Gekühlte CMOS-Kameras im Testeinsatz

Deep-Sky-Fotografie mit neuer Technik

von Dr. Kai-Oliver Detken, *Grasberg*

Der erste Weg zur Deep-Sky-Fotografie führt meistens über eine Spiegelreflexkamera (DSLR). Sie ist oftmals bereits vorhanden oder kann günstig gebraucht erworben werden. So können erste Versuche starten, ohne den Geldbeutel zu stark zu belasten. Allerdings hat eine DSLR gegenüber CCD-Kameras, mit denen die ambitionierteren Hobbyastronomen fotografieren, einen erheblichen Nachteil beim Signal-/Rauschverhältnis, da sie nicht gekühlt und teilweise auch nicht genauso lichtempfindlich ist. Daher wird der Einsatz einer gekühlten CCD-Kamera von vielen Fotografen, als der nächste Schritt angesehen. Die Auswahl der Kamera gestaltet sich allerdings nicht so einfach wie gedacht, denn neben der bewährten CCD-Technik haben sich seit ein paar Jahren gekühlte CMOS-Chips auf dem Markt etabliert. Diese basieren mit ihrer Chiptechnik auf den DSLR-Chips, bieten aber durch die Kühlung ein wesentlich besseres Signal-/Rauschverhältnis. Da noch relativ wenig Erfahrungswerte bei CMOS-Kameras existieren und immer neue Exemplare auf den Markt strömen, wurden verschiedene Kameras einem ausgiebigen Test unterzogen.

Nachdem seit 2009 ausschließlich mit DSLR-Kameras fotografiert wurde, sollte mit einer CCD-/CMOS-Kamera der nächste Schritt vollzogen werden, um noch detailliertere Aufnahmen von Himmelsobjekten zu erhalten. Zwar bietet der Einsatz einer DSLR erhebliche Vorteile, da die Kamera auch am Tag verwendet werden kann und nach Ausbau des IR-Sperrfilters auch für Deep-Sky-Aufnahmen geeignet ist. Zudem werden Farbbilder erzeugt, die direkt miteinander kombiniert und zu einem Einzelbild verarbeitet werden können. Aber der Nachteil liegt auch auf der Hand: die nicht gekühlte Kamera erzeugt ein relativ hohes Rauschen, abhängig von der Umgebungstemperatur, weshalb man nachts raus muss, um entsprechende Darkframes zu erzeugen. Dabei büßt man neben seinem Schlaf auch weitere Aufnahmezeiten ein, denn die Darkframes müssen mit der gleichen Temperatur erzeugt werden. Dagegen bietet eine gekühlte CCD-/CMOS-Kamera den Vorteil, dass Darkframes zu einem beliebigen Zeitpunkt gemacht werden können, da die Kamera auf einen bestimmten Wert herunter gekühlt werden kann. Man kann sie also am Tag nachholen bzw. sich eine Darkframe-Bibliothek anlegen, die immer wieder verwendet werden kann. Zudem besitzen diese Kameras oftmals eine noch höhere Empfindlichkeit, da sie ausschließlich für die Astronomie entwickelt worden sind. Nachteilig ist dabei allerdings, dass sie

Abb. 1: Zwei unterschiedliche CMOS-Kameras von ZWOptical im Größenvergleich.

relativ hohe Anschaffungskosten beinhalten und einen zusätzlichen Laptop benötigen.

Wenn man sich aber erst einmal entschlossen hat diesen Weg zu gehen, muss man sich unweigerlich mit weiteren Fragestellungen auseinandersetzen. Denn es gibt eine sehr große Auswahl von gekühlten Kameras auf dem Markt. Folgende Punkte sollten bei einer Neuanschaffung daher in Betracht gezogen werden:

a. Welche Pixelgröße soll verwendet werden (4,8/3,8/2,4 µm)?
b. Was für eine Größe sollte der Chip haben (12/16/20 Megapixel)?
c. Mit welcher Bittiefe werden die Bilder aufgenommen (12/14/16 Bit)?
d. Soll die Kamera auch für Planetenaufnahmen genutzt werden?
e. Was für ein Ausleserauschen ist vorhanden?
f. Wie gut ist die Full-Well Capacity (FWC)?
g. Welche Quanteneffizienz ist möglich?
h. Sollte man eine Monochrom- oder eine Farbkamera wählen?

