

AKTUELLES VON DER PLANETENPHOTOGRAPHIE -

Vergleich von CCD- und CMOS-Kameras

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Die Planetenfotografie hat in den letzten zehn Jahren für Amateure große Fortschritte erzielt. Haben bereits Webcams die Aufnahmetechnik revolutioniert und CCD-Kameras die Möglichkeiten nochmals ausgebaut, stehen heute CMOS-Chips zur Verfügung, die nochmals eine höhere Auflösung und bessere Empfindlichkeit versprechen. Auch die Chipgrößen haben sich verändert, da sie kleiner wurden und dabei eine immer größere Pixelanzahl anbieten. Hatten sich vor einigen Jahren die DMK-Kameras des Bremer Herstellers „The Imaging Source“ (TIS) als Planetenkameras etabliert, stieß vor zwei Jahren der chinesische Hersteller ZWOptical dazu und brachte die Astroszene gehörig durcheinander. Statt eines CCD-Chips verwenden diese Kameras einen CMOS-Chip und bieten eine noch höhere Auflösung sowie größere Frameraten an. Grund genug also, die unterschiedlichen Chipeigenschaften einmal zu vergleichen und diese auch in der Praxis entsprechend zu testen.

Die Anforderungen an die Planetenfotografie unterscheiden sich grundsätzlich von denen, die bei Deep-Sky-Aufnahmen wichtig sind (siehe auch [3]). So sind Planeten sehr kleine Objekte und stehen relativ hell am Himmel (speziell zur Oppositionszeit), so dass man hier große Brennweiten (teilweise bis zu 6 m) und sehr kurze Aufnahmezeiten benötigt. Hinzu kommt, dass es sich bewährt hat ein Video von dem Aufnahmeobjekt zu drehen, aus dem dann später die einzelnen Bilder extrahiert werden. Dadurch erhält man in sehr kurzer Zeit viele Einzelbilder, was von der Leistungsfähigkeit der Kamera abhängt bzw. wie viele Frames/sec sie bei einer bestimmten Auflösung erreichen kann. Je größer diese Framerate ist, desto mehr Bilder können in einem definierten Zeitraum aufgezeichnet und desto besser kann das Seeing ausgetrickst werden. Auch eine kleinere Pixelgröße ist bei Planetenaufnahmen im Gegensatz zur Deep-Sky-Fotografie von Vorteil, um möglichst viele Details der kleinen Planetenscheibe herausholen zu können. Aufgrund der notwendigen großen Brennweite, wodurch das Öffnungsverhältnis schnell auf 1/20 oder gar 1/30 herabgesetzt wird, sollte auch die Lichtempfindlichkeit der Kamera eine wichtige Rolle spielen. Hinzu kommt, dass eine s/w-Kamera mit Filterrad verwendet werden sollte, um die

Nachteile einer Bayer-Matrix (geringere Empfindlichkeit und geringere Schärfe) kompensieren zu können. Allerdings lassen sich heute auch bereits mit Farbkameras überraschend gute Ergebnisse erzielen, so dass dies nicht mehr uneingeschränkt empfohlen werden kann.

Definition des Begriffs Seeing

An dieser Stelle möchte ich noch einmal auf die Definition des Wortes Seeing eingehen, da dieser Begriff oft sehr unterschiedlich verwendet wird. Er hat sich aus der visuellen Beobachtung abgeleitet, bei der der Blick durch das Okular eine

gewisse Luftunruhe oder Bildunschärfe erkennen ließ. Auch bei der Erstellung von Planetenfilmen kann man in der Aufnahme diese beide Parameter gut nachvollziehen. Das Bild wabert durch die atmosphärischen Störungen und wirkt unterschiedlich scharf. Auch bei der Beobachtung des Nachthimmels ohne optische Hilfsmittel kann man anhand der Sterne ein gutes bzw. schlechtes Seeing erkennen. Funkeln die Sterne stark, wird das ankommende Licht unregelmäßig abgelenkt (gebrochen), so dass die Luftschichten einigen Turbulenzen ausgesetzt sind. Meistens macht sich die-

