

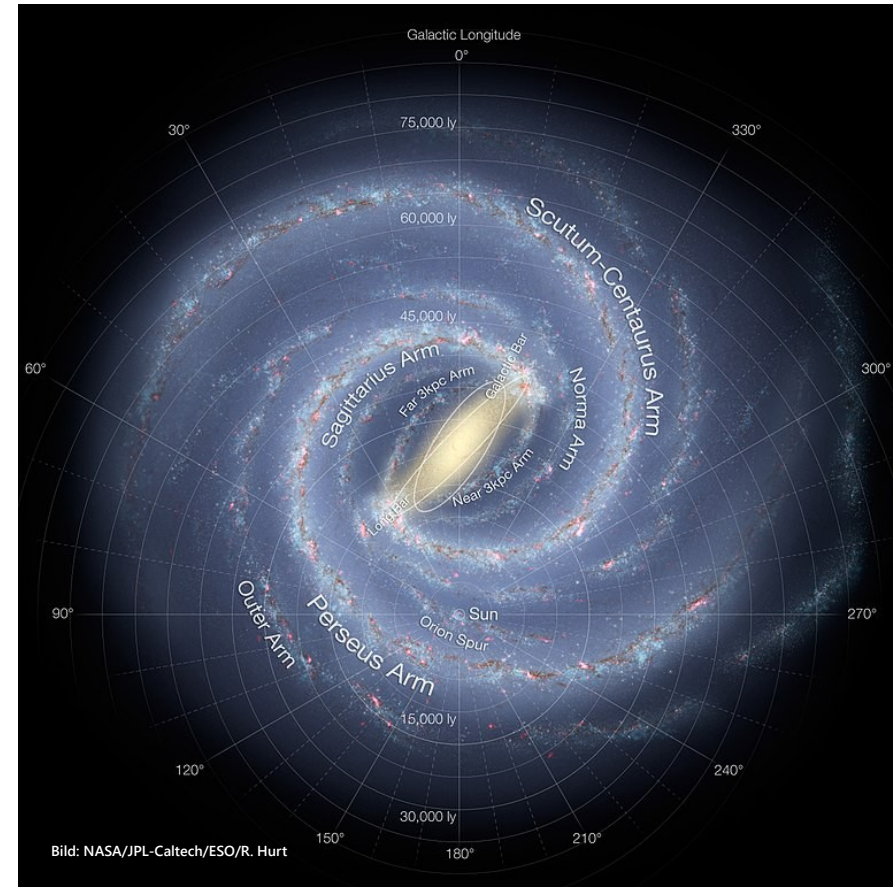
Entfernungen im Weltraum

Abenteuer Universum, ab 21. Oktober 2019

Enthält Screenshots von Stellarium – www.stellarium.org

Riesiges Universum

- Ein markantes Kennzeichen des Universums ist, dass es sehr groß ist. Daher sind die von der Erde vertrauten Längeneinheiten üblicherweise nicht zu gebrauchen.
- Der Durchmesser allein unserer Galaxis (die eine unter 100 Milliarden ist) wäre etwa 1.000.000.000.000.000.000 km (1 Trillion) – eine sehr unübersichtliche Zahl, bei deren Schreibung sich schnell Fehler einschleichen.



Im Sonnensystem: AE bzw. AU (engl.)

- Für Entfernungen innerhalb des Sonnensystems benutzt man die Einheit **AE = Astronomische Einheit** bzw. **AU = astronomical unit**.
- Die AE ist definiert als der **mittlere Abstand** zwischen **Erde und Sonne**.
- Mit dieser Definition ergibt sich folgende Umrechnung:

$$1 \text{ AE} = 149.597.870.700 \text{ m}$$

- Dauerhaft merken muss man sich

$$1 \text{ AE} \approx 150.000.000 \text{ km}$$

Im Sonnensystem: AE bzw. AU (engl.)

Planet	Entfernung zur Sonne
Merkur	0,307 – 0,467 AE
Venus	0,718 – 0,728 AE
Erde	0,983 – 1,017 AE
Mars	1,381 – 1,666 AE

Planet	Entfernung zur Sonne
Jupiter	4,95 – 5,46 AE
Saturn	9,0412 – 10,1238 AE
Uranus	18,324 – 20,078 AE
Neptun	29,812 – 30,328 AE

Im Sonnensystem: AE bzw. AU (engl.)

