

Visuelle Beobachtung veränderlicher Sterne

Erik Wischnewski

Die visuelle Beobachtung veränderlicher Sterne zielt auf die Bestimmung der Helligkeit ab. Diese wird gegen die Zeit in ein Diagramm eingetragen und ergibt die Lichtkurve. Aus dieser gewinnt der Astronom Antworten auf Fragen zur Physik der Sterne.

Neben der lichtelektrischen und photographischen Photometrie, die beide nicht unerhebliche finanzielle und zeitliche Investitionen bedeuten, ist es vor allem die visuelle Schätzung von Helligkeiten, die nach wie vor Anwendung findet. Sie ist der ideale Einstieg in die Veränderlichenbeobachtung und auch für langfristige Programme geeignet.

Die Helligkeit des Veränderlichen wird durch Vergleich mit bekannten Sternen der Umgebung geschätzt. Hierbei kann der geübte Beobachter eine Genauigkeit von 0.05 mag erreichen. Der Anfänger liegt eher bei 0.1 – 0.2 mag. Übung macht den Meister!

Damit die Beobachtungen wissenschaftlich verwertet werden können, muss eine nachvollziehbare Methode angewendet werden. Eine wilde Drauflosschätzung ist unbrauchbar. Es haben sich vor allem zwei Methoden der visuellen Schätzung herauskristallisiert, die hier behandelt werden sollen:

- Pickeringsche Interpolationsmethode
- Argelandersche Stufenschätzmethode

Bei der Auswahl der Vergleichssterne und bei der Durchführung der Beobachtung sind einige prinzipielle Fehlerquellen zu beachten, die teilweise physikalischer Natur sind, teilweise mit der Physiologie und Psychologie des Beobachtens zu tun haben. Oft lassen sich diese Fehler nicht vermeiden, doch sollte man sie wenigstens kennen.

Position

Bei zwei nebeneinander stehenden gleich hellen Sternen würde der rechte Stern heller als der linke Stern eingeschätzt werden. Bei zwei übereinander stehenden gleich hellen Sternen würde der untere Stern heller als der obere Stern eingeschätzt werden.

Abhilfe: Bei Verwendung eines Zenitprismas kann man zwei Schätzungen machen, indem man einmal von rechts und einmal von links ins Fernrohr schaut. Schließlich nehme man den Mittelwert aus beiden Schätzungen.

Extinktion

Wenn die ausgewählten Vergleichssterne wesentlich unterschiedliche Himmelshöhe besitzen, kann sich der Fehler aufgrund unterschiedlicher Extinktionen, insbesondere in Horizontnähe, bemerkbar machen.

Abhilfe: Man bestimme die Höhe der Sterne und reduziere die gemessene Helligkeit auf die Zenithelligkeit.

Farbe

Helligkeiten werden immer für einen bestimmten Spektralbereich bestimmt. Dies wird durch Verwendung von Filtern erreicht. Bei der visuellen Schätzung ohne Filter erhält man ungefähr die V-Helligkeit. Um durch diese Abweichungen der Spektralbereiche des Auges vom V-Filter nach Johnson nicht unnötig große Fehler zu bekommen, sollte man darauf achten, dass die Vergleichssterne den gleichen Spektraltyp besitzen wie der Veränderliche.

Darüber hinaus schätzt der Mensch rote Sterne heller als blaue Sterne. Um diesen physikalischen Effekt auszuschalten, wähle man möglichst Sterne mit gleicher Farbe (gleichen Spektraltyps).

Hinzu kommt das Purkinje-Phänomen, wonach sich mit abnehmender Helligkeit (Übergang von Tag zu Nacht) die Empfindlichkeit des Auges zum Blauen hin verschiebt. Auch hier hilft die Wahl gleichfarbiger Vergleichssterne.

