Astronomisches Praktikum: Teleskope und Astrometrie

Versuch 6

Jan Röder & Julia Lienert

Contents

1 Einleitung

2 Teleskope

2.1 Aufgabe 1

3 Abbildungsma"sstab

4 Abbildungsgüte

Will man mit einem Astrografen fehlerfreie Abbildungen erstellen, so müssen diese gleichmäßig und isometrisch sein.

4.1 Aufgabe

Die Sterne auf der Fotoplatte erscheinen nicht punktförmig, da ein CCD-Chip nur ein begrenztes Aufnahmevermögen verfügt. Wird lange belichtet oder ist ein Stern von sich aus sehr hell, kann es passieren, dass das Sternlicht das AUfnahmevermögen überschreitet. Das Licht aus einer Quelle wie einem Stern ist, wenn man es abbildet, annähernd gaußförmig. Reicht die Gaußglocke bis gerade an das Aufnahme-Limit, kann ein Stern noch als Punkt abgebildet werden. Fällt mehr Licht ein, wird die Gaußform "oben abgeschnitten" und der entstehende Querschnitt ist dann von der Form eines Kreises. Damit erscheinen einige Sterne ausgedehnt.
Andere Gründe, warum Sterne uns nicht wirklich ausgedehnt erscheinen, werden nun verdeutlicht.

4.1.1 Aufgabe 1a

Sirius befindet sich in 0.485 pc Entfernung von uns. Würde sich die Sonne in dieser Entfernung befinden, hätte sie einen Winkeldurchmesser von

$$\tan\left(\frac{\delta}{2}\right) = \frac{d/2}{D}$$
$$\delta = 2\ \arctan\left(\frac{d}{2D}\right)$$

mit Winkeldurchmesser δ, Abstand von der Erde zu Sirius D, und tatsächlichem Durchmesser der Sonne $d = 695\,980\,\mathrm{km}$. Das ergibt $\delta \simeq 9.6\,\mathrm{mas}$ bzw. $\delta \simeq 2.665 \cdot 10^{-6\,\circ}$. Auf der Fotoplatte wären das nur 94.4 nm, also weit weniger als man erkennen könnte. Zudem sind die Sterne auf der Fotoplatte noch deutlich weiter entfernt als Sirius.

4.1.2 Aufgabe 1b

Man definiert das Auflösungsvermögen α_b als

$$\alpha_b = 1.2\,\arcsin\left(\frac{\lambda}{D}\right) \tag{1}$$

Mit Wellenlänge $\lambda \simeq 550\,\mathrm{nm}$ und Obektivdurchmesser $D = 40\,\mathrm{cm}$ ergibt das $\alpha_b = 9.61 \cdot 10^{-5}\,{}^\circ$. Auch mit einem solchen Auflösungsvermögen wäre es nicht möglich, die Sonne in einem Abstand entsprechend dem des Sirius aufzulösen. Der Sonne läge noch fast zwei Größenordnungen unter dem Auflösungsvermögen.

4.2 Aufgabe 2

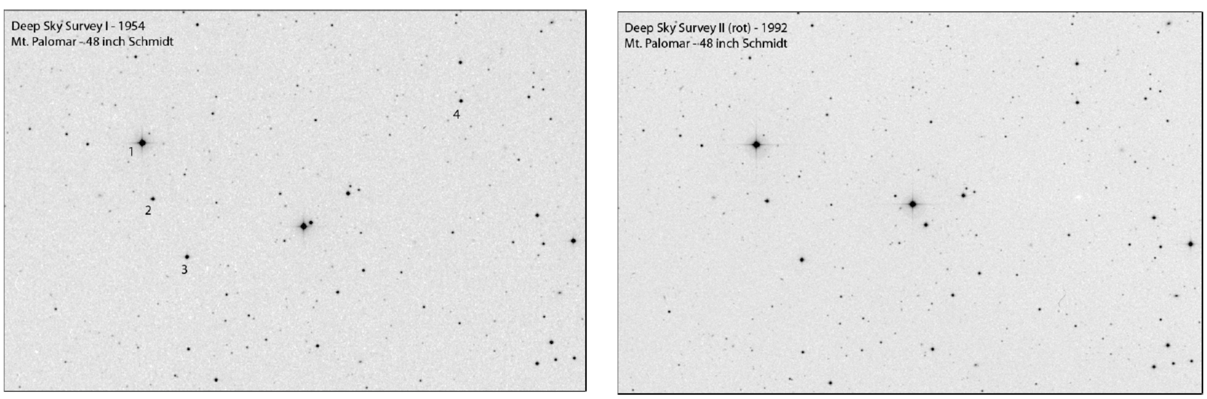
Am Rand der Fotoplatte entsteht der Eindruck, die Sterndichte sei höher, dabei werden die Sterne dort nur "dicker" abgebildet. Dies ist ein resultat der sphärische Brennebene, die auf eine plane Fotoplatte projiziert wird und nur auf die Mitte fokussiert wird.

