

## Eine etwas andere Anwendung einer CCD Kamera

Rainer Gröbel

Die "CCD-Revolution" im Bereich der Astrofotografie ist längst abgeschlossen und die Ergebnisse sind fester Bestandteil aller Amateurzeitschriften. S&T zeigte ein mit einem 30 cm Teleskop gewonnenen Ausschnitt vom Andromedanebel mit markierten Einzelsternen in unserer Nachbargalaxie. Hubble hat seinerzeit 2,50 m dafür gebraucht.

Wird sich ähnliches bei der Photometrie vollziehen? Bei den Profis wurden Photomultiplier (PM) schnell in die Museumsvitrine verbannt. Die verwendeten Sensoren sind aber wegen ihrer speziellen Technologie und geringer Stückzahl unbezahlbar. Werden die für den Amateurmarkt konzipierten Kameras eine ähnliche Revolution bewirken?

Selbstbauprojekte waren Nachbauten der ST4 mit seinem Minichip oder eine "Cookbook"-Kamera. Attraktiver erschien das von C. Buil initiierte Projekt "Audine" (1). Nach der Lektüre seines Buchs (2), fasste ich Vertrauen und mit einigen Mitstreitern kam es zu einem lokalen Projekt. Leider kam es wegen dringenderer Verpflichtungen nicht zur Fertigstellung der Kamera. Als ein sich aus dem Hobby zurückziehender Sternfreund mir dankenswerterweise seine Ausrüstung überließ und ich von einem Freund mit einer bei E-Bay erstandenen ST6 Kamera überrascht wurde, stellte ich mein Vorgehen um.

Der Sekundärspiegel des 8" Meade war blind, aber dank der Aluminisierungskünste der Hamburger Sternwarte wurde dieses Manko behoben. Auf meinen bewährten Newton musste ich verzichten, denn mit einer vollausgerüsteten CCD-Kamera war der Fokus nicht mehr erreichbar und das Ganze nicht ins Gleichgewicht zu bringen. Die ehemalige Montierung wurde durch eine "Saturn"-Montierung ersetzt, dessen Kegelrollenlager geführte Achse eine höhere Zuladung versprach. Leider wurde dieser erste positive Eindruck getrübt durch die nur als Pfusch (3) zu bezeichnende Lagerung der Schnecken und die Anbringung der lahmen Schrittmotoren auf windigen Winkelblechen. Nach einigen Dreh-, Fräs- und Lötarbeiten wurde eine Steuerung in beiden Achsen realisiert. Bei einer 10 Minuten dauernden Umdrehung der Schnecke waren bei der kleinsten Exzentrizität ein Pendeln der Nachführung oder unregelmäßige Ausreißer bei Ungenauigkeiten in den Flanken vom Zahnkranz zu erwarten, doch nichts dergleichen. Unkorrigierte Aufnahmen bis zu 2 min schienen möglich. Eine anfällige Einrichtung zur automatischen Nachführkorrektur konnte somit umgangen werden.

Im Grundzustand ist die Kamera kaum einsetzbar. Ein Filterrad kam hinzu, dessen Steuerung mit Hilfe von einem mit Microcontroller vertrauten Freund erstellt wurde. Die empfohlenen Filter bestehen aus 3 Lagen 2mm dicker Schottgläser. Bei 20cm kann man mit Photonen nicht verschwenderisch umgehen. Nachdem sich herumsprach, dass der Interferenzfilter "Grün" vom RGB Filtersatz von Neumann (4) gut dem vorgeschriebenen V- Bereich entsprechen soll, wurde der Satz eingebaut, auch wenn der "Blau"-Bereich nur leidlich und der "Rot"-Bereich gar nicht den Vorschriften

entspricht. Mit viel Optimismus reicht vielleicht ein durch Messungen an Standardfeldern ermittelter Korrekturfaktor.

Ein Klappspiegel mit einem im Brennpunkt eines Weitwinkelokulars angebrachten, das Gesichtsfeld der Kamera anzeigendes Netz von beleuchteten Fäden macht zeitraubende Probebildchen überflüssig. Das 11'x15' kleine Bildfeld lässt sich nur optimal ausnutzen, wenn eine Drehung des Feldes ohne Verstellung der Fokussierung möglich ist. Eine 360° Drehmöglichkeit mit beleuchteter Skala wurde angebracht. Mit "Guide" lässt sich sogar der Winkel im Voraus bestimmen.