Defokussierung

Punktförmige Objekte lassen sich meist schwerer einschätzen als flächenhafte Objekte. Daher stelle man die Sterne gegebenenfalls etwas unscharf ein. Auch versuche man, nicht direkt auf den Stern zu starren, sondern daneben zu schauen (indirektes Beobachten). Beim direkten Betrachten trifft das Licht auf den gelben Fleck im Auge, dessen Lichtempfindlichkeit wesentlich geringer ist als die der übrigen Netzhaut.

Körperhaltung

Zur Vermeidung von Zitterbewegungen und körperlichen Anstrengungen, die sehr schnell zu ungenauen Schätzungen führen, möge sich der Beobachter ans Fernrohr setzen. Um sich bei Sternen in größerer Höhe nicht den Kopf verrenken zu müssen, benutze man grundsätzlich ein Zenitprisma. Ferngläser sollten auf ein Fotostativ geschraubt werden.

Distanz

Es ist ungünstig, die Vergleichssterne derart weit auseinander zu wählen, dass man während des visuellen Vergleichs mit dem Fernrohr hin und her fahren muss.

Intervall

Je größer der Helligkeitsunterschied zweier Sterne ist, umso schlechter kann man sie miteinander vergleichen. Der Mensch hat ein gutes Empfinden für den Zustand „gleich hell“.

Umfeld

Wenn sich in der Umgebung des Vergleichssterne und des Veränderlichen noch weitere Sterne befinden, die man beim Vergleich immer mit im Blickfeld hat, wird das Schätzen erschwert. Hier kann Abhilfe nur durch starke Konzentration erfolgen. Der Effekt tritt besonders dann auf, wenn neben dem Vergleichssterne ein wesentlich hellerer Stern steht: Dann wird der Vergleichssterne nämlich zu schwach eingeschätzt und daraus resultierend der Veränderliche zu hell.

Auswahl der Vergleichssterne

Würde man alle vorgenannten Punkte bei der Auswahl der Vergleichssterne beachten wollen, dann würde man bestenfalls einen einzigen finden. Daher ist es in der Regel notwendig, von den Idealvorstellungen abzuweichen. Die Bedingung, dass die Sterne helligkeitsmäßig und koordinatenmäßig in der Nähe des Veränderlichen liegen müssen, ist unumgänglich. Daher verzichte man als erstes auf die Gleichheit des Spektraltyps (Farbe) und auf die Beachtung des Umfeldes. Außerdem wähle man lieber einen Vergleichssterne mit geringer Distanz und etwas größerem Helligkeitsintervall als einen helligkeitsmäßig fast idealen Vergleichssterne außerhalb des Blickfeldes. Zudem muss geprüft werden, dass die Vergleichssterne selbst nicht veränderlich sind.

Interpolationsmethode nach Pickering

Sie ist einfach, schnell durchgeführt und daher für jeden Sternfreund geeignet. Sie verlangt nur ein sehr geringes Maß an rechnerischen Fähigkeiten.

Es seien vier Vergleichssterne a, b, c und d mit den Helligkeiten m_a , m_b , m_c und m_d gegeben. Zweckmäßigerweise ordnet man diese der Helligkeit nach, sodass a der Hellste ist und d der Dunkelste.

Nun suche man den Vergleichssterne heraus, der gerade etwas heller ist als der Veränderliche und schätze die Helligkeit des Veränderlichen durch Interpolation zwischen diesem etwas helleren Vergleichssterne und dem nächst dunkleren. Dazu denke man sich das Intervall zwischen den beiden Vergleichssternen in 10 gleiche Abschnitte unterteilt und stufe den Veränderlichen in diese Skala ein.

Ist zum Beispiel Stern b gerade noch etwas heller als der Veränderliche V, dann bedeutet

- b 1 V 9 c, dass der Veränderliche fast so hell ist wie b
- b 5 V 5 c, dass der Veränderliche genau in der Mitte zwischen b und c liegt
- b 7 V 3 c, dass der Veränderliche mehr zu c tendiert als zu b.