Zwergplanet	Entfernung zur Sonne
Ceres	2,558 – 2,976 AE
Pluto	29,658 – 49,305 AE
Haumea	34,97 – 51,60 AE
Makemake	38,360 – 52,761 AE
Eris	38,013 – 97,468 AE

Quelle: Wikipedia, Oktober 2019

Interstellar: Lichtjahr

- Grundlage ist die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, die nach aktuellem Kenntnisstand überall gleich ist: 299 792 458 m/s
- Die Distanz, die das Licht innerhalb eines Jahres zurücklegt, ist **1 LJ (Lichtjahr) bzw. 1 LY (lightyear)**
- Daraus ergibt sich folgende Umrechnung:
1 LJ = 9 460 730 472 580 800 m
- Dauerhaft merken muss man sich:
1 LJ \approx 9,46 Billionen km

Interstellar: Parsec

Ein Parsec (pc) ist eine weitere Einheit für interstellare Distanzen.

Ein Parsec ist die Distanz, aus der 1 AE im Winkel einer Bogensekunde erscheint.

Die Abbildung ist extrem unmaßstäblich.



Parsec

- Eine Parsec wird dementsprechend auf folgende Weise berechnet (für euch noch etwas mysteriös):

$$1 \text{ pc} = 0,5 \text{ AE} / \tan((1/7200)^\circ)$$

$$\approx 30\,856\,775\,810\,000 \text{ km}$$

- Ihr müsst euch merken:

$$1 \text{ pc} \approx 3,26 \text{ LJ}$$

Wieso Parsec?

- Parsec ist die Abkürzung für *parallax second*.
- Über so genannt *Parallaxe* kann man die Entfernung naher Sterne gut bestimmen.
- Kleines Experiment: Halte den Arm ausgestreckt und halte einen Finger hoch (z.B. den Daumen). Öffne und schließe abwechselnd das linke und das rechte Auge und schau dabei auf irgendein weiter entferntes Objekt. Was passiert?

Parallaxe

Es sollte ungefähr so etwas passieren:

