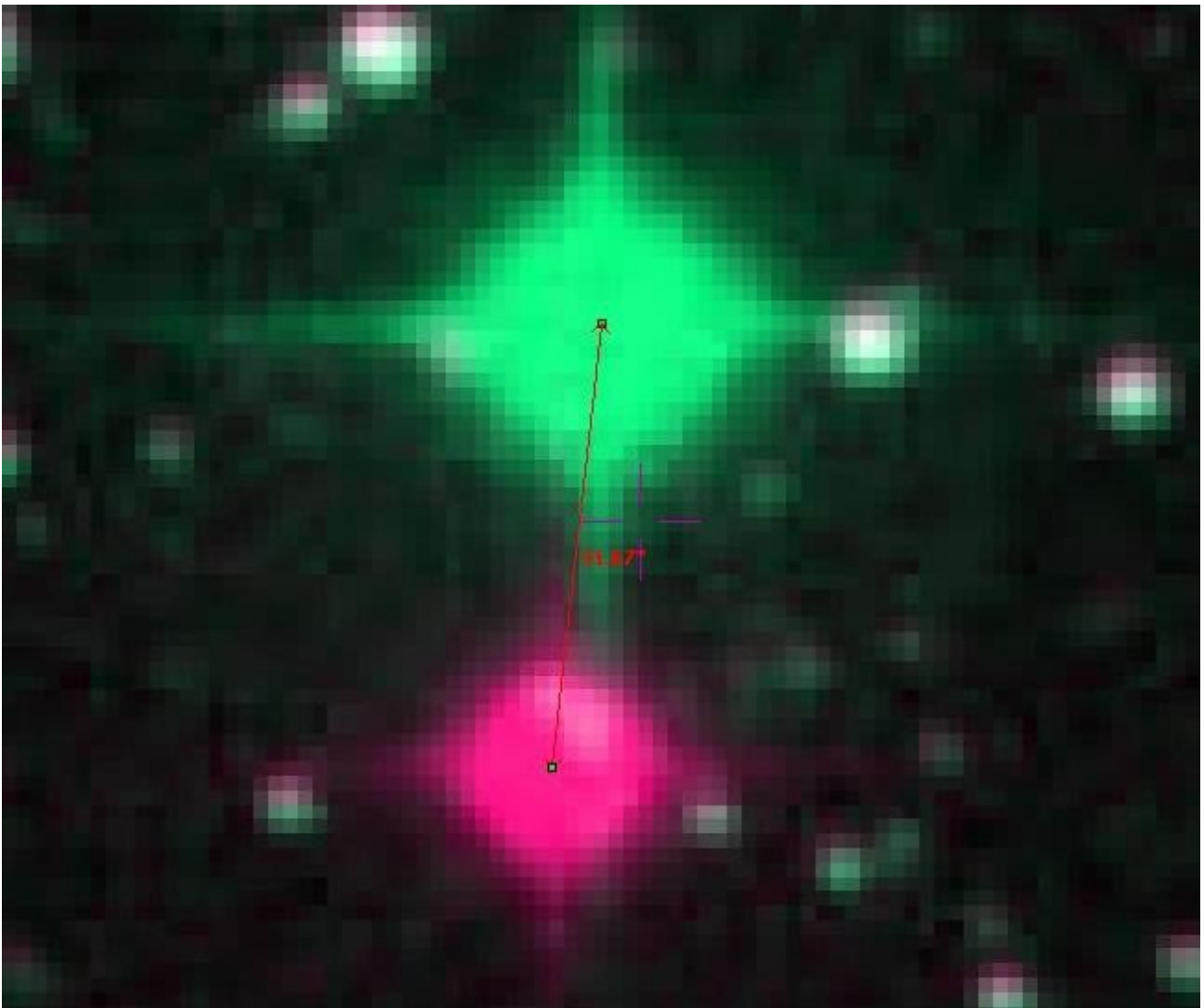


# Die Eigenbewegung von Barnards Stern



## Sterne sind keine Fixsterne

Auch wenn die Sterne oft „Fixsterne“ genannt werden, ist diese Bezeichnung doch nicht zutreffend. Früher, als man sich über die Natur der Himmelskörper noch nicht im Klaren war, wurde diese Bezeichnung gewählt, um sie von den „Wandelsternen“ zu unterscheiden, deren Position am Himmel sich Nacht für Nacht deutlich änderte. Heute wissen wir, dass diese Wandelsterne die Planeten sind und dass sich auch die „Fixsterne“ bewegen. Allerdings ist deren Bewegung so gering, dass es lange dauerte, bis sie gemessen werden konnten.

Die Position der Sterne verändert sich aus verschiedenen Gründen. Einerseits können wir scheinbare Änderung des Sternorts beobachten, die auf die Bewegung der Erde um die Sonne (Parallaxe) bzw. der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit (Aberration) entstehen. Andererseits existiert auch eine tatsächliche Positionsänderung der Sterne, hervorgerufen durch ihre *Eigenbewegung*.

Ein Stern, der sich am Himmel bewegt, ändert seine Rektaszension und Deklination. Die Formel für die Änderung in einem gewissen Zeitabschnitt ist gegeben als:

$$\mu_{\delta} = \mu \cos(\theta)$$

