Verzeichnis anlegen



TIP Software

Menüpunkt: Custom

→ Werte eintragen (für korrekte HK-Werte)

operation visualization

#accumulations : 60

#measurement steps : 1

step wait (ms) : 0

step size (arcs.) : 0.10

integration (ms.) : 120.0

#operations : 1

sj acq (steps/sj) : 0

manual wait next step

save images idl

polis tracker

comments:

get images abort

VTT - IR256 camera

polis tracker

system application idle

file

step 1

UT 18:06:58

messages

Read only frame to display current status of application

polar - slit orientation

slit orientation (deg) 23.45

correction (deg.) : 0.00

apply close help

polar - coelostat values

M1 angle (deg.) : 0.000

M2 height (cm.) : 38.500

apply close help

polar - wavelength

wavelength (nm) : 1565

apply close help

polar - jump angle

jump angle (deg.) : 97.30

apply close help

Telescope

polar - images scale

I and accumulated

automatic limits

user defined limits

minim : 1000

maxim : 12000

Q, U and V

automatic limits

user defined limits

minim : -2000

maxim : 2000

apply close help

Display
Img. scale

Scanner (AO):
bestimmt Richtung des Scans
bezüglich Spalt

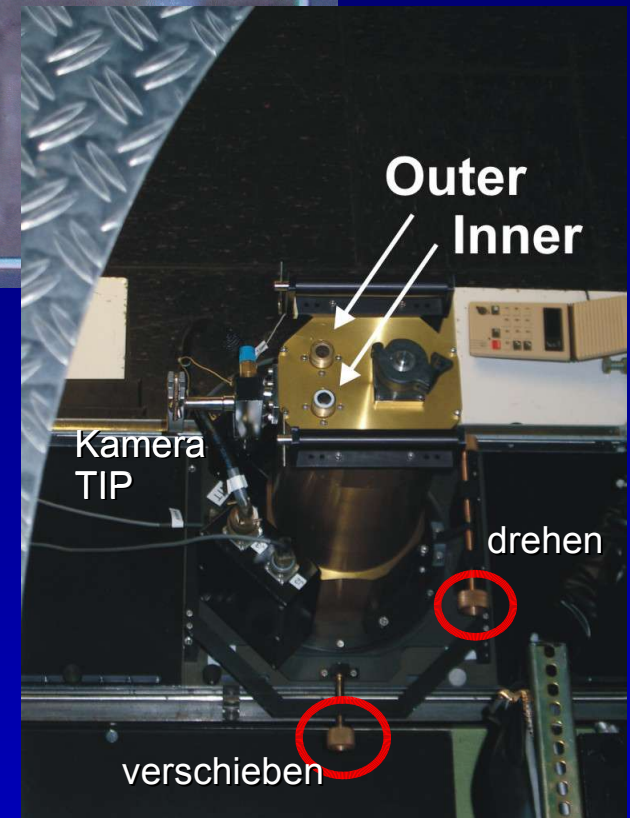
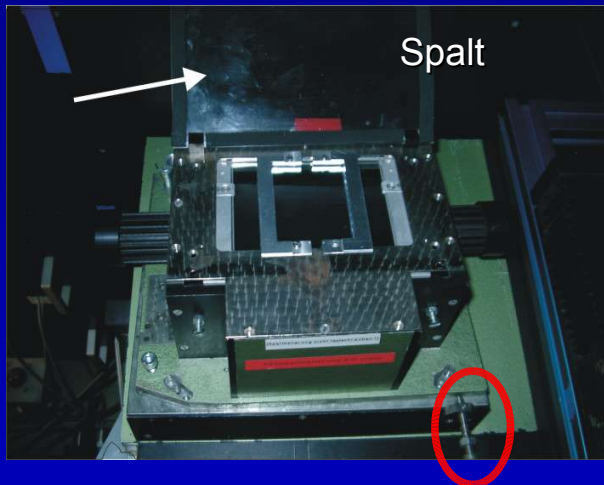
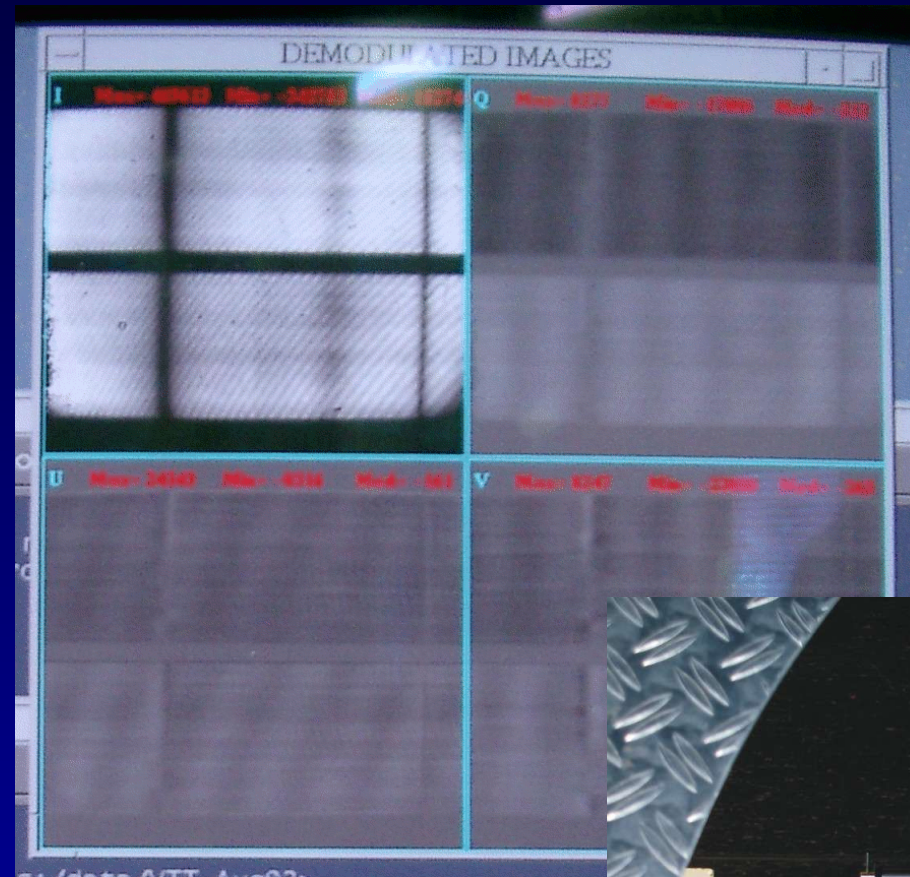
Alignment (1)