Nebenbei wurden einige Verbesserungen am Grundgerät vorgenommen. Das ursprüngliche "Lüfterle" wurde durch einen kräftigen Fan ersetzt. Ein Gewinn an Kühlleistung konnte nicht eindeutig festgestellt werden, dafür brachte der Ersatz des überlangen, bei Kälte brettfesten Verbindungskabels durch ein kurzes, flexibles Kabel deutlich niedrigere Temperaturen am Chip. Der TC 241, ein Sensor der ersten Generation, zeigt bei ungenügender Kühlung recht unruhige Dunkelbilder.

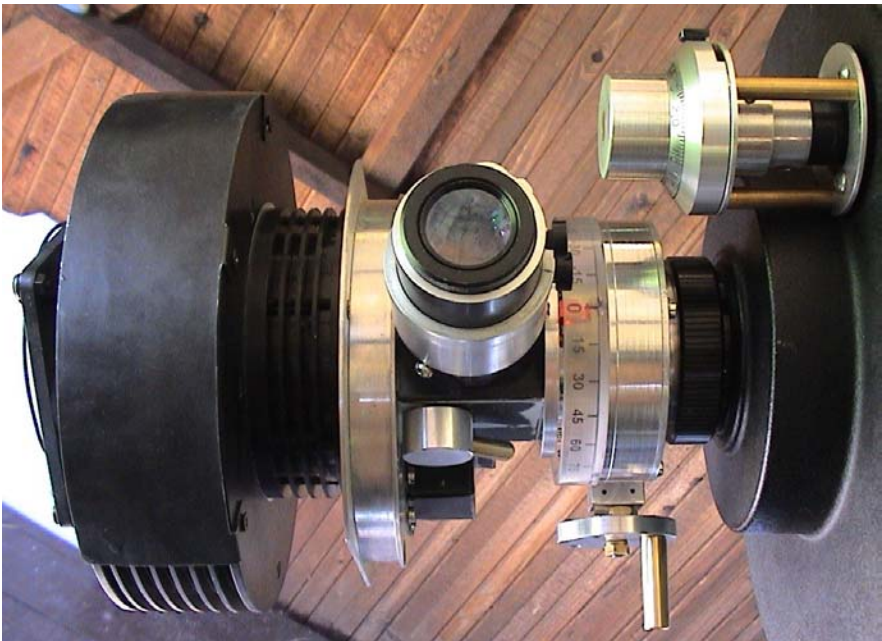


Abb. 1: Die ausgebaute Kamera. Oben rechts der Fokussierknopf mit der Skala eines Zehngangpotis.

Leider konnte die umständliche Prozedur beim Austausch des Trockenmittels im Inneren der Kamera nicht vereinfacht werden. Dies war umso ärgerlicher, als sich Eiskristalle auf dem Chip bildeten. Es zeigte sich, dass der O-Ring zur Abdichtung

unterdimensioniert ist. Etwas Vakuumfett auf den Kontaktflächen, "Molecular Sieve" als Trockenmittel im Inneren und die Eisblumen waren Vergangenheit.

Nun galt es die Möglichkeiten der Kamera systematisch zu erkunden. An M67 ließen sich mühelos Sterne der 17. Größe bei 40s Belichtung nachweisen. An der Empfindlichkeit gab es nichts auszusetzen. Einem Astrofotografen dürfte die recht grobschlächtige Abbildung nicht so recht gefallen, denn es stehen "nur" 90750 und mit  $23 \times 27 \mu\text{m}$  "riesige" Pixel zur Verfügung. Dafür liegt das Fassungsvermögen bei 400.000 Elektronen und bei abgeschalteten ABG kommen sie nicht so schnell in die Saturation. In den Grenzen der Messgenauigkeit zeigten Reihenaufnahmen mit jeweils verdoppelter Belichtungszeit den ersehnten linearen Zusammenhang zwischen Helligkeit und ADUs. Außerdem zeigte sich, dass Pixelgröße, Brennweite des Teleskops und durchschnittliches Seeing gut aufeinander abgestimmt sind (Abb.2).

Beim Einsatz eines Filters mit einem ca. 100 nm schmalen Durchlassbereich müssen erhebliche Abstriche bei der Reichweite gemacht werden. Dies lässt sich durch verlängerte Belichtungszeiten nur in Grenzen ausgleichen. Da hilft nur eine größere Öffnung. Darüber wird schon nachgedacht.

