

# Open-Source-Tools für Amateurastronomen

Mario Haustein

UNIX-Stammtisch

24. November 2009

## 1. Intro

## 2. Alles außer Astrofotografie

Stellarium

XEphem

KStars

PP3

libnova

INDI

## 3. Astrofotografie

Bild-Dekodierung

FITS-Tools

Kalibrierung, Registrierung, Stacking

Nachbearbeitung

## 4. Weitere Informationen

Zu Beginn ...



... und zur Ernsthaftigkeit dieses Vortrags in Bezug auf  
Astronomie

E. W. DIJKSTRA

*In der Informatik geht es genau so wenig um Computer, wie in  
der Astronomie um Teleskope.*

# Zielgruppe / Einsatzgebiete

## Was

- ▶ Visualisierung
- ▶ Orientierung am Himmel
- ▶ Beobachtungsvorbereitung
- ▶ Beobachtungsdurchführung
- ▶ Astronomische Berechnungen
- ▶ Astrofotografie

## Was nicht

- ▶ Astrometrie
- ▶ Photometrie
- ▶ Wissenschaftliche Datenverarbeitung
- ▶ SETI@home
- ▶ Space Wars ;-)

## 2. Alles außer Astrofotografie

Stellarium

XEphem

KStars

PP3

libnova

INDI

# Stellarium

- ▶ Software-Planetarium
- ▶ <http://www.stellarium.org/>, GPLv2
- ▶ Qt + OpenGL
- ▶ Schwerpunkt auf realistischer Darstellung statt technischer Details.
- ▶ Gut für Lehre und Demonstration geeignet.
- ▶ Kann Teleskopmontierungen ansteuern.
- ▶ Mit Beamer und passender Optik eigenes Planetarium realisierbar.
- ▶ Informatives Handbuch

# XEphem

- ▶ Software-Planetarium u.v.m.
- ▶ <http://www.clearskyinstitute.com/xephem/>
- ▶ „Schweizer Taschenmesser“ unter den Astro-Tools.
- ▶ Viel mehr als nur Anzeigen des Sternenhimmels.
  - ▶ Darstellung von Satellitenorbits
  - ▶ Darstellung der Jupiter- und Saturnmonde
  - ▶ Download von Sonnenbildern, Wetterkarten
  - ▶ Download aktueller Bahnelemente von Satelliten und Asteroiden
  - ▶ Teleskopsteuerung
  - ▶ Astronomischer Rechner
  - ▶ ...



# KStars

- ▶ Software-Planetarium u.v.m.
- ▶ <http://edu.kde.org/kstars/>, GPLv2
- ▶ KDE
- ▶ Ähnlich mächtig wie XEphem.
- ▶ Informative Dokumentation.

# PP3

- ▶ Kartengenerator
- ▶ <http://pp3.sourceforge.net/>
- ▶ In CWEB geschrieben
  
- ▶ Gute Karten ersparen viel Zeit beim Suchen von Objekten am Himmel!

# Beispiel

## Region um das Sternbild Leier

```
1 filename output          summer.tex
2
3 switch eps_output       on
4 switch pdf_output       on
5
6 set center_rectascension 19.00
7 set center_declination  38.00
8
9 set box_width            20
10 set box_height           10
11
12 set grad_per_cm          3.5
13
14 set constellation        LYR
```

# Beispiel (Forts.)

## Region um das Sternbild Leier

```
16 | color background          1.0 1.0 1.0
17 | color grid                0.5 0.5 0.5
18 | color ecliptic           0.5 0.5 0.0
19 | color boundaries         0.5 0.6 1.0
20 | color highlighted_boundaries 0.2 0.2 1.0
21 | color constellation_lines 0.0 0.3 0.5
22 | color milky_way          0.0 0.0 1.0
23 | color nebulae            0.2 0.2 0.2
24 | color stars              0.0 0.0 0.0
25 | color labels             0.0 0.0 0.0
26 | color text_labels        0.0 0.0 0.0
27 |
28 | switch colored_stars     off
```

