Wahlunterricht Astronomie
Fixsterne

Jährliche Parallaxe und Eigenbewegung

Die **Parallaxe p** eines Fixsterns ist der Winkel (gemessen in Bruchteilen einer Bogensekunde), unter dem die große Halbachse der Erdbahn um die Sonne (der Länge 1 AE) von diesem Stern aus erscheint. Der Winkel p entspricht damit auch dem Winkel, unter dem die große Halbachse der scheinbaren Ellipsenbahn des Sterns während eines Jahres vor dem festen Fixsternhimmel erscheint.

Entfernungen in der Astronomie:

1 AE	= 1 Astron. Einheit	= $150 \cdot 10^{6}$ km	
1 Lj	= 1 Lichtjahr	= $9{,}46 \cdot 10^{12}$ km	= 63240 AE
1 pc	= 1 Parallaxensekunde	= $3{,}08 \cdot 10^{13}$ km	= 3,26 Lj

Eine Parallaxensekunde ist hierbei die Entfernung, von der aus 1 AE unter dem Winkel 1'' erscheint.

Für die Entfernung r eines Sterns, der die Parallaxe p hat, gilt:

$$\boxed{r = \frac{1''}{p}\ \text{pc}}$$

Ein Stern hat die **Eigenbewegung** $\alpha = \frac{1{,}2''}{\text{Jahr}}$, wenn er sich pro Jahr um 1,2'' vor dem festen Himmelshintergrund bewegt.
Die Eigenbewegung gibt nur die Bewegung tangential zur Sichtlinie an.
Aus der Entfernung eines Sterns und der Eigenbewegung lässt sich die Tangentialgeschwindigkeit berechnen.

Die **Radialgeschwindigkeit** eines Sterns kann man mit Hilfe des **Dopplereffektes** bestimmen.
Bewegt sich ein Stern auf uns zu oder von uns weg, so ist jede Absorptionslinien mit der Wellenlänge λ in seinem Spektrum um $\Delta\lambda$ ins Blaue bzw. ins Rote verschoben.
Für die Radialgeschwindigkeit v_{rad} gilt dann, wenn c die Lichtgeschwindigkeit ist:

$$\boxed{\frac{v_{rad}}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}}$$

Aufgabe:

Wega in der Leier zeigt eine jährliche Parallaxe p = 0,''123 ,
eine jährliche Eigenbewegung α = 0,35'' / Jahr und eine
Doppler-Verschiebung der Absorptionslinien von $\Delta\lambda = 4{,}6 \cdot 10^{-5}\,\lambda$.
Berechne die Entfernung, die Tangential- und die Radialgeschwindigkeit von Wega.
Mit welcher Geschwindigkeit relativ zu unserer Sonne bewegt sich Wega insgesamt?

Fortsetzung auf Blatt 2

Scheinbare und wahre (absolute) Helligkeit von Sternen

Die **Beleuchtungsstärke B** gibt an, wie viel Strahlungsenergie eines Sterns bei uns pro Sekunde und Quadratmeter ankommt.

$$\text{Bestrahlungsstärke } B = \frac{\text{auftreffende Strahlungsenergie}}{\text{Zeit} \cdot \text{Fläche}}$$

Obwohl die Bestrahlungsstärken der Sterne sich gewaltig unterscheiden, stellen wir mit unseren Augen nur relativ geringe Helligkeitsunterschiede fest. Gleiche Stufen an Helligkeitsunterschieden entsprechen hierbei jeweils einem festen Vervielfachungsfaktor für B.

Scheinbare Helligkeiten m (magnitudo/ines) werden in Anlehnung an die 6 **Größenklassen** des Hipparch so festgelegt, dass ein scheinbarer Helligkeitsunterschied von 5 Größenklassen gerade einen Vervielfältigungsfaktor 100 für die Bestrahlungsstärken bedeutet:

$$m_1 - m_2 = \Delta m = 5 \quad \Rightarrow \quad \frac{B_2}{B_1} = 100$$

Mathematisch lässt sich das in einer Gleichung allgemein formulieren:

$$\boxed{m_1 - m_2 = 2{,}5 \cdot \lg\left(\frac{B_2}{B_1}\right) \quad \text{bzw.} \quad \frac{B_2}{B_1} = 2{,}512^{\,m_1 - m_2}}$$

Große scheinbare Helligkeit bedeutet hierbei geringe Bestrahlungsstärke. (Vertauschte Indizes!). Das Auge kann Objekte bis etwa zu $6{,}^m0$ beobachten. Mit Teleskopen sind gegenwärtig Sterne bis zu 28^m erfassbar.

