

# Digitale Bildbearbeitung von Astroaufnahmen

**Axel Mellinger**

**Universität Potsdam**

**und**

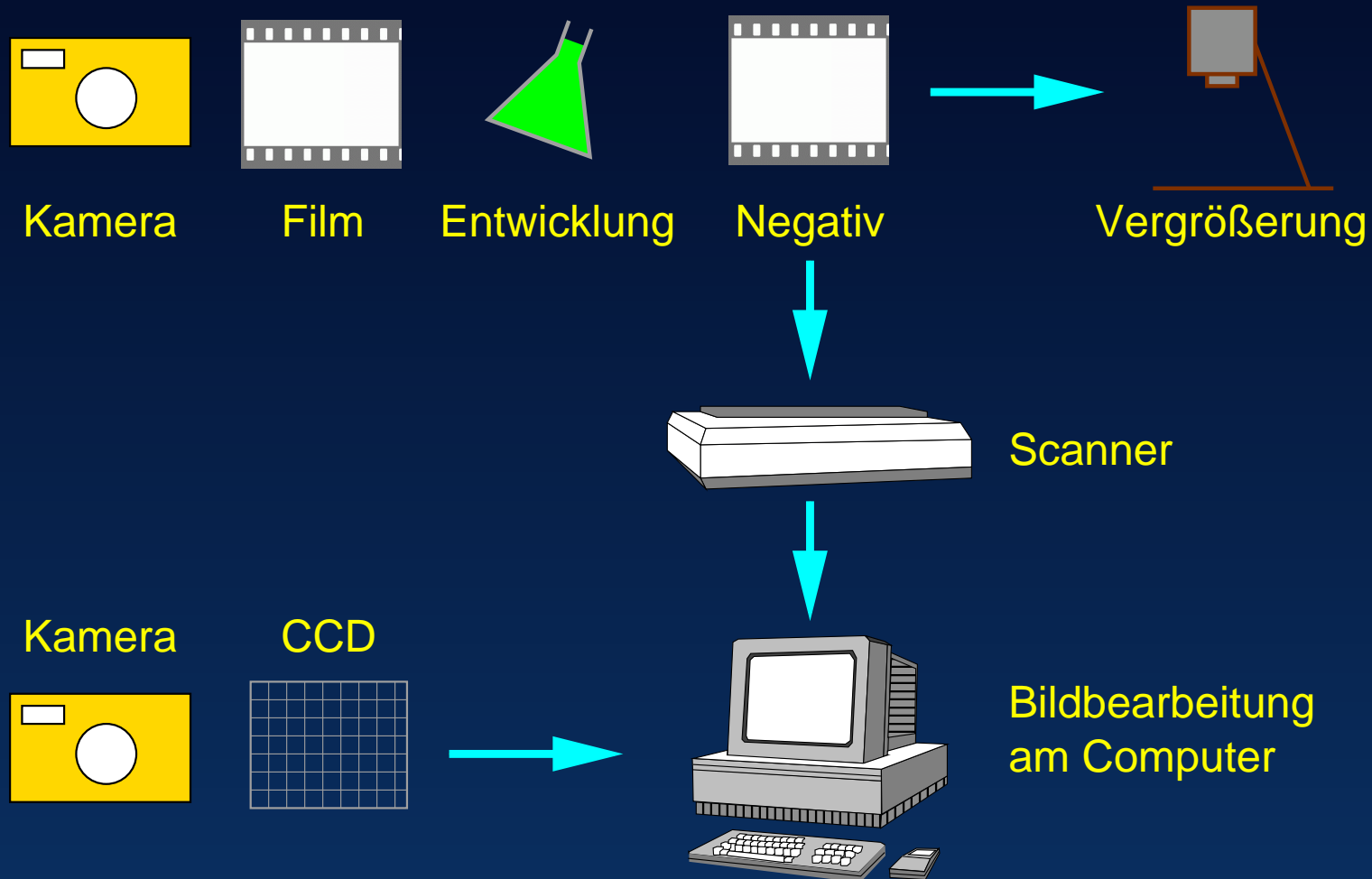
**Wilhelm-Foerster-Sternwarte, Berlin**

**11.-13. Oktober 2002**

1. Grundlagen: Vergleich chemisch–digital, Bildformate, Gamma-Korrektur
2. Die Technik: Was brauche ich?
3. Bildverarbeitung
  - Retuschierung
  - Kontrast
  - Farbsättigung
  - Unschärfe Maske
  - Überlagerung mehrerer Bilder (*Stacking*)
  - Mosaik-Erstellung

# 1 Grundlagen

## Fotografie – chemisch oder digital?



## Vergleich digitale / chemische Fotografie für Deep-Sky-Aufnahmen

	Film (chemisch)	Film (digital)	CCD
Auflösung	3600 × 2400	3600 × 2400	2200 × 1400 (Amateurbereich)
Kosten	€- €€€€	€€- €€€€€	€€€€€- €€€€€€
Aufwand im Außeneinsatz	gering	gering	hoch
Nachbearbeitung	(+) beim Vergrößern, aufwendig	++	+++
Präsentation	Papierbild, Dia	WWW, CD-ROM, Papierbild, Dia	WWW, CD-ROM, Papierbild, Dia

## Digitale Bilder

- 8-bit-Darstellung (0...255)
- Farbe: **Rot**, **Grün**, **Blau** (additiv)  
oder **Cyan**, **Magenta**, **Yellow** (subtraktiv)
- Begrenzter Wertebereich!  
→ möglicher Informationsverlust beim Addieren  
oder Subtrahieren von Bildern

30	40	51	0
89	242	216	51
76	255	204	89
51	30	115	76

## Bildformate

**TIFF:** Standard-Format, 24- oder 48-Bit, komprimiert oder unkomprimiert, verlustfrei

Speicherbedarf:  $3000 \times 2000$  Pixel → 6 Mio. Bildpunkte, 18 Megabytes

**JPEG:** Standard-Format, 24 Bit, verlustbehaftete Kompression. Nur für die *endgültige*

Version eines Bildes verwenden!

