

Veränderlichenbeobachtung mit Digicams

Béla Hassforther

Schnuppert man in Mitteilungsblättern oder Mailinglisten bekannter astronomischer Organisationen, scheint ein Szenario immer wiederzukehren: Es entwickelt sich in einer kleinen Teilgruppe mit reichlich Geld- und Zeitressourcen ein nahezu professionelles Arbeiten. Meist besteht diese Gruppe aus älteren Herren kurz vor oder schon im Ruhestand, die sich mit allem Herzblut auf ihr Hobby stürzen können. So bewundernswert das von den erreichbaren Ergebnissen her ist, so abschreckend kann das auf Neueinsteiger im vier- oder fünfstelligen Eurobereich für das Instrumentarium nicht mehr möglich ist, nutzbare eigene Beobachtungen zu gewinnen. Für die Arbeitsgemeinschaft führt das zu der Gefahr des Mitgliederschwunds und der Überalterung. Unschwer ist zu erkennen, dass hier hauptsächlich die ALPO, die Association of Lunar & Planetary Observers, gemeint ist (nicht die BAV J). Mit einem Schlag wurde aber die ständige Medienpräsenz einiger weniger semiprofessioneller Amateure beendet durch eine Hardware-Revolution: Die spottbilligen Webcams in Kombination mit raffinierter Software erbrachten plötzlich Ergebnisse, die den mit CCD-Kameras gewonnenen überlegen oder zumindest ebenbürtig waren, und seitdem kann man die Namen von hervorragenden Mond- und Planetenfotografen nicht mehr memorieren - es sind einfach zu viele, denn eine Webcam kann sich jeder leisten.



Abbildung 1) Canon IXUS 70 auf Ministativ: Mit dieser handlichen Kombination wurden die meisten Aufnahmen für die Beispiellichtkurven gewonnen. Für die gewählte Belichtungszeit von 15 Sekunden ist keine Nachführung erforderlich. Die Kombination ist immer dabei und in Sekunden aufnahmebereit. Das Gesamtgewicht beträgt nur 230 Gramm. Eine ideale Reisesternwarte...

Sicherlich werden die einfachen Digitalkameras nicht die Veränderlichenbeobachtung revolutionieren, aber sie könnten den Einstieg in dieses Hobby erheblich erleichtern, indem sie eine finanzielle Hürde aus den Weg räumen. Was mit Digitalkameras (im folgenden "Digicams" genannt) möglich ist, soll an einigen Beispielen demonstriert

werden. Zwei Leitsätze liegen den gewählten Beobachtungs- und Auswertungsmethoden zugrunde:

- Veränderlichenbeobachtung muss nicht teuer sein!
- Veränderlichenbeobachtung muss nicht furchtbar kompliziert sein!

Was wird unter einer "Digicam" verstanden?

Unter einer Digicam wird im folgenden eine Kamera verstanden, die preislich bei 100 bis maximal 200 Euro angesiedelt ist. Explizit wird nicht von digitalen Spiegelreflexkameras gesprochen, die vom Preis und der Leistung her zwischen einer Digicam und einer Einsteiger-CCD-Kamera liegen. Digicams sind also Kameras, die in vielen Haushalten schon verfügbar sind und nahezu für jeden erschwinglich sein sollten (und seien es gebrauchte Modelle).

Die typischen Eigenschaften einer Digicam sind:

- Fest eingebautes 3- oder 4-fach Zoomobjektiv (optisch!)
- Objektivbrennweiten 5 mm bis 15 mm
- Blenden je nach Brennweite 2,8-5
- Maximale Belichtungszeit 15 sec
- Komprimiertes, verlustbehaftetes Dateiformat (jpeg)
- Kleiner Sensor, winzige Pixel, Standard gegenwärtig sind 7 bis 10 Megapixel

Die Kombination aus Brennweite und Blende zeigt, dass die lichtsammelnde Fläche des Objektivs extrem klein ist, sie beträgt nur wenige Quadratmillimeter. Viele Photonen kann solch ein Objektiv nicht einfangen.

