

CCD-Farbfotografie mit der MX7c von Starlight Xpress

EINE »ONE-SHOT-COLOUR«-KAMERA IN DER PRAXIS

von Burkhard Kowatsch

Nach einigen Jahren CCD-Fotografie mit einer preiswerten Kamera reifte der Wunsch nach einer modernen, leistungsfähigeren CCD-Kamera. Da hauptsächlich die Farbfotografie von Deep-Sky-Objekten betrieben werden sollte, schienen nach einigen Recherchen im Internet die Produkte aus dem Hause Starlight Xpress [1] dafür geeignet zu sein. Mit der MX7c wird von dieser Firma eine Kamera angeboten, mit der Farbaufnahmen mittels einer einzigen Auslösung gewonnen werden können – eine so genannte »one-shot-colour«-Kamera. Der Reiz einer Farbaufnahme ohne Filterrad mit nur einer Belichtung war groß. Aber wie gestaltet sich die Farbbildgewinnung mit der MX7c in der Praxis?



Abb. 1: Die MX7c-CCD-Kamera von Starlight Xpress arbeitet mit einem Farb-CCD-Chip. Um eine Farbaufnahme zu erstellen, ist weder die Verwendung von Filtern noch die Zusammenstellung einer RGB- oder LRGB-Aufnahme nötig.

Die Gewinnung der Farbinformation

Entgegen der herkömmlichen RGB- oder LRGB-Technik, bei der die Farbinformationen durch Vorschalten geeigneter Interferenzfilter vor einen Schwarzweiß-Chip gewonnen werden, befindet sich bei der MX7c eine Farbfiltermatrix direkt auf den Pixeln des Chips. Um die Wirkungsweise der Farbbildgewinnung verstehen zu können, ist ein kleiner Exkurs in die Funktionsweise dieser Farbchips notwendig.

Bei dem in der MX7c verwendeten Chip kommt eine so genannte CMYG-Filtermatrix zum Einsatz. Im Vergleich zur Filtermatrix nach Bayer (mit den Filtern R+2G+B), hat die CMYG-Matrix den Vorteil einer höheren Empfindlichkeit durch breitere Durchlasskurven. Die additiven Grundfarben rot, grün und blau müssen jedoch aus den subtraktiven Mischfarben cyan, magenta, (grün) und gelb errechnet werden. Die endgültige Farbinformation

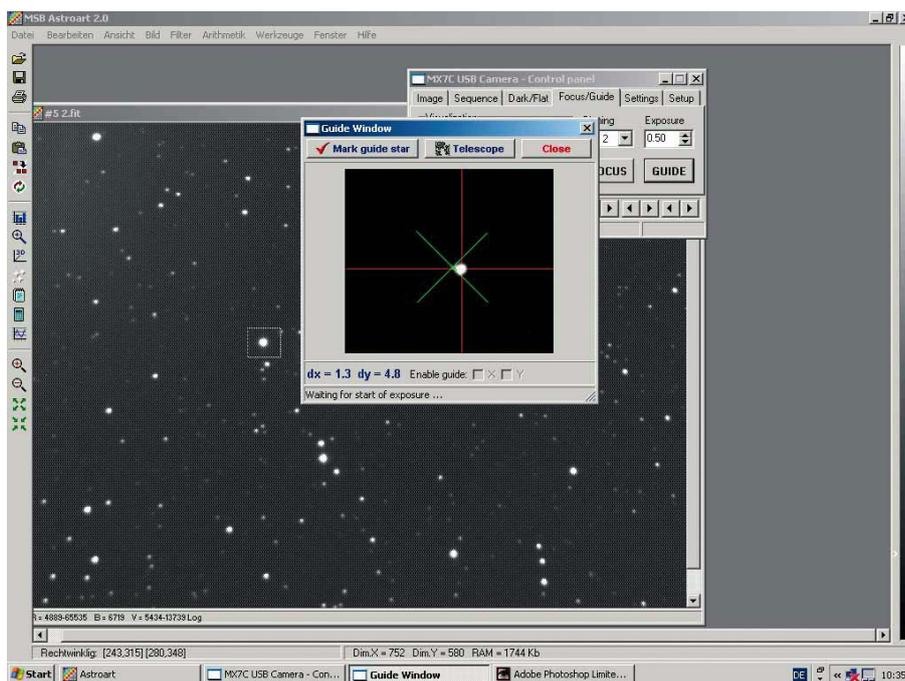


Abb. 2: Bildschirmansicht während der manuellen STAR2000-Nachführung. Erläuterungen im Text.