**GIF:** max. 256 verschiedene Farbtöne. Für Bildbearbeitung nicht geeignet.

**PPM:** unkomprimiert, vorwiegend unter Unix/Linux verwendet

**BMP:** unkomprimiert, vorwiegend unter Windows verwendet

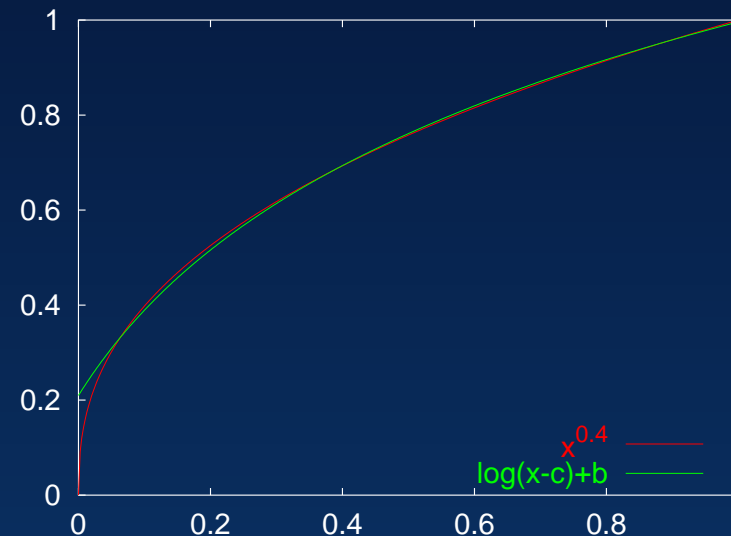
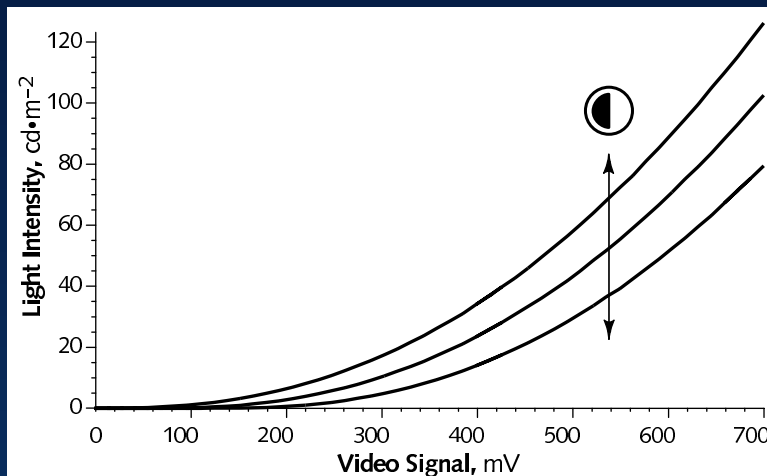
**FITS:** Sehr flexibles Format. Standard in der professionellen Astronomie; wird oft auch für Amateur-CCD-Bilder verwendet.

## Gamma-Korrektur

- Bildschirme sind *nichtlinear*

$$\text{Helligkeit } I \propto (\text{Spannung } U)^{2.5}$$

- Die logarithmische Helligkeitswahrnehmung des menschlichen Auges ist (zufälligerweise!) nahezu gleich der Umkehrfunktion  
 → Helligkeitsinformationen in Bildern sind üblicherweise *gamma-korrigiert* und entsprechen näherungsweise einer *logarithmischen Skala*



- Rechenregel:  $\log(a/b) = \log(a) - \log(b)$

Gleiche Intensitätsverhältnisse werden als konstante Helligkeitsdifferenzen wahrgenommen