Hinzu kommt, dass man die Wahl hat auf traditionelle und bewährte CCD-Technik zu setzen oder der neuen CMOS-Technik vertraut. Da Sony einer der wichtigsten Chiplieferanten für CCD-/CMOS-Kameras ist und im Jahr 2015 das Auslaufen der CCD-Technik angekündigt hat [1], stand für mich die Entscheidung relativ schnell fest, es mit der neuen CMOS-Technik zu versuchen. Hinzu kommt, dass CCD-Kameras noch kostspieliger sind, man sie nicht für Planetenaufnahmen verwenden kann, die Chipgrößen überschaubare Größen annehmen (< 12 Megapixel) und das Ausleserauschen relativ hoch ist, wenn man dies mit den neuen CMOS-Kameras vergleicht (siehe Tabelle 1).

Monochrom versus Farbe

Neben der Chiptechnik musste auch noch eine Auswahl bzgl. Farb- oder Monochrom-Kamera getroffen werden. Wie schon an der Tabelle 1 zu sehen ist, wurde sich für eine Farbkamera entschieden, obwohl es gebräuchlicher ist eine Monochrom-Kamera mit Filterrad zu verwenden. Dies liegt zum einen an der höheren Empfindlichkeit und besseren Schärfe, die durch die fehlende Bayer-Matrix möglich wird. Zum anderen ist ein flexiblerer Einsatz von Filtern nutzbar. So können beispielsweise in lichtverschmutzten Gebieten durch Schmalbandfilter immer noch hervorragende Deep-Sky-Bilder entstehen. Auch hier wurden also neue Wege beschritten, denn es sollte ebenfalls getestet werden, ob unter optimaleren Bedingungen eines stadtnahen Landhimmels das aufwendigere L-RGB-Verfahren mit einer Monochrom-Kamera überhaupt angewendet werden muss.

Heutige Farbkameras besitzen nämlich ebenfalls eine hohe Lichtempfindlichkeit bei sehr geringem Rauschen. Da mit einer DSLR-Kamera ja bereits sehr gute Aufnahmen möglich sind, konnte das eigentlich aus meiner Sicht kein großer Nachteil sein. Hinzu kommt, dass die neue Kamera auch an einer HyperStar-Optik betrieben werden sollte. Hier ist eine geringe Abschattung notwendig, da die Kamera genau im Strahlengang sitzt, weshalb ein Filterrad nicht einsetzbar ist. Die Kamera selbst sollte also eine runde

Kamera	Atik 4120EXc	ASI 183MCpro	ASI 294MCpro	ASI 071MCpro
Bild				
Sensor	Sony ICX 834AQG	Sony IMX183CQJ-J	Sony IMX294CJK	Sony IMX071
Pixelgröße	3,1µm	2,4µm	4,63µm	4,75µm
Bitrate	16 Bit	12 Bit ADC	14 Bit ADC	14 Bit ADC
Chipgröße	12 Megapixel (4.241 x 2.829)	20 Megapixel (5.496 x 3.672)	11,7 Megapixel (4.144 x 2.822)	16 Megapixel (4.944 x 3.284)
Ausleserauschen	5,0 e-	1,6 bis 3,0 e-	1,2 bis 7,3 e-	2,3 bis 3,3 e-
Speicherpuffer	Keiner	256 MByte	256 Mbyte	256 Mbyte
Full-Well Capacity	unbekannt	15.000 e-	63.700 e-	46.000 e-
Quanteneffizienz	unbekannt	84 %	75 %	60 %
Gewicht	400 g	410 g	410 g	640 g
Durchmesser	60 mm	78 mm	78 mm	86 mm

Tab. 1: Vergleich von drei aktuellen CMOS-Kameras mit einer aktuellen CCD-Kamera.

Bauform haben und keine zusätzliche Abschattung bewirken, weshalb der Durchmesser relevant ist (siehe Abbildung 1). Bei einer monochromen Kamera hätte man also den Filter während einer Aufnahmesitzung manuell wechseln müssen. Dies wollte ich unbedingt vermeiden, da der Vorteil keine Darkframes nachts anfertigen zu müssen, dann gleich wieder zunichte gemacht werden würde. Die Bearbeitung der Farbaufnahmen wäre zudem ähnlich meiner bisherigen Bearbeitung mittels DSLR und es würden weniger Rohdaten entstehen, da nur ein RGB-Bild aufgenommen wird und nicht vier L-RGB-Bilder. Das ist aufgrund des entstehenden Datenvolumens nicht ganz unerheblich. Und zu guter Letzt kann man festhalten, dass ebenfalls Schmalbandaufnahmen mit einer Farbkamera möglich sind, wenn auch aufgrund der Bayer-Matrix mit geringerer Auflösung.

