

Entfernungsmessung

Astronomische Entfernungseinheiten

Als fundamentale Längeneinheit wird in der Astronomie die mittlere Entfernung Erde – Sonne (= große Halbachse der Erdbahnelipse) genommen. Die Distanz wird **Astronomische Einheit** (AE) genannt und stellt das astronomische Grundmaß dar.

$$1 \text{ AE} = 149\,597\,870 \text{ km}$$

Die Strecke von knapp 150 Millionen Kilometer überbrückt ein Lichtstrahl in 8 min 20 sec.:

$$1 \text{ AE} \triangleq 8^{\text{m}}20^{\text{s}} \text{ Lichtlaufzeit}$$

Eine AE entspricht einer **Sonnenparallaxe** von

$$\pi_{\odot} = 8,794''$$

Unter Sonnenparallaxe versteht man den winzig kleinen Winkel, unter dem von der Sonne aus gesehen der Erdradius (Äquatorhalbmesser) erscheint.

Die Größe AE wird für Distanzangaben im Sonnensystem verwendet.

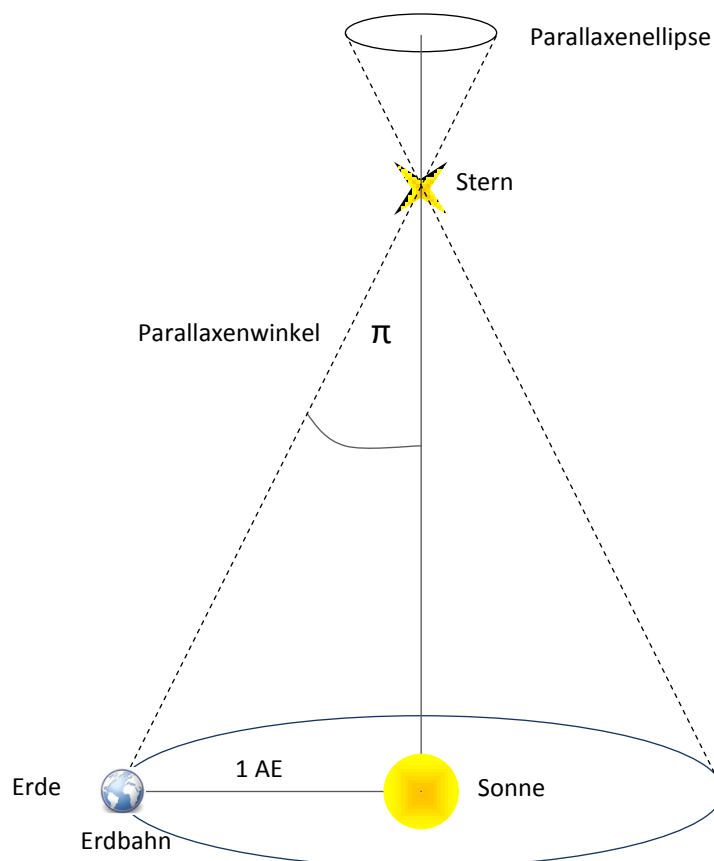


Abb. 1: Grundprinzip der trigonometrischen Parallaxe

Entfernungsmessung

In der Stellarastronomie verwendet man statt AE die wesentlich größere Entfernungseinheit **Parsec** (pc). Die Bezeichnung ist die Abkürzung für Parallaxensekunde. Sie leitet sich direkt aus der Methode der trigonometrischen Parallaxenbestimmung zur Entfernungsmessung ab.

Ein Stern ist dann ein Parsec von uns entfernt, wenn von ihm aus die Distanz Erde – Sonne, also die Strecke von 1 AE, unter einem Winkel von einer Bogensekunde erscheint (Abb. oben). Ein Parsec entspricht 206 265 AE oder 30,8 Billionen Kilometer.

Entfernungseinheiten

Einheit	Kilometer	AE	LJ
1 Astronomische Einheit (AE)	$149,60 \cdot 10^6$	1	$15,8 \cdot 10^{-6}$
1 Lichtjahr (LJ)	$9,46 \cdot 10^{12}$	63 240	1
1 Parsec (pc)	$30,856 \cdot 10^{12}$	206 265	3,2615

Für größere Entfernungen verwendet man das Kiloparsec (1 kpc = 1000 pc) und das Megaparsec (1 Mpc = 1 000 000 pc).

Die Entfernungsmessung der näheren Sterne beruht auf der trigonometrischen Parallaxenbestimmung, wobei die Basislinie die Größe des Erdbahndurchmessers (300 Millionen Kilometer) erreicht. Infolge der Erdbewegung um die Sonne beschreiben die Sterne im Laufe eines Jahres kleine Ellipsen am Himmelsgewölbe. Die näheren Sterne zeigen relativ zum Hintergrund der fernen Sterne kleine Verschiebungen. Der Winkel π^* , unter dem von einem Stern aus der Erdbahnhalmmesser (=1 AE) erscheint, heißt **Fixsternparallaxe**.

