

## Über eine Möglichkeit linear transformierte Aufnahmen photometrisch zu vermessen

Klaus Retzlaff

In der differentiellen CCD-Photometrie gilt der Grundsatz, nur unveränderte Aufnahmen zu vermessen, um bestimmte systematische Fehler auszuschließen, so sind Dunkelbild- und Flatfieldabzug die einzig gestatteten Veränderung der Originalaufnahme.

Das ist notwendig, um die Helligkeitsdifferenz entsprechend der Definition

$$\Delta m_{ij} = -2,5 \lg \frac{E_i}{E_j}$$

richtig zu bestimmen.  $E_i$  und  $E_j$  sind hier die gemessenen und um die Hintergrundexposition reduzierten Expositionen der photometrierten Objekte i und j.

Durch Manipulationen der Aufnahmen, z.B. Aufhellung oder Kontraständerung wird das Verhältnis von  $E_i$  und  $E_j$  unkontrolliert verändert, was zwangsläufig auf falschen Differenz  $\Delta m_{ij}$  führt.

Unter bestimmten Umständen besteht jedoch das Bedürfnis, veränderte Bilder zu photometrieren, z.B. weil ein interessantes lichtschwaches Objekt überhaupt erst auf einer transformierten Aufnahme richtig erkennbar ist. Beispielsweise gibt es bei dem Bildbearbeitungsprogramm „Giotto“ die Option „100%“. Der Kontrast wird dabei dadurch verändert, dass die Differenz des schwächsten und des hellsten Pixels auf die gesamte mögliche Bildtiefe gestreckt wird. Diese Manipulation entspricht einer linearen Transformation (Index „T“) der Expositionen:

$$E_i^T = \frac{E_{\text{Bildtiefe}}}{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}} (E_i - E_{\text{min}})$$

Tatsächlich ist das Verhältnis der transformierten Größen  $\frac{E_i^T}{E_j^T}$  nicht mehr gleich dem

Verhältnis der Originalgrößen  $\frac{E_i}{E_j}$ .

Trotzdem ist es möglich, auch die so transformierte Aufnahme korrekt zu photometrieren. Dazu muss auf das Originalverhältnis zurück gerechnet werden:

$$\Delta m_{ij} = -2,5 \lg \frac{E_i}{E_j} = -2,5 \lg \frac{E_i^T + E_{\min}}{E_j^T + E_{\min}}$$

Um diese Berechnung vorzunehmen, muss die Größe  $E_{\min}$  bekannt sein. Die sicherste Methode, um  $E_{\min}$  zu bestimmen, besteht darin, zwei gut sichtbare Objekte A, B auf der Originalaufnahme (Messwerte:  $E_A$ ,  $E_B$ ) und diese Objekte auf der transformierten Aufnahme (Messwerte:  $E_A^T$ ,  $E_B^T$ ) zu vermessen. Mit Hilfe dieser Messwerte lässt sich die unbekannte Größe  $E_{\min}$  ausrechnen:

$$E_{\min} = \frac{E_A^T E_B - E_A E_B^T}{E_A - E_B}$$

Es ist wichtig zu beachten, dass diese Methode nur auf die spezifisch dargestellte Manipulation von Aufnahmen anwendbar ist. Oft ist bei Bildbearbeitungsprogrammen nicht klar, was der Kontrastregler genau macht, da es verschiedene Möglichkeiten zur Kontrastveränderung gibt.

An zwei Beispielen möchte ich die Anwendung der Methode demonstrieren, erstens am Veränderlichen R CrB (Bild 1) sowie zweitens an einem Stern in NGC 6997 (Bild 2). Zur Bildbearbeitung verwendete ich das Bildbearbeitungsprogramms GIOTTO. Die Expositionen habe ich mit einem eigenen Computerprogramm ermittelt. Auf der Originalaufnahme sind die Sterne R CrB und sein Vergleichssterne (15.130 mag in V, siehe AAVSO, scale = F, Chart ID = 1292 dds) kaum sichtbar. Durch die Transformation wurde der Kontrast zwischen Hintergrund und den Objekten erhöht.

Die Vermessung der Aufnahmen ergibt die folgenden Werte:

Objekte	E	$E^T$
A	5524	4907
B	7991	7786
C	1288	901
V	1953	1373

Man sollte sich nicht über die gegenüber den Originalbildern verkleinerten Werte wundern, denn für die Wahrnehmung ist der Kontrast zum Untergrund wesentlicher, als die Betragshöhe.

