

## Arbeitsblatt: Helligkeitsänderungen von Sternen

(zum Beitrag: „Mit CoRoT und Kepler auf der Suche nach einer neuen Erde“ von M. Geffert)

### Allgemeines zu Sternhelligkeiten

Helligkeiten von Sternen werden in der Astronomie ganz ähnlich wie Schulnoten in Deutschland angegeben. Unsere Vorfahren bezeichneten die Helligkeiten der allerhellsten Sterne mit "Größenklasse" oder "Magnitude" 1, die zweithellsten Sterne mit Größenklasse 2 und setzten diese Skala bis zu den gerade noch mit bloßem Auge sichtbaren Sternen fort, deren Helligkeit zu Größenklasse 6 wurde. Die Schreibweise ist heute eine Zahl mit einem hochgestellten m. Größenklasse 3 schreibt man  $3^m$  oder "3 mag" oder spricht von einem "Stern dritter Größe".

Mit der Erfindung des Fernrohrs wurden noch schwächere Sterne sichtbar, deren Helligkeitsbezeichnung sich nahtlos anschließen lässt. Mit einem Fernglas kann man bis zu  $9^m$  schauen, die Fotografie erreicht mit einem 30-cm-Teleskop  $17^m$  und moderne Teleskope im Weltall schaffen es in ausgewählten Feldern Sterne mit Helligkeiten bis zu  $30^m$  aufzunehmen. Am helleren Ende setzte man die Skala mit negativen Werten fort. Die Helligkeit der Venus, dem hellsten sternartigen Objekt am Himmel, kann bis zu  $-4.7$  mag betragen. Beachte, dass hellere Sterne kleinere Größenklassen haben!

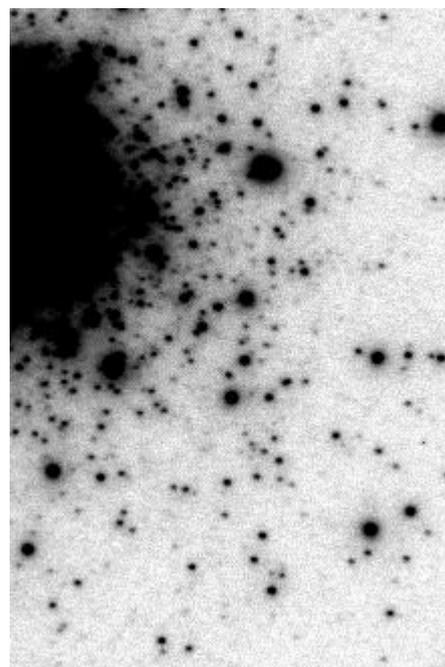
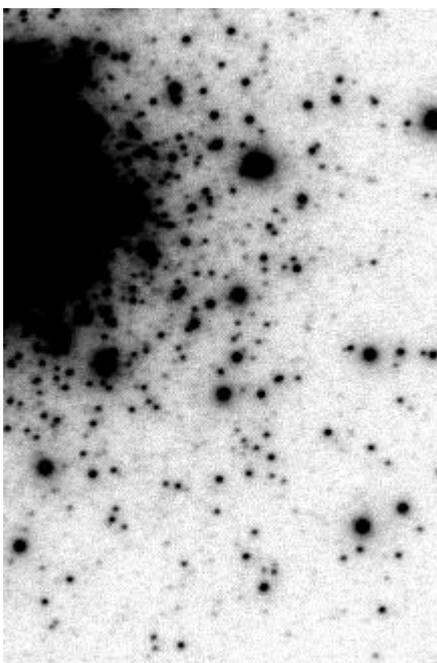
*Für Spezialisten:*