$$\mu_{\alpha} = \mu \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)}$$

Mit  $\mu$  wird hier die insgesamt Eigenbewegung pro Zeiteinheit am Himmel angegeben; mit  $\theta$  der Winkel in die Richtung, in die sich der Stern bewegt (Norden = 0°).

## Wie schnell bewegt sich Barnards Stern?

Der Stern mit der schnellsten bisher gemessenen Eigenbewegung ist *Barnards Stern*. Wie schnell sich dieser Stern bewegt, lässt sich leicht mit Aladin

herausfinden.

Dazu wird Aladin gestartet und unter

*Datei* -> *Öffnen...*

die Serverauswahl geöffnet. Unter Ziel gibt man dort „Barnard Star“ ein und drückt auf „Absenden“.

Nun werden die vorhandenen Aufnahmen von Barnards Stern angezeigt. Da wir die Eigenbewegung bestimmen wollen, müssen wir zwei Aufnahmen auswählen, die zu zwei verschiedenen Zeitpunkten gemacht wurden. Am besten wählt man 2 Bilder aus dem POSSII-Katalog.

Für unser Problem am geeignetsten sind die Aufnahmen der Größe 13 x 13 Bogenminuten. In der Spalte „Date“ wird das Datum der Aufnahmen gezeigt; wir wählen die beiden Bilder aus den Jahren 1991 und 1988:

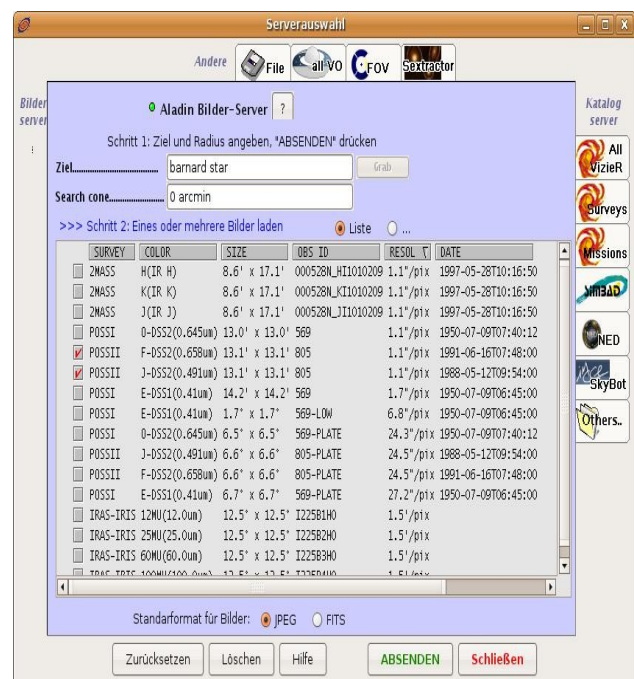


Bild 1: Bilder von Barnards Stern werden gewählt

Mit einem Klick auf „Absenden“ werden die Bilder in Aladin geladen.

