

Grundlagen der CCD Fotographie

Kontaktdaten



Sales & Service
Postfach 1265
Am Barkenkamp 9
D – 25474 Hasloh

e-Mail service@ineltech.de
www.ineltech.com

INHALTSVERZEICHNIS

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	2
1 Allgemeine Einleitung	3
2 CCD, PC und Photographie	4
2.1 Vergleich der CCD-Technik mit der Photographie:	4
2.2 Aufbau und Funktion einer Astro-CCD Kamera	5
2.3 Kamera und Computer	6
3 Die Entstehung eines Bildes	7
3.1 Skalierung - oder die vielen Gesichter eines Bildes	9
4 Belichtungszeiten und "Sandwich"- Bilder	10
4.1 Ermittlung der Belichtungszeit	10
5 Farbaufnahmen	12
5.1 Einleitung	12
5.1.1 Farbfiltren	12
5.1.2 Farbraster.....	12
5.2 Praktisches Vorgehen	13
5.2.1 Auswahl der Filter und Farben.....	14
5.2.2 LRGB-Komposit	15
5.2.2.1 Sandwich-Methode und "zurechtdrehen".....	16
5.2.2.2 Praktisches Beispiel	17

1 Allgemeine Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten wurde die Fotografie zur Erstellung astronomischer Aufnahmen verwendet. Die Möglichkeiten der Fotografie sind für den Astro-Amateur nahezu ausgereizt.

Seit einigen Jahren gibt es erschwingliches CCD-Equipment für die Astronomie. Ähnlich, wie in der Computertechnik, fallen die Preise und die Leistungsfähigkeit steigt.

CCD-Astrokameras unterscheiden sich in vielen Punkten von den z.B. in der Überwachungstechnik eingesetzten Videokameras. Der Hauptnachteil von Videokameras ist die kurze Belichtungszeit von etwa 1/50 sec. Diese kann nicht länger sein, da sonst bei der Wiedergabe kein flüssiges Bild entsteht. Durch diese kurze Belichtungszeit sind Deep-Sky Aufnahmen, welche ein wichtiges Einsatzgebiet der "klassischen" Fotografie sind, nicht möglich.



Kamera und CCD
Autoguider vereinen „Alt“ und
„Neu“

CCD-Astrokameras werden in Verbindung mit einem Computer betrieben und bieten ähnlich wie in der Astrofotografie, die Möglichkeit, langbelichtete Aufnahmen zu machen.

2 CCD, PC und Photographie

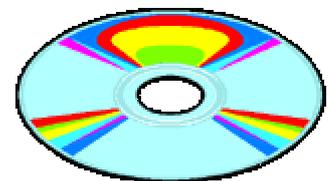
2.1 Vergleich der CCD-Technik mit der Photographie:

Stärken:

- Wenig Beeinträchtigung durch hellen Himmelshintergrund* Die Hintergrundhelligkeit kann bei CCD-Aufnahmen per Software "weggerechnet" werden. Dies ermöglicht auch Deep-Sky Aufnahmen in der Nähe von Großstädten.
- Hohe Empfindlichkeit* CCD Chips haben eine wesentlich höhere Empfindlichkeit, als fotografische Schichten (bis etwa 40.000 ASA!). Es ist möglich, einzelne Photonen zu "zählen". Die Belichtungszeiten reduzieren sich auf einige Minuten.
- Kein Schwarzschildeffekt* Die Empfindlichkeit eines CCD-Chips ist bis zur Pixelsättigung linear.
- Die Bilder sind sofort sichtbar* Direkt nach der Aufnahme können die Bilder bewertet werden.
- Kein Materialverbrauch* Die Menge der Aufnahmen bestimmen nur noch die Zeit und die Festplattengröße.
- Die Bilder liegen digital vor* Die Bilder können selbst bearbeitet werden (z.B. Sandwich-Verfahren, s.u.), man ist nicht auf ein Fotolabor angewiesen. Mit Hilfe einer geeigneten Software lassen sich viele Details aus den Rohbildern "herausholen". Wer die Bilder auf Papier haben möchte, kann diese selbst ausdrucken, oder sie zum Fotoplotten geben.