# Beispiel (Forts.)

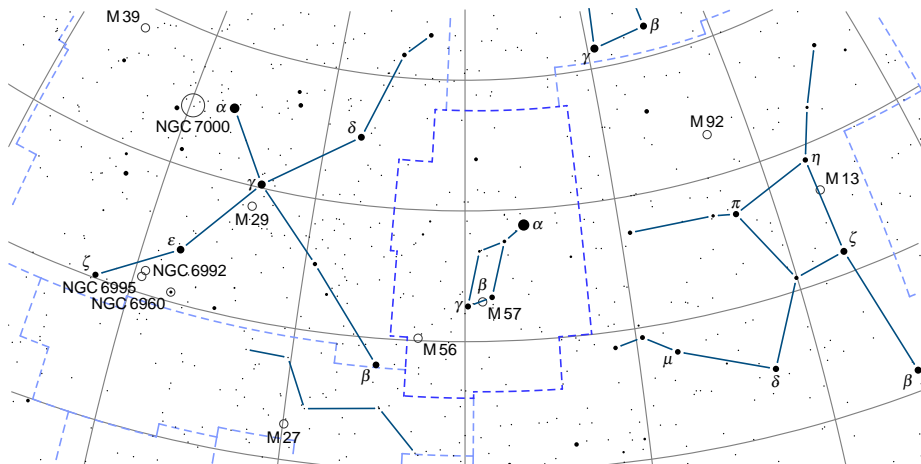


Abbildung: Schwan, Leier, Herkules

# libnova

- ▶ Bibliothek für astronomische Berechnungen
- ▶ <http://libnova.sourceforge.net/>, LGPLv2
  
- ▶ Astronomische Zeitrechnung
- ▶ Koordinatentransformation
- ▶ Ephemeridenberechnung
  - ▶ Mond
  - ▶ Sonne, Planeten
  - ▶ Asteroiden, Kometen
- ▶ Berechnung von Auf-, Durch- und Untergängen
- ▶ Präzession, Nutation, Aberration
- ▶ Atmosphärische Refraktion

# Beispiel

- ▶ Berechnet die Auf- und Untergangszeiten der Sonne (UTC), im Bereich von 10 Tagen um `jd` (als Julianisches Datum).
- ▶ Der Beobachter befindet sich bei den Koordinaten `posn`.
- ▶ Ein Auf- / Untergang findet statt, wenn sich die Sonne `horizon` Grad unter dem Horizont befindet.

# Beispiel (Forts.)

## Auf- und Untergangszeiten der Sonne

```
1  for(i = -10; i <= 10; i++)
2  {
3      result = ln_get_solar_rst_horizon(jd + (double)i, posn,
4          horizon, &rst);
5
6      if(result < 0)
7          printf("Stets unterm Horizont\n");
8      else if(result > 0)
9          printf("Stets ueberm Horizont\n");
10     else
11     {
12         ln_get_date(rst.rise, &rdate);
13         ln_get_date(rst.set, &tdate);
14         printf("Auf: %2d.%2d.%02d:%02d:%04.1lf | ", rdate.days,
15             rdate.months, rdate.hours, rdate.minutes, rdate.seconds);
16         printf("Unter: %2d.%2d.%02d:%02d:%04.1lf\n", sdate.days,
17             sdate.months, sdate.hours, sdate.minutes, sdate.seconds);
18     }
19 }
```



# INDI

- ▶ „Instrument Neutral Distributed Interface“
- ▶ <http://indi.sourceforge.net/>, LGPLv2
  
- ▶ Einheitliche Steuerschnittstelle für Teleskopzubehör
  
- ▶ Akteure:
  - ▶ Teleskopmontierung
  - ▶ Fokussierer
  - ▶ Filterrad
  - ▶ Kamera (Blendenverschluss)
  - ▶ Kuppel
  
- ▶ Sensoren:
  - ▶ Kamera (CCD)
  - ▶ Wetterstation

# Funktionsweise

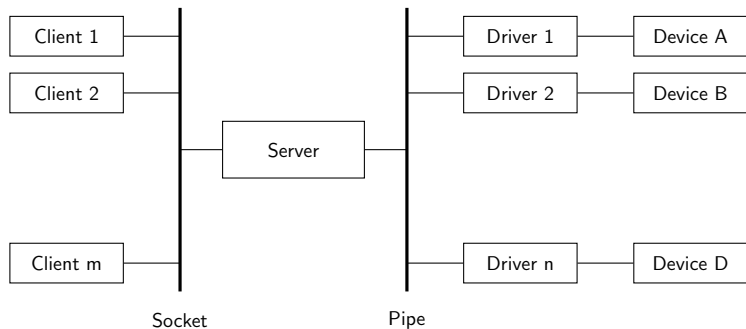


Abbildung: Architektur von INDI

- ▶ Prinzip des INDI-Protokolls: Treiber beschreiben ihre Fähigkeiten selbst!

### 3. Astrofografie

Bild-Dekodierung

FITS-Tools

Kalibrierung, Registrierung, Stacking

Nachbearbeitung

# Bearbeitungspipeline für Astrofotos

1. Datenerfassung, RAW-Dekodierung
  - ▶ Video4Linux (CCD-Kameras)
  - ▶ DCRaw, UFRaw (Digitale Spiegelreflexkameras)
2. FITS-Tools, FITS-Betrachter
3. Kalibrierung
4. Registrierung
5. Stacking
  - ▶ diverse Tools
6. Nachbearbeitung
  - ▶ CinePaint

# Bild-Dekodierung

DCRaw <http://www.cybercom.net/~dcoffin/dcraw/>

UFRaw <http://ufraw.sourceforge.net/>

## Konvertierung RAW → FITS

```
$ dcraw -r 1 1 1 1 -4 -t 0 -c <RAW-Image> | pnmtofits > <FITS-Image>
```

```
$ ufraw-batch --base-curve=linear --out-depth=16 --out-type=fits  
--rotate=no --conf=convert.ufraw  
<RAW-Image>
```

Bei UFRaw kann der Weißabgleich nur über ein ID-File abgestellt werden!