Die Sensoren der Kameras sind winzig, die Pixel mikroskopisch klein, Beispiele:

Kameramodell	Sensorgröße	Anzahl Pixel	Größe (mm)
Canon Powershot A75:	5,37mm x 3,96mm	2048 x 1536	0,0026
Canon IXUS 70:	7,18mm x 5,32mm	3072 x 2304	0,0023

Tatsächlich ist die lichtsammelnde Fläche eines Pixels noch kleiner, denn sie sind in eine Matrix aus Leitern eingebettet, die kein Licht sammeln. Die Hersteller versuchen - inzwischen mit guten Erfolg - durch Mikrolinsentechnik auch diese Photonen noch einzufangen. Ein Problem bleibt den winzigen Pixeln aber erhalten: Das Rauschen ist deutlich erhöht, und lässt sich schon beim Vergleich einer 3 Megapixel-Kamera mit einer 7-Megapixel-Kamera leicht nachweisen.

Die seltsamen Pixelzahlen erklären sich dadurch, dass die Hersteller Rücksicht auf das nahezu ausschließlich verwendete jpeg-Dateiformat nehmen müssen, und dieses liefert nur dann gute Ergebnisse, wenn die Anzahl der Pixel je Seite durch 16 teilbar ist. Jeder, der viel mit Bildbearbeitung zu tun hat, sollte übrigens den hervorragenden Beitrag zum jpeg-Format in der Wikipedia lesen.

Bewundernswert ist, dass die kleinen Objektive in der Lage sind, mit den winzigen Pixeln umzugehen. Schon mit der Weitwinkelseinstellung (also bei einer Brennweite von 5,8 Millimetern!) trennt die Canon IXUS 70 das Doppelsternpaar Epsilon Lyrae spielend. Fakt ist, dass die Objektive keine höheren Blenden als 8 verwenden dürfen, denn dann werden die Bilder durch die Beugungsunschärfe degradiert. Mit anderen Worten: Die Optiken der Digicams arbeiten nahezu beugungsbegrenzt! Es wird auch

klar, dass es unsinnig ist, freihändig mit einer Tele-Brennweite zu fotografieren: Man kann davon ausgehen, dass fast jede Teleaufnahme mehr oder weniger verwackelt ist und ein Ausschnitt aus einer Weitwinkelaufnahme die gleichen Details liefert. Nicht ohne Grund werden inzwischen auch bei vergleichsweise günstigen Kameras Bildstabilisatorsysteme eingebaut.

Die winzigen Pixel haben einen großen Nachteil: Sie können kaum Ladung speichern und sind deswegen schnell gesättigt. Daher leiden sie stark an einer Krankheit, die beispielsweise bei CCD-Kameras kaum toleriert wird: sie sind nicht-linear. Oder genauer: Der Bereich, in dem sie linear arbeiten, ist sehr klein. Was das für die Praxis bedeutet, sollen die konkreten Beispiele zeigen.

Bekanntlich machen Digicams Farbaufnahmen. Fast alle Hersteller nutzen dafür die sogenannte Bayer-Matrix, also Farbfilter in einer speziellen Anordnung über den Pixeln. Immer vier Pixel werden dafür zu einem virtuellen Pixel zusammengeschaltet, wobei je ein blau- und ein rot empfindliches Pixel auf zwei grünempfindliche Pixel kommen. Diese Vierer-Matrix geht in beiden Dimensionen immer ein Pixel weiter, und un schwer ist klar, dass dabei immer zwei grün-, ein rot- und ein blauempfindliches Pixel in einem Viererblock zusammenkommen. Deswegen sind es dann fast genauso viele virtuelle wie reelle Pixel, die ein Bild ausmachen.