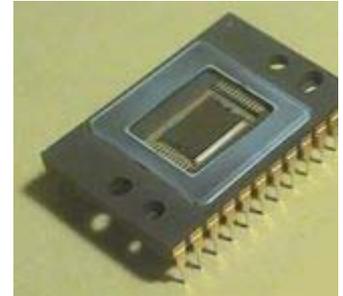
Selbst die Lichtglocke über Hamburg ist mit CCD-Technik durchschaubar.



CDR's sind das ideale Archivierungsmedium für die Digitalen Aufnahmen

Schwächen:

- *Kleines Bildfeld* Die Bildfläche ist mit einigen millimetern Kantenlänge noch sehr klein. Größere CCD-Chips sind kaum bezahlbar.
- *Spannungsversorgung und PC* Es ist immer eine Spannungsversorgung und ein PC notwendig. (Allerdings läßt sich auch mit Akkus und einem Laptop ein transportables Equipment realisieren.)
- *Anschaffungskosten* Der Preis für eine brauchbare Astro-CCD-Kamera liegt bei über 1000 Euro
- *Die CCD-Kamera liefert standardmäßig nur S/W- Bilder.* Zum Erstellen von Farbbildern müssen mehrere Aufnahmen gemacht werden. Es sind außerdem Filter notwendig.



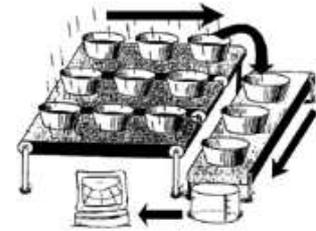
KAF-0401 ein "preiswerter"
Astro-CCD-Chip 768 x 512 Pixel
auf 6,9 x 4,6 mm

2.2 Aufbau und Funktion einer Astro-CCD Kamera

Der wichtigste Teil der Kamera ist der CCD-Chip. Er bestimmt hauptsächlich die Qualität der Bilder. Ein CCD-Chip, wie er in der Astronomie verwendet wird, besteht aus einem rechteckigen Feld, welches in viele kleine Teile (Pixel = Picture-Elements) aufgeteilt ist. Bei der Belichtung fällt eine von der Objekthelligkeit abhängige Menge an Photonen (= "Lichtteilchen") auf die Pixel und wird in Form von elektrischen Ladungen gespeichert.

Wird der CCD-Chip nach der Belichtung ausgelesen, werden die Ladungen der einzelnen Pixel nacheinander in digitale Signale umgesetzt, welche zu einem Computer übertragen und in Form von Zahlen (Pixelwerten) gespeichert werden. Je mehr Photonen auf ein Pixel gefallen sind, also je stärker die Belichtung war, desto größer ist der Pixelwert, der diesem Pixel zugeordnet wird.

Ein Bild besteht im Prinzip also nur aus Zahlen. Diese Zahlen liegen in einem bestimmten Wertebereich. Wie groß dieser Bereich ist, hängt von der sog. Dynamik der aufnehmenden Kamera ab. Eine Kamera mit einer Dynamik von z.B. 12 Bit liefert Pixelwerte im Bereich von 0 ... 4095. Es können also maximal 4096 (2 hoch 12) verschiedene Helligkeitswerte unterschieden werden.



Prinzip einer CCD-Kamera

2.3 Kamera und Computer

Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine Kamera mit dem Computer zu verbinden. Eine Möglichkeit ist die Anbindung über den Druckeranschluss. (LPT-Parallelport). Der Hauptvorteil dieser Verbindungsart ist ihre Verfügbarkeit auf allen PC's und Laptops (bei einigen besonders kleinen Laptops wird ein Port- Replikator benötigt). In diesem Fall ist eine zusätzliche Spannungsversorgung für die CCD-Kamera erforderlich. Normalerweise beträgt die Spannung 12V. Der Parallelport ist eine veraltete und relativ langsame Datenübertragungsform. Es kann daher passieren, dass bei hochauflösenden CCD-Chips und/oder ungünstiger Programmierung die Bildübertragung mehrere zig-Sekunden dauert.