5 Astrometrie: Eigenbewegung des Schnellläufers BD +18° 2776

Ziel dieses Abschnitts ist es, die relative Eigenbewegung eines sich "schnell" bewegenden Sterns zu bestimmen.

5.1 Aufgabe 1

BD +18° 2776 ist in Abbildung 1 a) derjenige Stern, der sich auf der Verbindungslinie von Stern 3 und 4 befindet und mit dem kräftigsten schwarzen Punkt markiert ist (wie durch Vergleich mit Abbildung 1 b) herausgefunden wurde). Er befindet sich im Sternbild Bärenhüter/Bootes.



(a) aus dem Jahr 1954

(b) aus dem Jahr 1992

Figure 1: Aufnahmen des Deep Sky Survey von der Region um BD +18° 2776 (entnommen aus [1])

5.2 Aufgabe 2

Um den Abbildungsmaßstab bestimmen zu können, wird zunächst der Abstand zwischen Stern 1 und Stern 4 auf den gegebenen Aufnahmen zu $x_m = 7.5\,\mathrm{cm}$ bestimmt. Zur Berechnung des Abstands in Bogensekunden werden folgende Angaben benötigt: Die Dif-

Sternnummer	Rektaszension α	Deklination δ
1	13h 45m 35.69s = 13.7599h	+17° 44' 32.8" = 17.7424°
4	13h 44m 35.38s = 13.7432h	+17° 42' 35.4" = 17.7098°

Table 1: Benötigte Sterndaten zur Ermittlung des Abstands zwischen Stern 1 und 4

ferenzen der Rektaszension und der Deklination liegen damit bei: $\Delta\alpha = 0.0167\,\mathrm{h} = 0.2505\,° = 901.8\,"$ und $\Delta\delta = 0.0326\,° = 117.36\,"$. Der Mittelwert der Deklinationen beträgt $\delta_{mean} = 17.7261\,°$. Daraus errechnet sich der Abstand zu:

$$\begin{aligned} x_b &= \sqrt{(\Delta\alpha \cdot \cos(\delta_{mean}))^2 + (\Delta\delta)^2} \\ &= 859.0534\," \end{aligned}$$

Mit dem berechneten und dem gemessenen Abstand lässt sich der Abbildungsmaßstab ermitteln: $114.5405\,"/\mathrm{cm}$.

Die relative Eigenbewegung des Schnellläufers wird zunächst anhand Abbildung 1 abgelesen und dann mithilfe des eben berechneten Abbildungsmaßstabs umgerechnet, wobei sich die Gesamteigenbewegung μ über den Satz des Pythagoras ergibt:

$$\begin{aligned} \mu_\alpha &= \frac{0.1\,\mathrm{cm}}{38\,\mathrm{yr}} = \frac{11.454\,"}{38\,\mathrm{yr}} = 0.301\,"/\mathrm{yr} \\ \mu_\delta &= \frac{0.6\,\mathrm{cm}}{38\,\mathrm{yr}} = \frac{68.724\,"}{38\,\mathrm{yr}} = 1.809\,"/\mathrm{yr} \\ \mu &= \frac{0.6083\,\mathrm{cm}}{38\,\mathrm{yr}} = \frac{69.675\,"}{38\,\mathrm{yr}} = 1.834\,"/\mathrm{yr} \end{aligned}$$