Getestete Kameras der ASI-Serie

Es wurden aufgrund der gemachten Vorbetrachtungen drei ASI-Kameras des chinesischen Herstellers ZWOptical [2] zwischen Februar und März 2018 ausgiebig getestet. Dieser Hersteller bietet ausschließlich CMOS-Kameras an und ist dabei die Astroszene nach Erscheinen seiner ersten Planetenkamera ASI120MM/MC im Jahr 2012 ordentlich aufzumischen. Inzwischen werden viele gekühlte Exemplare für Deep-Sky-Fotografie angeboten, die eine ernsthafte Konkurrenz zu den etablierten CCD-Herstellern geworden sind. Beim Test kamen nun die ASI-Kameras der Tabelle 1 zum Einsatz, mit unterschiedlichen Anforderungen an diese:

a. ASI 071MCpro: Direkte Ablösung einer DSLR-Kamera durch gleiche Pixel- und Chipgröße.
b. ASI 294MCpro: Kostengünstigere Alternative zur ersten Variante, bei höherer Full-Well Capacity, aber geringerer Chipgröße und höherem Rauschen.
c. ASI 183MCpro: Geringe Pixelgröße für Detailaufnahmen bei gleicher Brennweite und sehr hoher Quanteneffizienz.

Wie man an der Abbildung 1 bereits gut erkennen kann, besitzt dabei die ASI 071MCpro das ausgereiftere Gehäuse, aber auch den größeren Durchmesser und das höhere Gewicht. Das Gehäuse muss größer sein, da die Chipgröße dies notwendig macht. Die Pro-Version ist bereits die zweite Version dieser Kamera, die Anfang 2017 auf den Markt kam. Das 2-Stufen-Kühlungssystem und die Anti-Tau-Heizung sollen dabei optimal gegen Vereisung schützen, was bei der ersten Version noch ein Problem war. Hinzu kommt eine justierbare Anschlussplatte, die Verkippungen verhindern soll. Dies unterscheidet diese Kamera auch gegenüber den anderen beiden Exemplaren. Bei diesen steht die Pro-Version nur für einen zusätzlichen Pufferspeicher von 256 MByte, der auch in der ASI 071MCpro enthalten ist. Er soll ein mögliches Verstärkerglühen minimieren und den Betrieb an USB2.0-Schnittstellen ermöglichen. Während letzteres ermöglicht wird, konnte eine Auswirkung auf das Verstärkerglühen hingegen nicht festgestellt werden.

Bei der Chiptechnologie ist zusätzlich noch ein Unterschied auszumachen. Während die ASI 071MCpro den bewährten Sony-Chip IMX071 mit Front-Illuminated-Technologie verwendet, der bereits in den Kameras von Nikon D7000 und D5100 seit dem Jahr 2010 verbaut wurde, setzen die beiden anderen Modelle auf die neue Back-Illuminated-Technologie. Hier treffen die Lichtstrahlen direkt und ungehindert auf die einzelnen Pixel, wodurch sich die Lichtempfindlichkeit stark erhöhen soll. Dies scheint aber auch Auswirkungen auf das Verstärkerglühen zu haben, wie zwei Darkframes beider Kameras belegen (siehe Abbildung 2). Denn alle Chips dieser Bauart von Sony haben ein signifikantes Verstärkerglühen, welches sich durch ein strahlenartiges Erscheinungsbild bemerkbar macht. Dies wird umso stärker, je länger belichtet wird. Im Gegensatz dazu besitzt die ASI 071MCpro ein völlig neutrales Darkframe ohne jegliches Verstärkerglühen. Spannend ist daher die Frage, ob dies Auswirkungen auf das Endresultat haben wird.