linearer Graukeil

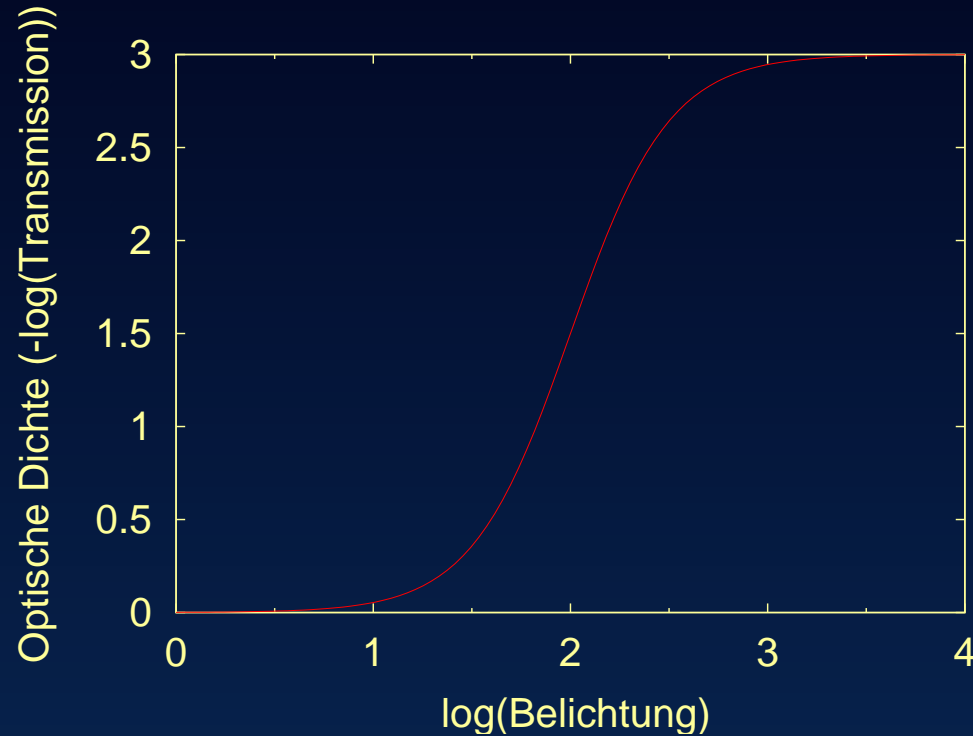


Wäre dem nicht so, müsste der lineare Graukeil ungefähr so aussehen:



- *Subtraktion* von „normalen“ (gamma-korrigierten) Bildern ist eigentlich eine *Division*
- Besonderheit bei Macintosh-Systemen: eingebaute partielle Gamma-Korrektur
- *Wichtig*: Monitor muß korrekt eingestellt sein  
Test: linearer Stufengraukeil

- Film ist ein *nichtlineares* Aufnahmemedium!



- → Quantitative Informationen („*True Color*“) sind nur schwer zu erhalten.

**Astrofotografie mit Film:**

***Kunst, geboren aus der Wissenschaft***

## 2 Die Technik: Was brauche ich?

### Filmscanner

- manuelle Belichtungskontrolle sollte möglich sein
- Ab ca. € 300, bis ca. € 8000 (Mittelformat-Scanner)
- Gute Erfahrungen: Polaroid, Canon, Nikon
- Alternative für den Anfang: Kodak Photo CD  
Billig-Scans auf Diskette sind ungeeignet!

### Computer

- möglichst viel Arbeitsspeicher (mind. 128 MB)  
Speicherbedarf für ein Bild:  $3600 \times 2400 \text{ Bildpunkte} \times 3 \text{ Byte/Bildpunkt} = 26 \text{ MByte}$   
*Achtung:* für Bildverarbeitung muß das Doppelte bis Dreifache an Arbeitsspeicher verfügbar sein  
Graphikkarte: 24 Bit Farbtiefe

## Software

**Adobe Photoshop** (Windows, Macintosh, ca. € 1150)

<http://www.adobe.de>

**Picture Window** (Windows, US\$ 90)

Alle Standardfunktionen, dazu einige spezielle Funktionen zur Bildüberlagerung.  
Unterstützung für 16 Bit Farbtiefe (Pro-Version).

<http://www.dl-c.com>

**Gimp** (Linux, Windows, kostenlos)

Alle Standardfunktionen, dazu sehr viele kostenlose Plug-Ins. Mathematik-Plug-In zur Bildtransformation.

<http://www.gimp.org>

**Registar** (Windows, US\$ 150)

Spezialprogramm zur Entzerrung und Überlagerung von Bildern

<http://www.aurigaimaging.com>

## Bildausgabe

**Tintenstrahldrucker:** 720...2800 dpi (dots per inch)

Die tatsächliche Auflösung ist deutlich schlechter, da die Farbinformation durch Zusammensetzen mehrerer Bildpunkte vermittelt wird.

Photorealistische Drucker mit 6 statt 3 Farbtinten.

Preis: € 200...500, dazu Spezialpapier und Tinte

Begrenzte Lichtbeständigkeit der Ausdrücke

**Digitale Fotos:** Ausbelichtung auf Fotopapier. Bestellung online (praktikabel nur mit JPEG-Dateien) oder beim Fotohändler am Terminal möglich (liest CD-ROM, ZIP, SmartMedia, ...). Bildformate bis 30×45 cm relativ preiswert.

<http://www.fujicolor-order.net>

<http://www.klickbilderbox.de>

**Diabelichtung:** Spezialservice, relativ teuer (€ 8...10 pro Dia).

Preiswerter: Online-Bestellung in Texas, USA (US\$ 3 pro Dia)


<http://www.35mmslides.com>

## 3 Bildverarbeitung

### 3.1 Retuschierung

Entfernen von Fusseln mit dem „Gummistempel“ (*Cloning Tool*)