Ausrichten notwendig wenn:

- IQUV-Bild nicht waagrecht
→ Kamera drehen
("align_camera.pro")
- Spektrallinien schief
→ Spalt drehen
("align_slit.pro")
- IQUV-Bild versetzt
(obere und untere Hälfte)
→ Polarimeter (LCs) drehen
("align_pol.pro", kein Bild)
- IQUV-Bild nicht zentriert
→ Kamera verschieben
(keine Hilfsroutine)
→ Hairlines aus dem Bild rausverschieben

Ausgangspunkt:

- TIP-Kamera läuft
- Teleskopsteuerung läuft



Alignment (2)

Beispiel: Ausrichten des Spaltes

Auswirkung:

Spektrallinien sind schief

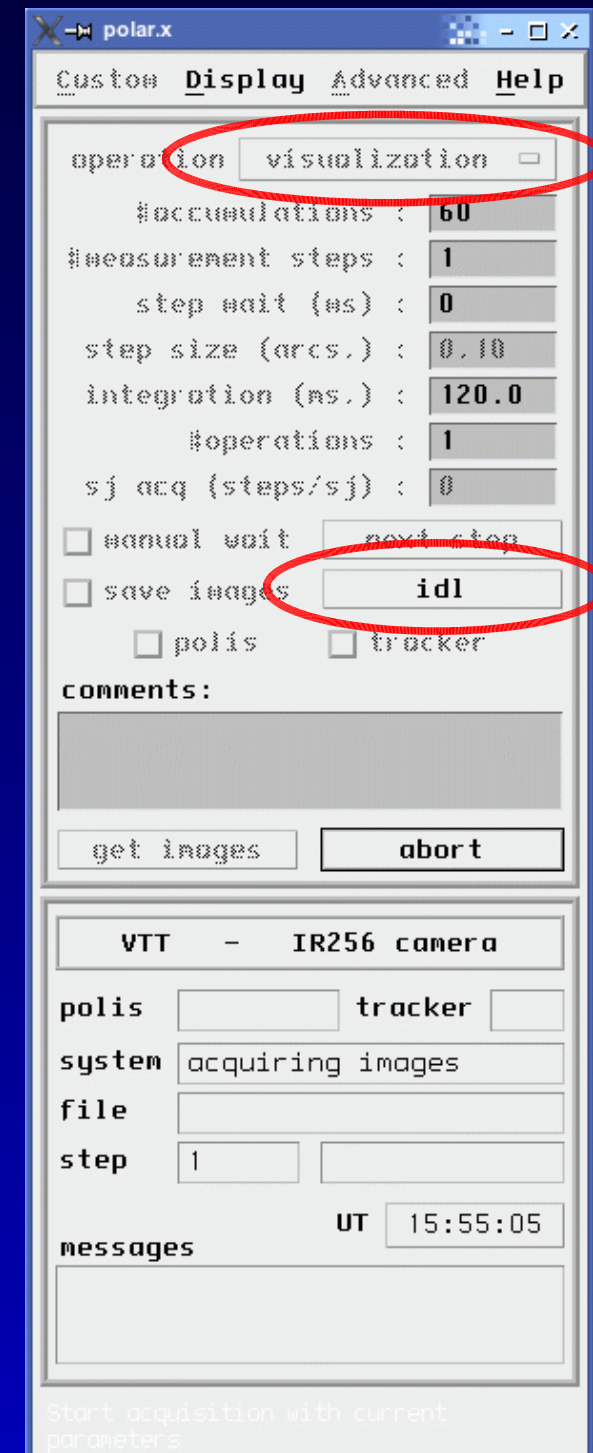
Lösung:

Drehen des Spaltes

Hilfsroutine:

align_slit.pro

- 1) TIP im Visualisierungsmodus
- 2) auf 'idl' klicken
→ IDL-Terminal öffnet sich
- 3) @align_slit starten
→ Differenz zwischen Originalbild und gespiegeltem Bild wird angezeigt
- 4) Spalt drehen
- 5) IDL-Terminal verlassen ('exit' eintippen)
- 6) Punkte 2-5 wiederholen bis Differenzbild grau



Alignment (3)



Linien versetzt
→ Polarimeter drehen

Linien schräg
Spalt drehen →



Teilbilder nicht mittig
Kamera verschieben →

Teilbilder schief
→ Kamera drehen



Fokussierung

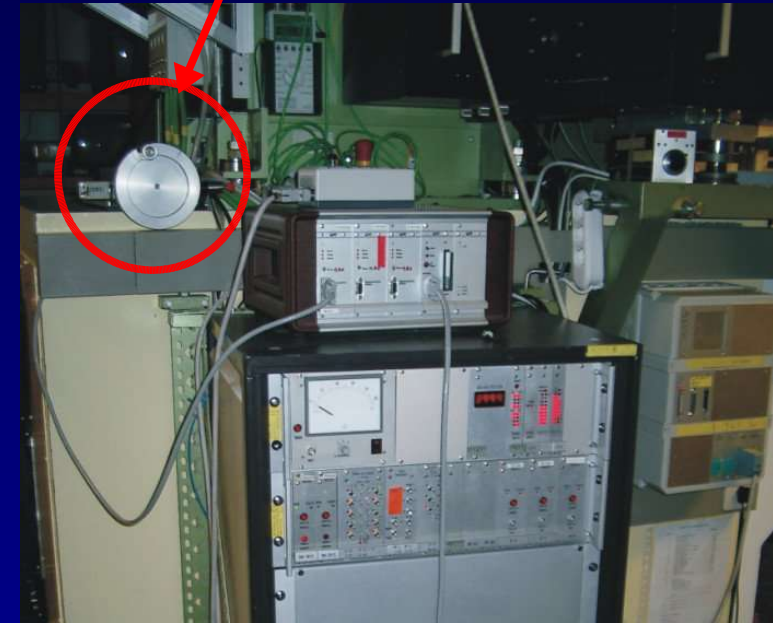
- Teleskop fokussieren (Spaltbild, Haarlinie)
- Predisperser fokussieren
- Spektrograph fokussieren

Hilfsroutine: focus.pro
(IDL-Aufruf aus TIP-GUI, siehe 'Alignment (2)')

- 1) TIP im Visualisierungsmodus
- 2) auf 'idl' klicken
→ IDL-Terminal öffnet sich
- 3) @focus starten
→ Zeilen / Spalten eines I-Bildes werden aufsummiert und als Liniplot dargestellt.
(editiere focus.pro für Zeilen- / Spaltenauswahl)
- 4) Fokus verändern (predisperser, telescope)
- 5) IDL-Terminal verlassen ('exit' eintippen)
- 6) Punkte 2-5 wiederholen bis Linien optimal (möglichst tief & schmal)

nur Predisperser fokussieren: Haarlinie ins Bild schieben

Predisperser-Fokus



Visualisierung: Demodulationsmatrix

- nach Wellenlängenänderung / Spektrographdrehung
- verbessert Darstellung während der Beobachtung (kein Einfluss auf Datenaufnahme!)