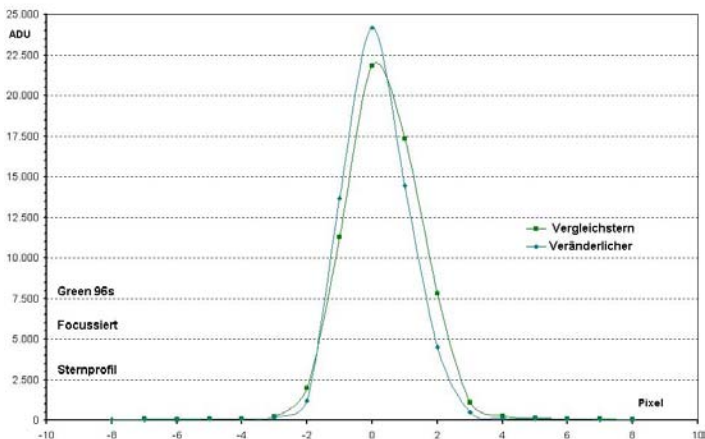


Abb. 2: Ein "Querschnitt" verrät die Verteilung der ADUs auf benachbarte Pixel.

Leider gingen M67 und IC 4665 vorbei, ohne dass die Kataloghelligkeiten ausreichend mit den instrumentellen Werten verglichen werden konnten. Genug davon, etwas Greifbares muss her:

Dieser erste Versuch hielt den Vergleich mit den besten jemals von uns am gleichen Stern mit dem alten 35er der Nürnberger Sternwarte erhaltenen Lichtkurven aus. Nun gab es kein Halten mehr. Die wenigen notwendigen und erlaubten Manipulationen an den Rohbildern, wie Abzug der Dunkelbilder und "Flatten" wurden verfeinert und standardisiert.

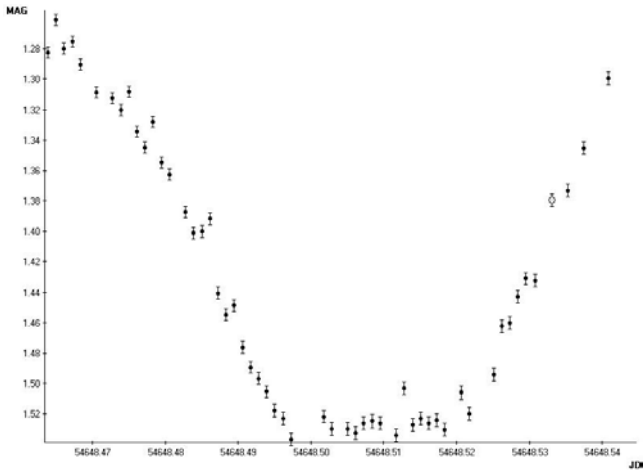


Abb. 3: Nebenminimum von TZ Boo. Neuerdings ist die kurze konstante Phase nicht mehr erkennbar.

Leider ließ ein Rückschlag nicht lange auf sich warten. Plötzlich weigerte sich das Aufnahmeprogramm CCDSoft den Chip korrekt auszulesen und stürzte unvermittelt wiederholt ab. Dies kostete einige verpatzte Nächte und viel Nerven. Trotz Anschluß dreier verschiedener Rechner trat der Fehler in gleicher Weise auf. Erst vor kurzem bin ich darauf gekommen, dass das ausgefeiltere CCDSoft möglicherweise die Einstellung der seriellen Schnittstelle nicht wie das einfache CCDOps automatisch vornehmen könnte. Statt einer nichtssagenden Antwort auf meine Anfrage, hätte "Software Bisque" mit etwas gutem Willen mir schon viel früher helfen können.

Ein mit meiner "alten" Anlage 1991/92 beobachteter Stern wurde verfolgt, um zu testen, ob die Kamera kleinste Helligkeitsänderungen sicher nachweisen kann. Laut "Guide" trägt das Objekt die Bezeichnung NSV 25977. Hat jemand inzwischen mir den Veränderlichen weggeschnappt? Entwarnung, die Referenzen im GCVS beziehen sich auf (5). Nun denn, der Stern soll eine endgültige Bezeichnung bekommen. Die Exceltabellen wurden immer länger und allmählich kam ich dem Ideal des "Hochfahren, Einstellen, Entertaste drücken und weg" immer näher. Die Lichtkurve ist noch nicht vollständig. Es gibt Probleme mit der vorläufigen Periode (Scheinperiode?) und es fehlt die Anbindung am Standardsystem. Bei 9,5 mag zeigen Normalpunkte aus 5 Bildchen Standardabweichungen von teilweise unter +/- 0,01 mag. Ungünstige Bedingungen wie Vollmond, leichte Zirren oder Dunst werden erstaunlich gut bewältigt.

