

W. ALT

Positionsbestimmungen mit einfachen apparativen Mitteln

Das Dreiecksverfahren; Die Eigenbewegung von Barnards Pfeilstern

In dem bekannten Buch von SKILLING und RICHARDSON „Sonne, Mond und Sterne“ findet man auf S. 169 zwei Himmelsaufnahmen aus den Jahren 1894 und 1916, welche die Eigenbewegung von Barnards Pfeilstern innerhalb von 22 Jahren zeigen.

Dieser Stern hat mit 10“3 die größte bisher bekannte Eigenbewegung unter den Fixsternen. Es erhebt sich die Frage, ob der Sternfreund mit einfachen Mitteln (z. B. ohne einen teuren Plattenmeßapparat) derartige Positionsänderungen feststellen kann.

Im folgenden soll gezeigt werden, wie man mit den üblichen Hilfsmitteln einer Schul-, Volks- oder Privatsternwarte die Eigenbewegung von Barnards Stern innerhalb eines Jahres auf photographischem Wege mit Sicherheit nachweisen kann.

Die Brauchbarkeit des zu schildernden Verfahrens wurde mit einem Xenar-Objektiv einer Plattenkamera des Formats 10 × 15 cm ausführlich erprobt. Die Brennweite des Objektivs beträgt 18 cm, die Lichtstärke 1 : 4,5. Der Filmträger ist das Gehäuse einer einäugigen Spiegelreflexkamera, das justierbar und fokussierbar angebracht ist. Die Fehler der hiermit angestellten Positionsbestimmungen von Sternen lagen alle unterhalb von 4“. Das ist weniger als 1/3 des Abstandes des bekannten Doppelsternpaares ζ UMa mit ρ = 14“47.

Ganz allgemein konnte für Objektivbrennweiten zwischen 10 cm und 80 cm für den maximal auftretenden Fehler folgende Beziehung gefunden werden:

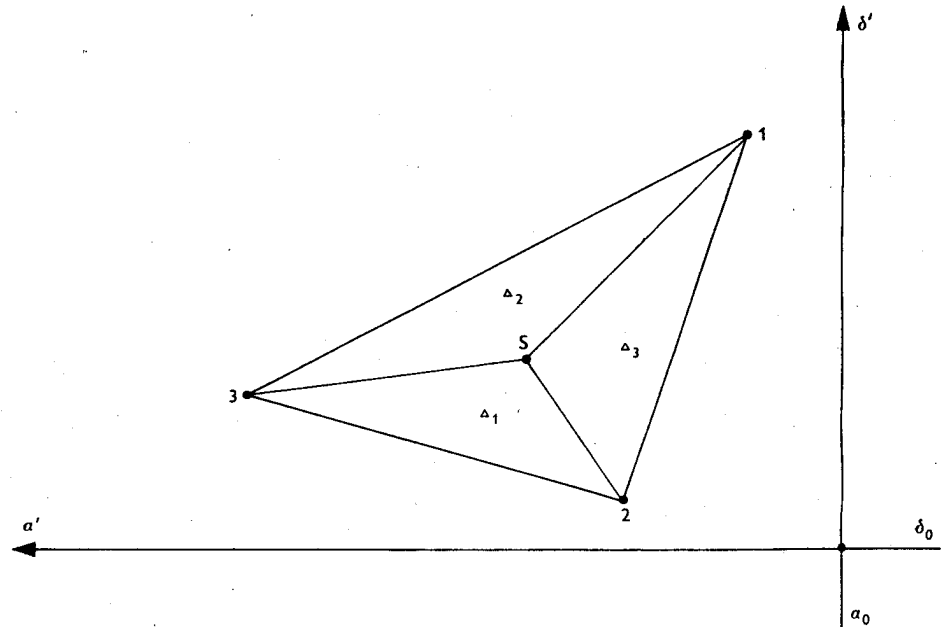
$$F_{\max} = \left(\frac{72}{f}\right)''$$

Dabei bedeutet f die Brennweite des Objektivs, gemessen in cm. Voraussetzung ist jedoch, daß das Objektiv gut abbildet und daß man in der Nähe der optischen Achse arbeitet. Letzteres ist aber immer der Fall, wenn man ein Filmformat von 24 × 36 mm benutzt.

Die zu Positionsbestimmungen erhaltenen Sternaufnahmen werden in Dia-Wechselröhmchen gelegt und mit einem Dia-Projektor möglichst großer Brennweite (f = 15 cm) projiziert. Als Projektionsschirm wird glattes weißes Papier vom Format DIN A 4 oder DIN A 3 benutzt, das an 4 Ecken mit Papierklebe-

streifen auf einer glatten vertikalen Fläche straff befestigt wird. Die optische Achse des Projektionsapparats muß dabei senkrecht auf der Projektionsfläche stehen.