IDL-Routine:

IDL> calib2file,'06nov04.000','dmod_10830_93.mod',10830.,eps

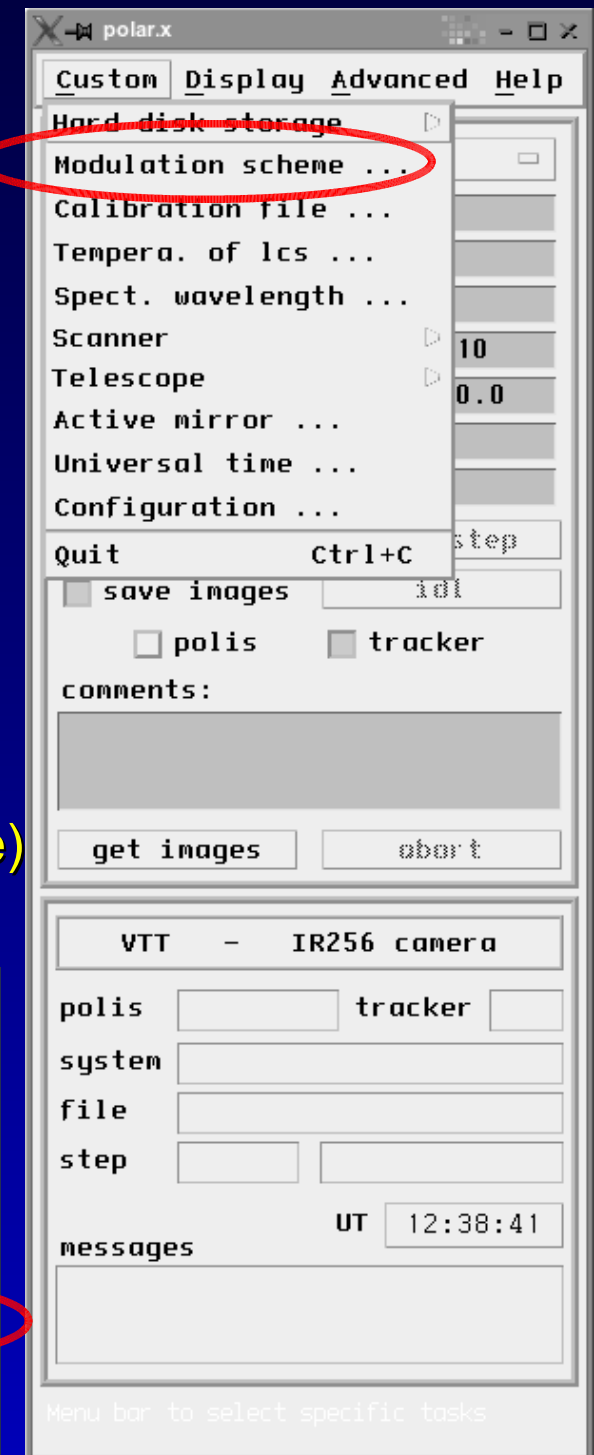
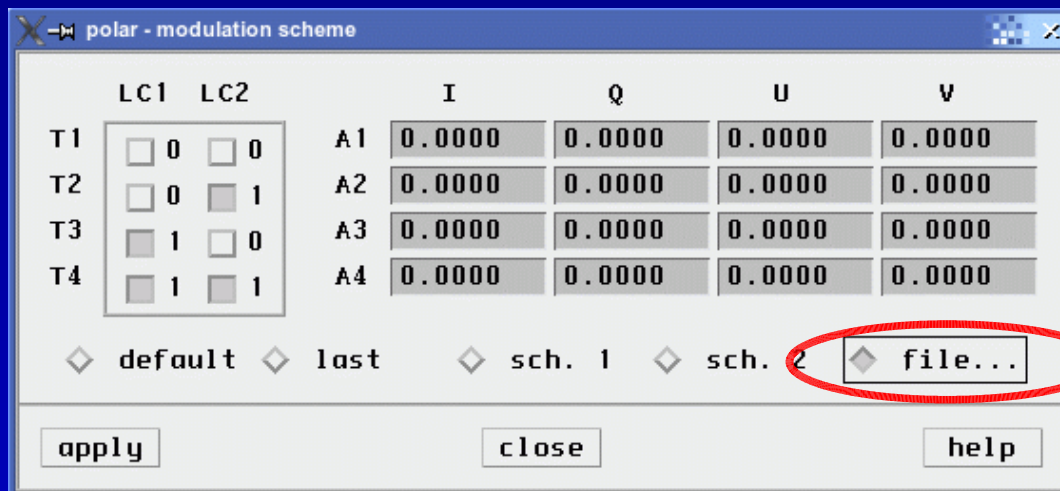
Kalibration