Andere Kameras benötigen ihre eigene PC-Einsteckkarte für die Datenübertragung. Diese kann zwar die Datenübertragung beschleunigen, verhindert aber den Betrieb der Kamera an verschiedenen PC's und schließt die Benutzung von Standard-Laptops aus. Die Spannungsversorgung der Kamera erfolgt dann meist über die Karte (und somit über das PC-Netzteil).

Als "moderne" Varianten der Datenverbindung sind auch noch der Anschluss über den USB-Port oder der Netzwerk-Anschluss zu nennen. Dann wird eine separate Spannungsversorgung der CCD-Kamera benötigt.

3 Die Entstehung eines Bildes

Beim Erstellen eines CCD-Bildes erhält man (wie bei der Fotografie auch) nicht nur die gewünschten Daten. Diese unerwünschten Effekte entstehen dadurch, daß der Chip sich nicht ideal verhält. Die wichtigsten sind:

- Dunkelstrom:

Die Pixel sammeln nicht nur das Licht, welches vom Aufnahmeobjekt kommt, sondern auch den sogenannten Dunkelstrom. Dieser entsteht durch die thermischen Aktivitäten auf dem Chip (Molekularbewegung). Da dieser Effekt relativ konstant ist, lässt er sich durch eine weitere Aufnahme mit abgedecktem Chip ausgleichen. Diese sollte zeitnah zur eigentlichen Aufnahme und mit gleicher Belichtungszeit erfolgen. Unserer Erfahrung nach, reicht es, diese Aufnahme einmal pro Astrosession durchzuführen. Die Pixelwerte des Dunkelstrombildes werden anschließend von den Pixelwerten der Originalbilder subtrahiert.

Der Dunkelstrom ist im wesentlichen von der Belichtungszeit und der Chiptemperatur abhängig. Deswegen sind die meisten CCD-Kameras mit einer Peltier-Kühlung versehen. Diese erreicht Chiptemperaturen von bis zu 40 K unter der Außentemperatur. Dabei halbiert sich der Dunkelstrom bei einer Abkühlung um 7 K.

- Flatfield

Leider haben nicht alle Pixel auf einem CCD-Chip die gleiche Empfindlichkeit. Im Extremfall, also bei sehr geringer Pixelempfindlichkeit, spricht man von toten Pixeln. Außerdem wird durch optische Einflüsse nicht immer eine gleichmäßige Belichtung des ganzen Chips erzielt. Dafür ist hauptsächlich die sog. Vignettierung verantwortlich: Häufig ist die Lichtausbeute am Rand des Bildes aufgrund von Streulichtblenden, Adaptern oder eines (zu) kleinen Fangspiegels

kleiner als in der Mitte. Ein weiterer Effekt, der die Belichtung beeinflussen kann, sind Staubkörner auf optischen Flächen.

Diese Effekte kann man durch eine sogenannte Flatfield-Aufnahme ausgleichen. Dabei wird eine gleichmäßig beleuchtete, weiße Fläche aufgenommen. Das gewonnene Bild gibt Aufschluß über die Empfindlichkeiten und die Belichtung der verschiedenen Pixel und muss von der Originalaufnahme dividiert werden.

Da die zeitlichen Veränderungen der Pixelempfindlichkeiten nur minimal sind, reicht es, wenn keine Vignettierung vorhanden ist, die Erstellung eines Flatfield-Bildes einmal pro Saison durchzuführen. Dies erfordert natürlich auch nahezu staubfreie optische Flächen.

Möchte man jedoch die Vignettierung (vor allem bei großen Chips) ausgleichen, muß natürlich mindestens ein Flatfield pro Aufnahmeserie gemacht werden. Insgesamt betrachtet ergibt sich also folgende Rechnung (die für jedes Pixel einzeln durchgeführt werden muss):

$$(\text{Aufnahmebild} - \text{Dunkelbild}) / \text{Flatfield} * \text{Durchschnitt Flatfield}$$

Dies Rechnung führt die Bildverarbeitungs- oder auch bereits selbstständig die Aufnahmesoftware durch. Die dabei entstehenden Bilder verwendet man dann zur Weiterverarbeitung.