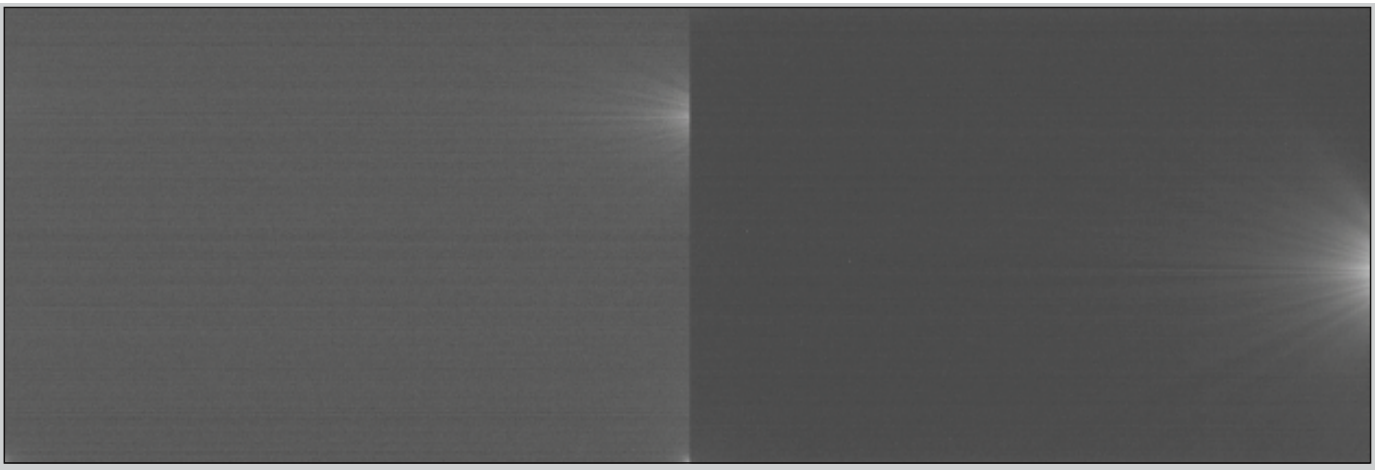

Abb. 2: Darkframe-Vergleich bei 300 s und Gain = 0 von ASI 294MC (links) und ASI 183MC (rechts).

Abb. 3: HyperStar am C11 mit Tauschutzkappe und Ansteuerung mittels Laptop sowie iCap-Schutzhülle.

Praktischer Vergleich am Teleskop

Nachdem die theoretischen Vorbetrachtungen abgeschlossen waren, mussten sich alle drei Kameras in der Praxis beweisen. Getestet wurde dabei an einem C11-HyperStar (siehe Abbildung 3), der einen Chipabstand von 50 mm vorsieht, der eingehalten werden muss, um auch runde Sterne in den Ecken zu bekommen. Zusätzlich musste die Kollimation des HyperStars neu vorgenommen werden, da dies vorher für meine Canon-DSLRs optimiert war. Eine Filterschublade wurde innerhalb des 50mm-Abstands mit eingeplant, da die Kameras über keinen IR-Sperrfilter verfügen, also den vollen Durchlassbereich im Infrarotspektrum besitzen. Ohne einen entsprechenden Filter würde man dadurch aufgeblähte Sterne bekommen, weshalb ein IDAS-Nebelfilter LPS-P2 von Hutech noch eingesetzt wurde. Dieser Filter ermöglicht längere Belichtungszeiten bei gleichzeitiger Kontrastanhebung. Streulicht durch Quecksilber- oder Natriumdampflampen wird ebenso ausgefiltert, die relevanten Linien im Deep-Sky-Bereich wie H-Alpha oder O-III zu 90% durchgelassen, unter Beibehaltung der natürlichen Farben. Er funktioniert damit ähnlich zu einem CLS-Filter, den ich für DSLR-Aufnahmen sehr häufig verwende. Das HyperStar bot nun als Fotografie-Basis eine Brennweite von 560 mm mit einem Öffnungsverhältnis von 1/2.

Die Ansteuerung der Kameras wurde mittels ASCOM-Schnittstelle über die Aufnahme-Software AstroPhotography Tool (APT) in der Version 3.5 [3] vorgenommen. Nachdem mehrere Software-Lösungen (u.a. FireCapture [4], Nebulosity [5]) für Langzeitbelichtungen ausprobiert wurden, fiel die Wahl auf APT. Das Programm wurde ursprünglich für Canon entwickelt – also zur Ansteuerung von DSLR-Kameras. Inzwischen lassen sich damit aber auch CCD-/CMOS- sowie Nikon-Kameras steuern. Es bietet einen sehr großen Funktionsumfang, was eine gewisse Einarbeitung beinhaltete. Es wird aber laufend weiter entwickelt und ist für einen sehr geringen Betrag (Stand März 2018: 18,70 Euro) zu erwerben. In einer vollwertigen Testversion kann es vorab ausreichend analysiert werden, so dass man nicht die berühmte „Katze im Sack“ kauft. In der Live-View-Darstellung lässt sich hier bereits bei Belichtungszeiten von wenigen Sekunden das Himmelsobjekt erkennen, so dass es optimal positioniert werden kann. Ein Luxus, den ich vorher bei meinen DSLR-Aufnahmen nicht kannte. Des Weiteren lassen sich unterschiedliche Belichtungsreihen definieren und abarbeiten, wobei immer das Ende der Aufnahmeserie mit berechnet wird. Die Chipkühlung findet in sanft einstellbaren Schritten statt, so dass eine Vereisung des Chips vermieden wird. Eine Kombination mit Autoguiding-Programmen (z.B. PHD-Guiding [7]) ist ebenfalls möglich. Dies ist sogar ausweitbar auf den Standalone-Autoguider M-GEN von Lacerta, so dass man auf Dithering nicht verzichten muss. Auch die Kopplung mit Sternprogrammen (z.B. Cartes du Ciel [8]) ist machbar, wurde aber noch nicht ausprobiert.

