

CCD-Astronomie in fünf Schritten

*von Karolin Kleeman-Böker,
Axel Martin*

VORWORT

I. DIE CCD-KAMERA

1. TECHNIK DES CCD-CHIPS

- 1.1. EINLEITUNG
- 1.2. WAS IST EIN CCD-CHIP?
- 1.3. PRINZIPELLER AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE EINES CCD-CHIPS
- 1.4. AUFBAU GEBRÄUCHLICHER CCD-CHIPS
 - 1.4.1. Fullframe-Chips
 - 1.4.2. Frametransfer-Chip
 - 1.4.3. Interlinetransfer-Chip
- 1.5. CCDs UND FARBBILDER
- 1.6. WARUM WERDEN IN ASTROKAMERAS KAUM CMOS-CHIPS VERWENDET?

2. CHARAKTERISTIK EINER CCD-KAMERA

- 2.1. PIXELGRÖSSE
 - 2.1.1. Bei langen Belichtungszeiten
 - 2.1.2. Bei kurzen Belichtungszeiten
- 2.2. PIXELZAHL
- 2.3. CHIPFLÄCHE
- 2.4. QUANTENEFFIZIENZ UND SPEKTRALE EMPFINDLICHKEIT
- 2.5. FULL-WELL-KAPAZITÄT
- 2.6. VOR- UND NACHTEILE EINES ANTIBLOOMING-GATE
- 2.7. DUNKELSTROM
- 2.8. CHIPFEHLER
- 2.9. CHIPQUALITÄT
- 2.10. KÜHLUNG
- 2.11. AUSLESERAUSCHEN UND DYNAMIK
- 2.12. BINNING
 - 2.12.1. Software-Binning
 - 2.12.2. Hardware-Binning
 - 2.12.3. Vorteile des Binning
 - 2.12.4. Nachteile des Binning
- 2.13. DIGITALISIERUNG
- 2.14. DIE SCHNITTSTELLE ZUM RECHNER
- 2.15. WIE WIRD DIE KAMERA AN DIE OPTIK ANGESCHLOSSEN?
 - 2.15.1. Teleskop
 - 2.15.2. Fotoobjektive

3. DIE WARTUNG EINER CCD-KAMERA

- 3.1. DAS TROCKENMITTEL
- 3.2. DIE REINIGUNG DER OPTISCHEN KOMPONENTEN

4. ZUBEHÖR

- 4.1. FLIP-MIRROR
- 4.2. ZENTRIEROKULAR
- 4.3. STELLRINGE

II. AUFNAHMEVORBEREITUNG

5. DIE STEUERSOFTWARE

- 5.1. ERKENNEN DER KAMERA
- 5.2. STEUERUNG UND KONTROLLE DER CHIP-TEMPERATUR
- 5.3. DAS HISTOGRAMM
- 5.4. FOKUSSIERUNG
- 5.5. OBJEKTSUCHE
- 5.6. BILDGEWINNUNG
- 5.7. DER AUFBAU UND SPEICHERUNG EINES BILDES
 - 5.7.1. Allgemeine Bildformate
 - 5.7.2. CCD-Bildformate
- 5.8. NACHFÜHRUNG
- 5.9. SERIENBELICHTUNGEN
- 5.10. SONSTIGE FUNKTIONEN

6. DIE FOKUSSIERUNG

- 6.1. DER OKULARAUSZUG
- 6.2. KAMERA-EINSTELLUNGEN FÜR DIE FOKUSSIERUNG
- 6.3. DIE VISUELLE FOKUSSIERUNG
- 6.4. WEITERE HILFSMITTEL FÜR DIE FOKUSSIERUNG
- 6.5. DIE SOFTWAREUNTERSTÜTZTE FOKUSSIERUNG
- 6.6. DER EINSATZ VON FILTERN ZUR VERBESSERUNG DER BILDSCHÄRFE

7. DIE NACHFÜHRUNG

- 7.1. WANN SOLLTE KONTROLLIERT NACHGEFÜHRT WERDEN?
- 7.2. AUTOGUIDER
 - 7.2.1 Die separate Nachführkamera
 - 7.2.2. Kameras mit integrierter Nachführmöglichkeit
 - 7.2.3. Nachführung mittels „Adaptiver Optik“ (AO-7)
- 7.3. DIE KALIBRIERUNG DER NACHFÜHRKAMERA
- 7.4. DIE INBETRIEBNAHME DER NACHFÜHRUNG
- 7.5. ZUSATZFUNKTIONEN FÜR DIE NACHFÜHRUNG
- 7.6. MÖGLICHE FEHLERQUELLEN BEI DER NACHFÜHRUNG MIT AUTOGUIDER

III. BILDAUFNAHME

8. DIE RICHTIGE BELICHTUNGSZEIT

- 8.1. SIGNAL
- 8.2. RAUSCHEN
- 8.3. DAS SIGNAL-RAUSCH-VERHÄLTNISS
- 8.4. WOZU WIRD DAS SIGNAL-RAUSCH-VERHÄLTNISS BENÖTIGT?
- 8.5. EINE EINZELNE LANGBELICHTUNG ODER VIELE AUFADDIERTE KURZBELICHTUNGEN?
- 8.6. WIE KANN EIN NOCH BESSERES SIGNAL-RAUSCH-VERHÄLTNISS ERREICHT WERDEN?

