

CCD - Photometrie

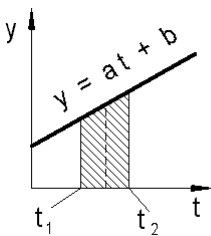
Meßfehler bei längeren Belichtungszeiten

Hans Jungbluth

Auf der BAV - Tagung in Heidelberg entstand die Frage, wie lange man eine CCD-Aufnahme belichten darf, ohne dass Fehler bei der gemessenen Helligkeit entstehen, die größer sind als z. B. 0,01 mag. Hierzu habe ich mir Gedanken gemacht und bin zu folgendem Ergebnis gekommen.

Üblicherweise ordnet man den gemessenen Helligkeitswert dem mittleren Zeitpunkt zwischen Anfang und Ende der Belichtung zu.

Ändert sich während dieser Zeit die Helligkeit nicht, ist natürlich alles klar; es entsteht kein Meßfehler.



$$J = \int_{t_1}^{t_2} (a t + b) dt =$$

$$\text{mit } \Delta t = t_2 - t_1$$

$$\frac{J}{\Delta t} = a \frac{(t_1 + t_2)}{2} + b$$

Ändert sich während der Belichtungszeit die Helligkeit linear, so muß man, um den sich ergebenden Helligkeitspegel zu finden, das in Bild 1 angegebene Integral errechnen. Dieses Integral, dividiert durch die Belichtungsdauer $\Delta t = t_2 - t_1$, ist dann die gemessene Helligkeit, die man üblicherweise in der Mitte der Belichtungszeit anträgt. Man sieht, dass diese Rechnung

Bild 1 : linearer Helligkeitsverlauf

genau die Helligkeit zur Mitte der Belichtungszeit liefert. Bei einem linearen Verlauf der Helligkeitsänderung entsteht also keinerlei Meßfehler, egal wie lang die Belichtungszeit auch ist.

Anders ist dies, wenn die Helligkeitsänderung z. B. einen parabelförmigen Verlauf hat, wie das angenähert bei einem Minimum eines Bedeckungsveränderlichen der Fall ist.

Bild 2 zeigt diese Situation. Auch hier muß man die schraffierte Fläche als Integral be-

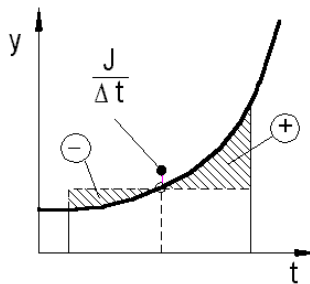
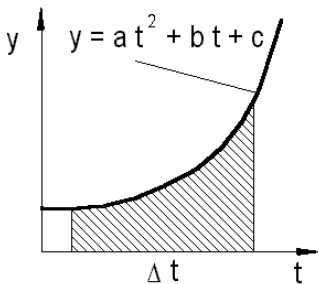


Bild 2 : parabolischer Helligkeitsverlauf

rechnen. Die Division durch Δt ergibt wieder den Helligkeitspegel, den die Messung liefert. Man erkennt aber aus dem rechten Bild, daß man hier nicht den "richtigen"

Pegel beim Mittelwert von Δt , als kleiner Kreis eingezeichnet, erhält. Die rechte schraffierte Fläche, mit + gekennzeichnet, ist größer als die linke, die mit - markiert ist. Der Pegel $J/\Delta t$ der Messung wird über dem Mittelwert liegen. Ist der Helligkeitsverlauf parabolisch, wie in der Formel im linken Teil von Bild 2 angegeben, so kann man den entstehenden Fehler berechnen: er wird

$$\text{Fehler} = a \cdot (t_2 - t_1)^2 / 12$$

Schätzt man den Fehler für praktisch gemessene Lichtkurven ab, so zeigt sich, daß selbst bei Belichtungszeiten bis 200 sec. der Meßfehler kleiner ist als das "Rauschen" in der Helligkeit. Man kann ihn also wohl vergessen.

Ein weiterer Spezialfall sind Lichtkurven, welche fast geradlinige Flanken haben; auch die kommen vor. Bild 3 zeigt diesen Fall. Beim Belichten auf der abfallenden und ansteigenden Flanke, linker und rechter Teil von Bild 3, wird wieder kein Meßfehler

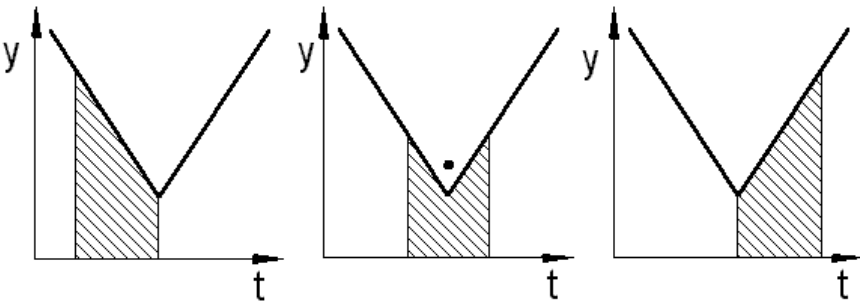


Bild 3 : geradlinigen Flanken

entstehen, siehe den am Anfang behandelten Teil bei linearer Helligkeitsänderung. Nur dann, wenn die Meßzeit über das Minimum, den Schnittpunkt beider geradlinigen Flanken hinweg geht, wird ein Messfehler entstehen. Dies ist im mittleren Teil von Bild 3 dargestellt; der bei der Messung gefundene Helligkeitswert wird wieder über dem wahren Wert liegen. Aber auch hier lässt sich der maximale Fehler leicht angeben. Er wird:

$$\text{Fehler} = a \cdot \Delta t / 4.$$

Hierbei ist a der Anstieg der Flanken in Magnituden pro Minute, Δt die Belichtungszeit, ebenfalls in Minuten.

Derartige Lichtkurven können bei kataklysmischen Sternen auftreten, bei denen der "Hotspot" bedeckt wird. Dabei habe ich schon Flankensteigungen von 0,1 mag / min. erlebt. Dies führt dann zu Messfehlern, die erheblich über dem "Helligkeitsrauschen" liegen können. Man bedenke aber: der Fehler tritt nur auf, wenn die Belichtung über das Minimum hinweg geht, davor und danach ist alles wieder in Ordnung.

Man braucht sich also normalerweise keine Gedanken über Messfehler durch zu lange Belichtungszeiten zu machen. Außerdem kann man diese Messfehler mit den hier angestellten Überlegungen abschätzen.