Über den ASCOM-Treiber können nun die Kameraeinstellungen vorgenommen werden (siehe Abbildung 4). Dabei lassen sich drei Hauptvarianten unterscheiden:

a. Highest Dynamik Range: Gain = 0
b. Unity Gain: Gain = 90/111/139 (ASI 071/183/294)
c. Lowest Read Noise: Gain = 240/270/300 (ASI 071/183/294)

Die genannten Hauptvarianten sind dabei bereits hinterlegt und enthalten unterschiedliche Verstärkermodi. Bei der ASI 071MCpro erscheint zusätzlich noch der Button „Anti-Drew“ mit dem man die Heizung der Frontscheibe einschaltet, um eine Vereisung zu vermeiden. Dieser sollte im Grunde immer aktiviert sein. Um einen aussagekräftigen Test zu ermöglichen, wurden unterschiedliche Himmelsobjekte ausgewählt:

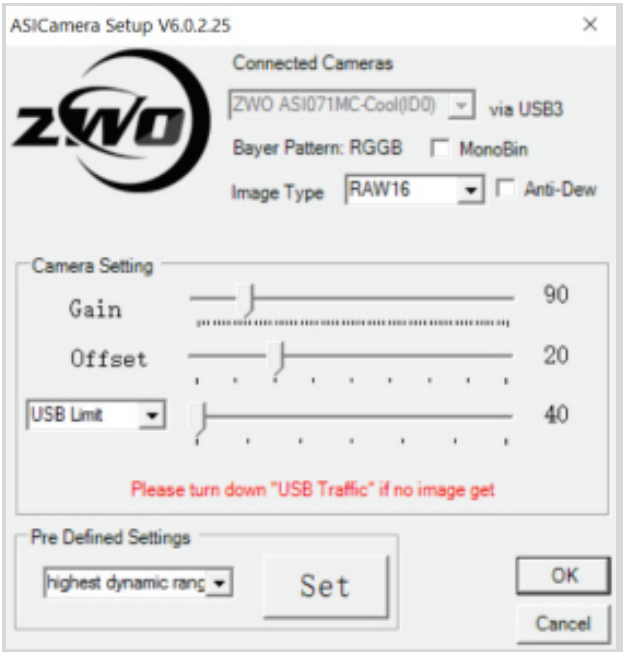

Abb. 4: ASCOM-Treibereinstellungen bei der ASI 071MC.

a. Nebel: Farbdarstellung und -intensität
b. Sternhaufen: Kurzzeitbelichtung versus Langzeitbelichtung und Sternfarben
c. Galaxien: Strukturen, Hintergrundgalaxien, Farbdarstellung

