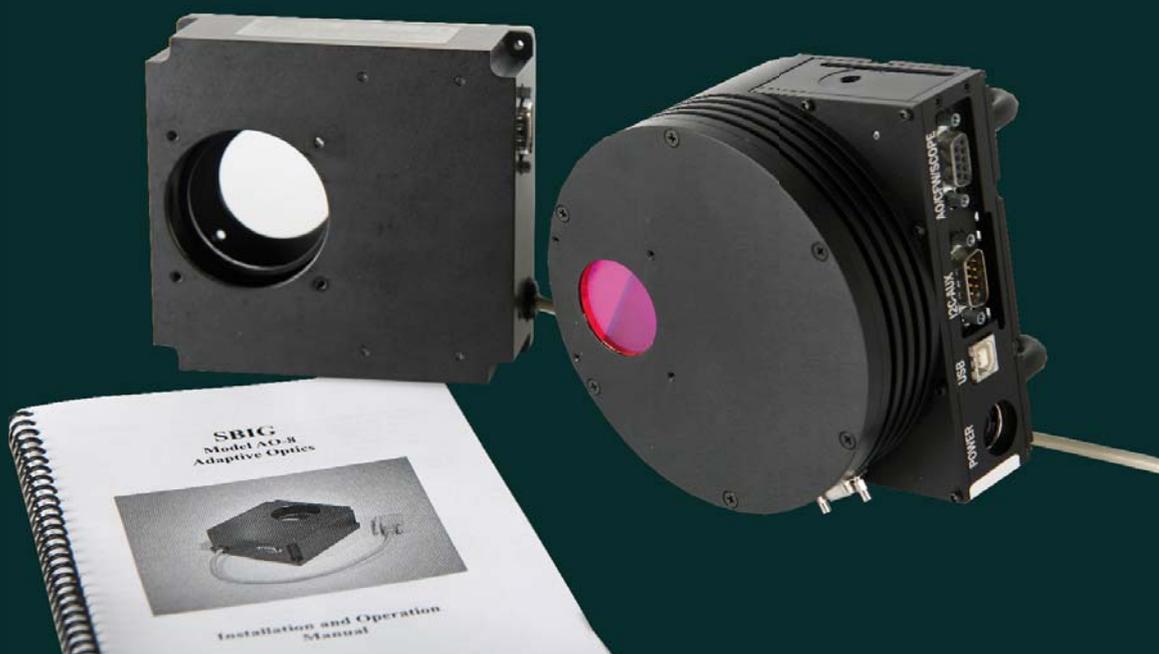


Mit kühlem Kopf

Die Farb-CCD-Kamera ST-4000XCM von SBIG

VON ULLRICH DITTLER



Gekühlte CCD-Kameras stellen trotz des großen Erfolges von digitalen Spiegelreflexkameras noch immer die erste Wahl für engagierte Astrofotografen dar. Die aktuelle Single-Shot-Farbkamera ST-4000XCM von SBIG stellt eine interessante Alternative zu digitalen Spiegelreflexkameras dar.

Mit digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR) können in der Astrofotografie beachtliche Ergebnisse erzielt werden. Der relativ günstige Preis, die einfache Bedienung, der große Chip (in der Regel 22mm × 18mm) und die Verwendbarkeit auch außerhalb der Astrofotografie sind gewichtige Pluspunkte und große Vorteile einer DSLR.

Da die in DSLR verwendeten Chips jedoch nicht für die in der Astrofotografie notwendigen langen Belichtungszeiten konzipiert wurden, werden auch die Nachteile des DSLR-Einsatzes in der Astrofotografie schnell offensichtlich: Das thermische Bildrauschen ist im Vergleich zum Signal, das von einem astronomischen Objekt kommt, relativ hoch, so dass – je nach Kamera-Modell – die Aufnahmen sehr rau wirken und auf den Aufnahmen am rechten Bildrand ein unschönes rotes Verstärkerglänzen

Abb. 1: Mit kühlem Kopf gegen das Rauschen: Wer die Grenzen der digitalen Spiegelreflexkameras erreicht hat, wird mit dem Erwerb einer gekühlten CCD-Kamera liebäugeln – wie mit der ST-4000XCM von SBIG.