- Blooming

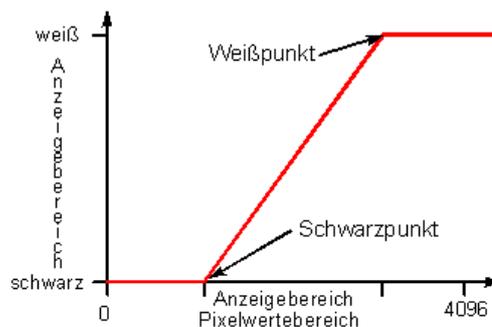
Pixel, die aufgrund starker Belichtung keine Ladung mehr aufnehmen können, also gesättigt sind, geben ihre Ladung bei weiterer Belichtung teilweise an umliegende Pixel ab. Diesen Effekt nennt man Blooming, da solche übersättigten Sternabbildungen an Blumen erinnern. Dieser Effekt läßt sich durch einen speziellen Aufbau der Pixel, durch sogenannte "Anti-Blooming-Gates" verhindern. Dies hat aber einen wesentlichen Nachteil: Es verkleinert die Pixelgröße und somit die Empfindlichkeit. Außerdem läßt sich keine genaue

Photometrie mehr betreiben, da die Lichtmenge, die auf die inaktiven Flächen zwischen den Pixeln fiel, nicht bekannt ist.

3.1 Skalierung - oder die vielen Gesichter eines Bildes

Wie bereits erwähnt, liefert eine CCD-Kamera Bilder mit typischerweise z.B. 4096 (= 12 bit Dynamik) oder bis zu 65536 (= 16 bit Dynamik) Graustufen. Ein normaler PC-Monitor kann allerdings nur maximal 256 Graustufen darstellen. Daher können die vielen Graustufen dazu genutzt werden, den "interessantesten" Teil eines Bildes auch nach der Aufnahme auszuwählen. Dies ist bei vielen Deep-Sky-Objekten besonders wichtig, da dadurch sehr dunkle und sehr helle Bereiche problemlos mit einer Aufnahme erfaßt werden können. Man benötigt nicht unbedingt, wie in der Fotografie, eine kurzbelichtete Aufnahme für die Hellen und eine langbelichtete Aufnahme für die dunklen Teile des Aufnahmeobjektes.

Um diese, sehr vorteilhafte Vorgehensweise zu ermöglichen, ist unbedingt ein astronomisches Bildverarbeitungsprogramm erforderlich. Herkömmliche Programme können nur mit Bildern umgehen, die 256 Helligkeitsstufen haben.



4 Belichtungszeiten und "Sandwich"- Bilder

4.1 Ermittlung der Belichtungszeit

Bei der konventionellen Astrofotografie war die Belichtungszeit von Deep-Sky-Aufnahmen hauptsächlich von dem Himmelshintergrund abhängig. Bei hellem Hintergrund konnte man in der Regel nur wenige Minuten belichten und musste sich auf helle Objekte beschränken. Die Belichtungszeit einer CCD-Aufnahme ist von folgenden Kriterien abhängig:

- Helle Teile des Aufnahmeobjektes sollten nicht durch zu lange Belichtung überstrahlt sein. Dies erkennt man daran, daß die Pixelwerte nicht im Bereich des maximal Möglichen Pixelwertes liegen (keine Sättigung der Pixel).
- Es muss aber mindestens so lange belichtet werden, dass sich dunkle Teile des Aufnahmeobjektes auf dem Bild vom Rauschhintergrund abheben.
- Die Hintergrundhelligkeit und der Dunkelstrom sollte möglichst weniger als die Hälfte des größtmöglichen Pixel-Wertebereichs einnehmen. Dann erhält man eine gute Dynamik des Bildes.