eines bestimmten Pixels kann also nur mit Hilfe der benachbarten Pixelintensitäten erhalten werden, mit dem Nachteil, dass die räumliche Farbauflösung nicht der physikalischen Größe eines Pixels entspricht, sondern deutlich geringer ausfällt. Auf die Auswirkungen in der Praxis wird später noch genauer eingegangen. Wer sich für weitere Details der Farbgewinnung der MX7c interessiert, sei an dieser Stelle auf den sehr ausführlichen Bericht unter [2] verwiesen.

STAR2000 – manuell!

Grundlage jeder erfolgreichen Ablichtung des gestirnten Himmels, ob in Farbe oder schwarz-weiß, ist eine exakte Nachführung der abbildenden Optik. Die Interline-Transfer-Technologie des Chips der MX7c bietet hier eine hilfreiche Option. Durch die Möglichkeit, die geraden und ungeraden Zeilen unabhängig voneinander auslesen zu können, kann sich die Kamera mittels des separat erhältlichen STAR2000-Moduls selbst nachführen. Da in interstellarum schon ausführlich über diese Nachführtechnik berichtet wurde [3], soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden.

Bei der Steuerung der Kamera durch AstroArt [4] kann die STAR2000-Funktion jedoch für manuelle Nachführkorrekturen zweckentfremdet werden. Gerade diese Funktion ermöglicht lang belichtete Aufnahmen, auch mit unpräzise laufenden Montierungen und nicht vorhandenem STAR2000-Modul. So kann die Montierung anhand eines »Fadenkreuzkularanblicks« bequem am Monitor des Rechners gesteuert werden. Dabei wird ein Fadenkreuz über einen zuvor ausgewählten Leitstern gelegt. Die Position des Leitsterns (rotes Fadenkreuz) wird in Abhängigkeit von der eingestellten Nachführbelichtungszeit (ca. 0,5–2 Sekunden) aktualisiert und mit einer festgelegten Sollposition (grünes Fadenkreuz) verglichen. Der Fotograf muss während der Aufnahme also versuchen, die beiden Fadenkreuze möglichst zur Deckung zu bringen und diese so zu halten. Bei einem entsprechenden Abbildungsmaßstab lassen sich Abweichungen im Subpixelbereich erkennen und, je nach Leistungsfähigkeit der Steuerung, auch korrigieren! Im Vergleich zur manuellen Nachführung durch einen Off-Axis-Guider oder ein parallel ausgerichtetes Leitrohr können sehr viel schwächere Sterne zur Nachführung herangezogen werden, wohlgeachtet bei komfortabler Körperhaltung!