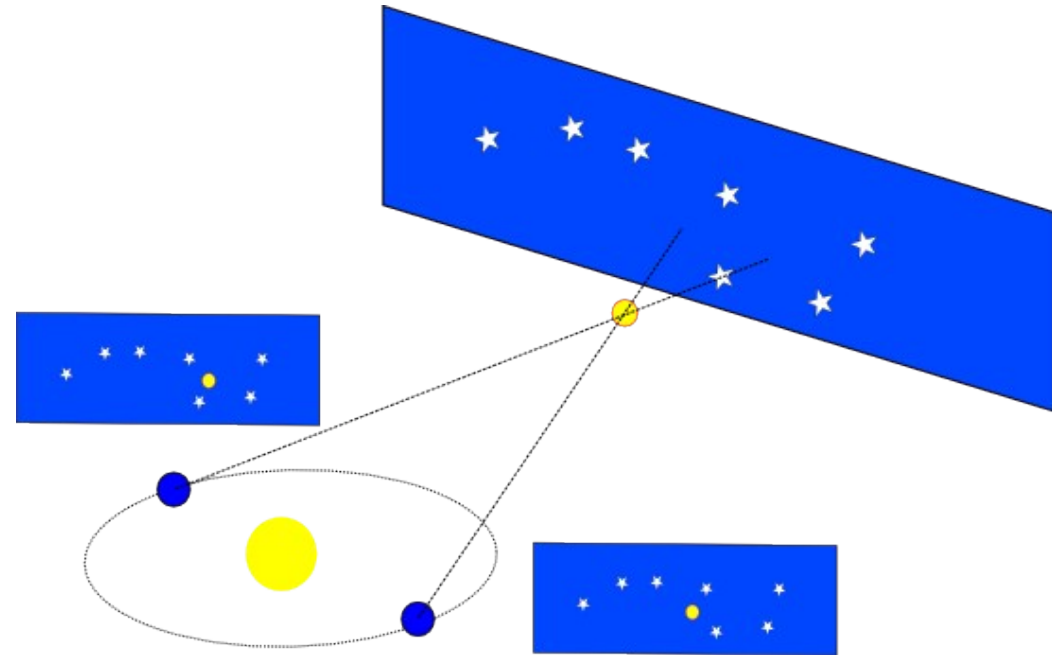


Rechtes Auge

Linkes Auge

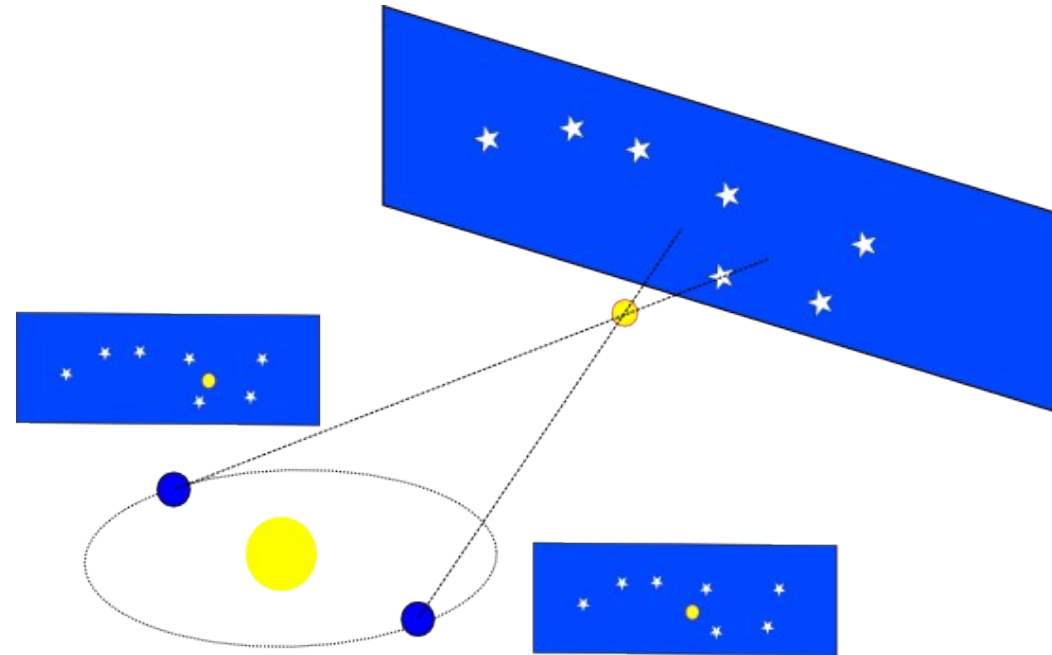
Parallaxe

- Bei nahe gelegenen Sternen passiert genau das gleiche.
- Hier ist ein Schema abgebildet:
- Tatsächlich ist die Verschiebung so winzig, dass man sie nicht wahrnimmt (beim nächsten Stern weniger als 1").
- Deshalb braucht man hochpräzise Messgeräte mit gigantischer Auflösung.



Parallaxe

- Die Entfernungsmessung über Parallaxe funktioniert jedoch nur bei relativ nahen Sternen gut.
- Je weiter ein Stern entfernt ist, desto weniger deutlich wird die Parallaxe-Verschiebung sein.
- Eine exakte Grenze ist nicht anzugeben, da die Messmethoden immer genauer werden.



Andere Methoden Entfernungsmessung

- Für weiter entfernte Sterne wird oft die Entfernungsmessung über die Farbe und Helligkeit benutzt.
- Sterne haben nämlich eindeutige Farben. Auf dem Foto ist deutlich die rote Färbung des Beteigeuze zu erkennen, die man auch mit bloßem Auge wahrnimmt.
- Man braucht sehr exakte Messgeräte, um die präzise Farbe zu bestimmen.