Ausgabe-Datei

Effizienz
(Ausgabe)

WL in Å

Die Ausgabe-Datei mit der TIP Software laden:



Qualität der Messung

“optimale” (berechnete) Effizienz von TIP:

$$\xi_{max} = (1.000, 0.617, 0.473, 0.525)$$

bestimmen der Effizienz aus Kalibration:

```
IDL> calib2file,'data/data_oct04/VTT-Nov04/06Nov04/tip/06nov04.000','test.mod',10830,eps
```

```
MERGING BEAMS
```

```
    10    254    30    122    10    254    137    229  
177.616 +/-    7.06112
```

beam limits

```
0.3065 0.2182 0.3246 0.1454  
-0.1155 -0.5368 0.6847 -0.0347  
0.3568 -0.8869 -0.2153 0.7432  
-0.6371 -0.3951 0.1358 0.8875
```

average demodulation matrix

```
0.0015 0.0034 0.0009 0.0029  
0.0019 0.0044 0.0013 0.0038  
0.0035 0.0080 0.0023 0.0068  
0.0038 0.0086 0.0025 0.0073
```

errors

```
0.966 0.569 0.407 0.428 0.820
```

average efficiencies

```
0.003 0.011 0.017 0.005 0.004
```

errors

Auswahl der Wellenlänge

Beispiel: Spektrograph steht auf $\lambda=15648.5 \text{ \AA}$ (Fe-Linien), 5. Ordnung gewünscht: He-Linie bei $\lambda=10830 \text{ \AA}$, 6. Ordnung.

```
IDL> redir_vtt, 15648.5, 5.
```

WL in \AA Ordnung

```
IDL> redir_vtt,15648.,5.  
orden  lambda blaze dispersion(mm/A)  
5.00000  15963.0  2.38352  
orden  lambda  beta dispersion(mm/A)  
5.00000  15648.0  49.5247  2.31082  
  
longitudes de onda ordenes anterior y posterior  
19560.0  13040.0
```

```
IDL> redir_vtt, 10830., 6
```

```
IDL> redir_vtt,10830.,6.  
orden  lambda blaze dispersion(mm/A)  
6.00000  13302.5  2.86023  
orden  lambda  beta dispersion(mm/A)  
6.00000  10830.0  38.5564  2.30180  
  
longitudes de onda ordenes anterior y posterior  
12996.0  9282.86
```

→ neue Grating-Position
= Offset + 3855.64

x100 und vergleichen mit WL-Anzeige
→ Offset = LED-Anzeige - 4952.47



Auswahl der Wellenlänge

Wichtig:

Filterwechsel nicht vergessen!

verfügbare Filter:

- aux: 1.03 – 1.10 μm
- J: 1.13 – 1.30 μm
- H: 1.53 – 1.75 μm
- Filtermotor einschalten
- Filter mit GUI wechseln
- Filtermotor ausschalten (erzeugt Rauschen im Kamerasignal)!

The image displays the 'polar.x' software interface. The main window shows various control parameters such as 'step size (arcs.) : 0.10', 'integration (ms.) : 120.0', and '#operations : 1'. A menu is open, highlighting 'Infrared camera'. A 'filter...' dialog box is also visible, showing 'current filter' and 'filter' set to 'H'. Below the main window, there is a section for 'VTT - IR256 camera' with fields for 'polis', 'tracker', 'system', 'file', 'step', and a timestamp 'UI 18:53:37'. A photograph of the physical hardware is shown on the right, with two units labeled 'A2' and 'A11'. Red arrows point from the text on the left to the 'Infrared camera' menu item, the 'filter...' dialog, and the hardware photograph.

TIP & KAOS

TIP steuert den AO-Scanner

KAOS Bedienung läuft problemlos

wünschenswert:
akustisches Signal
wenn AO aussteigt

Problem:
Keine Korrektur der
Vibrationen zwischen
Teleskop und
Spektrograph

KAOS - Kiepenheuer - AO - System

Main Menu

- Run AO
 - take darks...
 - take flats...
 - mark subapertures...
 - run AO...
- Calibrate AO
 - check pupil geometry...
 - calibrate mirrors...
 - take flats...
 - take reference...
- Setup
 - save AO errors...
 - move motors...
 - setup...