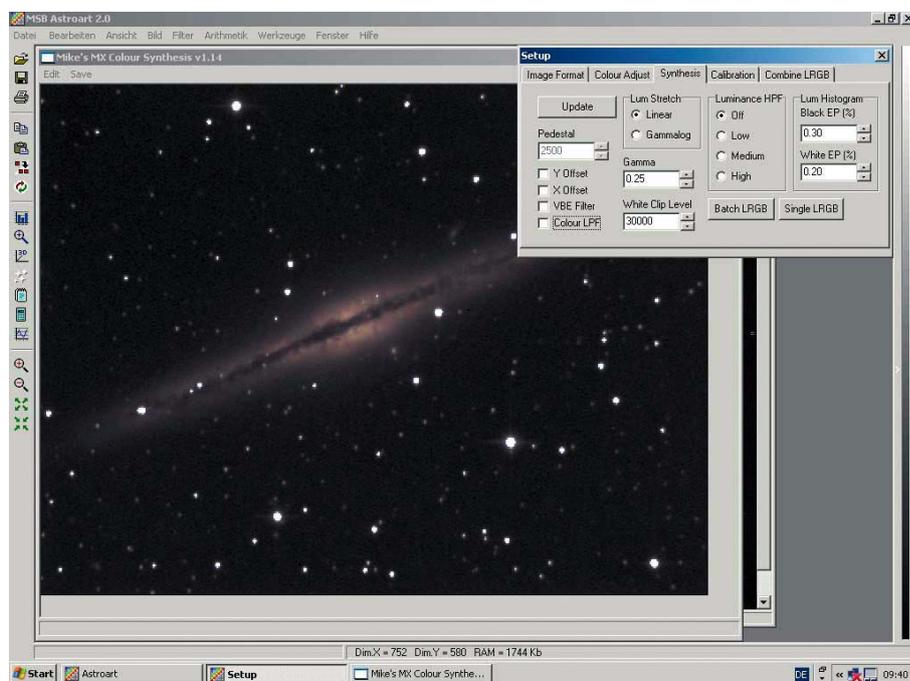
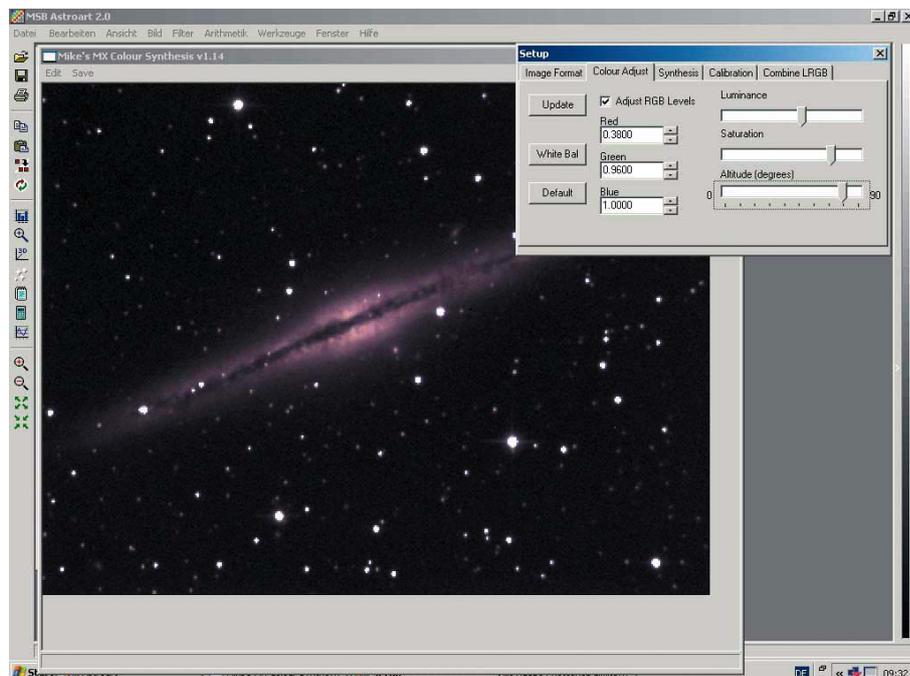


Abb. 3: Die Einstellung der Farbbalance erfolgt mit dem Plugin »Colour Synthesis«. Die Screenshots zeigen die Farbkanalgewichtung (a) und weitere Funktionen (b).

In der Praxis

Wegen der nicht gerade benutzerfreundlichen Originalsoftware des Herstellers und der eingeschränkten Fähigkeiten bei der Farbbilderzeugung wurde auf AstroArt als Steuersoftware umgestiegen. Dieses Produkt bietet neben der Möglichkeit einer komfortablen Kamerasteuerung sowie der eben beschriebenen abgewandelten STAR2000-Funktion auch ein leistungsfähiges Plugin [5] zur Gewinnung der Farbinformationen aus den Rohaufnahmen.

Da die eigentliche Bildgewinnung in erster Linie von der verwendeten Software abhängig ist, unterscheidet sich die Objektaufnahme mit der MX7c nur unwesentlich von anderen Modellen. Trotzdem soll in den folgenden Zeilen kurz beschrieben werden, wie mit Hilfe von AstroArt und der MX7c Bilder auf die Festplatte gebannt werden können.