Häufig widersprechen sich diese Bedingungen, deswegen ist ein etwas anderes Aufnahmeverfahren als bei der Fotografie empfehlenswert. Statt einer lange belichteten Aufnahme, lohnt es sich häufig, mehrere, kürzer belichtete Aufnahmen vom gleichen Objekt zu machen, um diese später zu einem Bild zusammenzufassen.

Die kurzen Belichtungszeiten verhindern das Erreichen der Sättigung und verringern den Einfluß des Dunkelstromes und Himmelshintergrundes. Werden die Bilder anschließend aufeinanderaddiert, verringert sich das statistische Rauschen, jedoch wird die Bildinformation deutlicher. Somit werden auch sehr dunkle Teile des Aufnahmeobjektes sichtbar, welche vorher im Rauschen der Einzelbilder verschwanden.

- Nachführfehler machen sich auf kurz belichteten Aufnahmen weniger oder gar nicht bemerkbar. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß das CCD-Bildverarbeitungsprogramm in der Lage ist, die gegeneinander verschobenen (oder verdrehten) Bilder wieder exakt aufeinander zu setzen. Die besten Ergebnisse erhält man mit Programmen, welche nicht nur um ganze Pixel

verschieben, sondern auch Zwischenwerte interpolieren und somit ein "weiches" verschieben ermöglichen.

- Mit dieser Methode ist es außerdem auch möglich, aus mehreren Bildern geringer Auflösung ein höher aufgelöstes Bild zu erzeugen, wenn die Einzelbilder gegeneinander leicht versetzt aufgenommen wurden. Dies erfordert zwangsläufig ein interpolationsfähiges CCD-Bildverarbeitungsprogramm.

Um beide Vorzüge zu nutzen, verwendet man (mindestens) zwei Referenzpunkte auf den Bildern. Dazu sucht man zwei möglichst weit auseinanderliegende, nicht überstrahlte Sterne, die auf allen Bildern sichtbar sind. Diese wählt man im Bildverarbeitungsprogramm aus. Die Helligkeitsschwerpunkte der Sterne werden mathematisch bestimmt. Die dadurch erzeugte Genauigkeit ergibt ein sehr scharfes Summenbild. Wir bezeichnen diesen Vorgang als "Drehaddieren". Eine Bildverarbeitungssoftware wie CCD Night XP vereinfacht dieses für den Nutzer soweit, dass dieses nahezu vollautomatisch geschieht.

5 Farbaufnahmen

5.1 Einleitung

Wie schon im vorigen Kapitel erwähnt, liefert ein gewöhnlicher CCD-Chip, wie er in Astro-Kameras eingesetzt wird, standardmäßig nur Graustufenbilder. Das bedeutet, dass sich die Pixel beim Belichten nur die Menge des Lichtes (=Photonenmenge) "merken", nicht jedoch, welche Wellenlänge (=Farbe) es hatte. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Farbaufnahmen zu erstellen. Zum einen können Aufnahmen mit **Farbfiltern** oder **Farbraster** durchgeführt werden.

5.1.1 Farbfiltern

Dies ist eine Methode, die gegenüber der ersten, qualitativ weitaus höherwertige Bilder erzeugt. Dabei wird das Aufnahmeobjekt mit verschiedenen Farbfiltern mehrfach aufgenommen (z.B. je ein Bild mit Rot-, Grün- und Blaufilter). Der daraus resultierende Hauptnachteil ist, dass sich das Objekt im Laufe der gesamten Aufnahmezeit nicht verändern darf, was bei astronomischen Objekten jedoch weitgehend problemlos ist.

Die entstandenen Einzelbilder werden dann mittels Bildverarbeitungssoftware zu einem einzigen Farbbild zusammengefasst. Durch dieses Vorgehen kann die Auflösung des CCD-Chips voll genutzt werden. Photometrische Auswertungen der Bilder sind, ebenso wie mit S/W-Bildern, auch problemlos möglich. Aufgrund der enormen Vorteile und der Tatsache, dass hochwertige CCD-Farbaufnahmen praktisch nur auf diese Weise erstellt werden können, werden wir uns in diesem Artikel auf dieses Verfahren konzentrieren.