Der Kehrwert der Parallaxe $1/\pi^*$ (in Bogensekunden) eines Sterns gibt direkt seine Entfernung r in Parsec an. Es gilt:

$$1/\pi^* = r$$

Ist ein Stern so weit entfernt, dass von ihm aus die Strecke Erde – Sonne unter einem Winkel von nur einer Zehntel Bogensekunde erscheint, also $\pi^* = 0,1''$, so steht der Stern in 10 pc Distanz, bei $\pi^* = 0,01''$ in 100 pc usw.

Entfernungsmessung

Die Parallaxen der Sterne sind sehr klein, selbst für die nächsten Sterne gilt stets: $\pi^* < 1''$! Lange Zeit war man daher nicht in der Lage, Fixsternparallaxen zu messen und somit die Entfernung der Sterne zu bestimmen. Die erste erfolgreiche Parallaxenmessung gelang Friedrich Wilhelm BESSEL im Jahr 1838. Er bestimmte die Parallaxe des Sternes 61 Cygni zu $\pi^* = 0,32''$, was einer Entfernung von 3,125 pc entspricht. Damit ist das Licht von 61 Cygni über zehn Jahre zur Erde unterwegs.

Ein populäres Entfernungsmaß ist das Lichtjahr. Unter einem **Lichtjahr** (LJ) versteht man die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt, nämlich knapp zehn Billionen Kilometer.

$$1 \text{ LJ} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

Ein Parsec hat somit 3,26 Lichtjahre.

Der allernächste Fixstern, Proxima Centauri, ist bereits über vier Lichtjahre entfernt. Er ist nur 10,7 Magnituden hell. Seine Parallaxe π^* misst $0,762''$, was einer Distanz von 1,31 pc entspricht. Das bedeutet, dass Sternparallaxen stets kleiner als eine Bogensekunde sind. Da die Genauigkeit der optischen Parallaxenmessungen auf $\pi^* \approx 0,01''$ begrenzt ist, kann man nur Sterne bis etwa 100 pc Distanz mit trigonometrischen Parallaxenmessungen erfassen. Bei weiter entfernten Objekten müssen die Distanzen mit anderen Methoden ermittelt werden, z. B. mit photometrischen Parallaxen. In der Astronomie hat es sich eingebürgert, bei Entfernungsmessungen stets von „Parallaxenbestimmungen“ ... zu sprechen, auch wenn man sich keiner Winkelmessung bedient.

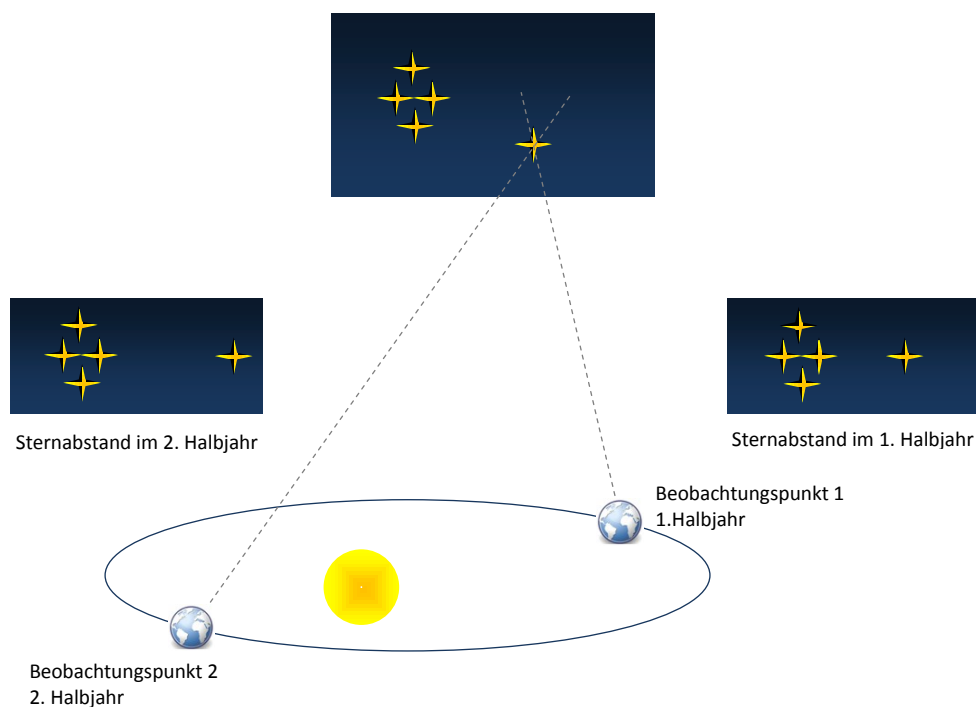


Abb. 2: Hier wird die Bedeutung der Parallaxe nochmals verdeutlicht anhand der Sicht eines Beobachters im halbjährlichen Zeitabstand.