Nachdem die Hardware aufgebaut und die Software geladen ist, wird das Teleskop grob auf das aufzunehmende Objekt ausgerichtet. Mit den ersten Aufnahmen und Belichtungszeiten im unteren Sekundenbereich wird die Kamera so lange grob



Abb. 4: M 51, 6×10min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.

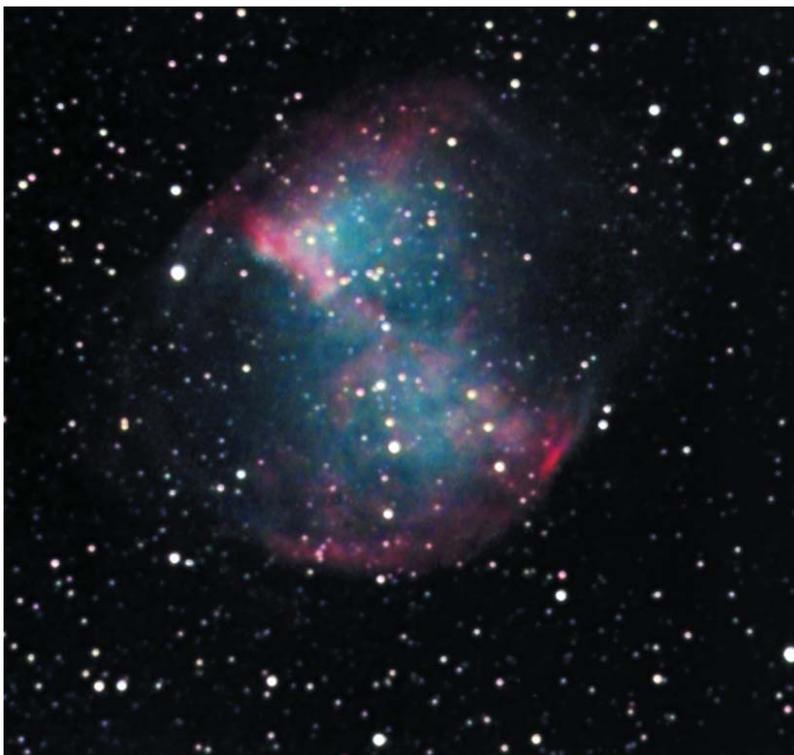


Abb. 5: M 27, 5×2min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.

fokussiert, bis die helleren Feldsterne als mehr oder weniger große Scheiben sichtbar werden. Ist dies erreicht, so wird mit Hilfe des Mauszeigers ein mittelheller unscharfer Stern eingerahmt. Dieses Einrahmen ist Voraussetzung dafür, die in AstroArt integrierte Fokus-Funktion nutzen zu können. Der markierte Bereich wird nach erfolgter Aktivierung der Fokus-Funktion im Steuer Menü sehr schnell hintereinander ausgelesen und ermöglicht somit ein Fokussieren der Aufnahme beinahe in Echtzeit. Ist die Kamera endgültig fokussiert, wird der gewünschte Binningmodus gewählt. Neben einem 2×2- sowie einem 4×4-Binning-Modus für S/W-Aufnahmen kann auch aus mehreren unterschiedlichen Modi für Farbaufnahmen gewählt werden:

- 2×2-Binning, »Fast-Mode«, 376×290 Pixel
- 1×2-Binning, »Hires-Fast-Mode«, 752×290 Pixel
- »Hires-Interlaced-Mode«, zwei Halbbilder werden zeitlich versetzt belichtet und ausgelesen und erst danach zu einem Vollbild zusammengesetzt, 752×580 Pixel.
- »Hires-Progressive-Mode«, alle Pixel werden gleichzeitig belichtet, jedoch werden die geraden und ungeraden Zeilen zeitversetzt ausgelesen, 752×580 Pixel.
- »Hires-Selfguide« für Star2000-Nachführung, 752×580 Pixel
- »Lowres-Selfguide« für Star2000-Nachführung, 376×290 Pixel