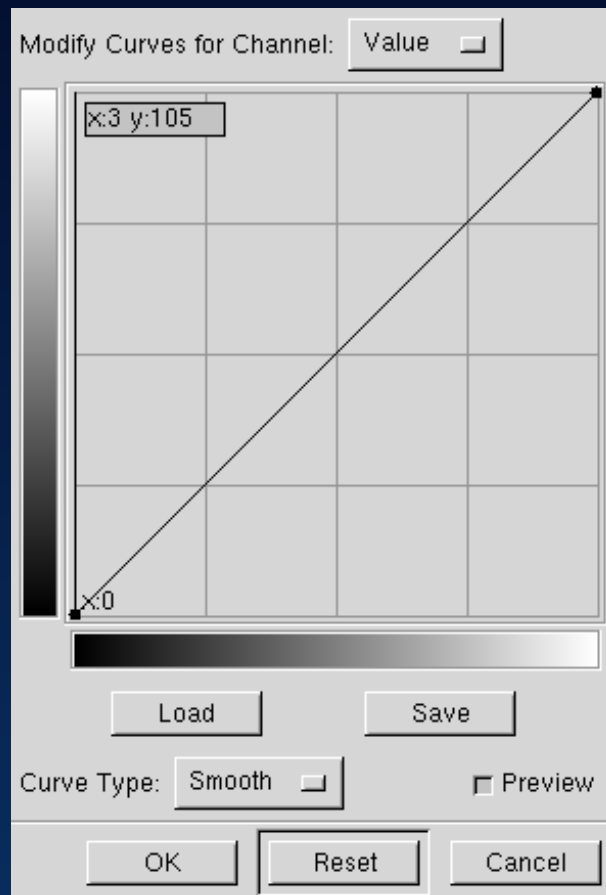


- Nach Doppelklick auf -Symbol: Alignment → *aligned*
  - Pinselgröße einstellen
  - Fussel, Kratzer etc. durch Kopieren einer unbeschädigten Bildstelle entfernen
- Achtung:** Möglichst keine Sterne duplizieren!

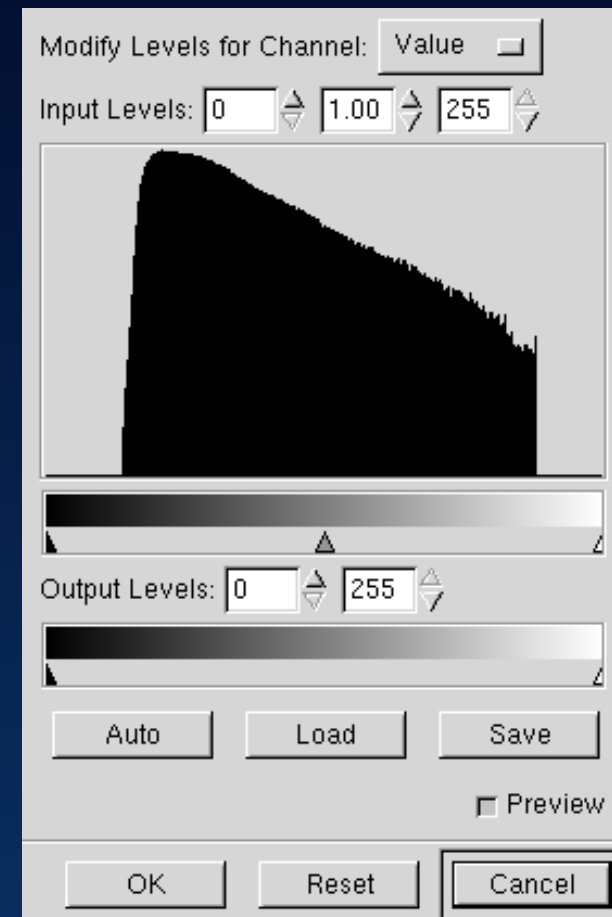
## 3.2 Kontrast, Farbbalance

Viele Operationen können entweder mit **Transferkurven** (Image→Color→Curves) oder mit dem **Histogramm** (Image→Color→Levels) durchgeführt werden.

### Transferkurve



### Histogramm

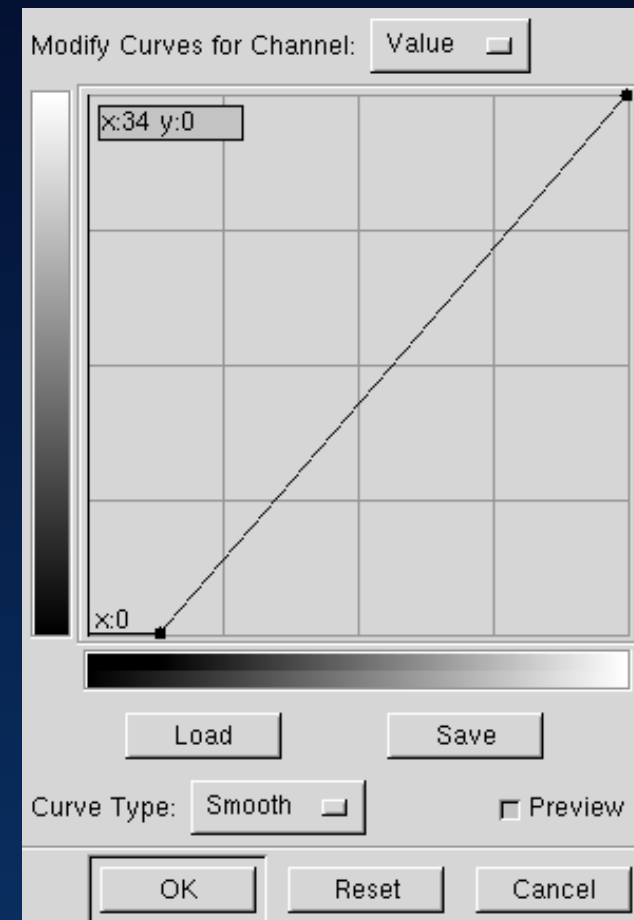
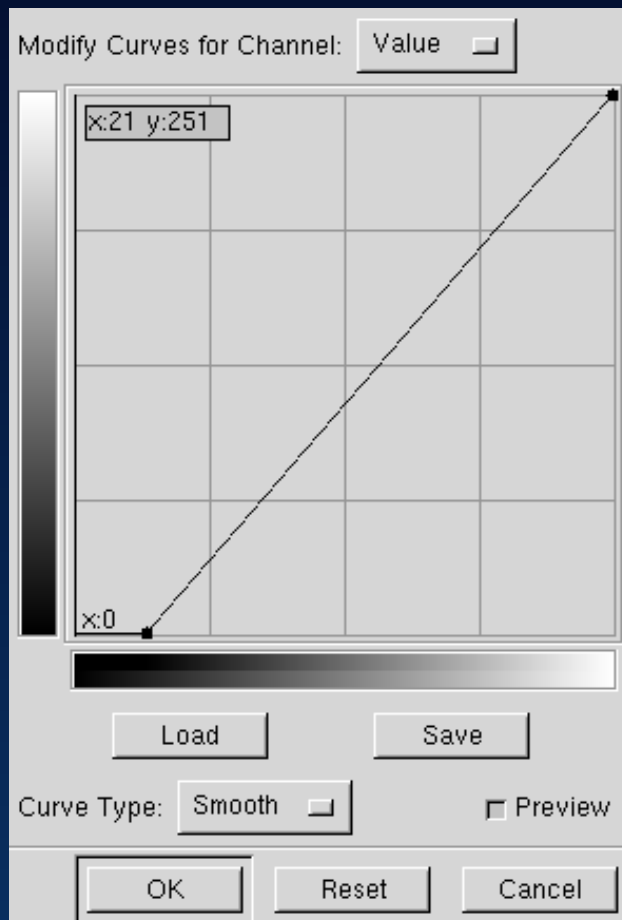