9. KORREKTURBILDER

- 9.1. DAS BIASBILD
- 9.2. DAS DUNKELBILD
- 9.3. DAS FLATFIELD
- 9.4. DIE ANWENDUNG DER KORREKTURBILDER AUF DAS ROHBILD
- 9.5. DIE KORREKTURBILDER UND DAS S/N-VERHÄLTNISS DES FERTIGEN BILDES

10. BILDFEHLER

- 10.1. COSMICS
- 10.2. SONSTIGE EXTERNE STÖRUNGSQUELLEN
- 10.3. KAMERAINTERNE FEHLERQUELLEN
- 10.4. FEHLER BEI DER DATENÜBERTRAGUNG
- 10.5. COMPUTERINTERNE FEHLERQUELLEN

IV. BILDBEARBEITUNG

11. BILDBEARBEITUNG

- 11.1. BEVOR ES LOSGEHT...
- 11.2. SOFTWARE
 - 11.2.1. Software für die allgemeine Bildbearbeitung
 - 11.2.2. Spezielle CCD-Bildbearbeitungsprogramme
- 11.3. WIE FUNKTIONIERT BILDBEARBEITUNG?
- 11.4. MATHEMATISCHE OPERATIONEN
 - 11.4.1. Operationen, an denen nur ein Bild beteiligt ist
 - 11.4.2. Operationen, an denen mehrere Bilder beteiligt sind
- 11.5. DIE RELATIVE AUSRICHTUNG VON AUFNAHMEN ZUEINANDER
- 11.6. DIE KORREKTUR EINES UNGLEICHMÄSSIGEN BILDHINTERGRUNDES
- 11.7. DIE DARSTELLUNG DES BILDES
- 11.8. DIGITALE FILTER
- 11.9. DER ABLAUF EINER TYPISCHEN BILDBEARBEITUNG
- 11.10. RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN DER BILDBEARBEITUNG
- 11.11. BILDMOSAIKE
- 11.12. ANIMATIONEN
- 11.13. WIE PRÄSENTIERT MAN FERTIG BEARBEITETE AUFNAHMEN?

12. FARBFOTOGRAFIE

- 12.1. DIE GRUNDLAGEN DES FARBSEHENS
- 12.2. ADDITIVE UND SUBTRAKTIVE FARBMISCHUNG
- 12.3. DIE VERSCHIEDENEN AUFNAHMETECHNIKEN UND FILTER
- 12.4. LUMINANZBILDER
- 12.5. EINFÜGEN DER FILTER IN DEN STRAHLENGANG
- 12.6. SIND DIE WIEDERGEgebenEN FARBEN WIRKLICH „ECHT“?

V. ANWENDUNGSBIETE

13. ANWENDUNGSGBIETE DER CCD-FOTOGRAFIE

- 13.1. OBJEKTE DES SONNENSYSTEMS
 - 13.1.1. Aufnahmen mit kurzer Brennweite ($f < \neq 1000\text{mm}$)
 - 13.1.2. Hochauflösende Detailaufnahmen
- 13.2. STERNFELDER
- 13.3. DEEP-SKY-FOTOGRAFIE MIT LANGEN BRENNWEITEN ($f \gg 500\text{mm}$)
- 13.4. ASTROMETRIE
- 13.5. PHOTOMETRIE
 - 13.5.1. Veränderliche Sterne
 - 13.5.2. Rotationslichtwechsel von Kleinplaneten
 - 13.5.3. Sternbedeckungen durch Kleinplaneten, Planeten und Planetenmonde
- 13.6. SUPERNOVASUCHE
- 13.7. SPEKTROSKOPIE

ANHANG

ANHANG I – ADRESSEN

HERSTELLER VON CCD-KAMERAS

SELBSTBAU-KAMERAS UND BAUTEILE FÜR DEN SELBSTBAU

FILTERHERSTELLER

SONSTIGES ZUBEHÖR

SOFTWAREHERSTELLER

VEREINE UND FACHGRUPPEN

SONSTIGE ADRESSEN

ANHANG II – DIE WICHTIGSTEN FITS-KEYWORDS

ANHANG V - GÄNGIGE CHIPS AUS AMATEURKAMERAS

ANHANG III – WEITERFÜHRENDE LITERATUR UND LITERATURVERZEICHNIS

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

CCD:

Astrofotografie (allgemein):

sonstige:

LIERATURVERZEICHNIS

(vorläufiges Inhaltsverzeichnis, Änderungen vorbehalten)