Bei ruhiger Luft wird meist der Hires-Selfguide-Mode angewendet, um die volle Auflösung des Chips zu nutzen. Dabei wird die Bildinformation im Laufe der ersten Hälfte der Belichtungszeit mit den ungeraden Zeilen des Chips gewonnen, während mit einem Teil der geraden Zeilen der Leitstern aufgenommen und ausgelesen wird. Zu Beginn der zweiten Hälfte der Aufnahme wird die Funktion der geraden und ungeraden Zeilen getauscht. So entsteht ein Bild mit der vollen Auflösung des Chips. Da zu einem beliebigen Zeitpunkt nur die Hälfte der Pixel mit der gewünschten Bildinformation belichtet wird, geht die hohe Auflösung auf Kosten einer um den Faktor 2 reduzierten Empfindlichkeit! Durch das bequeme Nachführen am Monitor des Rechners kann dieser Empfindlichkeitsverlust aber leicht in Kauf genommen werden. Der Lowres-Selfguide-Mode entspricht dem hochauflösenden Aufnahmemodus, jedoch mit anschließendem 2×2 Binning.

Mit weiteren kurz belichteten Aufnahmen wird nun das Objekt zentriert und ein ausreichend heller Stern als Leitstern definiert. Nach der Aktivierung der manuellen Guidefunktion wird mit der Belichtung der eigentlichen Aufnahme begonnen.

Um später das Rauschen der Aufnahme reduzieren zu können, werden unabhängig vom Binning-Modus mindestens vier Rohbilder eines Objekts aufgenommen.

Danach wird die Kamera mit einer schwarzen Kappe lichtdicht verschlossen und es werden zwei bis

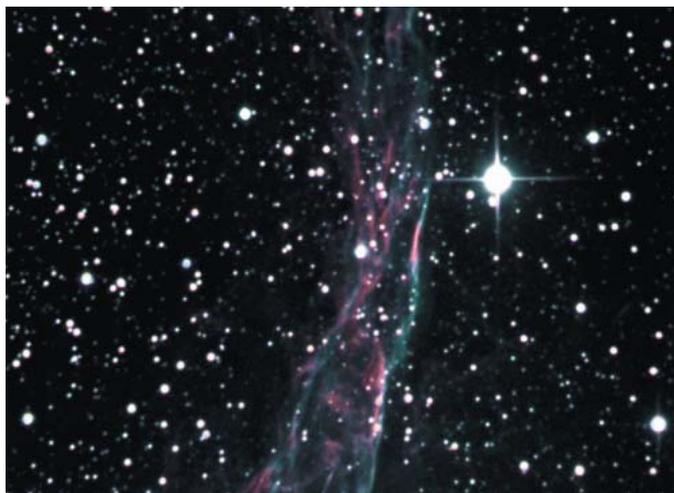


Abb. 6: NGC 6960, 8×2min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.



Abb. 7: M 76, 5×5min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.



Abb. 8: NGC 891, 4×10min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.



Abb. 9: NGC 1514, 3×10min Belichtungszeit mit 406/1830mm-Newton.

drei Dunkelbilder aufgenommen. Wichtig bei der Aufnahme der Dunkelbilder ist, dass die Nachführbelichtungszeit und der Aufnahmemodus dieselben sind, wie bei der Aufnahme des zuvor abgelichteten Objekts. Natürlich muss die manuelle Star2000-Nachführung ebenfalls aktiviert sein, um später auch das damit verbundene Ausleserauschen beseitigen zu können!

Bei Bedarf können auch noch einige Flatfieldbilder aufgenommen werden.

Die Extraktion der Farbinformationen

Mit Hilfe des unter [5] als Freeware zur Verfügung stehenden Plugins erfolgt nun die Umwandlung der Rohaufnahmen in farbige Bilder. Dazu werden die aufgenommenen Dunkelbilder zuvor gemittelt und als so genanntes Masterdarkframe abgespeichert.