Nach entsprechend gewählter Vergrößerung und Scharfeinstellung werden mit einem spitzen Bleistift die Sternorte bis auf 1/10 mm Genauigkeit durch Punkte festgelegt. Eine sofortige Beschriftung der Orte ist erforderlich, damit man die feinen Punkte nachträglich nicht mit Papierfehlern verwechselt. Wäre die Vergrößerung derart, daß 1° am Himmel 36 cm auf der Zeichnung entsprächen, so würde der Zeichengenauigkeit von 1/10 mm gerade 1" entsprechen.



Bei der Auswertung (Vermessung) der Zeichnungen wird mit einem guten durchsichtigen Maßstab gearbeitet, der auf der Unterseite eine 1/2-mm-Teilung trägt. Die Ablesung erfolgt mit einer 4fach vergrößernden Uhrmacherlupe. Nach einiger Übung kommt man leicht zu einer Ablesegenauigkeit (Schätzung) von etwa 1/20 mm.

Zur Ermittlung der Koordinaten α und δ eines Sterns S müssen die Koordinaten von mindestens 3 Nachbarsternen (Anschlußsternen) bekannt sein. Nach Möglichkeit wählt man die Anschlußsterne (1, 2, 3) so, daß sie ein Dreieck bilden, in dessen Innern der Stern S mit der gesuchten Position liegt (siehe Abbildung). Zur Vermeidung großer Zahlen wählt man die Zählung für die Rektaszension α

und die Deklination δ von einer geeigneten Stelle (α₀, δ₀) aus. Es ist dann:

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha'$$

$$\delta = \delta_0 + \delta'$$

worin α' und δ' kleine Zahlen sind.

Denkt man sich den Stern S in der Zeichnung mit den 3 Anschlußsternen (1, 2, 3) verbunden, so zerfällt das Dreieck Δ (1, 2, 3) in die 3 Teildreiecke Δ₁, Δ₂ und Δ₃. Die Flächeninhalte der 3 Teildreiecke lassen sich nach Vermessen ihrer Grundlinien g und ihrer Höhen h berechnen nach der Beziehung

$$\Delta = 1/2 \cdot g \cdot h$$

Die Koordinaten (α', δ') des Sterns S ergeben sich dann aus

$$\alpha' = \frac{\Delta_1 \cdot \alpha_1' + \Delta_2 \cdot \alpha_2' + \Delta_3 \cdot \alpha_3'}{\Delta}$$

$$\delta' = \frac{\Delta_1 \cdot \delta_1' + \Delta_2 \cdot \delta_2' + \Delta_3 \cdot \delta_3'}{\Delta}$$

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

und der obigen Beziehung. Wenn man

die beiden großen Brüche noch mit 2 erweitert, sieht man, daß für die numerische Rechnung nur die Produkte g · h zu bilden sind. Bei der numerischen Rechnung werden die α' in Zeitsekunden und die δ' in Bogensekunden angegeben.

Dieses Dreiecksverfahren zur Positionsbestimmung eines Sterns S mittels dreier Anschlußsterne ist allerdings nur anwendbar, wenn das Dreieck Δ (1, 2, 3) hinreichend klein ist (z. B. innerhalb eines Quadrates von 1° Seitenlänge liegt) und wenn die Sterndeklinationen kleiner als etwa 60° sind.

In „Meyers Handbuch über das Weltall“ (3. Aufl., S. 282) sind für Barnards Pfeilstern folgende Angaben aufgeführt:

Position für 1950 = (17<sup>h</sup>55<sup>m</sup>23<sup>s</sup> / 4° 33')  
m<sub>vis</sub> = 9.54; Spektrum = M5V.

Anschlußsterne:

1	9 <sup>m</sup> 1	F0	$\alpha = 17^h 53^m 33^s 07$	$\delta = 4^\circ 32' 29''.9$
2	8 <sup>m</sup> 8	K5	$\alpha = 17^h 54^m 1^s 23$	$\delta = 4^\circ 13' 49''.5$
3	8 <sup>m</sup> 2	B9	$\alpha = 17^h 54^m 18^s 50$	$\delta = 4^\circ 22' 56''.5$
4	8 <sup>m</sup> 8	F5	$\alpha = 17^h 54^m 51^s 87$	$\delta = 4^\circ 53' 32''.7$
5	9 <sup>m</sup> 0	B9	$\alpha = 17^h 55^m 15^s 35$	$\delta = 4^\circ 26' 39''.0$
6	8 <sup>m</sup> 3	A2	$\alpha = 17^h 56^m 36^s 18$	$\delta = 4^\circ 57' 27''.4$