Aufnahmeergebnisse

Alle Aufnahmen zu zeigen, würde den Berichtsumfang sprengen, weshalb verschiedene Ergebnisse für den Artikel ausgewählt wurden. Als erstes mussten die Kameras ASI 294MCpro und ASI 071MCpro gegeneinander antreten. Dabei fiel bei der ASI 294MCpro die hohe Lichtempfindlichkeit positiv auf. Bereits bei Belichtungszeiten von 2 s konnte man im Live View den Pferdekopfnebel erkennen! Auch Hintergrundgalaxien ließen sich bereits ausmachen. Hinzu kam, dass jedes Bild nur 23 Mbyte groß war, wodurch eine geringe Datenflut vorhanden ist. Allerdings konnte durch die hohe Lichtempfindlichkeit auch eine enorme Vignettierung ausgemacht werden, die sich auch durch Flatframes nicht immer komplett kompensieren ließ. Die Farbdarstellung war zudem matt und nicht ganz überzeugend. Dies liegt evtl. an der etwas anderen Zusammenstellung der Bayermatrix, da hier vier Pixel gleicher Farbe zu einem Block zusammengefasst wurden. Zudem brannten Objekte schneller aus, was sich auch an den Sternen negativer bemerkbar machte. Die ASI 071MCpro wirkte hingegen ausgereifter. Sie hat ein größeres Gesichtsfeld, das mehr einer DSLR-Halbformat-Kamera entspricht. Die Farben wirkten authentischer und kräftiger, was sich gut am Pferdekopfnebel (siehe Abbildung 5) erkennen lässt. Die Lichtempfindlicher ist zwar etwas geringer, aber die Vignettierung ließ sich dadurch einfacher heraus rechnen. Eine Überbelichtung kam ebenfalls nicht vor. Zwar ist das Gehäuse größer und schwerer, als bei den anderen beiden Kameras, ein Nachteil am HyperStar ließ sich aber nicht ausmachen, da keine zusätzliche Abschattung erfolgte. Zudem waren die Darkframes ohne Störungen.

Mit der ASI 071MCpro erhält man daher sein gewohntes Gesichtsfeld seiner DSLR-Kamera, aber eine deutlich höhere Leistung. Dies wurde besonders bei der Aufnahme der Galaxie M81 deutlich (siehe Abbildung 6), bei der nicht nur zarte Strukturen des Kerns zu erkennen sind, sondern auch die Zwerggalaxie Holmberg IX, die sich als Begleiter gut unterhalb von M81 abzeichnet. Die Sterne wirken auf diesem Bild noch etwas ausgefranzt, was daran gelegen haben mag, dass nicht der exakte Abstand von 50 mm eingehalten wurde. Dies wurde später verbessert, wie Abbildung 5 zeigt. Aber die Sternfarben und die Spiralarme der Galaxie lassen sich sehr gut ausmachen. Das Bild ist natürlich nur ein Ausschnitt der Gesamtaufnahme, was aufgrund der Chipgröße aber unproblematisch ist. So eine Tiefe konnte bisher mit einer DSLR-Aufnahme von mir nicht erreicht werden. Die Begeisterung war deshalb groß, als die ersten Testaufnahmen ausgewertet wurden.

Die ASI 071MCpro konnte daher den Vergleich mit der ASI 294MCpro klar für sich entscheiden. Als 1:1-Ersatz einer DSLR-Kamera ist sie zu bevorzugen. Daher standen anschließend Tests mit der ASI 183MCpro auf dem Plan, die Anfang 2018 brandneu auf den Markt kam und nur noch eine Pixelgröße von 2,4 µm besitzt - also die Hälfte kleiner, als der Sony-Chip IMX071. Dadurch kommt man theoretisch noch näher an die Objekte heran, wenn das Seeing und die Brennweite es zulassen. Bei 560 mm Brennweite und einem durchschnittlichen Seeing von 2-4" FWHM liegt die Auflösung bei 0,88"/Pixel bei der ASI 183MCpro. Bei der ASI 071MCpro hingegen kommt man auf eine Auflösung von 1,76 "/Pixel. In beiden Fällen ist dies noch in Ordnung, so dass weder ein Under- noch Over-Sampling erreicht wird. Beides lässt sich entweder selbst berechnen oder man weicht auf entsprechende Tools im Internet aus, wie z.B. auf den CCD Suitability Calculator [6].

Ziel ist es daher, die jeweiligen Pixel der Kamera möglichst optimal an das Teleskop und jeweilige Seeing anzupassen. Denn ein Over-Sampling verteilt einen Stern auf viele Pixel und führt zu einer gewissen Unschärfe, während ein Under-Sampling einen Stern auf einen Pixel abbildet und daher zu eckigen Formen führt. Beide Varianten gilt es daher so gut es geht zu vermeiden.

Wie nah man dem Rosettennebel mit der Kamera ASI 183MCpro bei geringer Brennweite kommt, macht die Abbildung 7 eindrucksvoll deutlich. Während die ASI 071MCpro noch den gesamten Nebel abbilden konnte, zoomt man mit dieser Kamera quasi direkt in das Zentrum des Nebels mit seinem offenen Sternhaufen NGC 2244. Die Kamera ist dabei ähnlich lichtempfindlich wie die ASI 294MCpro und auch das Rauschen

Abb. 5: Pferdekopfnebel B33, ASI 071MCpro, 118 Bilder à 1 min, IDAS-Filter, Unity Gain = 139.