Wird ein Rohbild geladen und das Plugin geöffnet, erscheint erstmals ein Farbbild, wenn auch noch gänzlich unvollkommen. Im ersten Schritt muss dem Plugin nun das Rohbild-Format mitgeteilt

sowie das Masterdarkframe zugeordnet werden. Erzeugt die Aufnahmeoptik kein gleichmäßig ausgeleuchtetes Bild oder will man unterschiedliche Pixelempfindlichkeiten ausgleichen, können im Menü »Calibration« auch noch Flatfieldaufnahmen als weiteres Korrekturbild definiert werden. Damit ist die Kalibrierung der Aufnahme abgeschlossen und es kann mit der Gewichtung der Farbkanäle begonnen werden. Unter dem Menüpunkt »Colour Adjust« können die Intensitäten der drei (aus der CMYK-Farbfiltermatrix) erzeugten Grundfarben rot, grün und blau in Prozentschritten eingestellt werden. Mit weiteren Schiebereglern lässt sich neben der Luminanz auch die Sättigung der Farben sowie eine Farbtonkorrektur für nicht in Zenitnähe aufgenommene Objekte einstellen. Nach jeder Änderung der Parameter erfolgt automatisch eine Aktualisierung des Farbbildes. So ist man umgehend darüber informiert, ob die zuletzt gemachten Veränderungen zur Verbesserung des Ergebnisses beigetragen haben oder ob der Vorgang rückgängig gemacht werden muss. Ist man mit der Farbabstimmung

zufrieden, können durch das Plugin noch weitere Korrekturen vorgenommen werden, wie z.B. die Hochpassfilterung des Luminanzkanals, Gammakorrektur, Histogrammkorrektur, die Erzeugung eines reinen Luminanzbildes, eine Aufspaltung der Farbkanäle in einzelne Dateien usw. Es werden also genügend Möglichkeiten geboten, alle aufgenommenen Informationen aus der Aufnahme herauszuarbeiten.

Wie schon zu Beginn des Artikels erwähnt wurde, müssen die Farbinformationen aus den Intensitäten mehrerer benachbarter Pixel errechnet werden. Bei örtlich kleinen aber starken Helligkeitsunterschieden, wie zum Beispiel am Rand heller Sterne, funktioniert die Farbuordnung daher nicht. Um störende Farbsäume um diese kritischen Bereiche zu umgehen, wird meist der so genannte »Colour-LPF« (Colour-Low-Pass-Filter) aktiviert. Dieser weichzeichnende Filter wirkt ausschließlich auf die Farbinformationen des Bildes. Der Luminanzkanal bleibt indessen unberührt und somit auch der Schärfeeindruck des Bildes.

Ein weiteres Problem bereiten Sterne nahe der Sättigungsgrenze. Auch hier können keine korrekten Farbinformationen gewonnen werden. Um zu vermeiden, dass später unnatürlich eingefärbte Sterne den Gesamteindruck der Aufnahme stören, werden diese Sterne mit Hilfe der »White Clip Level«-Funktion ab einem bestimmten Signalpegel weiß eingefärbt.

Damit sind wir auf die eigentlichen Schwächen der MX7c gestoßen. Zonal kleine Bereiche mit starkem Helligkeitsunterschied sowie gesättigte Bereiche werden farblich nicht richtig wiedergegeben. Damit inbegriffen ist die Tatsache, dass Sterne allgemein durch den Colour-LPF und die Farbtonberechnung mittels mehrerer Pixel nur sehr eingeschränkt in den tatsächlichen Farben abgebildet werden. Liegt also das Hauptbetätigungsfeld im Bereich der Fotografie von Sternfeldern oder Sternhaufen, werden mit der one-shot-colour-Technik kaum zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. Hier ist die Aufnahmetechnik mittels monochromem Chip und Farbfilterrad deutlich überlegen! Aber auch bei Galaxien gilt: Kleinste HII-Regionen werden kaum im richtigen Farbton abgebildet.

Das fertig bearbeitete Bild kann nun als bmp- oder jpg-Datei abgespeichert werden. Die Überlagerung der einzelnen Aufnahmen erfolgt anschließend entweder mit AstroArt selbst oder durch andere geeignete Bildverarbeitungsprogramme. Mit Photoshop von Adobe [7] können die Bilder zum Beispiel auf elegante Weise mit der Ebenenfunktion gemittelt werden.