## Schwarzpunkt einstellen

Hintergrund nicht tiefschwarz! Bildschirmwiedergabe: RGB = 15-25-30

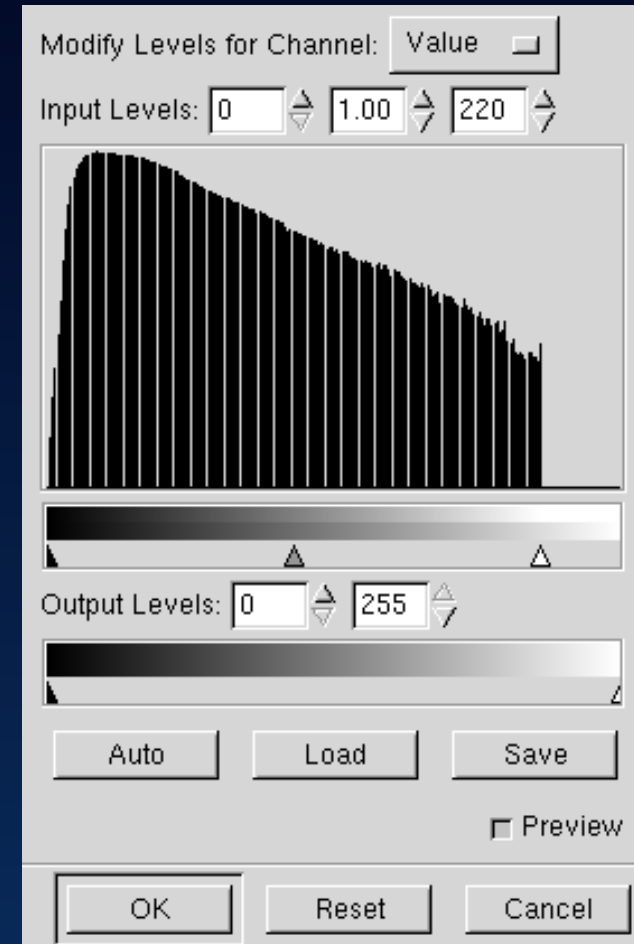
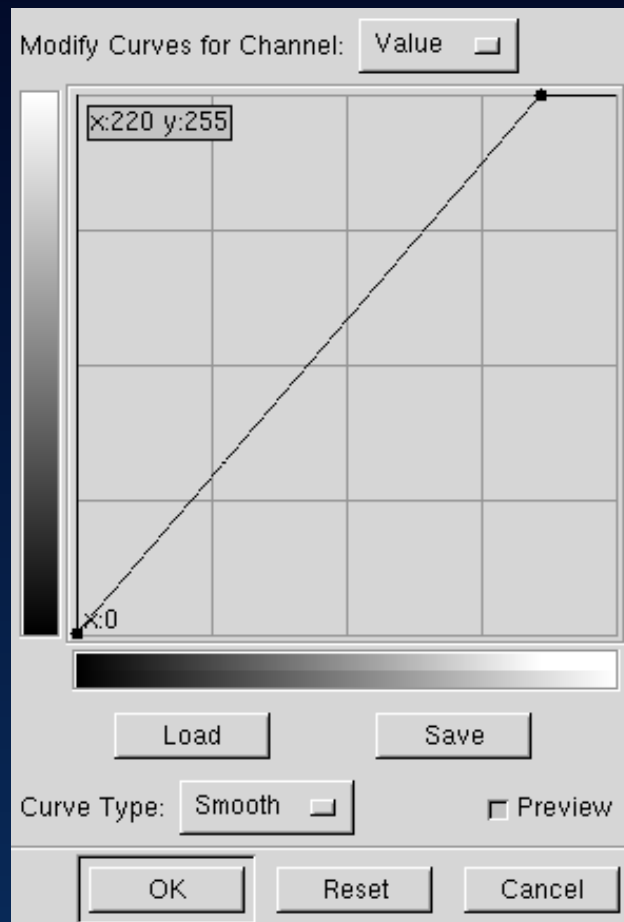
Papierabzug: Hintergrund abhängig vom Fotolabor (Ausprobieren!)