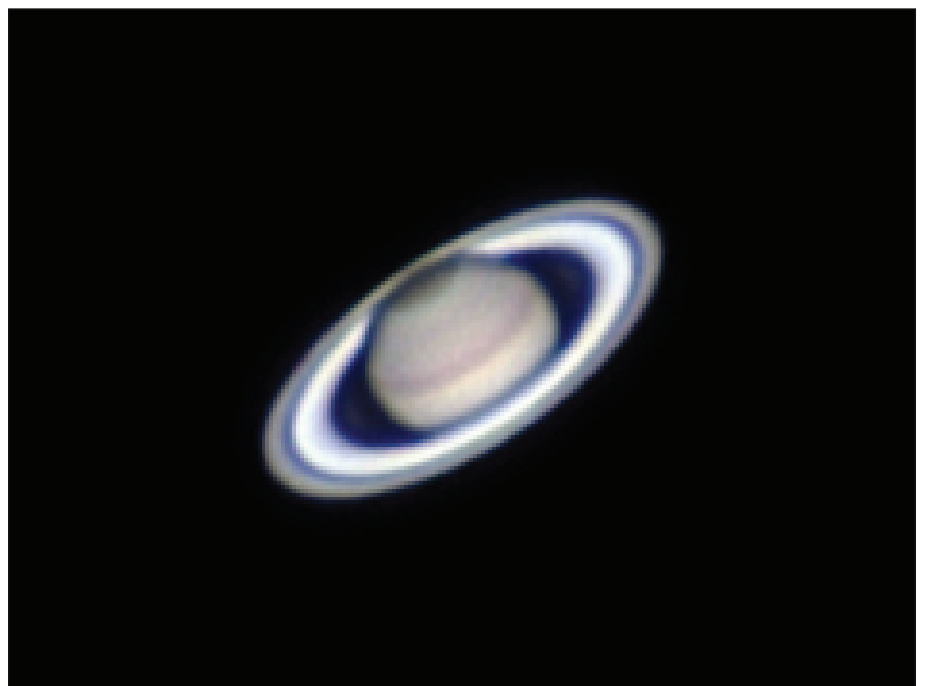


Abb. 1: Saturn mit gut sichtbarem Hexagonal und ProPlanet 807 IR-Passfilter.

ser Effekt in Horizontnähe stärker bemerkbar, als im Zenit, weshalb bei Aufnahmen auch der Zenit bevorzugt wird, da er das beste Seeing bietet. Längere Belichtungszeiten führen bei einem nicht gutem Seeing dazu, dass der Lichtstrahl einer punktförmigen Quelle über einen größeren Bereich verschmiert. Dadurch wird das Bild unscharf. Daher kann in der Planetenfotografie das Seeing durch extrem kurze Belichtungszeiten und eine große Bildanzahl quasi ausgetrickst werden: es werden bei einer Aufnahme nur die scharfen Bilder herausgesucht und übereinandergelegt. Dadurch werden heute Planetenaufnahmen durch Hobbyastronomen ermöglicht, die vor gar nicht allzu langer Zeit nur den Profiastronomen vorbehalten waren.

Da die Planeten im Jahr 2016 alle sehr niedrig stehen, speziell Saturn und Mars, konnten Aufnahmen nur bei relativ schlechtem Seeing angefertigt werden. Daher muss man neben einer hohen Framerate zu einem weiteren Trick greifen: sogenannte IR-Passfilter lassen das Licht nur ab einem bestimmten Bereich passieren. Man filtert quasi das Lichtspektrum heraus, welches besonders für schlechte Seeing-Werte verantwortlich ist. Der Filter ProPlanet IR 807 ist ein solcher Filter von Astronomik, der Wellenlängen ab 807 nm bei einer Transmission von >97% passieren lässt. Das Licht wird von 350 bis 790 nm blockiert. Auch in der Dämmerung oder am Tag lässt sich der Filter gut einsetzen, da er den Himmelshintergrund dunkel hält. Als ich ihn das erste Mal verwendet hatte, war ich erstaunt, was man auf dem Live-Videobild für neue Einzelheiten auf der Marsoberfläche erkennen konnte. Es ließen sich richtig Strukturen ausmachen. Auch der Saturn ließ sich trotz der geringen Horizonthöhe einwandfrei ablichten (siehe Abbildung 1), inkl. der Cassini-Teilung der Ringe und dem Hexagonal am Nordpol, einem Sturm mit 32.000 km Durchmesser und einer Sechseck-Struk-

tur. So machte die Planetenfotografie auch bei dieser geringen Horizonthöhe noch Spaß.

CCD-Kameras vs. CMOS-Kameras

Die ersten erschwinglichen CCD-Kameras für Hobbyastronomen kamen als Webcams auf den Markt und hatten eine relativ geringe Auflösung (640x480 Pixel). Der bekannteste Vertreter war die Philips ToUCam, die gerade in der Astrofotografie eine große Verbreitung ab 2002 fand. Damit konnte man endlich auf die Technik der Profis zurückgreifen, die bereits seit den 1980er Jahren CCD-Bildsensoren für die Astronomie und Satellitenfernerkundung nutzten. Allerdings hatten diese ersten erschwinglichen CCD-Kameras auch neben der geringen Auflösung weitere Nachteile. So gab es ausschließlich Farbsensoren, die durch die Bayer-Matrix das zur Verfügung stehende Licht schlechter ausnutzen und bei gleicher Chipgröße Bilder mit einem schlechteren Signal-Rausch-Verhältnis lieferten, als die entsprechenden s/w-Vertreter. Zudem war standardmäßig ein Infrarot-Sperrfilter verbaut, der ein vollständiges Blockieren der Wellenlänge ab 700 nm vornahm. Da der interessante Wellenlängenbereich sich aber von ca. 400-1000 nm erstreckt, ging dadurch auch ein Großteil der Lichtempfindlichkeit verloren. Immerhin waren nun aber Videos aufnehmbar, aus denen Einzelbilder gewonnen werden konnten, wodurch wesentlich bessere Ergebnisse entstanden, als bei früheren Einzelaufnahmen mit Spiegelreflex-Kameras. Der Auftakt zu weiteren Entwicklungen und neuen CCD-Chips war gemacht.

