

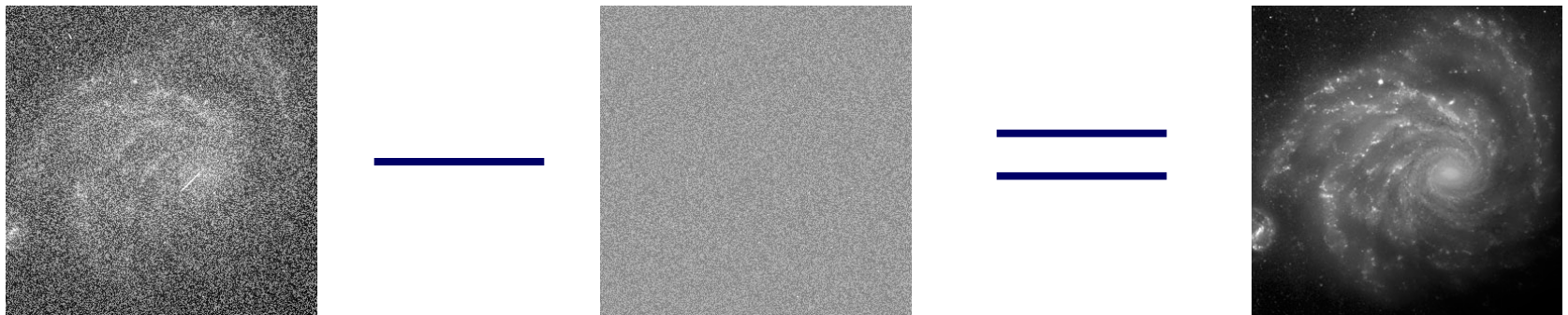
# CCD Reduktion und Auswertung

## Einfache CCD-Reduktion und photometrische Auswertung

- Korrektur von Cosmics
- Korrektur des Dunkelstroms
- Korrektur der Pixel-zu-Pixel-Empfindlichkeitsvariation
- Photometrische Vermessung
- Photometrische Reduktion

## CCD: Dark-Korrektur

- Ladungsträger werden nicht nur durch Photonen sondern auch thermisch erzeugt
- Kühlen verringert diesen Dunkelstrom
- Die Subtraktion eines gleichlang belichteten Dunkelbilds vom Science-Frame korrigiert den systematischen Anteil, nicht jedoch seinen Rauschanteil
- Hochenergetische Teilchen können Ladungsträger erzeugen (immer saturiert) und werden durch einen Medianfilter korrigiert

