

Tiefer Himmel

für wenig Geld

Das Videomodul SK1004X als Deep-Sky-Kamera

VON JAN HATTENBACH

Die Videoastronomie bietet die Möglichkeit, bereits mit relativ geringem finanziellen Aufwand beachtliche Ergebnisse zu erzielen. Die Anforderungen an die Montierung des Teleskops sind aufgrund der kurzen Belichtungszeiten weit geringer als bei der konventionellen Fotografie oder der langbelichtenden CCD-Fotografie. So sind tiefe Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten selbst mit azimutal montierten Dobson-Teleskopen möglich. Die Preise der beliebten Mintron- oder Watec-Kameras liegen bereits deutlich unterhalb denen einer guten CCD-Kamera. Über den Einsatz dieser Kameras in der Astrofotografie wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet [1, 2]. Für den Einsteiger mit schmalere Geldbeutel bieten Videomodule eine noch preisgünstigere Alternative. In diesem Artikel möchte ich meine Erfahrungen mit dem Videomodul SK-1004X beschreiben, welches für etwa 70€ im Handel erhältlich ist. Da mich unter den Deep-Sky Objekten vor allem Planetarische Nebel interessieren, habe ich versucht, diese Objekte mit der Videoausrüstung aufzuzeichnen.

Das Videomodul

Das Herzstück des Moduls SK-1004X ist ein Schwarz-Weiß-CCD-Chip des Typs Sony EXview mit einer Diagonalen von 1/3". Die Lichtempfindlichkeit wird vom Hersteller mit 0,003 Lux bei f/1,2 angegeben, damit ist er weitaus lichtempfindlicher als andere handelsübliche Videomodule. Im Gegensatz zur Mintron kann dieses Modul jedoch keine interne Addition durchführen, die Belichtungszeit ist also auf 20ms beschränkt, da für das Standard-PAL-Signal pro Sekunde 50 Halbbilder aufgenommen werden. Ein weiterer Nachteil der Kamera ist, dass sich die automatische Belichtungszeit und Verstärkung nicht abschalten lässt. Bei Planeten- oder Mondaufnahmen muss daher das Licht zusätzlich durch Filter abgeschwächt werden. Bei lichtschwachen Objekten wie Planetarischen Nebeln ist dies jedoch unproblematisch, da die Elektronik automatisch die maximale Belichtungszeit wählt, was auch erwünscht ist.

Bestellt man ein solches Modul, so erhält man nur die bestückte Platine mit eingeschraubtem 3,6mm-Objektiv. Mit ein wenig bastlerischem Geschick kann

man daraus eine Kamera bauen. Dazu benötigt man ein passendes Gehäuse, sowie Anschlüsse für Spannungsversorgung und Signalausgang. Im vorliegenden Fall

(Abb. 1) wurde das Gehäuse mit einseitig kupferbeschichteten Epoxy-Plättchen aus dem Elektronikladen, einer 3,5mm Klinkebuchse und einer Chinchbuchse rea-

Abb. 1: **Muss es immer eine teure CCD- oder Video-Kamera sein?** Die Videokamera SK-1004X bietet für wenig Geld einen Einstieg in die Videoastronomie. Das Bild zeigt die Kamera am 10" f/4,8-Newton des Autors.





Abb. 2: **NGC 6543**. Aufnahme mit 10" f/4,8-Dobson, Addition von 4000 Einzelbildern.



Abb. 3: **NGC 3242**, Aufnahmezeiten wie in Abb. 2.

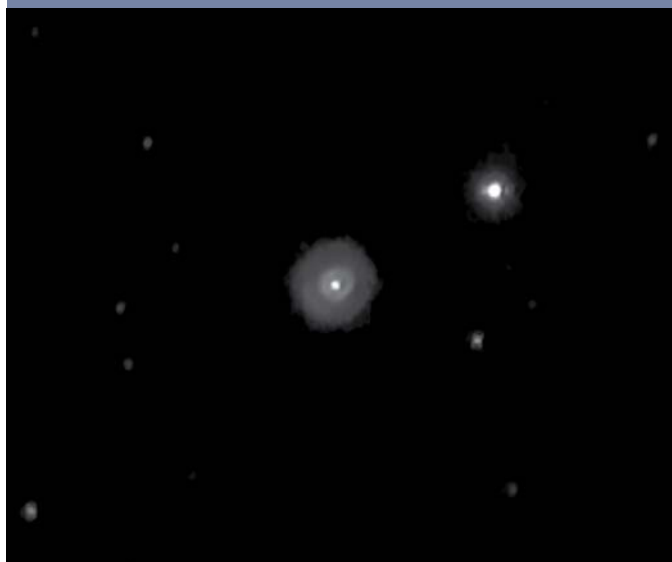


Abb. 4: **NGC 2392**, Aufnahmezeiten wie in Abb. 2



Abb. 5: **M 57**. Aufnahme mit 8" f/7,5-Refraktor und IR-Sperrfilter. Addition von 4000 Einzelbildern.