Um festzustellen, ob sich der Stern im Zeitraum zwischen den beiden Aufnahmen bewegt hat, können wir beiden Bilder zu einem kurzen Film montieren.

Dazu gibt es in Aladin ein eigenes Werkzeug das mit einem Klick auf den „blink“-Knopf in der Werkzeugleiste rechts gestartet werden kann.

Hier gibt man nun einach die Bilder an, die man hintereinander anzeigen lassen möchten und klickt auf „Erstellen“:



Bild 2: Ein Film wird erzeugt

Im nun ablaufenden Film sieht man deutlich, dass sich der Stern bewegt.

Wir wollen nun wissen, wie weit sich Barnards Stern bewegt hat. Dazu verwendet wir am besten das „rgb“-Werkzeug. Eigentlich ist es dazu gedacht, um Bilder, die in verschiedenen Wellenlängenbereichen gemacht wurden, zu einem Bild in „Echtfarben“ zu kombinieren. Aber dieses Werkzeug lässt sich auch in diesem Fall sehr gut einsetzen.

Mit einem Klick auf den „rgb“-Knopf in der Werkzeugleiste wird das rgb-Fenster geöffnet. Wir wählen nun jeweils eines der beiden Bilder für den grünen und den roten Kanal aus und klicken auf „Erstellen“:



Bild 3: Zwei Bilder werden kombiniert

Wir sehen nun beide Bilder überlagert. Dort, wo die in beiden Bildern die Sterne die gleiche Position haben, erscheinen sie weiß. Barnards Stern aber hat sich bewegt und erscheint deshalb doppelt; einmal in rot und einmal in grün:

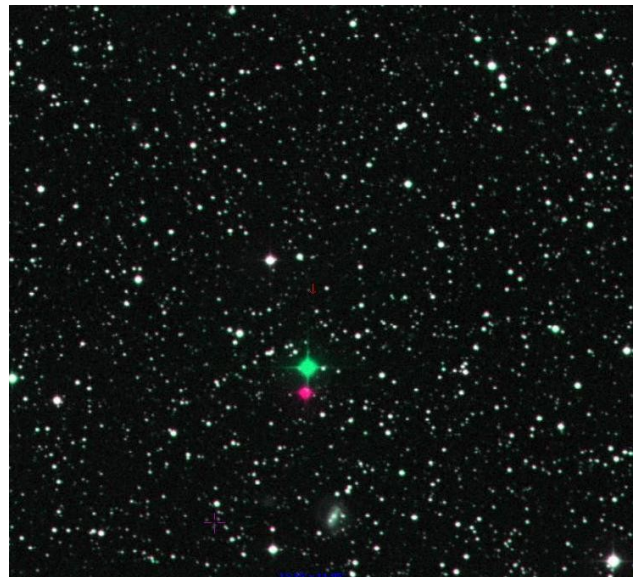


Bild 4: Barnards Stern hat sich bewegt

Nun kann man genau messen, wie weit sich der Stern im Laufe der Zeit bewegt hat. Dazu vergrößert man am besten den Bildausschnitt („zoom“-Werkzeug) und benutzt dann das Werkzeug „abt“, um die Distanz zwischen dem roten und dem grünen Bild des Sterns zu messen (die „Strahlen“ des Sterns helfen dabei, den Mittelpunkt zu finden).

Der gemessene Abstand beträgt etwa 32 Bogensekunden: das ist die Distanz, die sich Barnards Stern zwischen den beiden Aufnahmen bewegt hat.