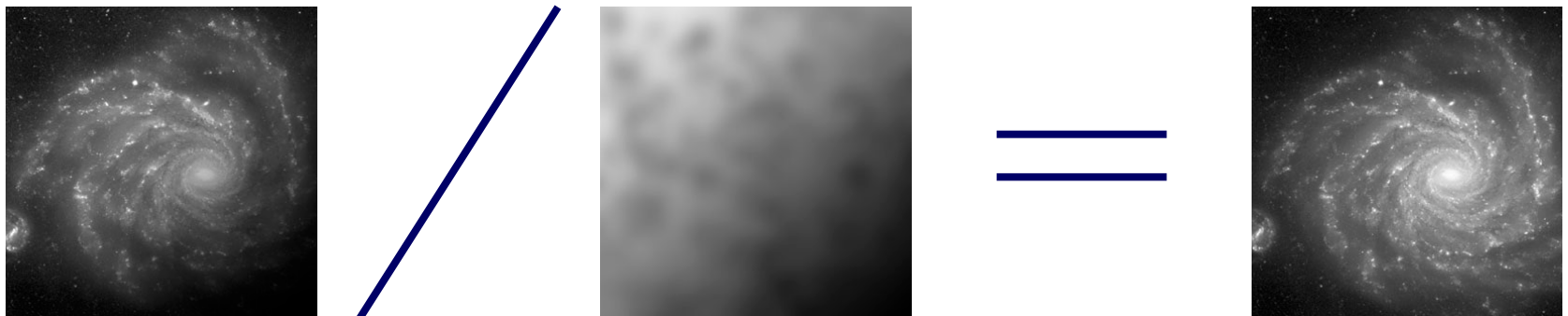


## CCD-Bias

- Jedes ausgelesene CCD-Frame beinhaltet auch einen Bias-Beitrag
- Bias ist ein kleiner, positiver, elektronischer Offset aller einzelnen Pixel-Auslesewerte (typisch 100 ADU) um die durch das Ausleserauschen prinzipiell möglichen negativen Pixelwerte zu verhindern
- Dieser Biaslevel ist durch eine 0-Sekundenaufnahme bestimmbar und in jeglicher Aufnahme enthalten
- Eine Dark-Korrektur berücksichtigt bereits diesen Anteil. Nur bei der Verwendung von Darks mit von den Science-Frames abweichender Belichtungszeit ist der Bias zu berücksichtigen

## CCD: Flatfield-Korrektur

- Einzelne Pixel eines CCDs variieren in ihrer Empfindlichkeit, weiters ist die Ausleuchtung leicht ungleichmäßig
- Die Aufnahme einer gleichmäßig erleuchteten Fläche (Flatfield) ermöglicht die weitgehende Korrektur dieses Effekts durch Division (Flat wird meist auf Wertbereich von 0-1 normiert!)
- Verschiedene Belichtungsmethoden (internal Flat, Dome-Flat, Twilight-Flat, Sky-Flat) haben verschiedene Vorzüge und ergeben unterschiedliche Grade der Korrektur



## CCD-Korrekturschemata

- Je nach Belichtung der Darks gibt es zwei grundsätzliche Korrekturschemata:
  1. Darks ( $D$ ) für Science-Frame ( $I$ ) und Flat ( $F$ ) werden jeweils mit passender Länge belichtet ( $t_1, t_2$ ) um den reduzierten Frame ( $O$ ) zu erhalten
  2. Darks werden unter Verwendung eines Bias-Frames ( $B$ ) auf Einheitszeit normiert ( $D_n$ ) und dann durch Multiplikation mit der wirklichen Belichtungszeit an die Science- und Flat-Frames angepasst
- Methode 2 ist bei unterschiedlichen Belichtungszeiten deutlich effizienter

$$O = \frac{I_{t_1} - D_{t_1}}{F_{t_2} - D_{t_2}}$$

$$D_n = (D_{t_1} - B) / t_1$$

$$O = \frac{I_{t_1} - B - D_n \cdot t_1}{F_{t_2} - B - (-D_n \cdot t_2)}$$

## Anforderungen an Korrekturframes

- Korrekturframes müssen den aktuellen instrumentellen Gegebenheiten entsprechen!
  - Nicht auf Archive verlassen, selber und wiederholt machen!
- Korrekturframes sind fehlerbehaftet! Durch Fehlerfortpflanzung verschlechtern sie die reduzierten Ergebnisse!
  - Ausreichend Zeit für die Korrekturframes investieren um ihre Fehler zu minimieren (Dämmerung, Tag nützen)

# CCD Composite

## **Übereinander - bzw. Aneinanderlegen von Einzelaufnahmen mit folgenden Zielen:**

- Noise-Reduktion: Summe mehrerer kurz belichteter Einzelbilder meist besser als eine lang belichtete Einzelaufnahme, bessere Dynamik, keine Sättigung
- Farbe
- Auflösungssteigerung
- Kombination zum Ausgleichen blinder Stellen und Fehlstellen bzw. zur Feldvergrößerung (Mosaic-CCD)



# Composite 1

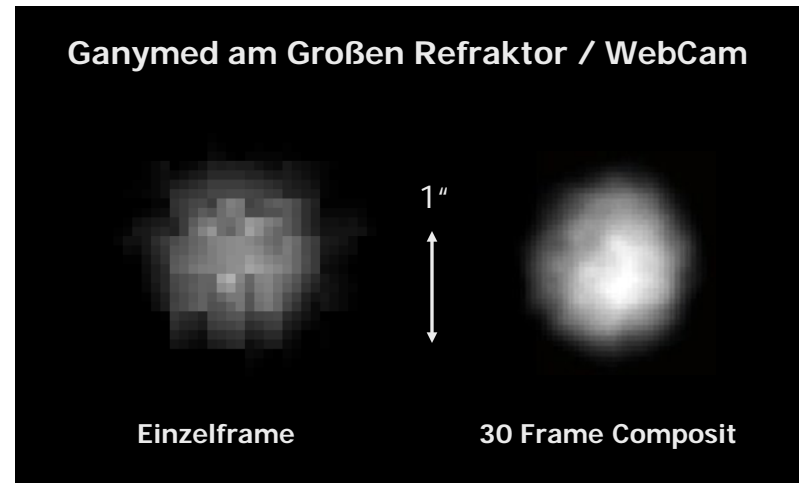
Sternpositionen sind auf sub-Pixel Niveau der einzelnen Frames nahezu zufallsverteilt. Zu unterscheiden sind grundsätzlich:

## Coaddition

- Einfaches Zusammenzählen und ggf. Mitteln

## Average Combining

- Resampeln der Einzelbilder auf Superresolution
- Addieren / Mitteln der Werte pro Pixel mit  $3\sigma$  Outlier Rejection (shift+add)
- Vorteil: Cosmics werden effizient entfernt

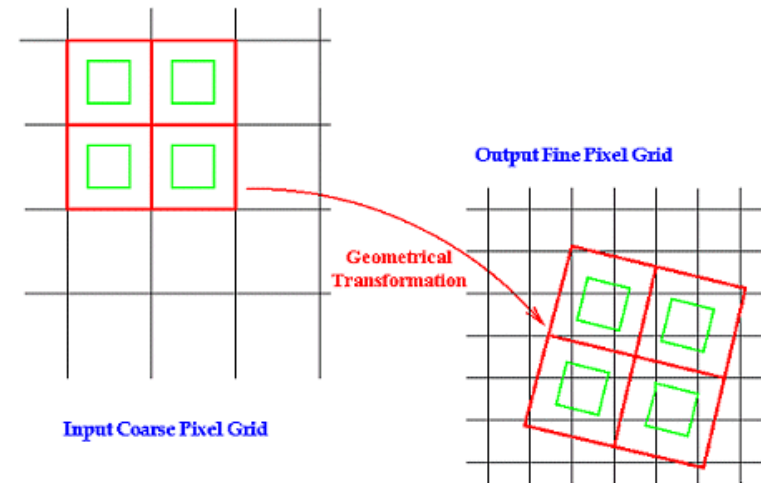


*Problem: Gleiche  
Bedingungen für die  
Einzelaufnahmen nötig*

# Composite 2

## Drizzling

- Reduktion der Pixelgröße in den Einzelbildern (auf  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  Fläche), ohne jedoch den Pixelabstand zu ändern
- Projektion ins feine Zielgitter (Korrektur von Verschiebungen, Rotationen, optischen Fehlern)
- Berechnen des Anteils der Gitterzellen am projizierten Pixel.



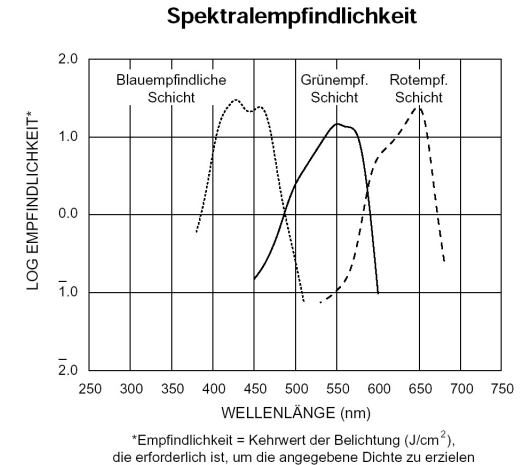
*Problem: viele Einzelbilder,  
um Löcher zu vermeiden*

*Gewichtung nicht trivial*

# Colour Composite

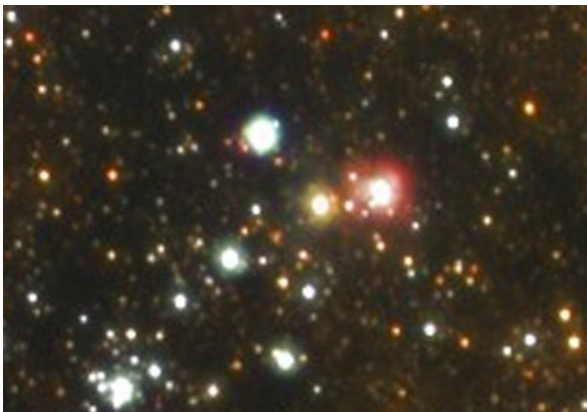
## Colorimetric Transformation

- verschiedene Filter → Farbe
  - Problem: Chromatische Aberration → Skalierung
  - Gewichtung (True colour, Falschfarben)