Grundsätzlich bestehen CCD-Bildsensoren aus einer Matrix lichtempfindlicher Fotodioden, die oftmals rechteckig ausgeführt werden. Je größer die Fläche eines einzelnen Pixels ist, desto größer sind die Lichtempfindlichkeit und der Dynamikumfang des CCD-Sensors. Allerdings ist die Bildauflösung bei gleicher Sensor-

größe auch kleiner. Das einfallende Licht überträgt durch den photoelektrischen Effekt seine Energie auf die Elektronen eines Halbleiters. Die Ladungen fließen dabei in die Speicherzelle, die wie ein Kondensator Ladungen speichert. Bei Überbelichtungen können Ladungen aus der Speicherzelle in eine benachbarte übertreten. Dieser Effekt wird als Blooming bezeichnet und meint das „Ausblühen einer Blüte“, d.h. die Entstehung eines hellen Flecks um eine lokale Überbelichtung. Als Gegenmaßnahme kann man zwischen den Speicherzellen sog. Anti-Blooming Gates (ABG) anbringen, wodurch überschüssige Ladungen abgegeben werden können. Dies verringert aber auch wiederum die Empfindlichkeit und die Pixelgröße, weshalb dies bei Planetenkameras nicht zum Einsatz kommt. Nach der Belichtung werden die Ladungen schrittweise in den Ausleseverstärker verschoben, wodurch eine von der Ladung und somit der Lichtmenge abhängige elektrische Spannung ausgegeben wird. Das Ausgangssignal des Sensor liegt somit seriell vor.

Der CCD-Chip hat durch seine Bauweise bei längeren Belichtungszeiten ein geringes Rauschen und einen kleinen Dunkelstrom. Die spektrale Empfindlichkeit bis 1100 nm und der hohe Dynamikumfang (d.h., es können lichtschwache und helle Objekte gleichzeitig erfasst werden) sind weitere Vorteile. Die Quanteneffizienz liegt daher bei nahezu 100% in einem bestimmten Spektralbereich. Allerdings lesen CCD-Chips durch die serielle Verarbeitung eher langsam aus. Dadurch besitzen sie Nachteile bei kurzen Belichtungszeiten.

Dagegen besitzt bei einem CMOS-Chip jeder Pixel einen Verstärker, wodurch weniger Rauschen und eine schnellere Verarbeitung gewährleistet werden kann. Auch kommen durch schnelleres und bereichsgesteuertes Auslesen kaum Blooming-Effekte zustande. Durch die separate Pixelverarbeitung können zu-

sätzlich sehr hohe Bildraten erreicht werden. Zudem können erste Verarbeitungsschritte gleich im Pixelverstärker vorgenommen werden. Dadurch lassen sich Stacking-Prozesse oder HDR-Verarbeitung bereits in der Kamera durchführen. Durch die direkte Adressierung kann ebenfalls flexibler ausgelesen werden, wodurch Binning angewendet werden kann. Dies meint in der Digitaltechnik das Zusammenfassen benachbarter Bildelemente (Pixel), wodurch Pixelblöcke gebildet werden, die eine höhere Lichtempfindlichkeit pro virtuellem Bildpunkt erreichen. Der Signal-Rauschabstand verbessert sich dabei zusätzlich, da das Rauschen nun statistisch verteilt wird. Im Gegensatz dazu wird jedoch die Bildauflösung entsprechend der Anzahl der zusammengefassten Pixel reduziert. Nachteilig ist bei einem CMOS-Chip die geringere Lichtempfindlichkeit ohne Binning und ein reduzierter Dynamikumfang gegenüber einer CCD-Kamera. Das heißt, bei länger belichteten Aufnahmen können bei der CMOS-Kamera die Sterne schneller ausbrennen, als dies bei einer CCD-Kamera der Fall ist. Bei kurzbelichteten Aufnahmen besitzt ein CMOS-Chip aber unbestreitbare Vorteile, weshalb es wenig verwundert, dass diese immer mehr Einzug in heutige Kamertechnik (u.a. auch DSLR-Kameras) nehmen.

DMK- versus ASI-Kameras

Die DMK-Kameras des Bremer Herstellers TIS [1] ließen im Jahre 2008 zum ersten Mal in der Astroszene von sich hören, indem ihre DMK-Kameras in der Fachzeitschrift *Sky & Telescope* [4] mit dem „Hot Product Award“ ausgezeichnet wurden. Diese Industriekameras waren ursprünglich für einen ganz anderen Zweck entwickelt worden und machten durch ihre Lichtempfindlichkeit und Frame-Rate auch die Astroszene auf sich aufmerksam. Der Hersteller nahm die Nachfrage zur Kenntnis und produziert

seitdem auch Astro-Kameras, die mit dem Kürzel AS gekennzeichnet werden. Dabei etablierte sich speziell die DMK21AU618.AS als Standardkamera für die Planetenfotografen. Diese monochrome CCD-Kamera enthält den Sensor ICX618 von Sony mit einer Kantenlänge von $5,6 \mu\text{m}$ und kann eine Lichtempfindlichkeit von $0,015 \text{ lx}$ mit einer max. Bildrate von 60 fps erreichen. Dies sind unbestreitbare Vorteile bei der Aufnahme kleinerer Objekte, wie beispielsweise von Planeten. Allerdings wird nur eine Bittiefe von 8 Bit erreicht und eine Auflösung von 640×480 Pixel. Das heißt, bei großflächigen Objekten wie der Sonne oder dem Mond, erhält man bei großer Brennweite nur Ausschnitte. Um diese Objekte komplett aufzunehmen musste man daher entweder die Brennweite verringern oder aus einem Mosaik ein Gesamtbild erstellen. Letzteres war dann immer recht aufwändig und machte viele Aufnahmesequenzen notwendig, weshalb ich meistens auf den kleinen ED70-Refraktor mit 420 mm Brennweite wechselte, um dann aus wenigen Mosaiken die Sonne oder den Mond einmal in der kompletten Ansicht aufnehmen zu können. Wenn man einen solchen Kompromiss nicht eingehen will oder kann, blieb leider nur die Anschaffung einer weiteren

DMK-Kamera (z.B. DMK41AU02.AS), mit größerer Auflösung (in diesem Fall: 1280×960 Pixel) und spezialisiert auf große Objekte. Deshalb besitzen die meisten Planetenfotografen mehrere CCD-Kameras, die sie für unterschiedliche Einsatzszenarien verwenden.