Abb. 6: Messier 81 mit Holmberg IX, ASI 071MCpro, 264 Bilder à 1 min, IDAS-Filter, Unity Gain = 139

hält sich in Grenzen. Die Vignettierung ließ sich ohne Probleme heraus rechnen und eine Überbelichtung kam ebenfalls nicht vor. Nachteilig ist das höhere Datenaufkommen, da nun 40 MByte pro Bild aufgenommen werden. Die Farbdarstellung ist ebenfalls etwas matter, als bei der ASI 071MCpro, kann aber durch die Bildbearbeitung kompensiert werden. Spannender war es, ob man das Verstärkerglühen durch die Darkframes vollständig entfernen konnte. Und diese Analyse führte erst einmal zu einem anderen Phänomen: es wurde bei einem Bildendergebnis ein schwarzer Balken (Banding-Effekt) ausgemacht, der sich mittig von oben nach unten zog. Weitere Tests ergaben, dass dieser Balken sowohl auf den Darkframes, als auch auf den Einzelaufnahmen sichtbar waren. Teilweise wurde dieser Balken bereits während der Aufnahmen beim Live-View beobachtet. Theoretisch hätte man dieses Banding durch Abziehen der Darkframes entfernen können, was aber komischerweise nicht gelang. Weitere Nachforschungen ergaben, dass dies nur bei Gain = 0 auftrat. Auch die Kompensation des Verstärkerglühens gelang zuerst nicht vollständig, was unbefriedigend war.

Die Kamera wurde daher wieder an den Hersteller zurückgesandt und durch eine Andere gleichen Typs ersetzt. Erneute Tests ergaben ein ähnliches Verhalten. Allerdings war der Banding-Effekt dieses Mal nicht mehr im Live-View zu erkennen gewesen. Die Bildverarbeitung zeigte dann, dass sich dieser Effekt genauso wie das Verstärkerglühen komplett heraus kompensieren ließ. Daher sind keine Einbußen bei dem späteren Endresultat zu befürchten. Das sog. Banding entsteht wohl durch den Rolling-Shutter-Mechanismus, der eine zeitgleiche Belichtung und Entleerung aller Pixel, im Gegensatz zum Global-Shutter-Verfahren, nicht ermöglicht. Dadurch treten zeitliche Aufnahme-Verzögerung zwischen den Pixellinien auf, die zu unterschiedlichen Resultaten führen können. Diesen Effekt kann man aber auf jeden Fall durch ein erhöhtes Gain (Verstärkung) kompensieren, der zudem ein geringeres Rauschen zur Folge hat. Allerdings erkauft man sich dadurch auch eine geringere Full-

Well Capacity (FWC), also wie viel Ladungen ein einzelner Kamerapixel aufnehmen kann, bis es gesättigt ist.

Abbildung 8 zeigt nun in einem Bildausschnitt, wie detailliert die Kamera ASI 183MCpro bei 560 mm Brennweite die Spiralgalaxie Messier 82 abbilden kann. M82 wird auch als Zigarrengalaxie bezeichnet und verändert sich durch die Wechselwirkung mit M81 dramatisch. Im inneren Bereich hat sich die Sternentstehungsrate stark erhöht (Starburst). Als Folge dieses Starbursts entsteht durch Supernova-Explosionen eine turbulente Gasbewegung, die das Ausströmen senkrecht zur Galaxienebene zur Folge hat. Dieses Phänomen kann auf dieser Aufnahme sehr gut nachvollzogen werden. Sie bietet daher ebenfalls ein Detailreichtum, der mit bisherigen Mitteln nicht erreicht werden konnte. Man bricht daher buchstäblich in neue Dimensionen auf.

Fazit

Die neuen CMOS-Kameras sind faszinierend und eröffnen ganz neue Möglichkeiten in der Deep-Sky-Fotografie. Dies gilt speziell für Fotografen, die bisher mit DSLR-Kameras unterwegs waren. Zwar muss ein Lernprozess stattfinden, da man sich mit neuer Astronomie-Software vertraut machen muss. Aber der Aufwand bleibt überschaubar, wenn er auch nicht vernachlässigbar ist. Bleibt die Frage nach der besten Kamera, die man nicht für jede Nutzung gleichermaßen beantworten kann. Die ASI 071MCpro besitzt auf jeden Fall Vorteile bei Langzeitbelichtungen und den sauberen Darkframes ohne jegliches Verstärkerglühen. Sie hat durch ihre Pixel- und Chipgröße auf jeden Fall das Zeug dazu eine vorhandene DSLR-Kamera komplett zu ersetzen. Durch ihr großes Gesichtsfeld lassen sich Nebelfelder oder große Galaxien besser abbilden. Die ASI 294MCpro kann ähnliches leisten, bei geringeren Datenmengen. Aber die Bildverarbeitung ist schwieriger und die