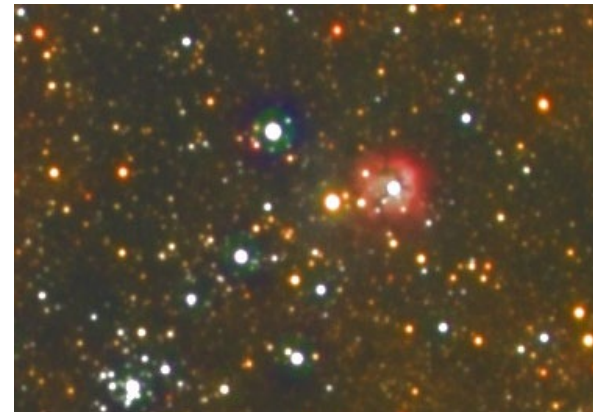


Ektachrome 200

Einfaches  
Shift+add

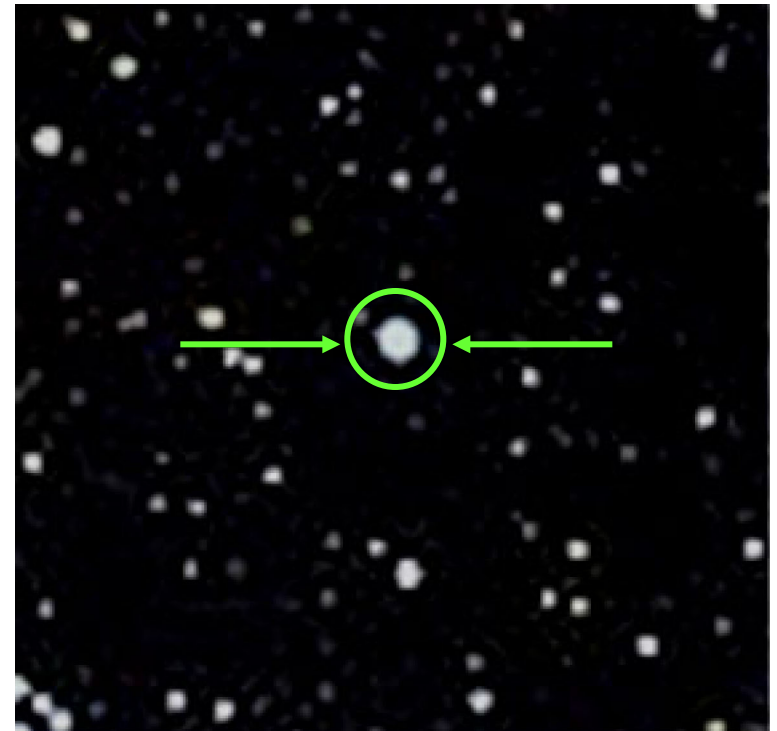


CT



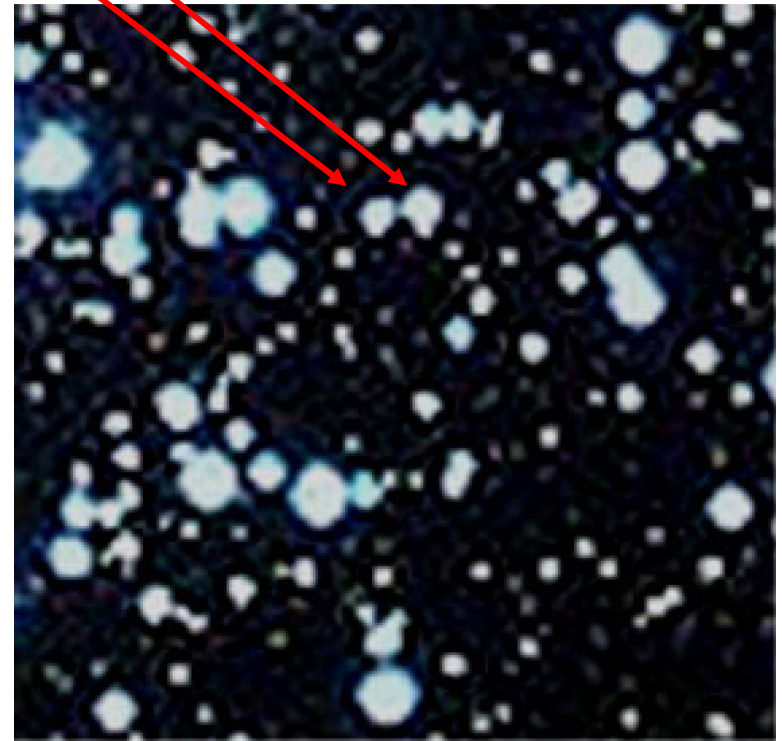
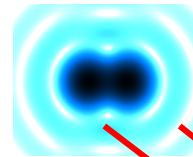
# CCD-Aperturphotometrie

- Simuliert die Messmethode des Einkanalphotometers mit Messblende (Apertur)
- Reduktionssoftware addiert ADUs innerhalb eines zu wählenden Radius um das Objekt auf
- Genau so wird der Himmelsbeitrag in einem leeren Areal bestimmt
- Radius typisch  $3 \times \text{FWHM}$
- Aperturphotometrie ist sehr genau doch in dichten Regionen nicht durchführbar!



# CCD-PSF-Photometrie I

- In dichten Regionen wird die Point-Spread-Function (PSF) an die Sternbildchen gefittet und so die Helligkeit bestimmt
- Die PSF ist ein Modell der Helligkeitsverteilung des Sternlichts in der Fokalebene
- Die PSF ist abhängig von Auflösung, Seeing, Wellenlänge ... und orts- bzw. zeitvariabel
- Iterativ sind damit auch einander überlagernde Sternbilder getrennt photometrierbar



## CCD-PSF-Photometrie II

- Zwei Möglichkeiten der PSF-Beschreibung:
  - Analytische Beschreibung der Abbildung (Fit an Sternen)
  - Das Profil kann durch ein Feld von Werten approximiert werden (Mittel von Sternen). Dieses Gitter kann bewegt und skaliert werden um jeder Sternabbildung zu entsprechen
- Aus verschiedenen Gründen ist keine der Methoden ideal
- Programm DAOPHOT (der Standard...) macht folgendes:
  - Gaussverteilung fittet die zentrale Region des stellaren Profiles
  - Ein zweidimensionales Feld repräsentiert die beobachteten Residuen der eigentlichen Daten vom normalen Profil

## Photometrische Reduktion

- Die weitere Reduktion von aus CCD-Frames gewonnen Flusswerten unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der Standardreduktion von Photometriedaten von 1D-Detektoren
- Vorteile der CCD-Technik ist die prinzipielle Vereinfachung von differentiellen Messungen auf einem einzigen CCD-Frame
- Nachteil ist die im allgemeinen fehlende Standardisierung der CCD-Charakteristiken (klassische Filtersysteme berücksichtigen z.B. spezielle PMTs) und der Mangel an schwachen Standardsternen

# Differentielle - und Absolute Photometrie

- Ziel: Maximale Genauigkeit für Helligkeitsänderungen
- Durchführung: Vergleichsmessung mit nahe gelegenen, ähnlichen und vor allem konst. Vergleichssterne, Korrekturparameter oft nicht selbst bestimmt
- Vorteile: Effizient, schnell, portabel
- Nachteile: Fehleranfälliger bei Breitbandsystemen und schlechten Vergleichssterne, schwerer modellierbar
- Ziel: Genaue Flusswerte für einzelne Sterne
- Durchführung: Extinktionsparameter und Farbtransformationen müssen selbst und sorgfältigst bestimmt werden
- Vorteile: Globale Vergleichbarkeit, astrophysikalische Modellierbarkeit
- Nachteile: Großer Beobachtungsoverhead, hohe Anforderungen an Standardisierung des Instrumentariums, geringere differenzielle Genauigkeit