Bei der Auswertung der Bildchen spielt das frei verfügbare Auswertungsprogramm "Muniwin" (6) eine zentrale Rolle. Es ist eine genial gelungene Umsetzung der Profiprogramme "DAOphot" und anderer. Intuitiv in der Bedienung, unglaublich schnell beim Abarbeiten immer länger werdender Bilderreihen und mit Feinheiten versehen, die den Praktiker verraten.

Bislang hatte ich mich bei der Auswertung auf ein Objekt konzentriert. Muniwin machte mich aber darauf aufmerksam, dass in den Bildchen viel mehr steckte. Ein bisher nicht beachteter Button "Find Variables" wurde aus Neugierde angeklickt und siehe da:

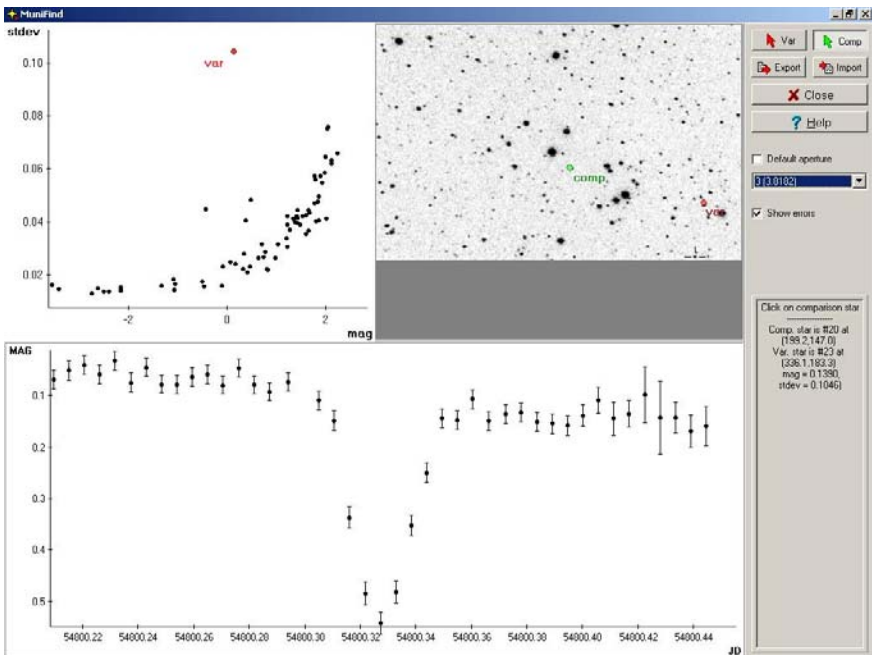


Abb. 4: Muniwin zeigt "automatisch" einen Veränderlichen an.

Eine gerade etwas über eine Stunde dauernde algolähnliche Absenkung, 0,5 mag tief, bei einem 13 mag Stern. Das kann nicht sein... Zum Glück waren noch die anderen Serien da. Auf fast allen war eine ähnliche Absenkung an verschiedenen Stellen sichtbar. Auf einer sogar deren zwei im Abstand von 5,5h. Es war nicht schwierig auf eine Periode nahe bei 0,457 d zu schließen. Sofort wurden die Serien auf "Hochgeschwindigkeit" umgestellt. Bei 64s Belichtung ohne Filter konnte eine viel dichtere Belegung der Lichtkurven bei annehmbarer Streuung erreicht werden. Da es zur Jahreswende zu einer "Schönwetterkatastrophe" kam, konnte der Stern trotz Softwareärger intensiv verfolgt werden.