Es gibt allerdings noch einen weiteren Nachteil der DMK21AU618.AS, wenn man diese nicht nur für die Planetenfotografie verwenden möchte. Schließlich könnte man damit ja auch Deep-Sky-Objekte anfahren und mit geringen Belichtungszeiten viele Bilder stacken, um so ohne Autoguiding kleinere Objekte (z.B. Planetarische Nebel) aufnehmen zu können. Nur leider war diese DMK-Kamera nicht für diesen Einsatzfall entwickelt worden, sondern um feinste Strukturen kleiner Objekte aufnehmen zu können. Diese hohe Lichtempfindlichkeit wurde mit einem hohen Rauschen bei länger belichteten Aufnahmen erkauft. So ließen sich Bilder von mehreren Sekunden bereits nicht mehr verwenden. Daher schied dieser zusätzliche Einsatzfall leider aus.

In dem Jahr 2014 tauchte dann auf einmal ein neuer Hersteller am Astrohimmel auf: ZWOptical [2]. Die zuerst herausgebrachte ASI120MM-Kamera wurde ebenfalls mit dem „Hot Product Award“



Abb. 2: SC-Teleskop C11 für Planetenaufnahmen.

| | | | |
|----------------------|---|--|---|
| |  |  |  |
| Kameratyp | DMK 21AU618.AS | A.S.I. 120MM USB 2.0 | A.S.I. 178MM USB 3.0 |
| Sensor | CCD ICX618 (Sony) | CMOS AR0130CS / MT9M034 | CMOS IMX178 (Sony) |
| Sensor-Durchmesser | 5,6 µm Pixel | 3,75 µm Pixel | 2,4 µm Pixel |
| Auflösung | 0,3 Megapixel | 1,2 Megapixel | 6,4 Megapixel |
| Max. Auflösung | 640 x 480 Pixel | 1280 x 960 Pixel | 3096 x 2080 Pixel |
| Bitauflösung | 8 Bit | 12 Bit | 14 Bit |
| Klarglasfilter | Eingebaut | Eingebaut | Eingebaut |
| Binning | Nein | 2x2 | 2x2 |
| ST-4-Port | Nein | Ja | Ja |
| Ausleserauschen | Groß | Mittel | Gering |
| Anwendung | Planeten, Sonnenflecken, Mondkrater | Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky- Aufnahmen | Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky- Aufnahmen |
| Preis (im Juni 2016) | 499 Euro | 216 Euro | 450 Euro |

Tab. 1: Vergleich von DMK- und ASI-Kameras.

ausgezeichnet und basiert nun auf der CMOS-Chiptechnik. Zum einen wurde das Sensormaß auf 3,75 µm verkleinert. Zum anderen konnte man nun eine Auflösung von maximal 1280 x 960 Pixel wählen. Auch die maximale Bildrate wuchs auf 215 fps an, bei einer Auflösung von 320 x 240 Pixel. Die Bittiefe wurde ebenfalls auf 12 Bit erhöht und das Ausleserauschen deutlich herabgesetzt. Zwar gibt es hierzu keine Angaben vom Hersteller, aber grundsätzlich wurde es so gering, dass die neue ASI-Kamera sogar für erste Deep-Sky-Aufnahmen interessant wurde. Das Merkmal Binning (2x2) kam zusätzlich hinzu und steigerte die Einsatzmöglichkeit. Da der chinesische Hersteller die CMOS-Kamera auch noch zur Hälfte des Preises einer DMK-Kamera anbot, erhöhte dies zusätzlich die Beliebtheit. Wie sich die Leistungsmerkmale auf die Fotografie auswirken, werden wir später noch sehen.

Nachdem die ASI120MM-Kameras so erfolgreich waren, beschloss der Hersteller weitere Modelle auf den Markt zu

bringen. Zusätzlich sind die neuen Kameras auch noch gekühlt und als Farbvariante zu bekommen. So kam in dem Jahr 2016 die CMOS-Kamera ASI178MM USB3.0 heraus, die eine weitere Steigerung der Leistungsmerkmale mit sich brachte. Der CMOS-Sensor IMX178 von Sony besitzt jetzt nur noch eine Kantlänge von 2,4 µm. Die Bildtiefe wuchs auf 14 Bit an und die maximale Auflösung beträgt nun 3096 x 2080 Pixel! Damit können 6,4 Megapixel erreicht werden. Ein großer Unterschied zur DMK618-Kamera, die nur auf 0,3 Megapixel kommt. Das Ausleserauschen ist sehr gering und liegt zwischen 2,2e-1,4e bei 27 dB. Die Kamera erreicht eine Bildrate von max. 240 fps bei 320 x 240 Pixel und 14 Bit. Durch die große Bildratenrate sind ein USB3.0-Anschluss und eine schnelle SSD-Festplatte empfehlenswert. Tabelle 1 zeigt die Leistungsdaten der drei Kameras noch einmal abschließend im direkten Vergleich.