## convert.ufraw

```
1 | <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>  
2 | <UFRaw Version='7'>  
3 | <ChannelMultipliers>1.000000 1.000000 1.000000</ChannelMultipliers>  
4 | </UFRaw>
```

# FITS-Tools

- ▶ „Flexible Image Transport System“
- ▶ Format für astronomische Daten (Bilder, Tabelle, Spektren, ...)
- ▶ <http://fits.gsfc.nasa.gov/>

**CFITSIO** <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/fitsio/fitsio.html>

**WCSTools** <http://tdc-www.harvard.edu/software/wcstools>

**MissFITS** <http://astromatic.iap.fr/software/missfits>

**qfits** <http://www.eso.org/projects/aot/qfits/>

**Funtools** <http://www.cfa.harvard.edu/~john/funtools/>

## FITS in RGB-Kanäle aufspalten

```
$ missfits <RGB-FITS> -OUTFILE_TYPE SLICE -SLICE_KEYWORD NAXIS3
```

# FITS-Betrachter

FITSview <http://www.nrao.edu/software/fitsview/>

DS9 <http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9>

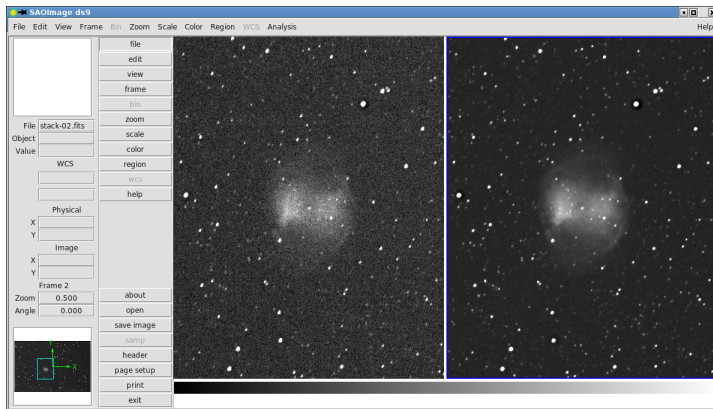


Abbildung: DS9 im Einsatz (Motiv: M27)

## Notwendigkeit der Kalibrierung

Die vom Bildsensor gemessenen Werte  $S(x, y)$  entsprechen nicht der tatsächlichen Intensitätsverteilung des Bildes  $I(x, y)$ .

$$S(x, y) = B(x, y) + t \cdot D(x, y, \vartheta) + t \cdot G(x, y) \cdot I(x, y) + \text{Rauschen}$$

$t$  Belichtungszeit

$\vartheta$  Sensor-Temperatur

$B$  Vorladung der Pixel-Zellen (Bias)

$D$  Dunkelstrom der Pixel-Zellen (therm. Generation, Hot-Pixel)

$G$  Wichtung der Pixel (Staub auf Sensor, Abschattung, Dead-Pixel)

⇒ Korrektur der Aufnahmen durch Kalibrierungsbilder notwendig.

**Light-Frame**  $I(x, y)$  ... Aufnahme des Zielobjekts

**Dark-Frame**  $I(x, y) = 0$ ,  $t$  und  $\vartheta$  exakt wie Light-Frame

**Flat-Frame**  $I(x, y) = \text{const}$

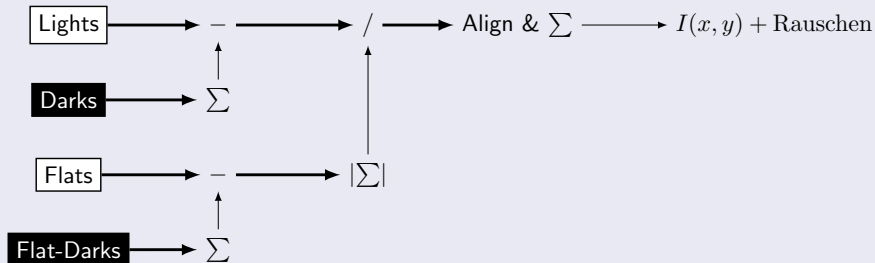
**Flat-Dark-Fr.**  $I(x, y) = 0$ ,  $t$  und  $\vartheta$  exakt wie Flat-Frame



# Ablauf der Kalibrierung

$$S(x, y) = B(x, y) + t \cdot D(x, y, \vartheta) + t \cdot G(x, y) \cdot I(x, y) + \text{Rauschen}$$

## Schema



- ▶ Je mehr Frames gemittelt werden, umso besser wird am Ende das Signal-Rausch-Verhältnis.