Aber um welchen Zeitraum handelt es sich dabei? Auch das lässt sich leicht feststellen. Mit einem Rechtsklick auf das jeweilige Bild im Stapel vom Aladin lassen unter dem Punkt „Eigenschaften“ die Details zur Aufnahme anzeigen:



Bild 5: Wann wurde die Aufnahme gemacht?

Der Punkt „Epoche“ zeigt das Datum, an dem das Bild aufgenommen wurde. Für unsere beiden Aufnahmen sind das der 12. Mai 1988, um 09:54:00 bzw der 16. Juni 1991, um 07:47:59. Oder, in dezimaler Schreibweise ausgedrückt,

1988,36115674196  
bzw  
1991.45468856947.

Durch Subtraktion ergibt sich, dass zwischen den beiden Aufnahmen ein Zeitraum von 3.09353182751 Jahren liegt.

Die jährliche Eigenbewegung von Barnards Stern beträgt also 32 Bogensekunden pro 3.09 Jahren oder **10.34 Bogensekunden pro Jahr!**

## Weitere Untersuchungen

Welcher tatsächlichen Geschwindigkeit entsprechen die 10.34 Bogensekunden pro Jahr? Dieser Wert beschreibt ja nur die scheinbare Bewegung entlang der gedachten Himmelskugel aber nicht die reale Geschwindigkeit im Raum.

Um diese berechnen zu können, muss die Entfernung zu Barnards Stern bekannt sein. Dazu wird am besten ein Katalog im Sterndaten in Aladin geladen:

Datei -> Katalog laden -> Simbad database

Der Katalog wird im Stapel von Aladin angezeigt. Mit dem Werkzeug „wahl“ können nun die Katalogobjekte im Bildfenster markiert werden; die entsprechenden Datenbankeinträge werden dann im Messfenster angezeigt:

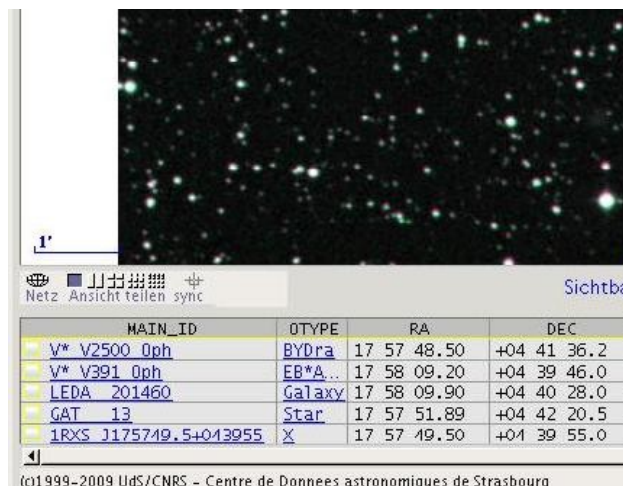


Bild 6: Katalogdaten zu Barnards Stern werden angezeigt

Barnards Stern wird hier unter einer seiner anderen Bezeichnungen „V\* V2500 Oph“ aufgeführt (das „V“ steht für „variabel“, da Barnards Stern ein sg. „veränderlicher Stern“ ist, also seine Helligkeit ändert).

Ein Klick auf diesen Namen öffnet nun die Simbad-Datenbank im Webbrowser und man hat Zugriff aus sämtliche vorhandenen Daten:

### Basic data :

V\* V2500 Oph -- Variable of BY Dra type

Other object types: [EB\\*](#) ( ) , [BY\\*](#) ( ) , \* (AC2000, ASCC, BD, CSL, GAT, GCRV, (C1, G, LFT, LHS, LSPM, LTT, NLTT) , [V\\*](#) (V\*, CSV, NSV) . :

ICRS coord. (ep=2000) : 17 57 48.4983 +04 41 36.245 ( ~ ) [ 14.24 10.45

FK5 coord. (ep=2000 eq=2000) : 17 57 48.498 +04 41 36.25 ( ~ ) [ 14.24 10.45 67

FK4 coord. (ep=1950 eq=1950) : 17 55 22.71 +04 33 14.1 ( ~ ) [ 84.21 61.89 67 ]