liert. Die Kupferseite der Epoxy-Platten lassen sich einfach aneinanderlöten, so dass Schrauben nur für die Verbindung der Platine mit dem Gehäuse notwendig sind. Als angenehmen Nebeneffekt bietet ein solches Gehäuse eine gute elektrische Abschirmung.

Das Objektiv besitzt ein M12×0,5mm Einschraubgewinde, somit lässt sich die Kamera mit einem handelsüblichen Webcamadapter mit dem 1,25"-Anschluss des Teleskops verbinden. Das analoge Videosignal kann mit einem Chinchkabel einfach auf einem Monitor dargestellt und mit einem VHS-Videorekorder aufgezeichnet werden. Diese Art der Aufzeichnung ist jedoch stark verlustbehaftet und nicht unbedingt zu empfehlen. Besser ist es, das Vi-

deosignal mit einer TV-Karte oder einem Firewire- oder USB2.0-Videograbber direkt zu digitalisieren und auf der Festplatte als AVI-Datei abzuspeichern. Beim Kauf eines USB-Grabbers sollte man darauf achten, dass dieser die PAL-Auflösung 768×576 Pixel verarbeiten kann. Es sollte unbedingt genügend Speicherplatz auf der Festplatte vorhanden sein: Eine Minute unkomprimierte PAL-Auflösung benötigt knapp 1GB Speicherplatz!

Auswahl der Objekte

Für die Auswahl der mit dieser Ausrüstung erfassbaren Planetarischen Nebel ist die Flächenhelligkeit des Objekts ausschlaggebend. Sehr kleine Nebel (<10")

sind zwar oft bereits im Livebild sichtbar, bei einer Brennweite von 1,2m jedoch nicht von Sternen zu unterscheiden und zeigen keine Details. Allzu ausgedehnte Objekte (>1') sind hingegen oft zu lichtschwach. Auch die Tatsache, ob in der unmittelbaren Umgebung ausreichend helle Leitsterne vorhanden, ist entscheidend. Diese sind zwar für die Nachführung nicht erforderlich, bei der nachfolgenden Addition der Einzelbilder sind sie aber essentiell, da ansonsten kein geeignetes Passmuster zur Verfügung steht.