*Die Größenklasse ist ein logarithmisches Maß der ankommenden Energie. Eine **Differenz** von einer Größenklasse entspricht dem **Energieverhältnis** von 2,5. Anders ausgedrückt, wenn von einem Stern 2,5-mal so viel Energie ankommt wie von einem anderen, ist dessen Helligkeit eine Größenklasse kleiner! Ein Stern, von dem 100 mal so viel Energie ( $I_1$ ) ankommt wie von einem anderen Stern ( $I_2$ ), hat eine Größenklasse ( $m_1$ ), die um 5 kleiner ist als die Größenklasse ( $m_2$ ) des anderen Sterns.*

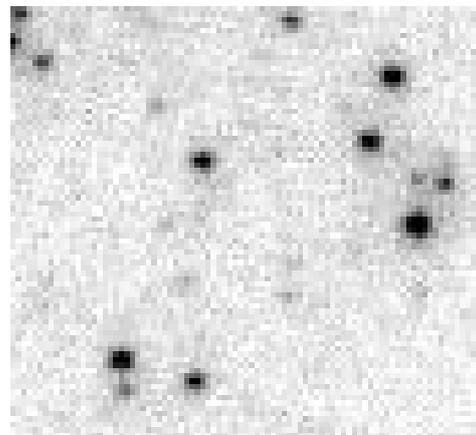
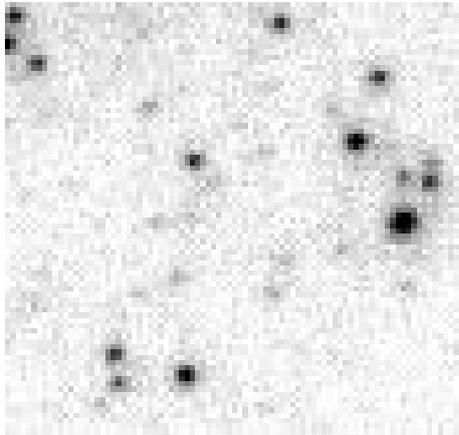
*Die entsprechende Formel lautet dazu  $m_1 - m_2 = -2,5 \log(I_1/I_2)$ .*

### Änderung von Sternhelligkeiten

Betrachte die folgenden Bilder. Es handelt sich um zwei Aufnahmen des Kugelsternhaufens Messier 3, aufgenommen mit einem ( $D=15$  cm,  $f=150$  cm) Refraktor am Observatorium Hoher List (die Angaben besagen, dass die Frontlinse einen Durchmesser von 15 cm hat und die Brennweite 150 cm beträgt). Die rechte Aufnahme ist eine Stunde und 10 Minuten später aufgenommen worden. Im unteren Teil der Aufnahme sind mindestens zwei Sterne zu erkennen, die ihre Helligkeiten deutlich verändert haben. Kannst Du sie entdecken? (Tipp: Vergleiche immer auch mit anderen Sternen der gleichen Aufnahme! Auf der kommenden Seite gibt es notfalls Hilfe.)



Hier siehst Du einen kleinen Ausschnitt der Aufnahmen von der vorigen Seite. Ist es jetzt leichter, die Objekte zu finden?



**Aufgabe 1:** Bezeichne die beiden Sterne, deren Helligkeit sich deutlich geändert hat.

**Aufgabe 2:** Könntest Du Dir einen Grund vorstellen, warum sich die Helligkeit eines Sterns ändert?

Helligkeiten auf astronomischen Aufnahmen werden über den Vergleich mit bekannten Helligkeiten von anderen Sternen ermittelt. Wenn bei einer Aufnahme z. B. Zirren oder etwas Nebel auftritt, betrifft das **alle Sterne auf der Aufnahme**, so dass die Helligkeitsschätzung in Bezug auf einen bekannten Stern nicht verfälscht wird. In unserem Feld wurden drei Sternhelligkeiten bestimmt.