Beispiele:

Sonne	Vollmond	Venus (max)	Sirius	Pollux	Polarstern
$-26{,}^m8$	$-12{,}^m6$	$-4{,}^m5$	$-1{,}^m43$	$+1{,}^m16$	$+2{,}^m1$ bis $+2{,}^m2$

Je weiter ein Stern von uns entfernt ist, um so kleiner wird seine Bestrahlungsstärke.
Es gilt $B \sim \frac{1}{r^2}$, d.h. ein bestimmter Stern in doppelter, dreifacher ... Entfernung erzeugt nur noch ein Viertel, Neuntel ... der Bestrahlungsstärke.
Stelle dir vor, man könnte alle Sterne in eine Entfernung von genau 10 pc bringen, dann wäre der Vergleich der scheinbaren Helligkeiten auch ein Vergleich der wahren Strahlungsleistung der Sterne. Deshalb legt man fest:

Die scheinbare Helligkeit eines Sterns in genau 10 pc Entfernung heisst wahre bzw. **absolute Helligkeit M**.

So hat z.B. Pollux die absolute Helligkeit $M = -1{,}^M0$.

Schätze grob ab, wie weit Pollux entfernt ist. Mehr oder weniger als 10 pc ?

Fortsetzung auf Blatt 3

Zwischen scheinbarer Helligkeit m , absoluter Helligkeit M und Entfernung r eines Sterns besteht ein Zusammenhang:

$$m - M = 5 \cdot \lg\left(\frac{r}{10\,pc}\right) \qquad \text{bzw.} \qquad r = 10\,pc \cdot 1{,}585^{\,m-M}$$

Man nennt deshalb den Ausdruck **m - M** auch **Entfernungsmodul**.

Die scheinbare Helligkeit kann man direkt beobachten. Wenn man auf irgend eine Art die absolute Helligkeit eines Stern erahnt, lässt sich mit dem Entfernungsmodul seine Entfernung berechnen.

Aufgaben:

1. Fülle die folgende Tabelle aus!

m - M	-5	-1	0	1	5	10	20
r in pc							
r in Lj							

2. Wie hell schätzt du unsere Sonne in einer Entfernung von 10 pc ein?
   Berechne die absolute Helligkeit unserer Sonne!

3. Bellatrix im Orion zeigt eine jährliche Parallaxe von 0,’’013 und hat eine scheinbare Helligkeit von $1,^m9$.
   a) Wie weit ist Bellatrix entfernt?
   b) Welche scheinbare Helligkeit hätte unsere Sonne in der Entfernung von Bellatrix?
   c) Welche absolute Helligkeit hat Bellatrix?

4. Capella im Fuhrmann hat eine jährliche Eigenbewegung von 0,44’’ und zeigt die scheinbare Helligkeit $0,^m06$ und eine Parallaxe von 0,072’’.
   a) Berechne die Entfernung von Capella
   b) Berechne die Tangentialgeschwindigkeit von Capella.
   c) Berechne die absolute Helligkeit von Capella.
   d) In welche Entfernung müsste man Capella bringen, damit man sie mit menschlichen Augen gerade noch sehen könnte?

5. a) 1923 wurden im Andromeda-Nebel veränderliche Sterne mit $m = 20^m$ entdeckt.
   Von diesen Veränderlichen vermutete man, dass ihre absolute Helligkeit $-2,^M43$ beträgt. Berechne die Entfernung des Andromeda-Nebels.
   b) Später zeigte sich, dass die vermutetet absolute Helligkeit zu einer anderen Sternenart gehörte. Die Entfernung des Andromeda-Nebels beträgt tatsächlich 2,25 Millionen Lichtjahre. Berechne die richtige absolute Helligkeit der gefundenen Veränderlichen.

G.R. 25.03.98