# Kalibrierung, Registrierung, Stacking

- ▶ Hier dominieren eher Windows-Tools

DeepSkyStacker <http://deepskystacker.free.fr/>

IRIS <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

RegiStax <http://www.astronomie.be/registax/>

GIOTTO <http://www.videoastronomy.org/giotto.htm>

- ▶ Software, die unter Linux läuft

SIRIL <http://dulle.free.fr/alidade/siril.php?lan=en>

AstroBuffer <http://freshmeat.net/projects/astrobuffer/>

GCX <http://astro.corlan.net/gcx/>

THELI <http://www.astro.uni-bonn.de/~mischa/theli.html>

XVISTA <http://ganymede.nmsu.edu/holtz/xvista/>

XVista <http://spiff.rit.edu/tass/xvista/>

IRAF <http://iraf.noao.edu/>

- ▶ Spanne reicht von „einfaches Tool“ (SIRIL) bis Software die für das Hubble-Weltraumteleskop Anwendung findet (IRAF).

# Stacking mit GCX

- ▶ GCX kann jeweils nur einen Farbkanal verarbeiten.
- ▶ Stacking-Einstellungen in ~/.gcxrc

## Reduktion des roten Kanals mit GCX

```
# Flat-Darks summieren
$ gcx -s -o flatdark.red.fits flatdark/*.red.fits

# Flats kalibrieren und summieren
$ gcx -d flatdark.red.fits -s -o flat.red.fits flat/*.red.fits

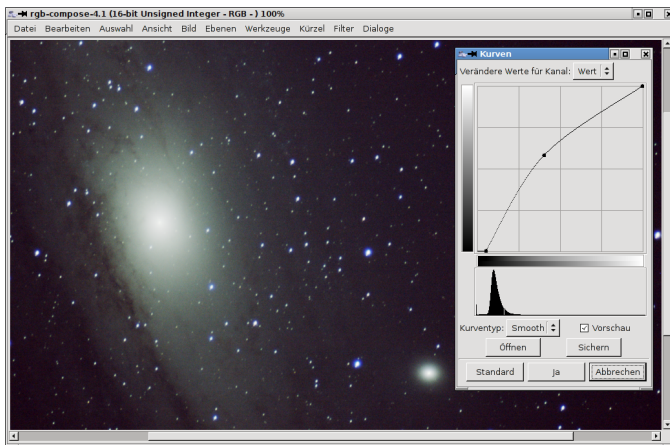
# Darks summieren
$ gcx -s -o dark.red.fits dark/*.red.fits

# Lights kalibrieren
$ gcx -d dark.red.fits -f flat.red.fits -o calibrated light/*.red.fits

# Kalibrierte Lights an Referenzbild ausrichten und stacken
gcx -a calibrated/referenz.red.fits -s -o stack.red.fits \
    calibrated/*.red.fits
```

# CinePaint

- ▶ GIMP-Spinoff
- ▶ Mehr als 8Bit Farbtiefe pro Kanal!
- ▶ <http://www.cinepaint.org/>



## 4. Weitere Informationen

# Informations- und Datenquellen

- ▶ heavens-above
  - ▶ Überflüge / Orbits von Raumfahrzeugen, Weltraumschrott etc.
  - ▶ Position / Bahndaten von Kometen, Kleinplaneten etc.
  - ▶ <http://www.heavens-above.com/>
- ▶ Universe Today
  - ▶ Interessantes Astro-Blog
  - ▶ <http://www.universetoday.com/>
- ▶ JPL Solar System Dynamics
  - ▶ Daten über Objekte des Sonnensystems
  - ▶ <http://ssd.jpl.nasa.gov/>
- ▶ VizieR
  - ▶ Umfangreiche Katalogdatenbank
  - ▶ <http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR>
- ▶ Weitere Webseiten
  - ▶ <http://www.linuxastro.org/>
  - ▶ <http://bima.astro.umd.edu/nemo/linuxastro/>

# Literatur

-  [interstellarum](#)  
Monatliche Zeitschrift, Oculum-Verlag  
ISSN 0946-9915
-  [Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2010](#)  
Spektrum der Wissenschaft  
ISBN 978-3-941205-27-7
-  [Der Sternenhimmel 2010](#)  
Hans Roth; Kosmos-Verlag  
ISBN 978-3440118009
-  [Deep Sky Reiseführer](#)  
Ronald Stoyan; Oculum-Verlag  
ISBN 978-3-9807540-7-1
-  [Digitale Astrofotografie](#)  
Ronald Stoyan; Oculum-Verlag  
ISBN 978-3-938469-27-9