Die Aufnahme-prozedur

Für die hier gezeigten Aufnahmen wurde ein 10" f/4,8-Newton in Dobson-Bauwei-

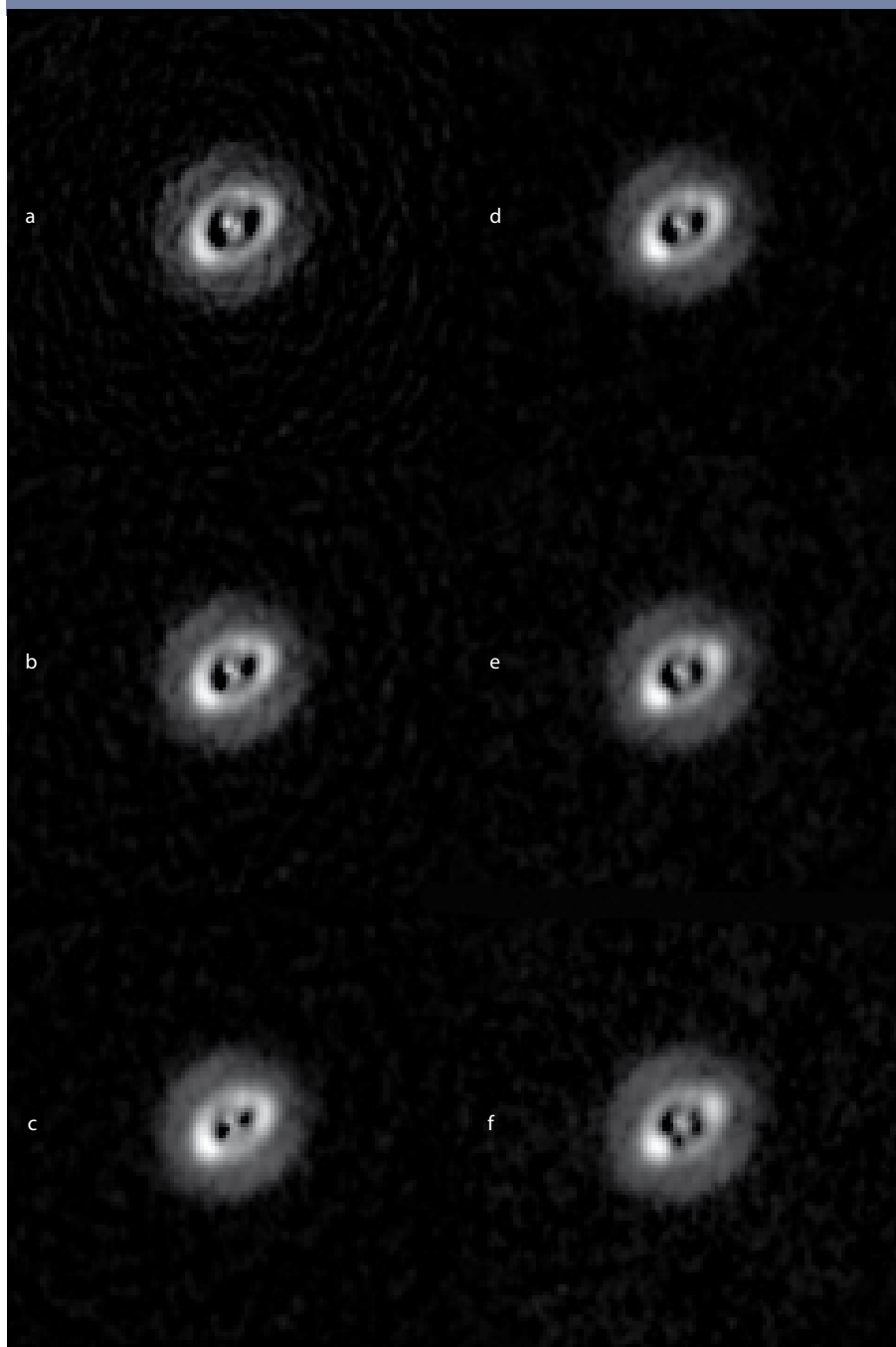
se verwendet. Die Kamera wird zunächst an einem geeigneten Stern fokussiert. Der Stern sollte dabei nicht zu hell sein. Hier sollte man sich genug Zeit lassen – gerade bei schlechtem Seeing kann diese Prozedur schon einmal etwas länger dauern. Bei einigermaßen transparentem Himmel in der Stadt kann man schon Sterne der 12. Größenklasse im Livebild erkennen – viele helle Deep-Sky-Objekte sind damit bereits auf dem Monitor sichtbar. Ist der Nebel hingegen nicht im Livebild sichtbar, muss zumindest ein markantes Sternmu-

ster bei der Position des Nebels erkennbar sein. In jedem Falle ist darauf zu achten, dass wenigstens ein, besser mehrere helle Leitsterne im Bild zu sehen sind. Für jedes der Objekte werden 5000 Einzelbilder aufgenommen. Dies bedeutet eine Aufnahmedauer von etwa 3 Minuten und eine Dateigröße von rund 3GB. Im Anschluss an die Aufnahme werden nochmals 1000 Einzelbilder bei geschlossenem Objektivdeckel als Dunkelbild aufgenommen.

Die Aufnahme mit einem Dobson erfordert Fingerspitzengefühl. Der Chip ist

mit 1/3" sehr klein und das Gesichtsfeld auf dem Bildschirm damit natürlich auch. Das Aufsuchen des Objektes dauert so erheblich länger als die eigentliche Aufnahme. Es ist aber durchaus möglich, das einmal gefundene Objekt während der Aufnahmedauer nachzuführen. Problematisch wird es, wenn die Lager des Dobson ruckelig laufen, dann bekommt man ernste Probleme mit der Nachführung des kleinen Gesichtsfeldes. Ein wenig (nicht zu viel!) Seife auf dem Laminat verteilt schafft Abhilfe.

Abb. 6: **Die Wirkung des Larson-Sekanina-Filters** am Beispiel von NGC 3242. Während die Ringstruktur durch eine Verschiebung um 3, 6, bzw. 9 Pixel besonders verstärkt wird (a, b, c), treten durch eine zusätzliche Verdrehung um 12°, 22° und 30° (d, e, f) die Verdichtungen im Ring besonders in der Vordergrund.