Gal coordinates : 031.0087 +14.0627 ( ~ ) [ 14.24 10.45 66 ] A [199](#)

Proper motions mas/yr [error ellipse]: -798.71 10337.77 [ 1.66 1.22 67 ] A [1997A&A...323I](#)

Radial velocity / Redshift / cz : km/s -106.8 [-] / z = -0.000356 [-] / cz -106.78 [ 549.30 [1.58] A [1997A&A...323L...49P](#)

Parallaxes mas: [M4Ve](#) C ~

Spectral type: B 11.28 [-] C ~

Fluxes (7) : V 9.54 [-] C ~

R 0.7 [-] E [2002AJ...125..904M](#)

I 7.9 [-] E [2003AJ...125..984M](#)

J 5.24 [-] C [2003yCat.2246....0C](#)

H 4.83 [-] C [2003yCat.2246....0C](#)

K 4.52 [-] C [2003yCat.2246....0C](#)

essential notes: • not [BD+04 3561](#)

Bild 7: Barnards Stern bei Simbad

Unter „*Parallaxes mas*“ findet man den Wert für die Parallaxe von Barnards Stern, angegeben in Millibogensekunden (mas). Die Parallaxe beträgt also 0,549 Bogensekunde.

Damit folgt sofort die Entfernung  $r$  zum Stern in parsec:

$$r = 1 / 0.549 = 1.82 \text{ pc}$$

Wir wissen also nun, dass sich Barnards Stern 1.82 pc entfernt befindet und pro Jahr eine Entfernung von 10.34 Bogensekunden am Himmel zurücklegt.

Mit einfacher Trigonometrie lässt sich nun ausrechnen, welche tatsächliche Distanz in einer Entfernung von 1.82 Parsec uns unter einem Winkel von 10.35 Bogensekunden erscheint:

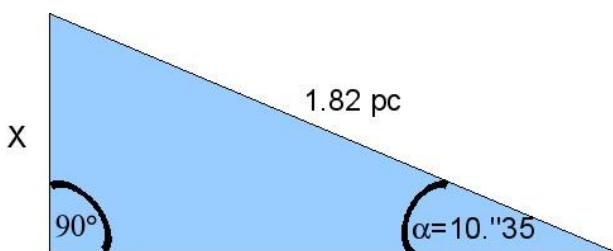


Bild 8: Berechnung der tatsächlichen Geschwindigkeit

Die gesuchte Entfernung  $X$  beträgt 0.0000912 Parsec bzw. 2813000000 km. Diese Entfernung legt Barnards Stern pro Jahr zurück; umgerechnet entspricht das einer Geschwindigkeit von **90 km/s bzw. 321000 km/h** (Das ist allerdings nur die Tangentialgeschwindigkeit).

## Die tatsächliche Bewegung am Himmelskugel

Die tatsächliche Bewegung von Barnards Stern am Himmel wird allerdings noch von vielen anderen Faktoren beeinflusst: der Bewegung der Erde um die Sonne; dem Einfluss des Mondes auf die Bewegung der Erde (Präzession und Nutation) und den schon in der Einleitung erwähnten Effekten von Aberration und Parallaxe.

Mit dem APFS-Tool des *deutschen virtuellen Observatoriums GAVO* lassen sich diese tatsächliche Positionen (Apparent Places) darstellen.

Unter [http://dc.zah.uni-heidelberg.de/apfs/res/apfs\\_new/hipquery/orm](http://dc.zah.uni-heidelberg.de/apfs/res/apfs_new/hipquery/orm) kann die Eingabemaske aufgerufen werden.