Eigenbewegung pro Jahr

$$\mu_\alpha = - 0,8050$$

$$\mu_\delta = + 10,31.$$

Um die Eigenbewegung von Barnards Stern nach dem Dreiecksverfahren bestimmen zu können, sind hier die Koordinaten von 6 Anschlußsternen mitgeteilt. Sie sind dem Yale-Katalog entnommen und gelten für die Epoche 1950. Zur leichteren Identifikation sind ferner die visuellen Größen und die Spektraltypen angegeben. Verwendet man nämlich zu den photographischen Aufnahmen panchromatisches Filmmaterial, so zeigen die Aufnahmen weitgehend die visuellen Sternhelligkeiten. Beim Vergleich mit den eingangs erwähnten Aufnahmen in dem Buch von SKILLING und RICHARDSON muß darauf geachtet werden, daß diese Aufnahmen mit ausgesprochen blauempfindlichem Plattenmaterial gemacht wurden. Sie geben die photographischen Sternhelligkeiten wieder. Die Anschlußsterne sind so gewählt, daß man mittels der Sterne (1, 2, 5) die Genauigkeit der eigenen Apparatur erproben kann. Man ermittelt die Position von Stern 3 nach dem Dreiecksverfahren und vergleicht das Ergebnis mit dem oben angegebenen Tafelwert. Die Differenz ergibt den Fehler.

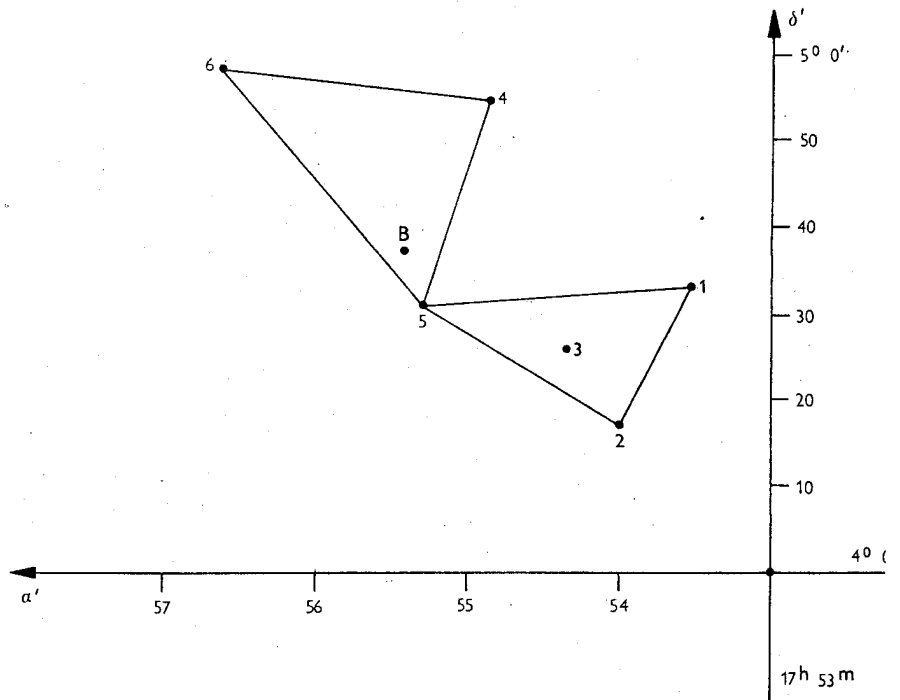
Zur Ermittlung der Position von Barnards Stern B benutzt man die Sterne (4, 5, 6) als Anschlußsterne. Da sich B nach Norden bewegt, bleibt das Dreieck (4, 5, 6) für die nächste Zukunft brauchbar.

Kommt man mit der Genauigkeit der

Positionsbestimmung unterhalb eines Fehlers von 4" (Kamerabrennweite  $f = 18$  cm), so ist die Eigenbewegung von Barnards Stern hiermit von Jahr zu Jahr feststellbar. Bei der Benutzung eines Teleskopspiegels von 20 cm Öffnung und 156 cm Brennweite blieben die Fehler stets unterhalb von 0,6.

hinreichend dicht liegenden Sternen hat. Neuere Kataloge dieser Art sind z. B. der 2. Katalog der Astronomischen Gesellschaft (AGK2) und der Yale-Katalog; beide für das Äquinoktium 1950.

Da sich die in beiden Katalogen aufgeführten Sterne in etwa mit den Sternen im Atlas „Borealis und Äquatorialis“ von BEČVAR decken, wäre es zu begrüßen, wenn einer dieser Kataloge im Mikrodruck erscheinen würde. Dann wäre ein solches Sternverzeichnis jeder Schul-, Volks- und Privatsternwarte zugänglich. Haben die Anschlußsterne etwa nur die Dichte wie im Sternverzeichnis von



Nach dem Dreiecksverfahren kann man ohne viel Rechnung auch die Positionen von kleinen Planeten und Kometen bestimmen. Voraussetzung ist jedoch, daß man Zugang zu einem Sternkatalog mit

BEČVAR „Atlas Coeli II, Katalog 1950“, so kann man zur Positionsbestimmung das Sternspurverfahren anwenden, das in einem folgenden Beitrag beschrieben werden soll.