Abb. 7: Rosettennebelzentrum, ASI 183MCpro, 82 Bilder à 1 min, IDAS-Filter, Lowest Read Noise = 270

Debayer-Ergebnisse ergaben nicht die gleiche Qualität, was aber ggf. durch andere Einstellungen wett gemacht werden kann. Mit der ASI 183MCpro kommt man hingegen noch näher an die Objekte des Himmels bei gleicher Brennweite heran. Damit lassen sich bereits bei 560 mm erstaunliche Details erzielen, was sie zu einer typischen Galaxienkamera macht. Hat man die richtige Charge erwischt, stört auch nicht das auftretende Banding. Sie spielt ihre Vorteile bei kürzeren Belichtungszeiten und kleineren Brennweiten aus.

Bleibt noch die Frage, ob eine Monochrom-Kamera noch bessere Ergebnisse erzielen kann. Dies könnte man zukünftig testen, da die ASI183-Kamera auch als s/w-Variante erhältlich ist. Tests von anderen Hobbyastronomen haben bereits bei einem direkten Vergleich zwischen den Kameras ASI178MM/MC bei gleicher Pixelgröße interessante Ergebnisse erzielt: bei gleicher Konfiguration

Abb. 8: Messier 82, ASI 183MCpro, 312 Bilder à 1 min, IDAS-Filter, Highest Dynamic Range = 0

(Gain, Gamma etc.) wurde festgestellt, dass die Bayermatrix weniger Licht wegnimmt, als berechnet. Auch die Schärfe nahm nicht ab, was wohl an den modernen Stacking-Algorithmen liegt. Daher kann man heutzutage, entgegen den Erfahrungen mit früheren Kameramodellen, auch mit Farbkameras hervorragende Ergebnisse erzielen. Voraussetzung dafür bleibt natürlich ein entsprechend dunkler Himmel. Eine Kombination zwischen Monochrom- und Farbkamera macht trotzdem Sinn, da man so einfach und effektiv L-RGB-Aufnahmen anfertigen kann. Ob dies einen Mehrwert an Auflösung bringt, müssen zukünftige Tests zeigen.

Literatur

[1] CMOS Technologie erreicht neuen Höhepunkt als Treiber der Bildverarbeitung und Automatisierung: https://www.framos.com/de/news/die-cmos-technologie-erreicht-neuen-hoehepunkt-als-treiber-der-bildverarbeitung-und-automatisierung

[2] Herstellerseite ZWOptical: https://www.astronomy-imaging-camera.com

[3] Aufnahme-Software Astro Photography Tool: https://www.ideiki.com/astro/Default.aspx

[4] Aufnahme-Software FireCapture: http://www.firecapture.de

[5] Aufnahme-Software Nebulosity: https://www.stark-labs.com/nebulosity.html

[6] CCD Suitability Calculator zur Berechnung der erreichbaren Auflösung: http://astronomy.tools/calculators/ccd_suitability

[7] Autoguiding-Software PHD-Guiding: https://openphdguiding.org

[8] Sternenatlas Cartes du Ciel: https://www.ap-i.net/skychart/en/start

ERRATUM aus der Himmelspolizey Nr 54, April 2018

Messier 1, der Krebsnebel – 2007 bis 2018 / von Gerald Willems, *Grasberg*

Bei der Verfassung meines Artikels zum Krebsnebel in der HiPo Nr. 54 ist mir ein Fehler unterlaufen.
Ich schrieb auf Seite 10:

Bei diesem Reststern handelt es sich um einen Neutronenstern, der nach der Explosion zur Supernova in sich zusammenstürzte und nun mit 33 Umdrehungen pro Minute rotiert

Das ist nicht richtig.

Richtig ist, dass dieser Reststern mit 33 Umdrehungen pro Sekunde rotiert.

Auch wenn diese Angabe den eigentlichen Inhalt meiner Ausführungen nicht berührt, soll der Sachverhalt dennoch korrekt dargestellt werden.

Gerald Willems