Es ist Aufgabe des sogenannten Raw-Konverters, die Matrix aus Pixeln auszuwerten: Das Demosaicing führt die verschiedenen Pixel zu virtuellen Pixeln zusammen, ein Weißabgleich folgt sowie die Kontrolle von Tonwert, Kontrast und Farbsättigung. Anschließend wird noch eine leichte Schärfung durchgeführt, denn vor der Bayer-Matrix liegt ein leichtes Unschärfe-Filter. Intern arbeiten einfache Digicams mit 10 Bit pro Farbkanal (im Gegensatz zu 12 Bit bei einer normalen digitalen Spiegelreflexkamera und 16 Bit bei einer CCD-Kamera - wobei 10 Bit bei der geringen Ladung, die die winzigen Pixel halten können, fast auch ausreichen). Diese drei mal zehn Bit Informationen werden für die abschließende Speicherung im jpeg-Format auf drei mal acht Bit reduziert. Wahrscheinlich lassen es alle Digicams zu, den Grad der Kompression (und sei es mit Angaben wie mittel, fein, superfein) zu bestimmen. Natürlich sollte man immer die Einstellungen wählen, die die beste Qualität liefern.

Was leisten die Digicams im praktischen Betrieb?

Bei den folgenden Beispielen wurden die beiden zur Verfügung stehenden Digicams "out of the box" benutzt: Keine speziellen Tools, keine Nachführung, nichts. Die längstmögliche Belichtungszeit wurde gewählt, die beste Blende (2,8), die kürzeste Brennweite, und dann jedes Sternfeld mehrfach hintereinander manuell belichtet. Ab einer Belichtungszeit von etwas mehr als einer Sekunde führt jede Digicam automatisch eine Rauschunterdrückung durch, erstellt also eine Dunkelaufnahme mit der gleichen Belichtungszeit und zieht diese von der Hauptaufnahme ab. Etwa alle 35 Sekunden kann daher eine Aufnahme gewonnen werden.

Die ersten Erfahrungen wurden an Algol und Beteigeuze gewonnen. Hier sollen zunächst die Beteigeuze-Beobachtungen vorgestellt werden. Gemeinschaftslichtkurven aus den Lichtkurvengeneratoren der BAV oder der AAVSO

streuen stark, für Himmelsüberwachungen wie ASAS ist der Stern zu hell - die einzigen Lichtkurven mit guter Qualität finden sich bei S. Otero: http://ar.geocities.com/varsao/Curva_Alp_Ori.htm

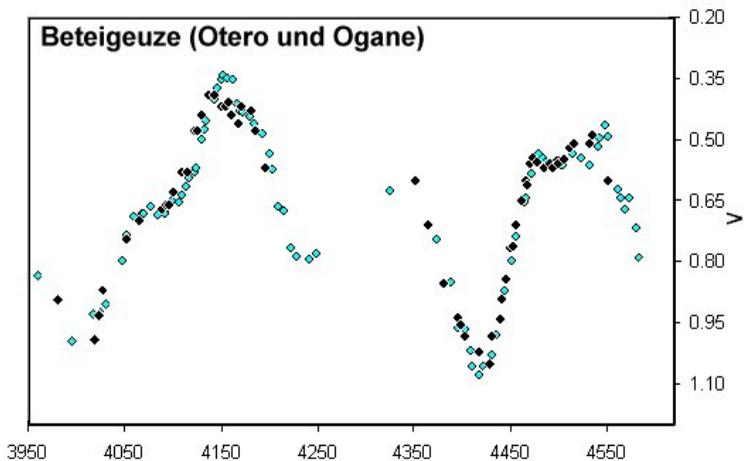


Abbildung 2) Lichtkurve von Beteigeuze aus Beobachtungen von Otero und Nogane. Beide Beobachter nutzen die verfügbare Beobachtungssaison gut aus, wie man an der kurzen Zeitspanne sieht, in der der Stern nicht beobachtet werden kann. Natürlich setzt das auch ein gutes Wetter und einen guten Standort voraus. Abszisse: addiere 2450000.