Abb. 2: Das Innenleben der adaptiven Optik AO-8: Zwei Schrittmotoren kompensieren millisekundenschnell das Seeing. Das Resultat sind deutlich schärfere Aufnahmen.





Abb. 3: Bildbeispiele mit einem vierzölligen Refraktor bei 660mm Brennweite.

- a) Der Pferdekopfnebel Barnard 33 (30min)
- b) Die Plejaden M 45 (15min)
- c) Der Lagunennebel M 8 (15min)
- d) Der Cirrusnebel NGC 6992/5 (15min)
- e) Die Andromedagalaxie M 31(5x15min)
- f) Der Nordamerikennebel NGC 7000 (15min)

sichtbar wird. Auch der Dynamikbereich der verwendeten Chips ist in der Regel auf 12 Bit beschränkt. Darüber hinaus beschneidet der auf dem Detektor der DSLR aufgebrachte Infrarotschutzfilter die Empfindlichkeit des Chips im roten Licht, worunter viele Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten leiden (ein Austausch dieses Filters durch einen Filter eines Fremdherstellers ist möglich und wird von einigen Händlern inzwischen auch als Dienstleistung angeboten). Eine DSLR ist ein guter Einstieg in die digitale Astrofotografie, da sie sich gut für Strichspuraufnahmen und nachgeführte Aufnahmen von Sternbildern und -konstellationen eignet – bei der Deep-Sky-Fotografie sind ihre Grenzen jedoch schnell erreicht.

Für die Königsdisziplin der Astrofotografie, die Deep-Sky-Fotografie, sind gekühlte Astrokameras noch immer erste Wahl. Astro-CCD-Kameras eignen sich hervorragend für die im Ha-Licht leuchtenden Gasnebel, für lichtschwache Galaxien und für filigrane Supernova-Überreste.

Ein wesentlicher Vorteil dieser speziell für die Astrofotografie hergestellten Kameras besteht darin, dass der Aufnahmechip gekühlt wird, um so das thermische Rauschen zu vermindern. Eine Faustregel besagt, dass ein Absenken der Chiptemperatur um jeweils 6°C bis 7°C das Rauschen halbiert; aktuelle Modelle können ihre Chips problemlos auf 30° unter Umgebungstemperatur kühlen – der Einsatz einer Wasserkühlung kann die Chiptemperatur oft noch weiter senken. Darüber hinaus verfügen die Chips von Astro-CCD-Kameras in der Regel über einen großen Dynamikumfang von 16 Bit und eine hohe Empfindlichkeit über den gesamten für das menschliche Auge sichtbaren Spektralbereich hinweg. Über ein breites Zubehörprogramm, das von Filterrädern über externe Guider und adaptive Optiken bis hin zu kameraspezifischen Spektrografen reicht, können die gekühlten Astro-CCD-Kameras vielen Aufnahmeanforderungen perfekt angepasst werden.

Auf der Negativseite sind der relativ hohe Preis, die ausschließliche Verwendbarkeit für die Astrofotografie und die im

Vergleich umständlichere Handhabung derartiger Kameras zu nennen.

SBIG ST-4000XCM

Durch die Erfolge der DSLR in der Astrofotografie ist auch in den Markt der gekühlten Astrokameras wieder Bewegung gekommen: Die Preise der gekühlten Astrokameras sinken (auch wegen der aktuellen Entwicklung des Dollars), während gleichzeitig die Chipgrößen derartiger Kameras steigen. Das etwa seit Anfang 2008 verfügbare Modell ST-4000XCM aus dem Hause Santa Barbara Instrument Group (SBIG) ist eine Kamera, die sich an den engagierten Astroamateur wendet, der für die Deep-Sky-Fotografie einen ausgereifen Detektor sucht.