Bildvergleiche durch Jupiter

Um nun die Kameras direkt miteinander vergleichen zu können, sollte das gleiche Teleskopequipment zur Verfügung stehen und ungefähr der gleiche Aufnahmezeitraum verwendet werden. Denn die Planeten stehen in unterschiedlichen Jahren, in verschiedenen Entfernungen und Horizonthöhen zur Erde, wodurch sich nur die gleichen Randbedingungen ergeben, wenn man sich auch den gleichen Aufnahmezeitraum aussucht. Daher wurden nur Bilder miteinander verglichen, die in diesem Jahr aufgenommen wurden. Als Teleskop-Equipment kam ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop von Celestron mit 11"-Öffnung und einer Brennweite von 2.800 mm zum Einsatz. Das Öffnungsverhältnis ist hierbei noch 1/10, während das Auflösungsvermögen 0,42" beträgt. Man ist damit also schon recht nahe an den maximal möglichen Seeing-Werten in unseren Breitengraden angelangt. Das SC-Teleskop C11 hat sich zudem in der Vergangenheit für Planetenfreunde zu einem Quasi-Standardte-

leskop entwickelt. Die kompakte Bauweise, die noch vorhandene Tragbarkeit durch ein Gewicht von 13 kg und das Preis-/Leistungsverhältnis haben zu einer hohen Verbreitung geführt. Zudem gibt es bei einem SC-Teleskop keine Fokusprobleme, wie das beispielsweise bei Refraktoren der Fall ist, da quasi alle Kameras sich adaptieren lassen. Mit dem Basisequipment C11-Teleskop, CEM60-Montierung und Berlebach-Stativ wurden seit Februar 2016 Aufnahmen von Jupiter angefertigt, da er in der ersten Jahreshälfte sehr gut erreichbar am Nachthimmel stand und Anfang März in Opposition kam. Später kamen dann noch Jupiter und Mars hinzu. Wie man an der Abbildung 2 sehen kann, wird aber auch gerne durch das C11 mittels eines bipolaren Adapters beidäugig beobachtet. Damit können die Planeten sehr gut aufgelöst und sogar farblich erkannt werden!

Speziell den Jupiter kann man gut für einen Vergleich beider Kameratypen nutzen, da der Planet sehr schnell um die eigene Achse rotiert, weshalb Kameras mit hoher Framerate notwendig sind. Seine Rotationsperiode beträgt knapp 10 Stunden, weshalb er sich am schnellsten von allen Planeten unseres Sonnensystems um die eigene Achse dreht. So können bereits Aufnahmen über 3 min verschwommen und unscharf wirken, da sich bereits in dieser kurzen Zeit der Planet weitergedreht hat und damit eine Überlagerung der Bilder nicht mehr ohne weiteres gelingt. Es gibt allerdings die Möglichkeit eine Derotation des Planeten durch das Programm WinJUPOS [5] vorzunehmen. Dieses ermittelt anhand der exakten Uhrzeit die Lage des Planeten und passt die aufgenommenen Sequenzen dadurch aufeinander an. Daher lassen sich trotz der großen Rotationsgeschwindigkeit längere Aufnahmesequenzen verwenden. Es wurde WinJUPOS bei den hier gezeigten Bildern aber nicht verwendet, weil mit geringen Aufnahme-



Abb. 3: Jupiter mit der DMK 21AU618.AS ohne Brennweiten-Verlängerung und zwei seiner Monde.



Abb. 4: Jupiter mit der A.S.I. 178MM ohne Brennweiten-Verlängerung und dem Großen Roten Fleck (GRF).

zeiten experimentiert wurde.

Da verschiedene s/w-Kameras zum Einsatz gekommen sind, sinkt der Aufnahmezeitraum nochmals, da für die RGB-Kanäle jeweils ein Video aufgenommen werden muss. Aus diesem Grund ist eine hohe Framerate (fps) unabdingbar, um in kürzester Zeit die meisten Daten aufnehmen zu können. Beide

Kameras (DMK 21AU618.AS und A.S.I. 178MM) sind in der Lage unter optimalen Bedingungen bis zu 60 fps bereitzustellen, wobei die ASI-Kamera sogar noch „Luft nach oben“ hat. Spannend ist bei einem direkten Vergleich aber auch, wie sich die Pixelgröße des jeweiligen Sensors auf die Bilder bzw. die Größe von Jupiter auswirkt.

Als Aufnahme-Software wurde IC Capture 2.2 für die DMK 21AU618.AS und FireCapture 2.4 für die A.S.I. 178MM verwendet. Pro Farbkanal wurden 1000 Bilder aufgenommen. Als Bildbearbeitungssoftware kamen AutoStakkert! 2.1.0.5, Fitswork 4.44 und Adobe Photoshop Elements 12 zum Einsatz. Mit AutoStakkert werden aus den Videoinformationen der einzelnen Farbkanäle die besten Bilder ausgewählt und übereinandergelegt. Dadurch entsteht ein TIF-Bild, welches in Fitswork mit den beiden anderen Farbkanalbildern zu einem RGB-Bild zusammengesetzt wird. Anschließend wurde in Fitswork die Bildglättung und Schärfung vorgenommen, um abschließend mit Photoshop dem Endresultat den letzten Schliff zu verleihen.