5.1.2 Farbraster

Die Pixel werden rasterartig mit winzigen Farbfiltern versehen. Dadurch wird erreicht, dass bestimmte Pixel nur für bestimmte Wellenlängenbereiche (also Farben) empfindlich sind. Mehrere Pixel mit unterschiedlichem Filter (z.B. Rot, Grün und Blau) können dann zu einem einzigen, farbigen Bildpunkt zusammengefasst werden.

Auf diese Art und Weise funktionieren alle farbigen Webcams, Amateurvideo-, Überwachungs- und Digitalkameras. Auch im Amateurastronomie-Bereich werden

gelegentlich Kameras mit solchen Chips verwendet. Sie stellen eine kostengünstige Alternative zu den wesentlich teureren Astrokameras dar. Diese Technik hat jedoch nicht nur Vorzüge. Negative beeinflussen können das Ergebnis die folgenden Faktoren.

Für ein resultierendes "Farbapixel" werden mehrere (mindestens drei) physikalische Pixel benötigt. Dies verringert die effektive Auflösung auf einen kleinen Teil der physikalischen Pixelzahl. Häufig stellen die Chiphersteller daher Chips mit wesentlich kleineren Pixeln her, damit die ursprüngliche Auflösung auf gleicher Fläche wieder erreicht werden kann. Hierdurch handelt man sich aber den zweiten Nachteil ein, und zwar:

Eine wesentlich geringere Lichtempfindlichkeit der kleineren Pixel, die mit ihrer geringen Fläche weitaus weniger Photonen "auffangen" können. Ein weiterer, wichtiger Nachteil speziell im astronomischen Bereich ist, dass punktförmige Lichtquellen (Sterne) nicht immer alle Farbpixel einer Pixelgruppe belichten, sondern (bei scharf eingestellter Optik) eventuell nur einzelne Farben. Dies resultiert in knallbunten, zufallsbedingten Sternabbildungen, welche jedoch keinesfalls die eigentliche Sternfarbe widerspiegeln. Photometrische Auswertungen sind daher kaum möglich.

Ferner sei erwähnt, dass die winzigen Farbfilter der Pixel meist qualitativ schlechter sind, als z.B. hochwertige Interferenzfilter. Dies spiegelt sich in einer geringen Lichtausbeute (Lichtempfindlichkeit) und kontrastschwächeren Farben wieder. Zudem ist es natürlich nicht möglich, das Farbraster zu wechseln (oder für S/W-Aufnahmen zu entfernen), ohne dabei die ganze Kamera auszutauschen.

5.2 Praktisches Vorgehen

Für die Erstellung von farbigen Astroaufnahmen werden also, zusätzlich zur Astro-CCD-Kamera, noch diverse Farbfilter benötigt.

Da die Filter während jeder Aufnahme mehrfach gewechselt werden müssen, ist die Nutzung eines elektrisch angetriebenen Filterrades empfehlenswert.



Elektrisch angetriebenes, vom Computer ansteuerbares Filterrad

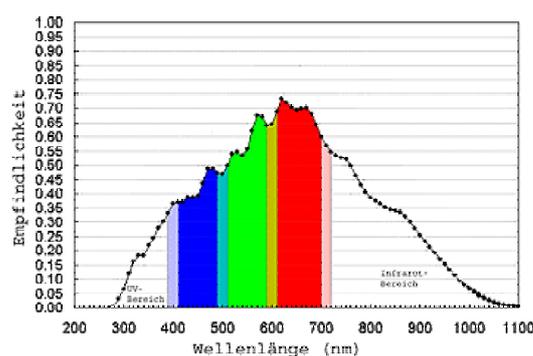
Dies verhindert das sehr aufwendige wechseln der Filter von Hand. Ein solches Filterrad wird meist, wie die CCD-Kamera auch, vom PC aus gesteuert.