SBIG knüpft mit der ST-4000XCM an die erfolgreiche ST-Baureihe an und unternimmt gleichzeitig einen Brückenschlag zu den Research-Kameras der STL-Baureihe: In der ST-4000XCM findet der Kodak-Chip KAI 4020CM Verwendung, der bisher ausschließlich in den Modellen STL-4020M/CM der STL-Reihe eingesetzt wurde. Dieser Farbchip zeichnet sich durch eine Quanteneffizienz von: 35% (Rot), 42% (Grün), 45% (Blau) aus. Die Empfindlichkeit des Chips ist gerade in dem für die Astrofotografie wichtigen Ha-Spektralbereich optimiert, während die Empfindlichkeit im Bereich der Wellenlänge der gelben Natrium D-Linie, die bei der Straßenbeleuchtung auftritt, reduziert ist. Eine detaillierte Grafik zur Chip-Empfindlichkeit und Quanteneffektivität ist auf der Homepage des Autors zu finden (s. Surftipp).

Es handelt sich mit einer Chipgröße von 15,2mm × 15,2mm um den größten Chip,

der in einer ST-Kamera verbaut wird (er ist doppelt so groß wie der Chip der ST-2000XM/XCM). Auf dieser Fläche verteilen sich 2048×2048 quadratische Pixel mit einer Kantenlänge von 7,4µm, so dass die Astro-CCD-Kamera insgesamt über 4,2 Megapixel verfügt. Bei der Kamera handelt es sich, um eine Single-Shot-Farbkamera, d.h. der Chip verfügt über eine direkt auf den Chip aufgebrachte Bayer-Matrix, die die direkte Aufnahme von Farbbildern ermöglicht. Auf den Einsatz eines Filterrades mit RGB-Filtersatz und das anschließende Erstellen eines (L)RGB-Komposits kann daher verzichtet werden. Der Chip verfügt zudem über so genannte Antiblooming-Gates, die ein »Überlaufen« der Photonen verhindern, um so Blooming-Artefakte bei hellen Sternen zu vermeiden.

Die ST-4000XCM ist in traditioneller SBIG-Bauweise eine dual-Chip-Kamera und verfügt daher über einen eingebauten Guiding-Chip (vom Typ TC-237H mit 657 × 495 Pixeln à 7,4µm × 7,4µm) für die SBIG-typische Auto- und Selbguiding-Funktion, mit welcher eine Belichtung auf dem Primär-Chip bei gleichzeitiger Nachführung durch den zweiten CCD-Chip ermöglicht wird; ein optionaler und externer Guiding-Kamerakopf kann zusätzlich angeschlossen werden (ebenfalls mit dem Guiding-Chip TC-237H).

Die integrierte thermoelektrische Peltierkühlung der ST-4000XCM ermöglicht ein Senken der Chiptemperatur um rund 30° unter die Umgebungstemperatur (wobei die Temperatur um ±0,1°C genau geregelt werden kann); der Anschluss einer optionalen Wasserkühlung ist an der ST-4000XCM zudem bereits vorbereitet, womit die Chiptemperatur um insgesamt 40° unter die Umgebungstemperatur gesenkt