Im direkten Vergleich (Abbildung 3 und 4) fällt dann auch sofort auf, dass der Planet Jupiter bei gleicher Brennweite deutlich größer erscheint, als vorher. Durch die kleineren Pixel ist die ASI-Kamera zudem in der Lage feiner aufzulösen. Dadurch wird eine Brennweiten-Verlängerung mittels einer Barlowlinse an einem C11-Teleskop mit 2800 mm Brennweite nicht mehr notwendig. Zusätzlich erhält man dadurch ein helleres Bild, da das Öffnungsverhältnis bei 1/10 bleibt. Durch die hohe Auflösung von max. 3096 x 2080 Pixel lassen sich die Planeten auch wesentlich leichter auffinden, als vorher mit der DMK-Kamera. Anschließend kann man zwischen



Abb. 6: Mondübersichtsaufnahme des Kopernikus-Kraters bei 2.800 mm Brennweite und der A.S.I. 178MM.

verschiedenen Auflösungen wählen und den Planeten in dem kleinstmöglichen Ausschnitt aufnehmen, da damit auch eine höhere Framerate möglich ist

Auch der Vergleich der Kameras A.S.I. 120MM und DMK 21AF04.AS offenbart diese Unterschiede, wie die Abb. 5 zeigt. Beide Aufnahmen kommen von Torsten Lietz und sind in unterschiedlichen Jahren aufgenommen worden. So entstand der größere Jupiter als R-RGB-Aufnahme am 29. Februar 2016, während der rechte Aufnahme schon etwas länger zurückliegt und vom 08. Dezember 2012 datiert. Von daher lässt sich die Größe des Planeten nicht direkt miteinander vergleichen. In beiden Fällen wurde allerdings eine Brennweiten-Verlängerung eingesetzt, die bei ca. 7,5 m lag! Diese ist mit der A.S.I. 178MM zwar auch zusätzlich

einsetzbar, macht aber keinen Sinn, da bereits die maximale Auflösung vorher erreicht wurde. Das heißt, man bekommt zwar die Abbildung des Planeten deutlich größer hin, aber ohne Schärfegegewinn: die Bilder kommen nicht mehr in den Fokus. Daher macht eine Brennweiten-Verlängerung nur bei kleineren Teleskopen (z.B. Refraktoren) Sinn.

Einsatz an großflächigen Objekten

Bei der Aufnahme von großflächigen Objekten, wie Mond und Sonne, ist hingegen eine größere Auflösung entscheidend für einen guten Gesamteindruck und nicht die Framerate. Diese kann ruhig kleiner gewählt werden, was auch für die Nutzung älteren Laptop-Equipments teilweise unabdingbar ist. Aber auch an Objekten wie dem Mond oder der Sonne ergeben sich durchaus Vorteile durch das geringere Sensormaß. So lassen sich interessante Übersichtsaufnahmen durch Binning erstellen oder Details durch Veränderung des Bildausschnitts auswählen, ohne den Fokus jeweils neu einstellen zu müssen. Eine zusätzliche Brennweiten-Verlängerung entfällt auch hier. Dadurch lassen sich verschiedene Bildausschnitte, von Übersichtsbis zur Detailaufnahme, direkt durch die Aufnahme-Software einstellen.

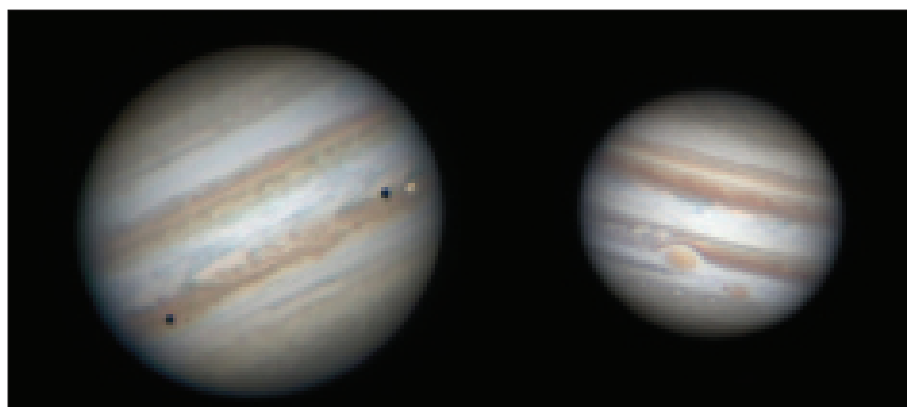


Abb. 5: Jupiter mit der A.S.I. 120MM und der DMK 21AF04.AS bei ca. 7,5 m Brennweite [6].



Abb. 7: Monddetailaufnahme des Kopernikus-Kraters bei 2.800 mm Brennweite und der A.S.I. 178MM.