Es sind alle Werte zwischen b 0 V 10 c und b 10 V 0 c erlaubt. Die Genauigkeit dieser Methode beträgt bei Anfängern ± 2 Stufen und bei Fortgeschrittenen ± 1 Stufe. Hieraus ergibt sich jeweils der Fehler der Helligkeitsangabe. Bei sehr kleinen Intervallen zwischen den Vergleichssternen wird der Fehler eventuell einige Stufen mehr betragen.

Nun errechnet sich die Helligkeit wie folgt:

$$m = m_b + \frac{m_c - m_b}{10} \cdot s_{b-V}$$

wobei m_b und m_c die Helligkeiten der Vergleichssterne b und c sind. s_{b-V} ist der Stufenwert zwischen Stern b und dem Veränderlichen.

Stufenschätzmethode nach Argelander

Im Gegensatz zur Methode von Pickering ist die Argelandersche Stufenschätzmethode aufwendig und erfordert ein größeres Maß an rechnerischem Geschick. Sie erlaubt die Berechnung der Helligkeiten auch erst am Ende der Beobachtungsserie beziehungsweise bei jahrelangen Beobachtungsreihen erst nach Vorliegen von mindestens 20 Beobachtungen (je mehr, desto besser).

Ihr großer Vorteil liegt in der umfangreichen Fehlerberechnung. Sie gestattet wegen ihres statistisch orientierten Aufbaus eine Aussage über die Zuverlässigkeit. Auch erlaubt die Stufenschätzmethode einen als geeignet verwendeten Vergleichssterne als ungeeignet zu entlarven, wenn sich zum Beispiel herausstellt, dass die in der Literatur angegebene Helligkeit falsch ist.

Bei der Argelanderschen Stufenschätzmethode werden prinzipiell alle ausgewählten Vergleichssterne bei jeder Schätzung verwendet. Es ist auch nicht unbedingt notwendig (aber vorteilhaft), dass unter allen Umständen ein Stern immer heller und ein Stern immer dunkler ist als der Veränderliche.

Die Aufgabe des Beobachters besteht darin, den Helligkeitsunterschied zwischen jedem einzelnen Vergleichssterne und dem Veränderlichen abzuschätzen. Dazu bedient man sich der Stufenskala von Argelander.

Zuweilen ist es zweckmäßig, neben ganzen Stufen auch halbe Stufen zu benutzen. Die Stufe 0.5 kann es per Definition nicht geben, da Stufe 1 bereits den kleinsten erkennbaren Unterschied ausmacht.

Bei der Auswahl der Vergleichssterne ist darauf zu achten, dass jeder Vergleichssterne wenigstens kurzzeitig näher als drei Stufen an die Helligkeit des Veränderlichen gelangt, sonst ist er als ungeeignet zu bezeichnen.

Grundsätzlich steht der hellere Stern vorn, also zum Beispiel

$$\begin{array}{l} b \ 3 \ V \\ V \ 2 \ c \end{array}$$

bedeuten, dass der Stern b um 3 Stufen heller ist als der Veränderliche V und dieser um zwei Stufen heller ist als c.

Allerdings ist es für die Auswertung mit einem Computer günstiger, den Veränderlichen grundsätzlich hinten stehen zu haben. Dann hieße es:

$$\begin{array}{l} b \ 3 \ V \\ c \ -2 \ V \end{array}$$

Der Veränderliche ist also -2 Stufen dunkler als c. Letztere Schreibweise erlaubt auch einfachere Formeln zur späteren Berechnung der Helligkeit.

Stufenschätzmethode nach Argelander

Stufe 0

Erscheinen beide Sterne immer gleich hell oder möchte man bald den einen, bald den anderen ein wenig heller einschätzen, so nennt man sie gleich hell und bezeichnet dies dadurch, dass man ihnen 0 Stufen zuordnet.