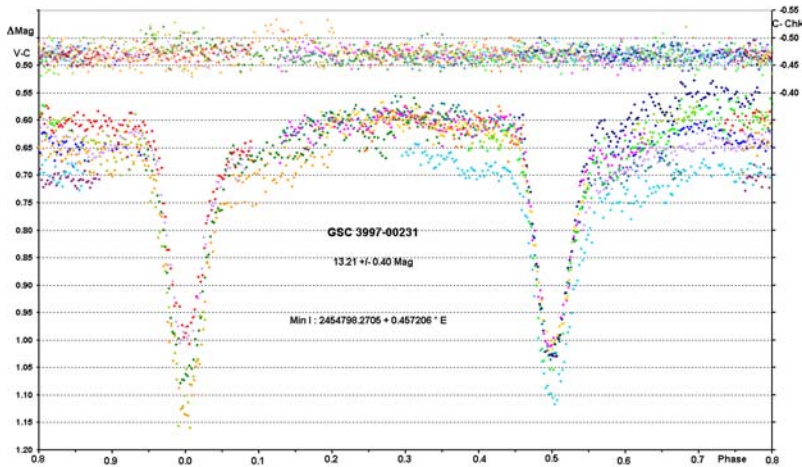


Abb. 5: Die Lichtkurve setzt sich aus 13 Serien unterschiedlicher Länge zusammen.

Die unterschiedliche Höhe der Schultern und Tiefe der Minima zeigt Eigenvariabilität einer der Komponenten. Die Suche nach einer sekundären Periode dürfte die nächste Cepheus-"Saison" spannend machen. Beim Checkstern fällt eine zeitweise erhöhte Streuung auf. In den Nächten vom 9. bis 11. Januar war das Seeing außergewöhnlich schlecht und dennoch...

Die Fähigkeit der CCD-Bildchen auch kleinste Helligkeitsänderungen zu registrieren zwingt zu einer sorgfältigen Auswahl der Vergleichssterne. Es stellte sich heraus, dass der zuerst gewählte Vergleichstern nicht ganz "sauber" war. Ich entschloss mich zu einer Großaktion, bei der nicht nur ein stabilerer Vergleichstern, sondern auch ein weiterer Veränderlicher ins Netz ging.

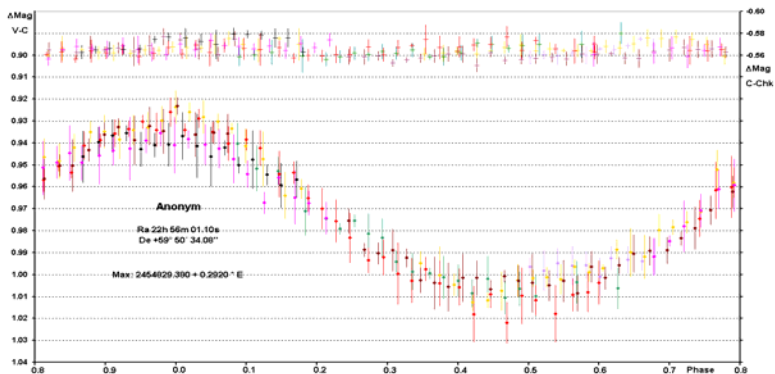


Abb. 6: Es ist MNUSNO 1866/10348. Es war nicht einfach dies herauszufinden.

Nun, den hätten wir im Kasten. Auch die Reihe vom 11.01. fügte sich noch gut in das Gesamtbild ein. Zu früh gefreut, denn am 25. und 28. war plötzlich die Schwingung nur noch andeutungsweise vorhanden. Leider verschwand Cepheus endgültig im NW, so dass die kommende Saison nun doppelt, nein, dreifach spannend wird, NSV 25977 ist ja auch noch da.

Auf den Einsatz eines KAF-0401E Chips, grade 0, rauscharm und ohne ABG bin ich gespannt. Dies wird noch eine Weile auf sich warten lassen, denn in Verbindung mit einen 336er Spiegel habe ich mir etwas ganz besonderes ausgedacht. Einstweilen gilt:

Never touch a running system.

Referenzen:

(1) [www.astrosurf.com/audine/index fr. htm](http://www.astrosurf.com/audine/index_fr.htm) (auch in Englisch)

(2) Buil, C., CCD Astronomy, Construction and Use of an Astronomical CCD Camera, Wilmann-Bell, 1991

(3) [www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/Sanierung saturnmontierung.pdf](http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/Sanierung_saturnmontierung.pdf)

(4) [www.gerd.neumann.net](http://www.gerd.neumann.net).

(5) Gröbel R, BD +59° 2602, ein ungewöhnlicher Veränderlicher, BAV Rundbrief 41, 1, 19, 1992

Gröbel R, Photometry with an Eight-Inch Telescope, I.A.P.P.P. Communications No. 49, 1992

(6) <http://c-munipack.sourceforge.net/>



Abb. 7: Die Anlage in der Schiebedachhütte.

Rainer Gröbel, Blütenstr. 19, 90542 Eckental, 09126 9701, [rainer.groebel@web.de](mailto:rainer.groebel@web.de)