Test mit der „Pipette“

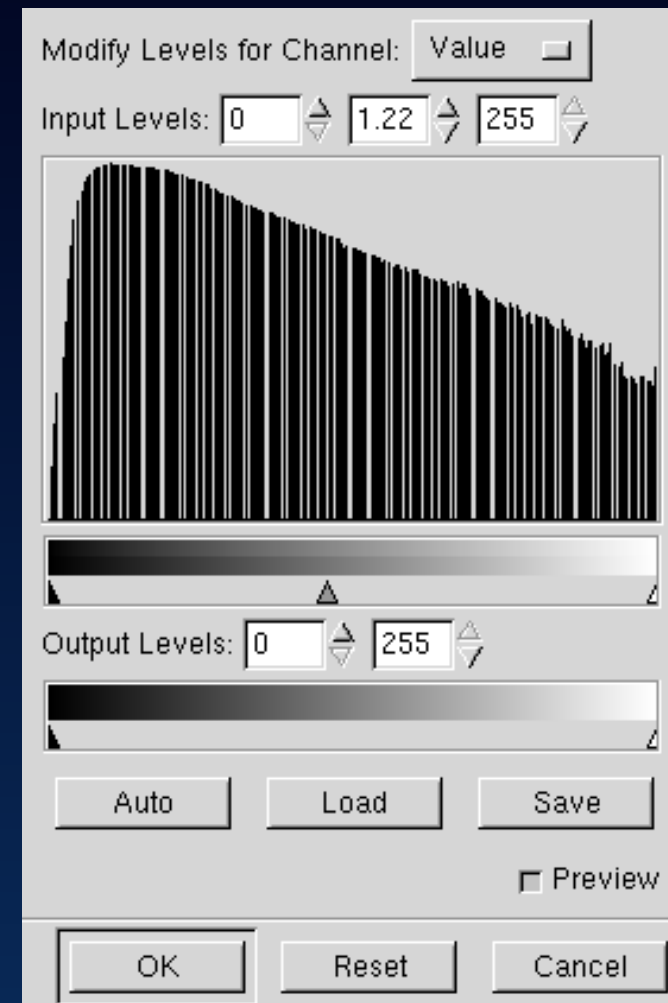
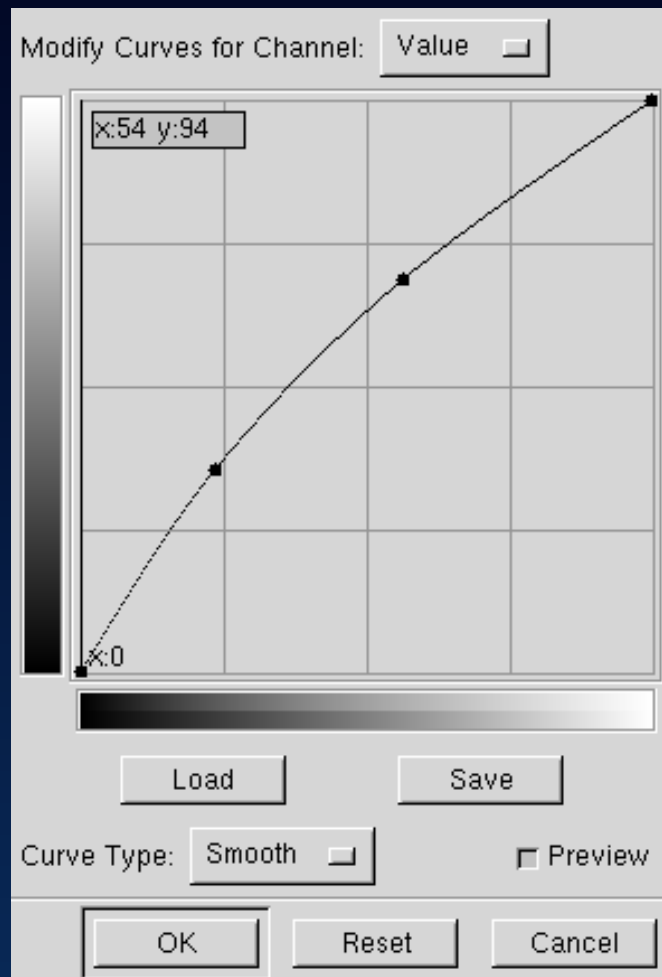


## Weißpunkt einstellen

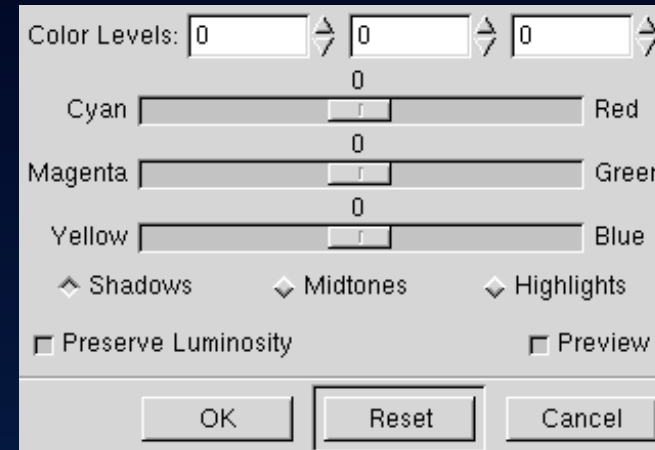
Achtung: helle Bereiche sollten nicht ausbrennen!