Ein Aufnahme-Beispiel zeigen die Abbildung 6 und 7 vom Kopernikus-Krater des Mondes, der zuerst in der Übersichtsaufnahme und danach im Detail aufgenommen wurde. Aufnahme-Optik war hier wieder das C11-Teleskop, ohne Brennweiten-Verlängerung. Das heißt, ein Umschnallen am Teleskop, indem eine zusätzliche Barlowlinse angebracht wird, entfällt praktischerweise. Auch werden die Bilder heller, da das Öffnungsverhältnis bei 1/10 bleibt und durch eine

Brennweiten-Verlängerung nicht verschlechtert wird. Die geringere Pixelgröße offenbart zudem mehr Details. Bei der DMK618-Kamera ließ sich hingegen immer nur ein kleiner Bildausschnitt nutzen. Sollte eine größere Fläche abgebildet werden, musste man eine Mosaikbearbeitung umsetzen (siehe auch Beispiel Abb. 9 bei der ASI-Kamera). Das heißt, dass man die verschiedenen Aufnahmen einzelner Bildausschnitte später bei der Software-Bearbeitung wieder zusammen-

setzen musste. Der Aufwand der Bildverarbeitung erhöhte sich dabei beträchtlich. Außerdem konnte es passieren, dass ein wichtiges Stück des Objektes fehlte und so das Gesamtbild unvollständig blieb. Teilweise erschwerte zusätzlich der Detailausschnitt das Auffinden von Kratern, so dass man im Nachhinein nicht mehr exakt wusste, welchen Teil der Mondoberfläche abgeleuchtet wurde. Hier besitzt die ASI-Kamera daher klare Vorteile gegenüber der DMK618-Version.

Was für den Mond gilt, kann man auch für die Sonne feststellen. Auf einer Gesamtaufnahme kann man sich im ersten Schritt die gesamte Oberfläche ansehen, bevor man beschließt einen bestimmten Sonnenfleck im Detail zu untersuchen (siehe Abbildung 8). Dass man dabei die Brennweite nicht verändern muss, ist auch hierbei ein Vorteil.

Durch das geringe Ausleserauschen könnte man die ASI-Kameras aber auch für den Deep-Sky-Bereich einsetzen. Dies geht bei einer ungekühlten Kamera aber nur mit sehr geringen Belichtungszeiten, wie z.B. 1.000 x 0,5 sec. Der Vorteil dabei ist: Autoguiding spielt keine Rolle mehr! Die Montierung kann auch größere Toleranzen aufweisen, da die Nachführungsgenauigkeit bei so kurzen Belichtungszeiten nicht mehr die gleiche Gewichtung besitzt. Hierdurch sind bereits sehr interessante Ergebnisse von anderen Hobbyastronomen erzielt worden, so dass dies ebenfalls ein spannendes Betätigungsfeld ist. Vielleicht ergibt sich dadurch sogar ein neuer Trend, da die Kameras immer empfindlicher werden. Bei Nutzung der gekühlten Chip-Variante lassen sich aber auch wesentlich längere Belichtungszeiten erzielen. Diese Kameratypen sind dabei wesentlich kostengünstiger, als die CCD-Kollegen anderer Hersteller, müssen ihre Qualität aber erst noch beweisen. Hier gibt es noch zu wenige Ergebnisse auf die man zurückgreifen könnte.

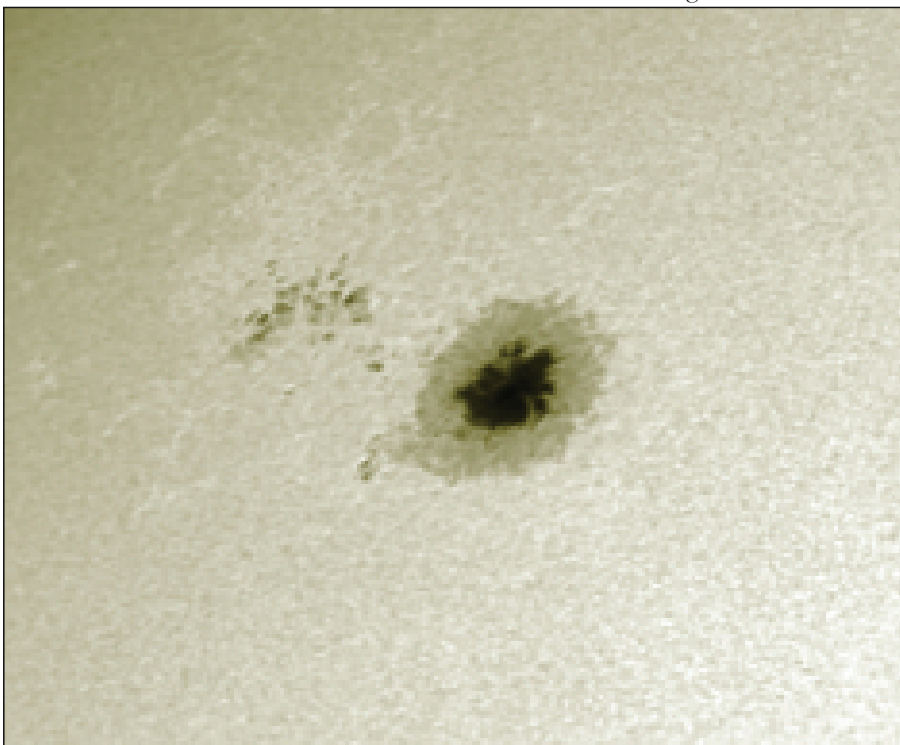


Abb. 8: Großer Sonnenfleck AR 12529 bei 2.800 mm Brennweite, mit der A.S.I. 178MM.