Dazu werden alle mit dem Plugin erzeugten Farbbilder geladen und die Ebenenfunktion aktiviert. Das erste Bild wird als so genannte Hintergrundebene definiert und erhält eine Transparenz von 100%. Das nächste Bild wird nun per drag&drop auf die Hintergrundebene gezogen. Da es sich um das zweite Bild handelt, darf diesem nur noch eine Transparenz von 50% zugeordnet werden. Mit der Maus lassen sich die Bilder bewegen und anhand der Sternabbildungen exakt zur Deckung bringen. Die Überlagerung weiterer Bilder läuft entsprechend ab. Nur

Technische Daten der MX7c

Chip:	Sony EXview-Interline-Transfer-CCD IXC249AK mit 752×580 Pixeln
Pixelgröße:	8,6µm×8,3µm
Chipgröße:	6,4mm×4,8mm
Quanteneffizienz:	65% max. laut Herstellerangabe (Die tatsächliche QE inklusive Farbfiltermatrix liegt bei ca. 30% !)
Kühlung:	ungeregelte einstufige Peltierkühlung bis etwa 20°C unter Umgebungstemperatur
Ausleserauschen:	ca. 12e ⁻ RMS
Full-well Kapazität:	>70000e ⁻
Dunkelstrom:	ca. 0,1e ⁻ bei +10°C Umgebungstemperatur
Datenformat:	16 Bit
Abmessungen:	50mm×100mm
Gewicht:	500g

muss die Transparenz und somit die Gewichtung jedes weiteren Bildes erneut angepasst werden. Dem dritten Bild wird daher nur noch eine Transparenz von 33% zugeordnet usw. Sind die Aufnahmen überlagert, werden alle sichtbaren Ebenen auf eine Ebene reduziert und das Ergebnisbild abgespeichert.

Zur Bearbeitung der Aufnahmen sind im Übrigen noch weitere Plugins verfügbar. Mit dem ebenfalls als Freeware erhältlichen Plugin unter [6] ist es beispielsweise möglich, Luminanzbilder als fits-Datei zu erzeugen. Durch die so gewonnenen Bilder lassen sich in gewissen Grenzen auch astrometrische sowie photometrische Aufgaben angehen. In gewissen Grenzen deshalb, weil die Daten durch die Farbfiltermatrix beeinflusst werden. Mit reduzierter Genauigkeit kann man trotzdem Sternhelligkeiten messen und Lichtkurven erstellen.

Fazit

Die Software aus dem Hause des Herstellers kann wegen des unzulänglichen Bedienungskomforts und der recht eingeschränkten Möglichkeit der Farbbildzeugung nicht empfohlen werden. Mit AstroArt als Steuerungssoftware lässt sich dieses Defizit jedoch leicht umgehen. Auch lassen

sich mit dieser Software und den durchgehend als Freeware angebotenen Plugins, die aufgenommenen Bildinformationen einfach und komfortabel aus der Aufnahme herausarbeiten.

Durch die physikalischen Nachteile der Farbfiltermatrix ist die one-shot-colour-Technologie für all diejenigen nicht geeignet, die bevorzugt Farbbilder von Sternhaufen und Sternfeldern aufnehmen oder astrometrische bzw. photometrische Informationen aus den Aufnahmen ableiten wollen. Hier sind herkömmliche Kameras mit monochromen Chips und Farbfilterrad deutlich überlegen.

Liegt das Hauptbetätigungsfeld jedoch im Bereich der Fotografie von Kometen, Nebeln und Galaxien, so lassen sich mit dieser Kamera auf einfachste Art beeindruckende Resultate erzielen.

- [1] www.starlight-xpress.co.uk/
- [2] www.harpoint-observatory.com/deutsch/publikationen/starlightxpresstest.pdf
- [3] Kienreich, W.: Das STAR2000-System, *interstellarum* 26, 62 (2003)
- [4] www.msb-astroart.com/
- [5] www.rampton-end.dyndns.org/colour_plugin/ oder www.sigma-tech.co.uk/
- [6] www.weingrill.net/download/picmyg3.html
- [7] www.adobe.com