## Gamma einstellen

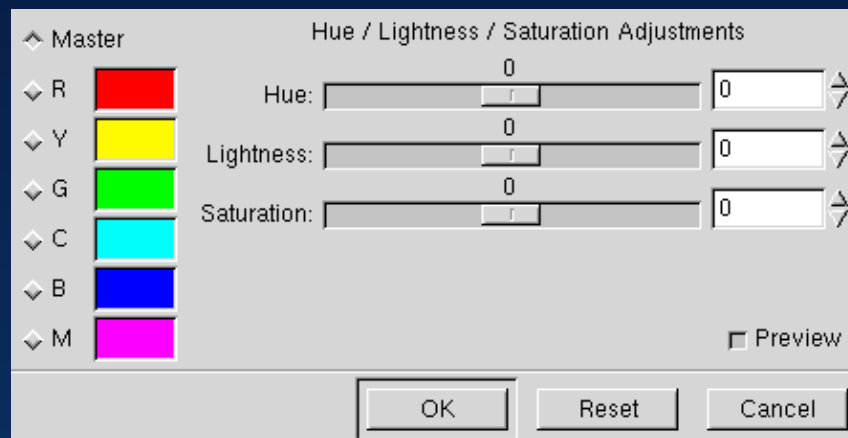


- Werden die Operationen nicht für den Gesamt-Helligkeitswert („Value“) sondern für jeden Farbkanal einzeln durchgeführt, lassen sich Farbstiche korrigieren.
- Alternative: Image→Color→Color Balance



### 3.3 Farbsättigung

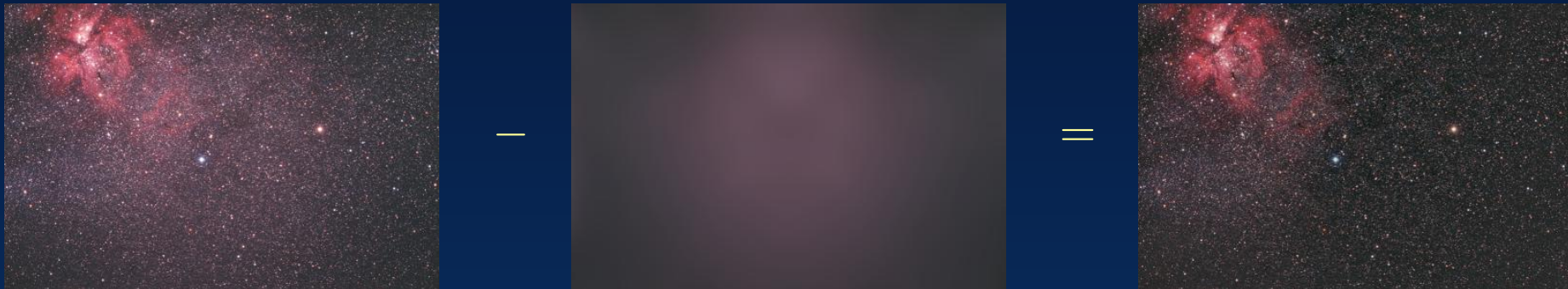
- Bei „flauen“ Bildern kann die Farbsättigung (maßvoll!) erhöht werden:



## 3.4 Unscharfe Maske

Ziel: unscharfes Bild vom Rohbild subtrahieren. *Großräumige* Helligkeitsunterschiede werden ausgeglichen, *lokale* Helligkeitsunterschiede bleiben erhalten.

- Hervorhebung von Details in hellen Kernregionen von Gasnebeln (z.B. Orionnebel) und Galaxien
- Beseitigung von ungleichmäßiger Bildfeldausleuchtung, z. B. durch Streulicht oder Randabschattung (Vignettierung)
- Beispiel: Verarbeitungsschritte anhand einer Aufnahme des Eta-Carinae-Nebels

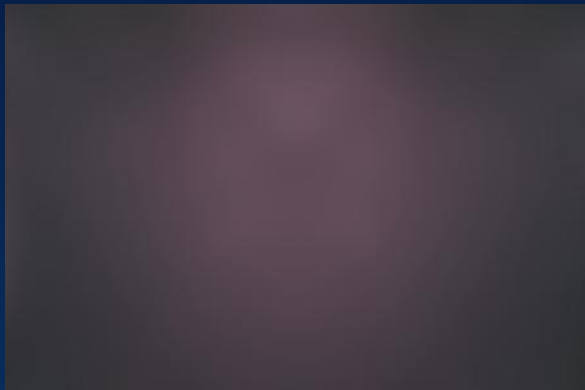




Rohbild: Bildmitte  
Wegretuschieren von bildwichtigen  
Details



Wegretuschieren von bildwichtigen Details mit dem Gummistempel oder durch Kopieren von anderen Bildteilen. Im Beispiel wurde die rechte, weitgehend Nebel-freie Bildhälfte gespiegelt und über die linke Bildhälfte kopiert.