Stufe 1

Kommen einem auf den ersten Blick zwar beide Sterne gleich hell vor, erkennt man aber bei aufmerksamer Betrachtung und wiederholten Übergang vom einen zum anderen Stern und umgekehrt entweder immer oder doch nur mit sehr seltenen Ausnahmen den einen für eben bemerkbar heller, so nennt man diesen Unterschied eine Stufe.

Stufe 2

Erscheint der eine Stern stets und unzweifelhaft heller als der andere, so nennt man diesen Unterschied zwei Stufen.

Stufe 3

Eine auf den ersten Blick ins Auge fallende Verschiedenheit gilt als drei Stufen.

Stufe 4

Eine noch auffallendere Verschiedenheit, die nicht nur deutlich ist, sondern schon als groß bezeichnet werden muss, wird mit vier Stufen gekennzeichnet.

Mögen vier Vergleichssterne a, b, c und d zur Verfügung stehen und $\Delta S_a \dots \Delta S_d$ die jeweiligen Stufendifferenzen der Vergleichssterne zum Veränderlichen sein. Das erste Ziel ist die Ermittlung einer Funktion beziehungsweise eines Diagramms, welche(s) die Umrechnung der Stufenwerte in Größenklassen erlaubt. Dazu ordnet man den hellsten Vergleichssterne a den Stufenwert $S_a = 0$ zu. Dann errechnen sich die Stufenwerte der Vergleichssterne b, c und d durch Addition der jeweiligen mittleren Differenzen zwischen a und b, b und c sowie zwischen c und d.

Um hinreichend genaue Mittelwerte zu erhalten, sollten mindestens 20 Einzelwerte zur Verfügung stehen. Jede Beobachtung der Art

a ΔS_a V
b ΔS_b V
c ΔS_c V
d ΔS_d V

ergibt jeweils eine Stufendifferenz zwischen den einzelnen Vergleichssterne, indem man

$$\delta S_b = \Delta S_a - \Delta S_b$$

$$\delta S_c = \Delta S_b - \Delta S_c$$

$$\delta S_d = \Delta S_c - \Delta S_d$$

berechnet. Dann berechnet man die Mittelwerte mit Fehler:

$$\overline{\delta S_b} \pm \sigma_b \quad \overline{\delta S_c} \pm \sigma_c \quad \overline{\delta S_d} \pm \sigma_d$$

Die Stufenwerte der Vergleichssterne erhält man wie folgt:

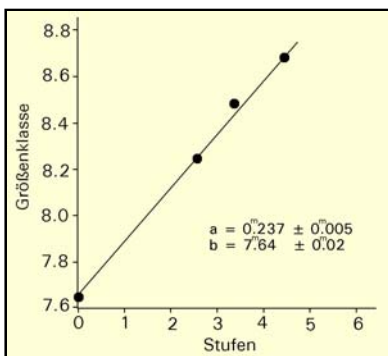
$$S_a = 0.00$$

$$S_b = S_a + \overline{\delta S_b} \pm \sigma_b$$

$$S_c = S_b + \overline{\delta S_c} \pm \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_c^2}$$

$$S_d = S_c + \overline{\delta S_d} \pm \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_c^2 + \sigma_d^2}$$

Die Größenklassen der Vergleichssterne trägt man nun gegen diese Stufenwerte in ein Diagramm ein und legt eine mittlere Gerade durch die Punkte. Alle im Folgenden ausgerechneten Stufenwerte des Veränderlichen können nunmehr mit Hilfe der Umrechnungsgeraden in Größenklassen umgewandelt werden.



Der Verfasser empfiehlt, die Gerade rechnerisch als Umrechnungsformel mit Fehlerangaben zu ermitteln. Dann kann vom Anfang der Beobachtungsreihe bis zum Schluss eine vollständige und saubere Fehlerbetrachtung durchgeführt werden.

Dr. Erik Wischnewski
Heinrich-Heine-Weg 13
24568 Kaltenkirchen
info@astronomie-buch.de

Literatur:

E. Wischnewski: Astronomie in Theorie und Praxis, 5. Auflage [2011]
ISBN 978-3-00-032614-1