5.2.1 Auswahl der Filter und Farben

Ein auf dem Bildschirm angezeigtes Farbbild besteht grundsätzlich aus drei Farbanteilen: Rot, Grün und Blau. Dies sind die drei additiven (positiven) Grundfarben. Daher liegt es nahe, Farbfilter mit diesen drei Farben für die Aufnahme zu verwenden. Ein Farbbild, welches aus diesen drei Teilaufnahmen zusammengesetzt wurde, wird als RGB-Komposit (Rot-Grün-Blau-Komposit) bezeichnet.

Eine unangenehme Eigenschaft von CCD-Chips ist die inhomogene (ungleichmäßige) Farbempfindlichkeit. Das bedeutet: In den jeweiligen Bereichen Rot, Grün und Blau ist der CCD-Chip unterschiedlich empfindlich.

Um trotzdem ein farblich ausgeglichenes Bild zu erhalten, muss dieser Effekt ausgeglichen werden. Dies geschieht z.B. dadurch, dass die Belichtungszeiten der entsprechenden Farbbilder unterschiedlich gewählt werden. Dabei wird aufgrund der CCD-Eigenschaft das Grün- und das Blaubild länger belichtet, als das Rotbild (ein CCD-Chip ist im Rot-Bereich am empfindlichsten). Ein typisches Verhältnis der Belichtungszeiten ist z.B.:



Empfindlichkeit eines hochwertigen CCD-Chips im Rot-, Grün-, und Blau-Bereich.

R : G : B = 1 : 2 : 5.

Hierbei gilt zusätzlich, dass die Lichtempfindlichkeit des CCD-Chips mit Farbfilter in jedem Fall geringer ist, als ohne Filter. Würden wir z.B. annehmen, dass die Empfindlichkeit mit Rotfilter nur 1/3 gegenüber der Empfindlichkeit ohne Filter beträgt, so kann man sich schnell ausrechnen, dass für ein mit S/W-Bildern vergleichbares Signal-zu-Rausch Verhältnis (=Bildqualität) eine sehr viel längere Belichtungszeit erforderlich ist:

**Belichtungs-
verhältniss**

/

Rot - Anteil: 3 x 1 = 3
Grün-Anteil: 3 x 2 = 6
Blau-Anteil: 3 x 5 = 15

Gesamt Faktor = 34

Berechnung der Belichtungszeit Verlängerung für genanntes Beispiel

Rot = 3mal so lange (wegen 1/3), Grün also $3 \times 2 = 6$ mal so lange und Blau $3 \times 5 = 15$ mal so lange. Vernachlässigt man die Zeit für den Filterwechsel, dauert die Erstellung eines einzigen RGB-Bildes also insgesamt $3 + 6 + 15 = 24$ mal so lange, wie die eines vergleichbaren S/W-Bildes.

5.2.2 LRGB-Komposit

Um kürzere Belichtungszeiten zu ermöglichen, ohne einen sichtbaren Qualitätsverlust in Kauf zu nehmen, ist eine etwas andere Vorgehensweise von Vorteil: die sog. LRGB-Technik.

LRGB steht für: Light, Red, Green, Blue. Das Bild wird dabei aus vier verschiedenen Aufnahmen zusammengesetzt, nämlich, wie beim RGB-Komposit aus den drei Grundfarben und zusätzlich einem Weißbild, welches ohne Filter aufgenommen wurde.

Dieses Weißbild wird dabei genau so lange belichtet, wie es für ein gut ausbelichtetes S/W-Bild notwendig ist. Die RGB-Bilder werden im Verhältnis zueinander so belichtet, wie es dem Chip entspricht (im obigen Beispiel also im Verhältnis 1 : 2 : 5), jedoch mit einer anderen Vorgehensweise: Im sogenannten Pixel-Bining-Mode.

Dabei werden beim Auslesen des Bildes die Pixel nicht mehr einzeln, sondern in Gruppen zusammengefasst ausgelesen. Es werden also immer mehrere Pixel (z.B. $2 \times 2 = 4$ Pixel) zu einem zusammengefasst. Dies bewirkt natürlich eine drastische Reduzierung der Auflösung auf ein viertel der Pixelzahl, hat aber einen entscheidenden Vorteil:

Das Signal-zu-Rausch Verhältnis der Farbbilder verbessert sich enorm, da die Lichtmenge von vier Pixeln zusammengefasst wird (reduzierung des Rauschens!). Um ein akzeptables Signal-zu-Rausch Verhältnis der Einzel-Farb-Bilder zu erreichen, muss daher nicht mehr so lange belichtet werden, wie beim RGB-Komposit.