Intensity Control
present rms: intensity - rms

Show Positions

- no positions
- calibration positions, squares
- reference positions, squares

Run AO
0 corrected modes, seeing (rms) before / after correction = 1.7 / 2.0 arcsec

- no correction
- TipTilt correction
- AO correction
- update reference now
- save new actuator offsets
- start data recorder

remove intensity gradients
 automatic reference update
 apply Zernike mode offsets
use 3rd parabolic fit use 5th parabolic fit
show original WFS data show reduced WFS data

WFS Camera
Correlation Functions

shifts [pixel]

| camera | subap | subfield | shift-x | shift-y |
|--------|-------|----------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0.18 | 9.87 |
| 0 | 1 | 0 | -0.27 | -10.50 |
| 0 | 2 | 0 | -0.24 | 9.16 |
| 0 | 3 | 0 | -3.29 | -10.02 |
| 0 | 4 | 0 | -0.35 | 9.18 |
| 0 | 5 | 0 | 0.31 | 8.67 |
| 0 | 6 | 0 | 0.31 | -10.59 |
| 0 | 7 | 0 | 0.22 | -9.83 |
| 0 | 8 | 0 | 0.01 | 0.01 |
| 0 | 9 | 0 | 0.24 | 8.20 |
| 0 | 10 | 0 | -0.21 | 8.64 |
| 0 | 11 | 0 | -0.23 | 8.51 |
| 0 | 12 | 0 | -0.69 | 9.27 |
| 0 | 13 | 0 | 0.38 | -10.01 |
| 0 | 14 | 0 | 0.46 | -10.56 |
| 0 | 15 | 0 | -0.32 | -9.68 |
| 0 | 16 | 0 | 0.35 | 8.75 |
| 0 | 17 | 0 | 0.38 | 8.50 |

Zernike error [radian]

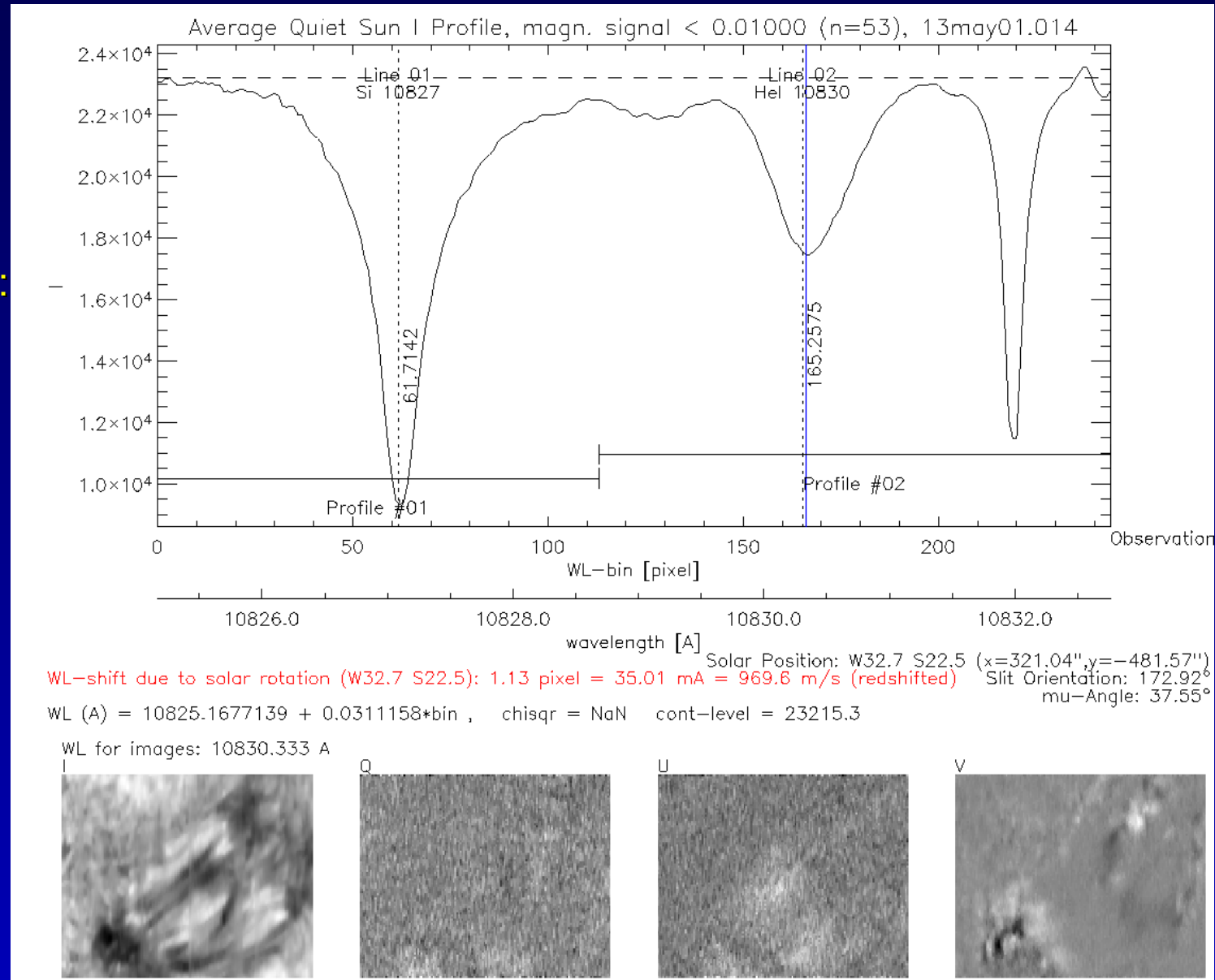
| mode | error |
|------|-------|
| 0 | -2.3 |
| 1 | -3.6 |
| 2 | 4.4 |
| 3 | -12.5 |
| 4 | -8.4 |
| 5 | -2.9 |
| 6 | -3.6 |
| 7 | -0.4 |
| 8 | 5.3 |
| 9 | -1.6 |
| 10 | 0.5 |
| 11 | 3.6 |
| 12 | -0.6 |
| 13 | 2.8 |
| 14 | -0.6 |
| 15 | 1.5 |
| 16 | -0.5 |
| 17 | 0.4 |