5.3 Aufgabe 3

Der Stern BD +18° 2776 befindet sich in $d = 10.3\,\mathrm{pc}$ Entfernung zu uns und bewegt sich mit einer Radialgeschwindigkeit von $v_{rad} = 25\,\mathrm{km/s}$. Um seine Raumgeschwindigkeit ermitteln zu können, muss μ in eine Tangentialgeschwindigkeit in km/s umgerechnet werden.

$$\begin{aligned} x_{tan} &= d \cdot \tan(\alpha) = 10.3\,\mathrm{pc} \cdot \tan\left(\frac{1.834\,"}{3600}\right) = 9.158 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{pc} \\ v_{tan} &= 9.158 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{pc/yr} = 89.608\,\mathrm{km/s} \end{aligned}$$

Nun wird wieder über den Satz des Pythagoras die Raumgeschwindigkeit bestimmt:

$$v = \sqrt{v_{rad}^2 + v_{tan}^2} = 93.03\,\mathrm{km/s}$$

5.4 Aufgabe 4

Die Radialgeschwindigkeit ist diejenige Geschwindigkeitskomponente, die entlang der Sichtlinie des Beobachters zeigt. Gemessen werden kann sie durch Aufnahme eines Spektrums des auszumessenden Objekts. Vergleicht man die dort sichtbaren Spektrallinien mit bekannten, kann die Rotverschiebung ermittelt werden. Aus dieser erhält man direkt die Geschwindigkeit in radialer Richtung.

5.5 Aufgabe 5

Bei der Parallaxenmethode wird die scheinbare Bewegung naher Sterne vor einem Fixsternhintergrund weit entfernter Sterne gemessen. Sie kommt dadurch zustande, dass sich die Erde im Lauf eines Jahres um die Sonne bewegt.
Gemessen wird - wie in Abbildung 2 zu sehen ist - der sogenannte Parallaxenwinkel. Über einfache Geometrie kann dann der Abstand des Sterns berechnet werden. Dazu muss der Abstand von der Erde zur Sonne bekannt sein (verwendet wird hierfür der mittlere Kreisbahnradius von 1 AE). Entspricht der Parallaxenwinkel genau einer Bogensekunde, so wird

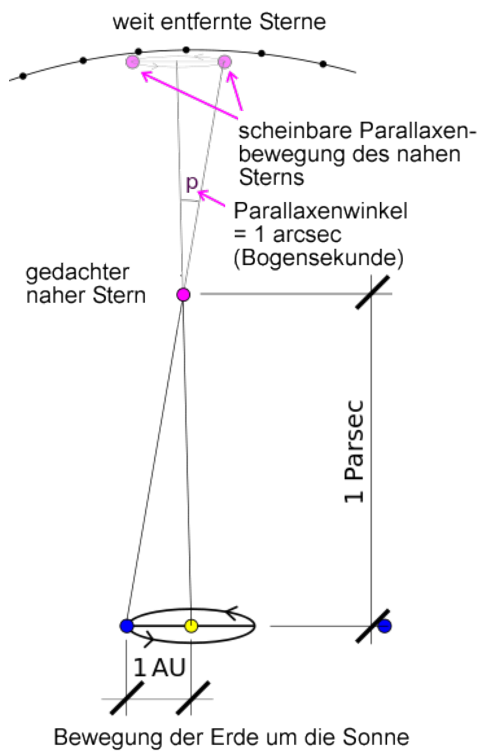


Figure 2: Skizze zur Erklärung der Parallaxe (entnommen aus [2])

die damit verknüpfte Entfernung als 1 pc bezeichnet.
Die Parallaxenmethode kann bis etwa 5000 pc verwendet werden, wenn der Winkel mit dem Hubble-Space-Telescope gemessen wird.

6 Diskussion

7 Quellen

1. Versuchsanleitung zu Versuch 6: "Teleskope und Astrometrie"

2. https://de.wikipedia.org/wiki/Parallaxe

8 Diskussion

Figure 3: Scheinbare Helligkeit und Farbindex gegeneinander aufgetragen. Der rote Punkt wäre die Sonne, wäre sie Teil des Haufens.