CCD-Kamera ST-4000XCM von SBIG	
Chip	Kodak KAI-4022CM
Bildgröße	2048×2048 Pixel (4,2 Megapixel)
Chipgröße	15,2mm × 15,2mm
Antiblooming	Ja
Kühlung	30° unter Umgebungstemperatur mit Luftkühlung, bis zu 40° unter Umgebungstemperatur mit optionaler Wasserkühlung
Temperaturregelung	±0,1°C
Stromversorgung	5V Gleichspannung, Netzteil wird mitgeliefert
PC-Schnittstelle	USB 1.1
Guiding	Self-Guiding mit integriertem Guidingchip TC-237 oder optional erhältlichem externen Kamerakopf
Gewicht	0,9kg
Fokussierweg	2,3cm
Preis	3875,- €

werden kann. Die verwendete Peltierkühlung besitzt den Vorteil, dass die nächtliche Belichtungssituation auch tagsüber nachgestellt werden kann und so die benötigten Dunkelbilder nicht in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit den nächtlichen Aufnahmen erstellt werden müssen. Der Anwender kann sich tagsüber ganze Bibliotheken von Dunkelbildern mit unterschiedlichen Belichtungszeiten und Temperaturen anlegen, um so stets die passenden Dunkelbilder zur Hand zu haben (bedingt durch Veränderungen der Chips müssen diese Dunkelbild-Bibliotheken jedoch nach einigen Monate neu erstellt werden).

Adaptive Optik AO-8

Große Teile des Zubehörprogramms von SBIG können auch an der ST-4000XCM verwendet werden; besonders soll an dieser Stelle auf die Adaptive Optik AO-8 eingegangen werden: Der Einsatz von adaptiven Optiken zur Minimierung der Auswirkungen des Seeing ist bereits seit einiger Zeit aus der Arbeit von Großobservatorien bekannt. SBIG war die erste Firma, die (mit AO-7) eine adaptive Optik auch für Amateure anbot. Die adaptive Optik AO-8 ist eine Weiterentwicklung von AO-7 und funktioniert nach einem einfachen Prinzip: Die Seeing-bedingten Bildunschärfen werden dadurch vermindert, dass eine im Gehäuse der AO-8 aufgehängte planparallele Glasplatte von zwei Schrittmotoren innerhalb von Millisekunden durch Verkipfung in jede Richtung verstellt werden kann.

Aber das AO-8-System hat für den Amateur noch einen weiteren Vorteil, da die Adaptive Optik geeignet ist, nicht nur Seeing-bedingte Unschärfen zu minimieren, sondern auch Nachführungsgenauigkeiten der verwendeten Teleskopmontierung auszugleichen. Während der Belichtung wird immer wieder die Position des Guiding-Sterns gemessen und die Adaptive Optik korrigiert in Sekundenbruchteilen die gemessenen Fehler und lenkt das Sternenlicht wieder auf die gewünschte Stelle auf dem Chip. Erst wenn 75% der durch die adaptive Optik möglichen Korrektur erreicht sind, werden Steuersignale an die Montierung gesendet, um eine entsprechende Korrektur der Nachführung vorzunehmen. Für den Amateur, der es gewohnt ist, während der nächtlichen Belichtungen dem leisen Klacken der Relais zu lauschen, ist es erstaunlich, wie selten die Adaptive Optik entsprechende Impulse sendet und wie

groß offensichtlich der Bereich ist, den sie selbst korrigieren kann.

Im nächtlichen Einsatz

Nachdem die Adaptive Optik mit der ST-4000XCM verschraubt und mit einem Kabel verbunden wurde (alle Signale zwischen AO-8 und Kamera sowie die benötigte Spannungsversorgung laufen über dieses eine Kabel), kann diese Kombination mit der Beobachtungsoptik verbunden werden. Hierzu kann entweder der enthaltene 2"-Steckanschluss verwendet werden oder die Aufnahmeoptik wird direkt mit dem T-Gewinde am Okularauszug angebracht.

Die nächtlichen Aufnahmen mit der ST-4000XCM in Verbindung mit der Adaptiven Optik gestalten sich ähnlich wie bei anderen SBIG-Kameras; einzelne Arbeitsschritte werden durch die Adaptive Optik jedoch vereinfacht: Zunächst muss die Verbindung der Kamera mit dem Computer hergestellt und die Chipkühlung gestartet werden. Nach dem Aufsuchen eines hellen Sterns kann anschließend das Fokussieren mittels der mitgelieferten Software CCDOPS erfolgen. Zum Finden des Fokus bietet sich die Funktion »Focus« und »Frame Size: Planet« an, ehe ein Deep-Sky-Objekt aufgesucht und mittels Aufnahmen mit der Einstellung »Focus – Frame Size: full low« zentriert werden kann.