Im Feld „*Object*“ wird der Name des Objekts, „*Barnard Star*“, eingegeben. Danach muß spezifiziert werden, welcher Zeitraum betrachtet werden soll. Hier kann man sich z.B. die Sternpositionen zwischen dem 1. Juni 2009 und dem 1. Juni 2014 berechnen lassen. Als Ausgabe-Intervall („*interval of generation*“) wählt man 24 Stunden; bei „*Output Format*“ wird für eine grafische Darstellung der Ergebnisse der Punkt „*VOPlot*“ ausgewählt:

Bild 9: Bewegung von Barnards Stern mit GAVO

Ein Klick auf „*Go*“ startet die Berechnung und die grafische Oberfläche.

Hier müssen noch auf der rechten Seite die korrekten Spalten für „*x*“ und „*y*“ ausgewählt werden. Bei „*x*“ ist das die Rektaszension („*raCIO*“) und bei „*y*“ die Deklination „*dec*“. Ein Klick auf „*plot*“ zeichnet das Diagramm neu.

Man sieht nun, wie sich die Position des Sterns im Laufe der Zeit am Himmel verändert.

Die fünf Schleifen entsprechen den 5 Jahren unserer Berechnung (von 2009 bis 2014) und sind auf die Bewegung der Erde um die Sonne zurückzuführen. Die überlagerte gleichförmige Bewegung von links unten nach rechts oben (abnehmende Werte der Rektaszension und zunehmende Werte der Deklination) zeigen die Eigenbewegung des Sterns:

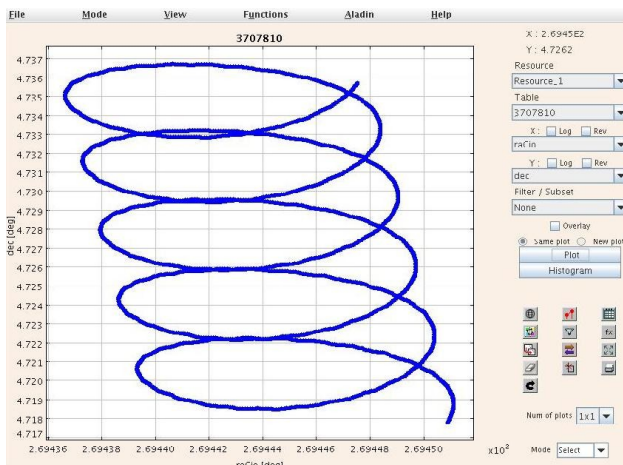


Bild 10: Bewegung von Barnards Stern

Das wird deutlicher sichtbar, wenn man sich die Positionen nur jährlich anzeigen lässt und so die durch den Erdumlauf verursachten Positionsänderungen

herausfiltert.

Dazu wiederholt man die Berechnung analog zum letzten Beispiel, nur wird als Ausgabeintervall nicht 24 Stunden gewählt sondern 8766 Stunden (das ist ein Jahr).

Das Bild sieht dann so aus:

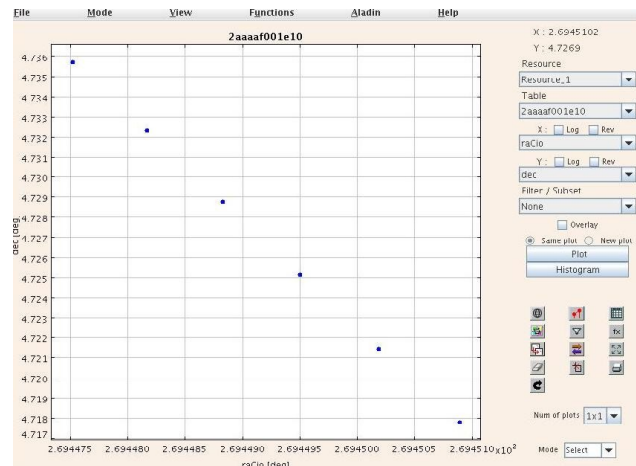


Bild 11: Bewegung von Barnards Stern

Man erkennt nun deutlich die gleichförmige Eigenbewegung.