	<p>Helligkeiten der Sterne: (die Vergleichssterne sind mit Strichen markiert)</p> <p>Oben links,            <math>m = 15,9</math></p> <p>Oben rechts,           <math>m = 14,9</math></p> <p>Mitte rechts,           <math>m = 14,1</math></p>
--	--

**Aufgabe 3:** Ermittle grob die Änderung der Helligkeiten der beiden veränderlichen Stern durch Vergleich mit den angegebenen Sternen auf jeder der beiden Aufnahmen.

**Aufgabe 4:** Stell Dir vor, dass ein Stern von uns aus gesehen eine gleichmäßig leuchtende Kreisfläche mit dem Radius  $R$  ist. Jetzt stell Dir vor, dass der Stern um eine Größenklasse dunkler wird (oder 2,5-mal weniger Energie zur Erde kommt), weil ein dunkler Planet sich vor diesen Stern schiebt. Wie groß müsste dessen Radius sein, damit wir beim Stern sehen, dass seine Helligkeit sich um eine Größenklasse geändert hat.

Vergleiche Dein Resultat mit den Radien von Sonne und Jupiter.

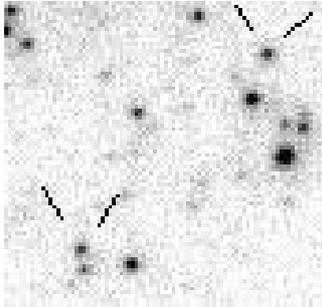
Interesse an weiteren Helligkeitsmessungen?

Im WIS-Beitrag von Olaf Fischer "Blick in das Tagebuch eines pulsierenden Sterns" findest Du Gelegenheit zur Ermittlung einer kompletten Lichtkurve eines variablen Sterns. Dort lernst Du auch die Argelandersche Stufenschätzmethode kennen.

## Lösungen der Aufgaben

### Aufgabe 1:

Die Sterne sind mit Strichen markiert



### Aufgabe 2:

Hier nennen die meisten Schüler als Grund die wachsende Entfernung des Sterns von der Erde. Es bietet sich an, an dieser Stelle die Sternentfernungen zu diskutieren und die Einheit Lichtjahr (die Strecke, die das Licht in einem Jahr durchfliegt) zu besprechen. Das Verhältnis Größe und Entfernung von Sternen lässt sich am besten durch den Vergleich von Apfelsinen (Sterne) in den Großstädten Europas (Berlin - Paris = Entfernung der Sterne voneinander) darstellen. Es bietet sich auch an, die Phänomene Pulsation und Bedeckung (bei Doppelsternen) zu besprechen.

### Aufgabe 3:

Der variable Stern unten links ist auf der linken Aufnahme etwa so hell wie Vergleichstern "oben links", also  $15,9^m$  und auf der rechten Aufnahme so hell wie ein mittlerer Stern zwischen den beiden andern Vergleichsternen, also etwa  $14,6^m$ . Damit ergibt sich eine Änderung von etwa 1,3 mag.

Der variable Stern oben rechts ist auf der linken Aufnahme etwa Stern "Oben links" ( $15,9^m$ ) und auf der rechten Aufnahme etwas schwächer als der Vergleichstern "Mitte rechts" ( $14,7^m$ ). Es ergibt sich eine Änderung von 1,2 mag.

### Aufgabe 4:

Sei  $R_o$  der Radius des Sterns und  $R_p$  der Radius des Planeten.

Da die Energie proportional zur strahlenden Fläche ist, kann Folgendes angesetzt werden:

Eine Größenklasse entspricht einem Energieverhältnis von 1 zu 0,4. Deswegen gilt:

$$\pi R_o^2 - \pi R_p^2 = 0,4 * \pi R_o^2 \Rightarrow R_p^2 = 0,6 * R_o^2 \Rightarrow R_p = 0,77 * R_o$$

Der Planet wäre (unrealistisch) fast so groß wie der Stern selber. Das bedeutet, wenn man mit der Transitmethode Planeten entdecken will, muss man sehr kleine Helligkeitsvariationen messen!