5.2.2.1 Sandwich-Methode und "zurechtdrehen"

Wie wir schon im ersten Kapitel beschrieben haben, ist es häufig sinnvoll, statt einer lange belichteten Aufnahme, mehrere, kürzer belichtete Aufnahmen zu machen, um diese später zu einem Bild zusammenzufassen. Dies gilt auch für die Einzelbilder der Farbserien! Warum also nur ein Bild je Farbkanal? Leistungsfähige Bildverarbeitungssoftware wie CCDNightXP ist in der Lage, die vielen Bilder der Farbserien in einem einzigen Arbeitsschritt zum "Endprodukt", also dem qualitativ hochwertigen Farbbild, zusammenzusetzen - dies gilt sowohl für RGB- als auch für LRGB-Komposites.

Bei der Festlegung der Bilderanzahl sollte man beachten, dass es möglich ist, aus Aufnahmeserien mit wenigstens drei Bildern pro Farbkanal automatisch Artefakte wie z.B. Cosmics oder Sattelitenspuren zu entfernen (zur Zeit ist CCD-NightXP das einzige Bildverarbeitungsprogramm, welches dies ermöglicht!). Also sollte man bei allen Farbserien mindestens drei Aufnahmen erstellen. Auf alle Vorteile, die ein Sandwich-Komposit bietet, muss man also auch bei Farbbildern nicht verzichten.

Die Anzahl der Einzelbilder kann dabei auch innerhalb der Farbserien variieren: So ist es z.B. möglich, zwecks der Anpassung der unterschiedlichen Farbempfindlichkeiten nicht die Belichtungszeiten, sondern die Anzahl der Einzelbilder anzupassen, wenn diese Bilder später addiert werden. Dies kann nützlich sein, wenn man bereits eine praktisch günstige Belichtungszeit gefunden hat (z.B. 2 min.), von der man nicht mehr abweichen möchte (Nachführfehler, Dunkelstrom der CCD-Kamera...).

Natürlich kommt es auch bei Aufnahmen mit Farbfiltern (besonders, falls diese per Hand gewechselt werden) vor, dass nicht alle Bilder exakt den gleichen Ausschnitt zeigen, sondern dass diese etwas gegeneinander verschoben und verdreht sind. Die Bildverarbeitungssoftware legt dennoch alle Bilder so aufeinander, dass es wieder

stimmt! Hierzu verwendet man die bereits bei den S/W-Bildern bewährte Referenzpunkte-Methode. (s. Sandwich-Bilder im letzten Kapitel). Bei extrem verschobenen Bildern sollte die Software den Einsatz von zwei oder mehr Referenzpunkten bieten; damit lassen sich auch Aufnahmen von verschiedenen Tagen exakt aufeinander legen.

5.2.2.2 Praktisches Beispiel

Die Bilder, die Sie in der Bildergalerie finden, wurden mit einer Selbstbaukamera mit Kodak KAF 0401-E Chip und einem RGB- Interferenzfiltersatz erstellt.

Hier unsere Berechnung der optimalen Belichtungszeitverteilung (als Beispiel, diese gilt natürlich nur genau für die erwähnte Ausrüstung):

Gemessenes Belichtungs-Verhältnis: R : G : B = **1 : 1.24 : 2.77**

Dieses Verhältnis ergibt eine natürliche Farbwiedergabe. Lichtquellen mit einer Farbtemperatur von 5800 K (diese kann als "natürliches Weiß" angesehen werden) erscheinen damit Weiß. Die Gesamtbelichtungszeiten der Farbserien entsprachen in etwa diesem Verhältnis.

Kontaktdaten



Sales & Service
Postfach
Am Barkenkamp 9
D - 25474 Hasloh

e-Mail service@ineltech.de
www.ineltech.com