Die Addition der Rohbilder

Die Rohvideos im AVI-Format werden anschließend mit Giotto zu einem Summenbild verarbeitet. Hierbei werden bereits einige Bearbeitungsschritte durchgeführt, etwa der Abzug des nach jeder Aufnahme erstellten Dunkelbildes. Je nach Größe des Passmusters dauerte eine Addition von 80% der Rohbilder auf meinem Rechner (Pentium 4, 512 MB RAM) immerhin bis zu 10 Stunden! Dabei ist die Möglichkeit der Batchverarbeitung bei Giotto sehr nützlich. In der Praxis stellte sich heraus, dass Sterne jenseits von etwa 9^m in der Regel zur Bestimmung des Passmusters zu schwach sind.

Die Weiterverarbeitung

Die Summenbilder im FITS-Format wurden mit dem Bildverarbeitungsprogramm Fitswork weiter bearbeitet. Diese freie Software ist speziell auf astronomische Bildbearbeitung zugeschnitten und sehr zu empfehlen. Die genauen Schritte variieren von Objekt zu Objekt. In der Regel wird zunächst das Bild auf den interessanten Bereich beschnitten, ein eventuell nach der Addition vorhandener unscharfer Rand entfernt. Die Summenbilder zeigen oft noch ein Streifenmuster, das durch die Dunkelbildsubtraktion offenbar nicht vollständig entfernt wird. Mit der Funktion Zeilen gleichhell kann das Bild geebnet werden. Hierbei sollte gerade bei nebligen, diffusen Objekten unbedingt ein Bereich außerhalb des Objekts zur Bearbeitung markiert werden, da die Software nicht zwischen Nebel und Störung unterscheiden kann. Eventuelles Restrauschen kann durch Glätten verringert werden, bevor das Bild geschärft wird. Hierzu wurden die Funktionen Sternradius verkleinern (Minimumfilter) und Gauss schärfen verwendet. Durch Anpassen des Histogramms werden Schwarz- und Weißpunkt sowie die Übertragungsfunktion

Der Larson-Sekanina-Algorithmus

Der Larson-Sekanina-Algorithmus ist ein Filter zur Verstärkung radialer und kreisförmiger Helligkeitsgradienten in digitalen Aufnahmen. Ein digitales Bild ist im Grunde eine zweidimensionale Intensitätsverteilung. Jedem Pixel können ein Koordinatenpaar (x, y) sowie ein Intensitäts- bzw. Helligkeitswert $I(x, y)$ zugeordnet werden. Für rotationsymmetrische Intensitätsverteilungen ist es zweckmäßig, Polarkoordinaten (r, θ) einzuführen. Dabei bezeichnet r den radialen Abstand zu einem festzulegenden Koordinatenursprung, in der Regel dem Helligkeitsmaximum. Bei Planetarischen Nebeln kann meist – wenn in der Aufnahme sichtbar – der Zentralstern als Koordinatenursprung festgelegt werden. Die zweite Koordinate θ bedeutet den Drehwinkel zur x-Achse. Der Algorithmus dupliziert nun das Originalbild und verschiebt bzw. verdreht die Kopie um einen bestimmten Betrag Δr bzw. $\Delta \theta$ gegenüber dem Ausgangsbild. Das Ergebnis wird vom Originalbild abgezogen:

$$I(r, \theta) - I(r - \Delta r, \theta + \Delta \theta) \quad (1)$$

In einem zweiten Schritt wird das Bild um $-\Delta \theta$ gedreht:

$$I(r, \theta) - I(r - \Delta r, \theta - \Delta \theta) \quad (2)$$

Für das Endergebnis werden die Bilder (1) und (2) schließlich aufaddiert:

$$I' = [I(r, \theta) - I(r - \Delta r, \theta + \Delta \theta)] + [I(r, \theta) - I(r - \Delta r, \theta - \Delta \theta)] = 2 \times I(r, \theta) - I(r - \Delta r, \theta - \Delta \theta) - I(r - \Delta r, \theta + \Delta \theta)$$

Schon kleinste Helligkeitsschwankungen, im Original womöglich unsichtbar, treten nun deutlich hervor. Das Resultat wirkt allerdings sehr unnatürlich und entspricht nicht mehr unbedingt dem Anblick des Nebels im Teleskop. In FITSWORK können die Parameter Verschiebung Δr und Drehung $\Delta \theta$ über Schieberegler eingestellt werden. Strukturen mit radialen Helligkeitsgradienten (etwa Ringstrukturen) werden durch die Verschiebung um Δr hervorgehoben, während die Drehung auf strahlenförmige, jetartige Strukturen wirkt.

optimiert. Es ist sinnvoll, die Ergebnisse im FITS-Format abzuspeichern, da man so nicht nur Kompressionsverluste vermeidet, sondern die durchgeführten Bearbeitungsschritte jederzeit später im FITS-Header nachvollziehen kann.