Meine Beobachtungen im Winter 2007/2008 setzen bei JD 2454432 ein, also mitten in einem Minimum von Beteigeuze:

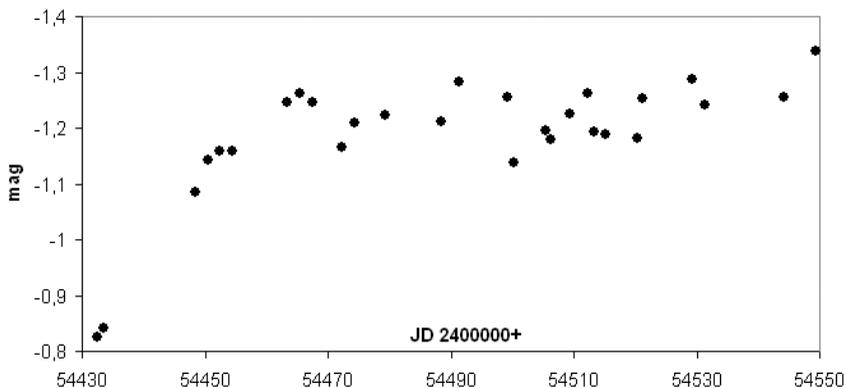


Abbildung 3) Lichtkurve von Beteigeuze. Alle Aufnahmen mit Canon Powershot A75, Vergleichssterne Bellatrix.

Die mit der Digicam gewonnene Lichtkurve entspricht in ihren wesentlichen Elementen der Lichtkurve der beiden Referenz-Beobachter: Einem steilen Anstieg folgt ein Plateau mit geringem Anstieg gegen Ende meiner Beobachtungssaison. Dem unmittelbar darauf folgenden Helligkeitsabfall konnte ich wetterbedingt nicht mehr verfolgen. Die Helligkeitsangaben geben die Differenz zum Vergleichsstern Bellatrix wider. Auch wenn man berücksichtigt, dass aufgrund der Nichtlinearität des Sensors die tatsächliche Unsicherheit größer ist, als angezeigt, ist die Bandbreite der Messungen immer innerhalb eines 0,2-mag-Bandes. Für eine aussagekräftige Beobachtung von Beteigeuze ist die Powershot A75 also hervorragend geeignet.

Aufgrund der positiven Erfahrungen startete ich im Frühjahr 2008 ein Beobachtungsprogramm an mehreren Sternen, diesmal mit meiner neuen Kamera, der Canon IXUS 70. Mit einer typischen Einzelaufnahme von 15 Sekunden erreicht die IXUS eine Grenzgröße zwischen der sechsten und der siebten Größenklasse. Da ich immer mindestens fünf Aufnahmen addiere, ist eine Grenzgröße knapp besser als die siebte Größenklasse sicher. Bis zu einer Helligkeit von etwa 4,5mag sollten also brauchbare Messungen möglich sein. Als erstes Beispiel soll das Beta Lyrae zeigen.

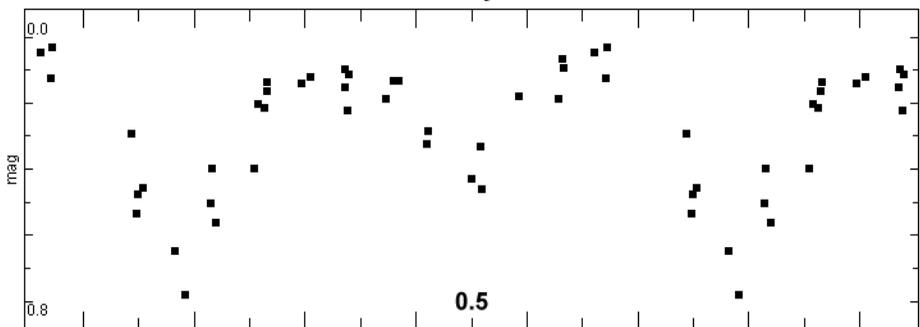


Abbildung 4) Lichtkurve von Beta Lyrae aus (bisher) 35 Werten. Aufnahmen mit Canon IXUS 70. Zwei Vergleichssterne wurden verwendet. Die Abszisse zeigt die Phase des Sterns, wobei das Nebenminimum bei Phase 0,5 liegt.