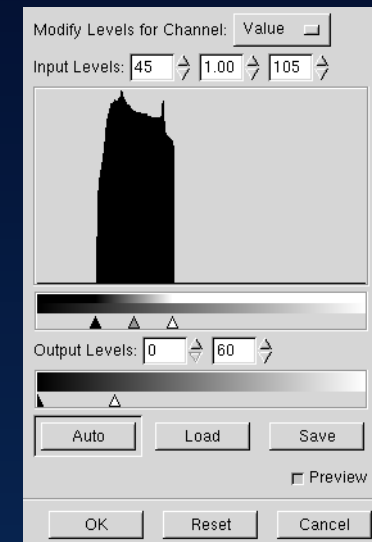
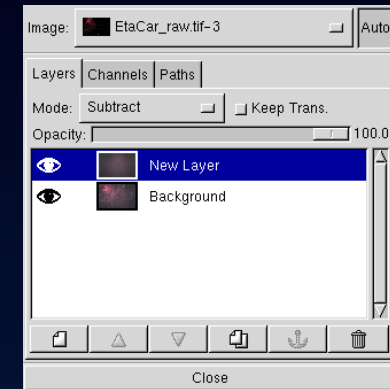
Durch „Verschmieren“ der Maske (Filters→Blur→Gaussian Blur (IIR), Radius ca. 5–20 % der Bildbreite) wird verhindert, dass Sterne und anderes kleinräumige Detail im folgenden Arbeitsschritt weggerechnet werden.



Die Maske wird in eine eigene Schicht kopiert und vom Rohbild subtrahiert. Das Resultat ist noch zu dunkel.



Nach Anpassung von Schwarz- und Weißpunkt der Maske, wobei die Ausgabewerte von 0 bis zur Differenz zwischen Schwarz- und Weißpunkt (hier 60) reichen. Die Aufhellung in der Mitte ist verschwunden.



Zuletzt: Layers→Flatten Image

Bei starken **Farbgradienten** ist für jeden Farbkanal eine separate unscharfe Maske nötig.

## 3.5 Überlagerung mehrerer Bilder (*Stacking*)

- Mittelung mehrerer Aufnahmen erhöht das Signal/Rausch-Verhältnis
- Annahme: ein kleiner Filmausschnitt erhält in der Zeit  $\Delta t$  im Mittel  $N$  Photonen  
Schwankung:  $\sqrt{N}$  (Photonenstatistik)

$$\text{Signal/Rausch-Verhältnis: } \frac{N}{\sqrt{N}} = \sqrt{N}$$

- Bilder müssen paßgenau überlagert werden. Hilfsmittel:
  - Picture Window
  - Registar
  - Eigene Programmierung: **register** (Linux und Windows)

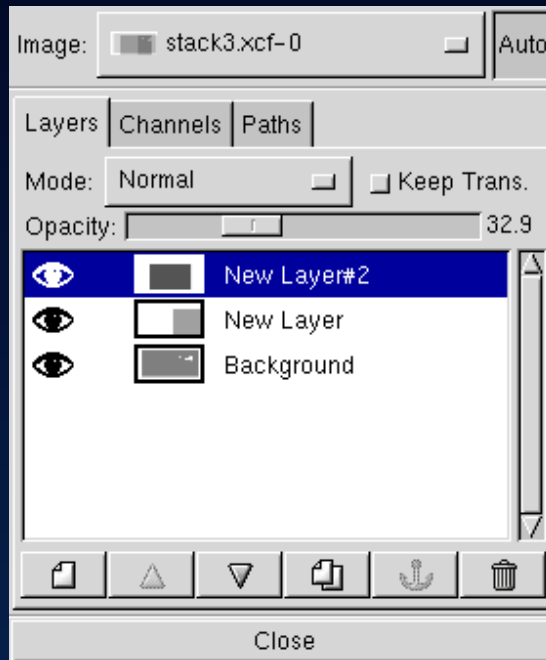
$$x' = ax + by + c$$

$$y' = dx + ey + f$$

Bestimmung der Parameter  $a \dots f$  mit *linearer Ausgleichsrechnung*

→ siehe Programmbeschreibung zu `register`

## Zusammenfügen der Bilder in Gimp oder Photoshop



- Jedes Bild wird in eine eigene Schicht (*Layer*) kopiert.
- Der Modus ist bei allen Bildern *Normal*.
- Die unterste Schicht erhält eine Transparenz (*Opacity*) von 100 %, die darüberliegende 50 %, die nächsten 33 %, 25 %, usw.

## 3.6 Herstellung eines Mosaiks

- Vorteile:
  - größeres Blickfeld
  - geringere Vergrößerung der Aufnahmen nötig, dadurch tritt das Korn weniger stark in Erscheinung
  - feinere Sternabbildung
  - das fertige Mosaik (Größe oft  $6000 \times 6000$  Pixel) kann auf eine kleinere Größe herunterskaliert werden; dadurch erfolgt eine Mittelung mit Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses
- Einzelbilder müssen am Rand zur Deckung gebracht werden
  - bedingt möglich mit Picture Window oder Registrar
  - großflächige Panoramas: Sternkoordinaten als Referenzpunkte

## Gleitende Übergänge

- Standard-Programme (Gimp, Photoshop)
  - Ausschnitt wählen
  - Auswahl „federn“ (*feather*-Funktion)
  - Kopieren und Einfügen

*Nachteil:* Mittelung erfolgt nur an den Rändern

- Spezialprogramm `multistack`
  - Mittelung an den Punkten, wo 2 oder mehrere Bilder verfügbar sind
  - gleitende Übergänge durch frei definierbare Maske



## Webseiten mit Tips zur Bildbearbeitung

- Eigene Webseite:

`http://canopus.physik.uni-potsdam.de/~axm/astrophot.html`

- Jerry Lodriguss: `http://www.astropix.com`

- Matt BenDaniel: `http://starmatt.com`

- Astrophotography Mailing List: `http://astro.umsystem.edu/apml/`