Abb 2. zeigt ein derart bearbeitetes Bild von NGC 6543. Das Video wurde unter stark aufgehelltem Stadthimmel gewonnen, die visuelle Grenzgröße des Himmels lag zum Zeitpunkt der Aufnahme bei $3^m,5$. Die unter wesentlich besseren Bedingungen gewonnene Aufnahme von NGC 3242 (Abb. 3) zeigt deutlich die Strukturen

dieses Nebels: Eine zentrale Aufhellung umgeben von einem inneren, stark ovalen Ring, welcher an den gegenüberliegenden Rändern Verdickungen zeigt und von einem schwächeren, diffusen Halo umgeben ist. Diese Details konnten visuell ab $250\times$ ausgemacht werden. Abhängig von den Beobachtungsbedingungen sind in den Summenbildern Sterne bis etwa zur 15. Größenklasse sichtbar, selbst bei stark lichtverschmutztem Himmel.

Weitere Bearbeitung: der Larson-Sekanina-Algorithmus

Wie NGC 3242 in diesem Beispiel zeigen viele Planetarische Nebel Strukturen, die radiale oder kreisförmige Helligkeitsgradienten aufweisen. Der Larson-Sekanina-Algorithmus bietet eine Möglichkeit, diese Strukturen zu verdeutlichen oder im Bild verborgene Strukturen überhaupt erst sichtbar zu machen (s. Kasten). Dieser Algorithmus wurde ursprünglich für die Analyse digitaler Aufnahmen von Kometen entwickelt [3]. Seine Anwendung

bei Planetarischen Nebeln ist naheliegend und mit FITSWORK denkbar einfach: Nach Bestimmung des Mittelpunktes – der Zentralstern oder die zentrale Aufhellung in der Mitte des Nebels – kann man über Schieberegler die Verschiebung und die Drehung der Bildkopie gegenüber dem Originalbild einstellen. Welche Werte dabei sinnvoll sind, hängt von der einzelnen Aufnahme ab und muss jeweils durch Ausprobieren festgestellt werden. Bei bestimmten Objekten – hier im Beispiel NGC 3242 – lassen sich so Strukturen verstärken und sichtbar machen (Abb. 6). Allerdings muss man sich bei der Anwendung dieses Filters über zwei Dinge im Klaren sein: Erstens ist das Ergebnis kein »normales« Bild, da es keine Verteilung der Helligkeitswerte der Pixel, sondern stattdessen die Änderung der Helligkeit darstellt. Zweitens entstehen schnell Artefakte, die mit realen Strukturen nichts zu tun haben.

Fazit

Das Videomodul SK-1004X eignet sich für einen unkomplizierten und preiswerten Einstieg in die Videoastronomie. Vorteile dieses Moduls sind sein geringer Preis und die unkomplizierte Bedienung. Die Nachteile im Vergleich zur Watec oder Mintron-Kamera sind die geringere Lichtempfindlichkeit des Chips und die fehlende manuelle Steuerung von Belichtungszeit und Verstärkung. Auch werden die Videodateien ohne Kompression sehr schnell groß. Langzeitaufnahmen, bei denen es nicht so sehr auf die Bildqualität ankommt (Sternbedeckungen etc.), sollte man daher besser mit einem VHS-Rekorder aufzeichnen. Gemeinsame Vorteile aller Videokameras in der Astronomie sind die geringen Anforderungen an die Nachführung sowie die gute Einsetzbarkeit auch bei starker Lichtverschmutzung. Natürlich sind die Einsatzmöglichkeiten nicht auf Planetarische Nebel beschränkt – und auch mit kleineren Teleskopen sind sicher ansehnliche Ergebnisse möglich, solange sie ausreichend lichtstark sind. Immerhin kann man sich – bei vorhandenem Teleskop und PC – für etwa 100€ eine funktionsfähige Videoausrüstung zulegen.

- [1] Elsässer, M.: Ein neuer Standard in der Videoastronomie, Die Watec WAT120N-Kamera, interstellarum 32, 58 (2004)
- [2] Hamann, B.: Astrofotografie mit der Mintron-Videokamera, interstellarum 28, 60 (2003)
- [3] Sekanina Z., Larson S. M.: Astron. J. 89, 571 (1984)

Technische Daten des Videomoduls SK 1004X

Chip	1/3" inline transfer SONY EXview CCD
Signalsystem	CCIR
Lichtempfindlichkeit	0,003 Lux bei f/1,2
S/N	>45dB
Versorgungsspannung	12V DC
Betriebsstrom	120mA
Dimensionen	32mm×32mm