Während beim Einsatz einer ST-Kamera ohne AO-8 nun zunächst eine Kalibration für das Autoguiding erfolgen müsste, kann dieser Schritt beim Einsatz des AO-8 entfallen, da die Adaptive Optik unabhängig von der Ausrichtung der Kamera selbständig erkennt, in welche Richtung die Korrektur zu erfolgen hat. Dies ist – neben der eigentlichen Aufgabe der adaptiven Optik, die darin besteht die Luftunruhe auszugleichen – ein willkommener Nebeneffekt. Bei Start einer Aufnahme ist zunächst die gewünschte Belichtungszeit für die geplante Aufnahme des Hauptchips sowie eine Belichtungszeit für den Nachführchip und gegebenenfalls die adaptive Optik anzugeben. Der Nachführchip startet umgehend seine Aufnahmen und die Adaptive Optik nimmt ebenfalls die Arbeit auf, der Anwender muss nun nur noch in einem zweiten Schritt mit einem Klick die Aufnahme des Hauptchips starten. Während der gesamten Aufnahme korrigiert die Adaptive Optik die Seeing- und/oder Montierungs-bedingten Bildfehler und sendet erst beim Erreichen von 75% des

möglichen Korrekturwegs ausgleichende Steuerimpulse an die Montierung.

Nach der Aufnahme sind in gewohnter Weise ein Dunkelbild und ein Flat abzuziehen. Durch einen Klick auf »SSC – Single Shot Color Processing« rechnet CCDOPS die zunächst schwarz/weiß dargestellten Aufnahmedaten sofort in ein Farbbild um, das anschließend z.B. in Photoshop weiterbearbeitet werden kann. Insgesamt kann zwischen folgenden Dateiformaten gewählt werden: »SBIG compressed«, »SBIG uncompressed«, FITS, TIFF, GIF, BMP und JPG.

Fazit

Trotz der hervorragenden Ergebnisse, die sich mit dieser Kamera erzielen lassen, sollte sich der interessierte Amateur über die Nachteile der ST-4000XCM bewusst sein: Im Vergleich zu s/w-Kameras ist die Empfindlichkeit der Single-Shot-Kamera durch die verwendete Farbmatrix verringert. Auch Schmalbandfilter lassen sich mit der Farbkamera nicht in der Form einsetzen, wie dies bei s/w-Kameras der Fall ist. Darüber hinaus funktioniert die »Track&Accumulate«-Funktion von CCDOPS mit der Farbkamera nicht. Leider stoppt auch das Guiding der Kamera, sobald die Aufnahme beendet ist und der Chip ausgelesen wird – automatische Aufnahmeserien sind damit mit der ST-4000XCM und CCDOPS nicht möglich.

Nichtsdestotrotz ist die ST-4000XCM – gerade in Verbindung mit der Adaptiven Optik AO-8 – eine sehr leistungsfähige Kamera für den engagierten Amateur, der sich der Astrofotografie von Deep-Sky-Objekten verschrieben hat – und ein empfehlenswerter Schritt für alle die, die an die Grenzen der Astrofotografie mit DSLR gestoßen sind. Die ST-4000XCM öffnet eine Tür zu einer neuen Sicht auf die Deep-Sky-Astrofotografie.

Surftipps

SBIG-Homepage: www.sbig.com,
www.sbig.de

Homepage des Autors mit weiteren
mit der Kamera gewonnenen
Aufnahmen und Dunkelbildern:
www.sternenstaub-observatorium.de