TipTilt Mirror
Deformable Mirror

Datenaufnahme

TIP-Messung besteht aus:

- Kalibration
- Flatfield
- Beobachtung
- 2. Flatfield (optional)



Kalibration

Einstellungen (typische Werte):

- #acc = 10
- integration time = 100 ms
- #operations = 1

Was geschieht?

- Interne Kalibrationseinheit (ICU) wird reingefahren
- Aufnahme von 8 Dunkelbildern
- interner Kalibrator fährt in 5° Schritten von 0°-180°
- ICU wird wieder entfernt

Zu beachten:

- keine Wolken während Kalibration!
- Teleskop auf ruhigem Sonnengebiet, möglichst Sonnenzentrum

TIP1: Datei mit ~75 Mbyte, TIP2: ~1.2 Gbyte

wichtig!

operation instrumen. cal.

#accumulations : 10

#calibra. steps : 10

step wait (ms) : 0

step size (arcs.) : 0.10

integration (ms.) : 100.0

#operations : 1

s) acq (steps/s) : 0

manual wait next step

save images idl

polis tracker

comments:

get images abort

VTT - IR256 camera

polis tracker

system

file

step

messages UT 12:40:33

Read only frame to display current status of application

Flatfield

Einstellungen (typische Werte):

- #acc = 10
- measurement steps = 50
- integration time = 100 ms
- #operations = 1

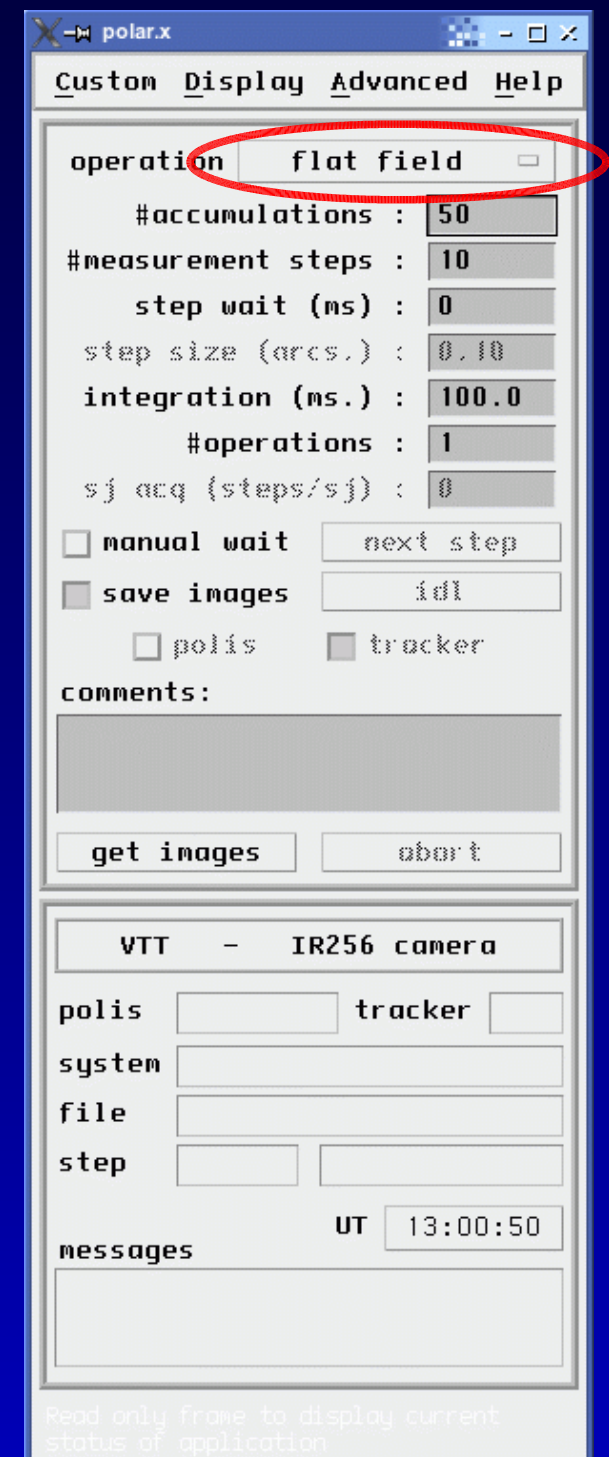
Was geschieht?