Fazit

Durch die kleineren Pixel ist die A.S.I. 178MM in der Lage feiner aufzulösen und Objekte größer darzustellen. Es kann daher bei einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop auf eine Brennweitenverlängerung verzichtet werden. Dadurch erhält man ein helleres Bild bei niedrigem Öffnungsverhältnis. Die Empfindlichkeit ist zusätzlich höher, als bei der Kamera A.S.I. 120MM (IR: 1000 nm, UV: 350 nm) und es lassen sich wesentlich höhere Auflösungen von bis zu 3.096×2.080 Pixel nutzen. Das Zusammenfassen von Pixelblöcken (Binning) ermöglicht zusätzlich eine höhere Lichtempfindlichkeit und einen besseren Signal-/Rauschabstand.

Aber es lassen sich natürlich auch gewisse Nachteile gegenüber einer DMK-Kamera ausmachen. So erzeugt die höhere Auflösung eine wesentlich größere Datenmenge. Um die volle Auflösung bei höchster Framerate nutzen zu können ist daher ein USB3.0-Anschluss und eine größere SSD-Festplatte notwendig. So sind bereits seit der relativ kurzen Nutzungszeit in diesem Jahr mehr Daten gesammelt worden, als vorher in drei Jahren DMK-Verwendung! Das Binning erzeugt zudem kleinere Objektbildungen und egalisiert damit die Pixelgrößenvorteile wieder. Auch der Einsatz einer Barlowlinse ist am C11-Teleskop nicht mehr möglich, da bereits die maximale Auflösungsgrenze erreicht wird. Jede weitere Vergrößerung kostet damit nur Lichtstärke und Bildschärfe. Wenn man allerdings bedenkt, dass die bisher aufge-

nommenen Bilder mit einem älteren Laptop mit normaler Festplatte, USB2.0-Anschluss und Windows XP entstanden, relativiert sich die vorher gemachte Feststellung. Bei kleinerer Auflösung reicht dieses Equipment bereits aus, so dass keine Neuschaffung eines Laptops mit zu beachten ist. Bei Planeten sollte man so wieso eine kleinere Auflösung einstellen, damit hauptsächlich der

Planet aufgezeichnet wird, während bei größeren Objekten der Chip komplett ausgenutzt werden sollte.

Zu den Nachteilen kommt allerdings hinzu, dass die ASI-Kameras bei Sonnenaufnahmen im H-Alpha-Spektrum sog. Newtonringe erzeugen. Dies sind konzentrische Ringe, die durch Interferenzen am Luftspalt zwischen zwei reflektierenden, nahezu parallelen Oberflächen entstehen. Dies ist durchweg bei allen ASI-Kameras in der Astroszene zu beobachten und ist mehr oder minder schwerwiegend vorhanden. Auch bei der AVL sind diese Interferenzmuster bereits am H-Alpha-Teleskop zu beobachten gewesen. Die DMK-Kameras kennen dieses Phänomen hingegen nicht, weshalb viele Sonnenfotografen bisher nicht auf eine ASI-Kamera gewechselt sind. Durch das spätere Stacken der Bilder und durch Einbeziehung von Flats kann man den



Abb. 9: Mondmosaik, bestehend aus drei Aufnahmen mit 130mm-f/7-Triplett-APO-Refraktor bei 910 mm Brennweite und der ASI 178MM Kamera.

Effekt aber kompensieren. Auch ein leichtes Verkippen der Kamera kann manchmal helfen. Trotzdem sind diese Interferenzmuster störend (auch bei Live-Beobachtungen am Bildschirm) und erzeugt einen größeren Bearbeitungsaufwand. Die A.S.I. 178MM ist für mich abschließend eine sehr gute Allround-Kamera für Planeten, Sonne und Mond, die in Zukunft sogar für Deep-Sky-Aufnahmen in Frage kommen könnte. Aber auch die DMK-Kameras behalten ihre Berechtigung, speziell für H-Alpha-Aufnahmen. Es lässt sich festhalten, dass die A.S.I. 178MM Kamera neue Möglichkeiten in der Planetenfotografie ermöglicht und die Qualität der erreichbaren Abbildungen nochmals verbessert. Zusätzlich profitieren auch Mond- und Sonnenaufnahmen, so dass man eine Universalkamera erhält, die einem Hobbyastronomen neue Horizonte eröffnet.

Literatur

- [1] Hersteller-Webseite von The Imaging Source (TIS): <http://www.theimagingsource.de>
- [2] Hersteller-Webseite von ZWOptical: <https://astronomy-imaging-camera.com>
- [3] Kai-Oliver Detken: Mond-, Sonne- und Planetenfotografie: erste Erfahrungen mit einer CCD-Kamera von The Imaging Source (TIS). Die Himmelspolizey, Ausgabe 04/13, Heft-Nr. 36, Vereinszeitschrift der Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V., ISSN 1861-2547, Lilienthal 2013
- [4] Webseite der Fachzeitschrift Sky & Telescope: <http://www.skyandtelescope.com>
- [5] Webseite von WinJUPOS: <http://www.grischa-hahn.homepage.t-online.de>
- [6] Aufgenommen von Torsten Lietz in Hambergen mit einem Meade 12" SC-Teleskop.