Der bei Beteigeuze gewonnene Eindruck bestätigt sich: Die Streuung ist erträglich, das Band nie breiter als 0,2mag. Es sind noch zu wenig Beobachtungen zusammengekommen, um das Ziel, die Erstellung einer Gesamt-Lichtkurve, zu erreichen, das sollte aber im Lauf des Herbstes mit angepeilten 50 Werten erreicht sein. Gezielte Minimumsbeobachtungen sollten es erlauben, einen brauchbaren Wert für den Zeitpunkt des Minimums abzuleiten. Der Helligkeitsbereich von Beta Lyrae (3,3 - 4,3) stellt also noch kein Problem dar. Der Beobachtungszeitraum für die Präsentation einer Lichtkurve ist noch zu kurz, aber es sei schon darauf hingewiesen, dass auch der Halbgelmäßige R Lyrae automatisch mitbeobachtet werden kann und einen schönen Lichtwechsel in den letzten drei Monaten zeigt.

Sieht man vom Polarstern wegen seiner sehr kleinen Amplitude einmal ab, sind Eta Aquilae und Delta Cephei die beiden hellsten Cepheiden, beide mit einem

Lichtwechsel zwischen 3,5mag und 4,4mag. Beide Sterne beobachte ich gegenwärtig, wobei Delta Cephei besonders interessant wegen der Nähe zu My Cephei ist, der für ein Langzeitprogramm ideal ist (und erwartungsgemäß in den letzten 100 Tagen nur einen sehr allmählichen Helligkeitsanstieg zeigt). Für Delta Cephei wurden bisher 28 Werte gewonnen (wie üblich aus Summenbildern). Folgender Zwischenstand kann gezeigt werden:

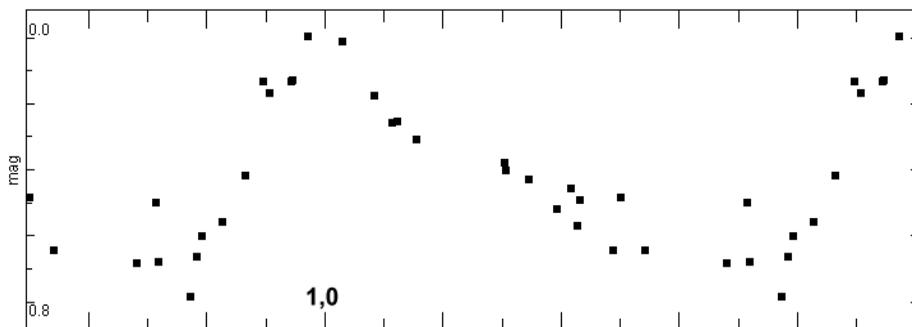


Abbildung 5) Lichtkurve von Delta Cephei aus (bisher) 28 Werten. Aufnahmen mit Canon IXUS 70. Zwei Vergleichssterne wurden verwendet. Die Abszisse zeigt die Phase des Sterns, wobei das Maximum bei Phase 1,0 liegt.

Jenseits der vierten Größenklasse kann die Streuung etwas zunehmen, ist aber immer noch erträglich. Auch hier fehlen noch Beobachtungen, um das Maximum genau ableiten zu können, bis zum Herbst sollte aber das Ziel erreicht sein.

Als Fazit aus den gebotenen Beispielen kann abgeleitet werden, dass die Digicams hervorragend zur Beobachtung heller Veränderlicher geeignet sind. Eine Voraussetzung ist allerdings, dass durch die Addierung mehrerer Aufnahmen (was zugegebenermaßen aufgrund der Bildfeldwölbung nicht trivial ist) von vornherein die Streuung reduziert wird. Arbeit macht diese Art von Beobachtung, das ist keine Frage. Andererseits baut man Wissen auf, das beim Umstieg auf digitale Spiegelreflexkameras oder CCD-Kameras von Vorteil ist.

Ich werde auf jeden Fall mein kleines Beobachtungsprogramm mit den Digicams fortsetzen für die Objekte, für die sie geeignet sind. Zur Zeit sind das Beteigeuze, My Cep, Alpha Her, R Lyr, Eta Aql, Delta Cep und Delta Lib, ab dem Winter zusätzlich Eta Ori, Lambda Tau und vor allem: Epsilon Aurigae.

Eine Wort zur Auswertungssoftware: Es wurde bewusst ausschließlich die freie Software IRIS des CCD-Pioniers Christian Buil verwendet, zu finden unter der Adresse:

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>