- Aufnahme von 8 Dunkelbildern
- 50 Bilder werden aufgenommen

Zu beachten:

- CT oder AO ausschalten
- FF-Bewegung starten
- Belichtungszeit länger als Flatfield-Bewegung
- Teleskop auf ruhigem Sonnengebiet, möglichst Sonnenzentrum

TIP1: Datei mit ~52 Mbyte, TIP2: ~832 Mbyte



Beobachtung (Scanning)

Einstellungen (typische Werte):

- #acc = 10 (→ exp. time)
- measurement steps: je nach Größe der Region
- step size = 0.38" (→ quadratische Pixel für TIP1)
- integration time = 100 ms (→ exp. time)
- #operations = 1 (mehrfaches Scannen der Region)
- sj acq = 1 (speichern der slit jaws bei jedem Scan-Schritt)

damit CT / AO scannt

Was geschieht?

- Aufnahme von 8 Dunkelbildern
- 50 Bilder werden aufgenommen
- slit-jaw Bilder werden gespeichert (hobbit)

Zu beachten:

- CT oder AO einschalten

TIP1: pro scan-step ~1 Mbyte, TIP2: ~16 Mbyte

operation: scanning

#accumulations : 10

#scanning steps : 80

step wait (ms) : 0

step size (arcs.) : 0.38

integration (ms.) : 100.0

#operations : 1

sj acq (steps/sj) : 1

manual wait next step

save images idl

polis tracker

comments:

get images abort

VTT - IR256 camera

polis tracker

system

file

step

messages UT 13:09:06

Read only frame to display current status of application

Belichtungszeit

$$t_{exp} [sec] = \# acc \frac{(t_{int} + 62) \cdot 4}{1000} + 0.5$$

integration time [msec] (pointing to t_{int})
of accumulations (pointing to $\# acc$)
speichern / scannen (pointing to 0.5)

Beispiel von letzter Seite:

#acc=10, int. time=100ms

→ 6.98 s pro Step,

→ ~10 min für 80 Steps (+ 8 darks)

Wahl von t_{int} und #acc:

- kurzes t_{int}
 - + wenig Polarisation durch temporäre Schwankungen (Seeing)
 - weniger effektive Belichtungszeit
 - höherer Dunkelstrom
- langes t_{int}
 - aufpassen, dass Detektor nicht sättigt

Datenvolumen

mit TIP2 riesig!

typische Beobachtung: 1xCal + 2xFF + 1xScan ~ 4-5 Gbyte

MPS: tragbare Festplattenspeicher (USB-Disks)

Datenreduktion

Datenreduktionsroutinen von Manolo Collados
(neueste Version zu finden auf nestor im Verzeichnis mcv)

```
IDL> ddir='/vtt/tarzan/TIP-data/27jan05/'
IDL> map_in=ddir+'27jan05.002' ← Scan
IDL> fileff=ddir+['27jan05.001','27jan05.003'] ← Flatfield(s)
IDL> filecal=ddir+'27jan05.000' ← Kalibration
IDL> data=0
IDL> acum2iquv11,map_in,fileff,filecal,/teles,mast=118.5,theta=50,$
    /filt,data=data,lambda=10830
IDL> xtalk2e,map_in+'c'
```

Achtung: viele Dinge automatisch erledigt
(Kontinuumskorrektur, Crosstalk-Entfernung, ...)

Detaillierte Reduktion erfordert Handarbeit!

Was braucht man noch...

- gutes Seeing
- gutes Seeing
- gutes Seeing

Alternativprogramm für schlechtes Seeing:

- Teleskopkalibrierung
- Fokussierung
- Spektrale Flatfields
- ...



Wolken

