

Entfernung der Sterne

In Astronomiebüchern kann man nachlesen, wie die Entfernung zu den Sternen bestimmt werden kann: man geht vor wie bei der Bestimmung der Entfernung eines weit entfernten Berges, mittels der Telemetrie. Die Länge der Basis für die Bestimmung der Entfernung der Sterne ist der Durchmesser der Erdumlaufbahn und beträgt 300 Millionen Kilometer. Es genügt also, den Stern im Abstand von sechs Monaten zu beobachten um die Parallaxe zu bestimmen, die der Hälfte des Winkels entspricht, um den sich der Stern in diesem Zeitraum bewegt hat (siehe Fig. 1 & 2).

Ein Kinderspiel! Oder doch nicht?

Zur Geschichte

Um 1838 hat der Astronom Friederich Bessel zum ersten mal eine Parallaxe gemessen, die von 61 Cygni. Warum dieser Stern? Es war bekannt, dass dieser Stern eine starke Eigenbewegung hat. Daraus schloss Bessel, dass dieser Stern sich in unserer Nachbarschaft befindet. Dass dieser Umstand das Berechnen der Parallaxe erschweren würde, beindruckte den begabten Mathematiker Bessel wenig. 61 Cygni ist fast das ganze Jahr über beobachtbar. Im Herbst geht 61 Cygni zwar früh unter, die Dämmerung setzt aber ebenfalls immer früher ein und verlängert die Zeit für die Beobachtung.

Bessel machte seine Beobachtungen mit einem 15.8 cm Refraktor, der von Fraunhofer konstruiert wurde. Die Abbildung eines Sterns mit diesem Teleskop ist nicht ein Punkt, sondern eine kleine Scheibe. Das besselsche Teleskop lieferte eine Scheibe mit einem theoretischen Durchmesser von 1.8 Bogensekunden, ohne die Luftunruhe zu berücksichtigen. Wir werden sehen, dass die Parallaxe von 61 Cygni kleiner ist als seine Abbildungsgrösse. Bessel musste also seine Messungen mit grosser Präzision durchführen, und das ohne Hilfe der Fotografie! Hinzu kommt, dass die Referenzsterne, die 61 Cygni umgeben und von denen Bessel angenommen hat, sie hätten wegen ihrer grossen Entfernung eine Parallaxe von 0, eine Helligkeit von nur 9 bis 12.3 Magnituden haben. Man musste auf den Satelliten Hipparcos warten, um bessere Messungen der Entfernungen zu erhalten. Bessel hat mit seinem Durchhaltevermögen die Parallaxe von 61 Cygni mit 0.35 Bogensekunden bestimmt. Neuere Messungen haben eine Parallaxe von 0.29 ergeben, was eine Entfernung von 11.1 Lichtjahren ergibt. Dieser Winkel entspricht dem einer Briefmarke beobachtet aus 4 Kilometern Entfernung.

Der Amateur und die CCD-Kamera

Amateur Astronomen wagten sich in der Vergangenheit nur sehr selten an die Astrometrie. Jeder musste selber entsprechende Instrumente und Hilfsmittel basteln, benötigte eine extra Portion Ausdauer und gute Mathematik-Kenntnisse. Mit der Einführung der CCD Kameras und Computern wurde einiges einfacher. Es werden verschiedene Programme für die Berechnung der Parallaxe angeboten. Damit entfällt auf jeden Fall das mühsame Rechnen. Vor einigen Jahren gelang es zwei Amateuren, die Parallaxe des Barnard Stern zu messen. Dieser Stern ist einer der nächsten in der nördlichen Hemisphäre. Die Entfernung beträgt sechs Lichtjahre und

die jährliche Bewegung beträgt 10.3 Bogensekunden.

Und nun zu den Problemen, die sich mir beim Beobachten von 61 Cygni entgegenstellten. In einer ersten Etappe musste ich die Umgebung von 61 Cygni erkunden und aufnehmen. Die Fig. 3 zeigt 61 Cygni A und B (es ist ein Doppelstern) und die Referenzsterne 1 bis 6 in der Umgebung.

Das Computer-Programm PRISM 97, das sehr bedienungs-freundlich ist, erlaubt das Vermessen der genauen Position durch den Vergleich der Referenzsterne mit dem Guide Star Catalog der NASA.

Die Schwierigkeiten nehmen lawinenartig zu. Um die Referenzsterne genügend zu belichten, muss die Belichtungszeit 0.8 Sekunden betragen. 61 Cygni ist aber so hell (Magnitude 6.05), dass er damit schon überbelichtet ist. Die präzise Lokalisierung des Zentrums des Lichtpunktes ist nicht eindeutig und die Messung damit ungenau. Bilder, die an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen aufgenommen werden, ergeben sehr unterschiedliche Positionen und sind damit unbrauchbar. Um mit 0.8 Sekunden belichten zu können, habe ich eine Maske hergestellt. Ein weisser Reissweck (Punaise) auf einer schwarzen Fläche mit einem schwarz/weiss Film fotografiert dient als Maske (siehe Fig. 4). Diese Maske wird vor die CCD Kamera montiert und 61 Cygni in deren Schatten positioniert. Ein anderes Problem ist die Luftunruhe. In Veyras sind die Turbulenzen manchmal so gross, dass der Stern 1 bis 2 Bogensekunden innerhalb einer Sekunde verschoben wird. Je nach den Bedingungen ist die Scheibe des Sterns zwischen 1.8 und 2.5 Pixel im Durchmesser, was einer Grösse von 2.7 bis 3.75 Bogensekunden entspricht. Vergessen wir nicht, dass für die Bestimmung der Parallaxe eine Genauigkeit von 0.1 Bogensekunde erreicht werden muss!

Nach einem Jahr kopfzerbrechen, langwierigen Berechnungen, viel Freude und mehreren Hundert Megabytes voll von Bildern habe ich gelernt, dass Astrometrie nur mit extremer Sorgfalt brauchbare Resultate liefert. Um kohärente, aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, müssen alle Messungen standardisiert werden. Meine ersten Resultate sind in der Grafik 1 zusammengestellt. Die Fig. 5 zeigt die Bewegung von 61 Cygni durch übereinanderlegen von 2 Bildern, eines aufgenommen am 6. Juli 1996, das zweite von 26. Oktober 1997. Meine Berechnungen zeigen, dass die Eigenbewegung zwischen 4.9 und 5.8 Bogensekunden pro Jahr beträgt.

Dies alles zeigt, dass die Bestimmung der Bewegung einzelner Sterne im Bereich des engagierten Amateurs liegt. Das Messen einer Parallaxe hingegen ist um einiges schwieriger und kann ich erst in einigen Jahren beurteilen. Die Astronomie kann packend sein. Es gibt einem einen Einblick in die Arbeit von Berufsastronomen und lässt mich auch deren Arbeit bewundern.

Ein Kinderspiel – Denkste!

FZ