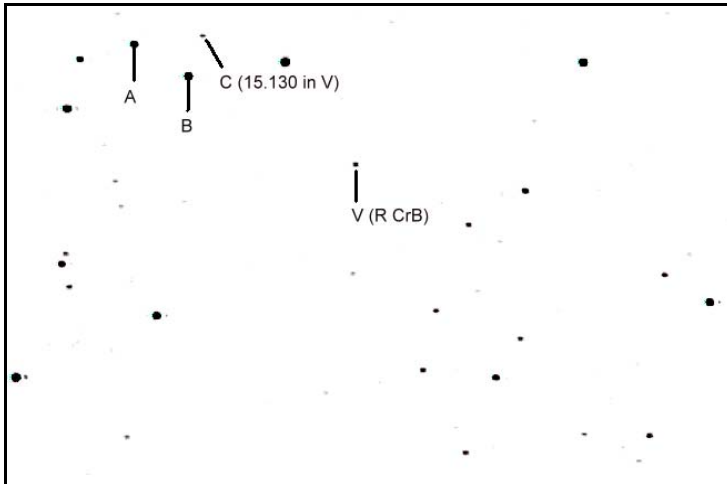


Bild 1: Die Umgebung von R CrB am 16.7.2009. Auf der Originalaufnahme sind die Objekte C und V kaum erkennbar.

Mit den Werten für die Objekte A und B ergibt sich  $E_{\min} = 1539.53$  und damit findet man für das transformierte Bild die Helligkeitsdifferenz

$$-2,5 \lg \frac{E_C^T + E_{\min}}{E_V^T + E_{\min}} = 0.4009$$

Im Unterschied hierzu ergibt die Photometrie am Originalbild den Wert

$$-2,5 \lg \frac{E_C}{E_V} = 0.452$$

Das entspricht einem Fehler von 0.0511 mag. Angesichts der Tatsache, dass hier ein geringes Signal-Rausch-Verhältnis vorliegt, ist das ein brauchbares Ergebnis. Beispiel 2 zeigt ein ähnliches Ergebnis für ein kleines Sternchen in NGC 6997.

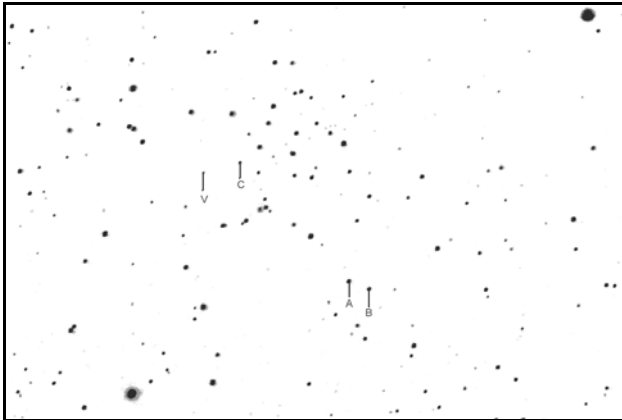


Bild 2: Sternfeld in NGC 6997 am 6.8.2009. Auch hier sind die Objekte C und V auf der Originalaufnahme kaum erkennbar. Auf der transformierten Aufnahme sind sie dagegen deutlich sichtbar. Das Sternchen V ist GSC2 N 0331331 210 – kein Veränderlicher.

Die Vermessung der Aufnahmen ergibt:

Objekte	E	$E^T$
A	9937	9866
B	8102	7573
C	4792	3813
V	3784	2521

$$\text{So folgt } E_{\min} = 2551.19, \quad -2,51\text{lg} \frac{E_C^T + E_{\min}}{E_V^T + E_{\min}} = -0.2217 \text{ und}$$

$$-2,51\text{lg} \frac{E_C}{E_V} = -0.2564$$

Der Fehler beträgt hier nur -0.0348 mag.

Es ist zu beachten, dass bei der Anwendung des Verfahrens die Bestimmung von E für die Objekte C und V nicht erforderlich ist. Die Sterne A und B müssen unbedingt unterschiedliche Helligkeiten besitzen. Die Genauigkeit wächst, je größer die Helligkeitsdifferenz zwischen A und B ist. In der Sättigung darf jedoch nicht gearbeitet werden. Die Sterne C und V sollten eine möglichst geringe Helligkeitsdifferenz aufweisen.

Quellen: Rechnungen des Autors