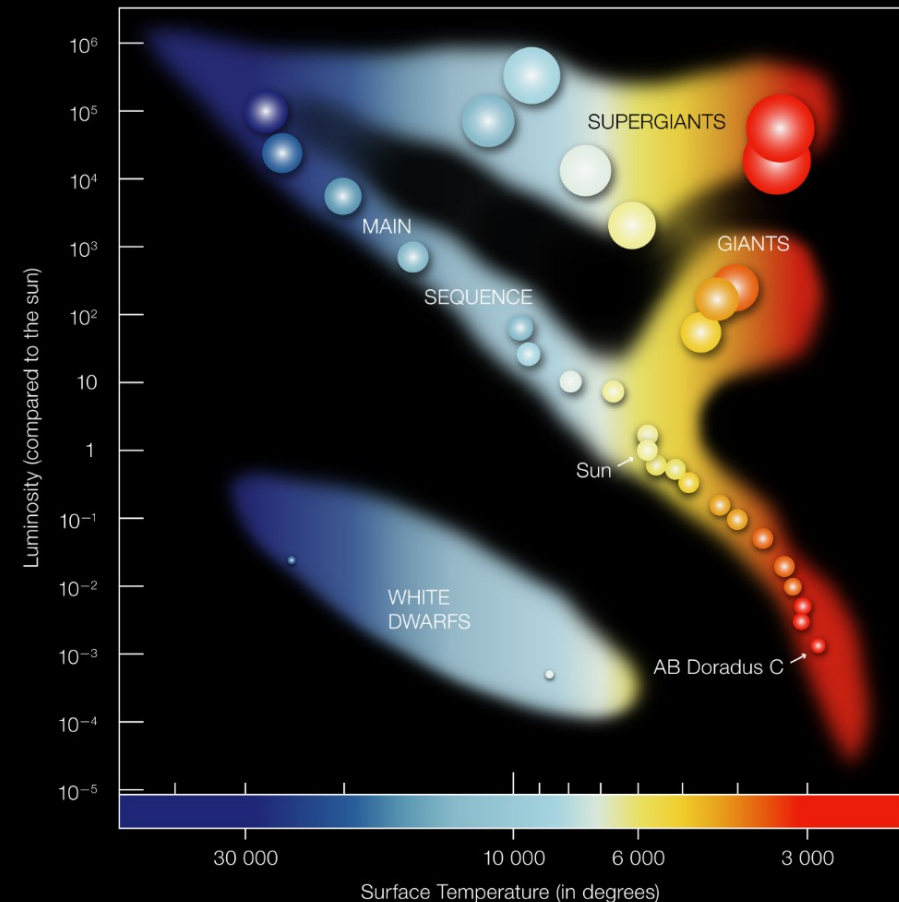
Foto: NASA/ESA



Das Hertzsprung-Russel-Diagramm

- Mithilfe der Entfernungsmessung über Parallaxe hat man herausgefunden, dass es diverse Sterntypen gibt, die jeweils in Temperatur, Farbspektrum und Helligkeit übereinstimmen.
- Aus einem bestimmten Farbspektrum kann man also auf die tatsächliche Helligkeit schließen.

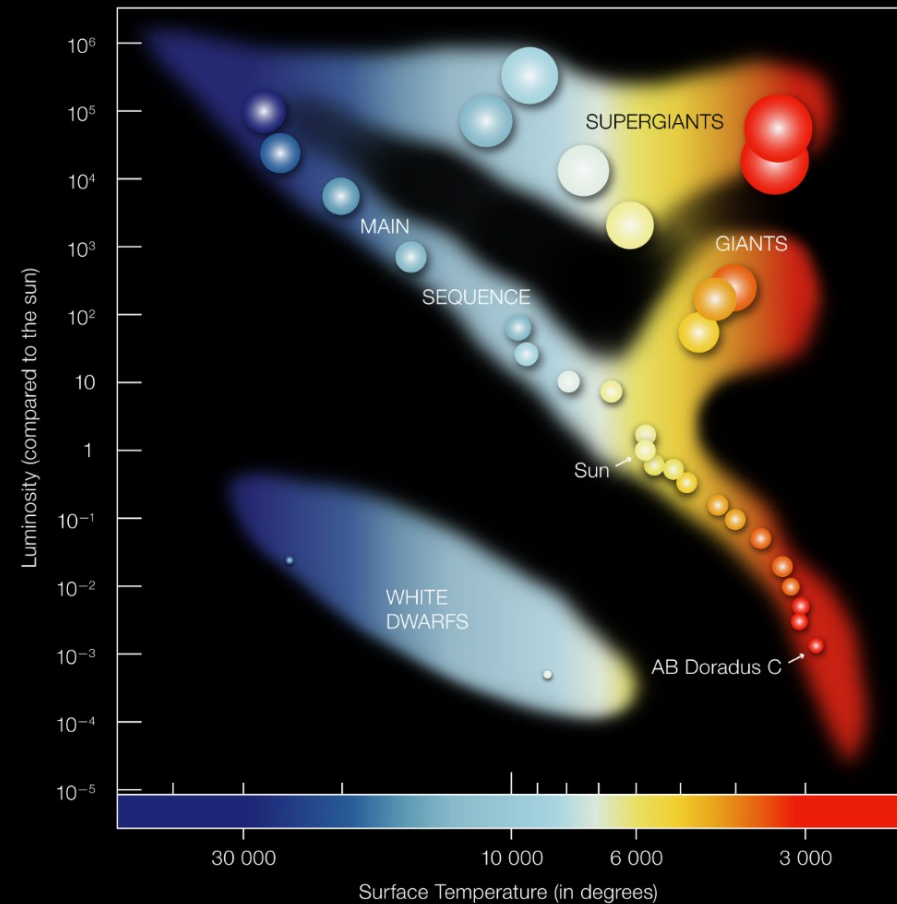
Grafik:
ESO



Entfernungsmessung mit dem Hertzsprung-Russel-Diagramm

- **Das Farbspektrum und die scheinbare Helligkeit werden exakt bestimmt.**
- **Anhand des Farbspektrums wird festgestellt, wie hell der Stern tatsächlich ist.**
- **Aus der scheinbaren Helligkeit kann man schließen, wie weit der Stern entfernt ist: Je dunkler er ist, desto weiter.**

Grafik:
ESO



Unsicherheiten

- **Aufgrund diverser Unsicherheiten gibt es bei der Entfernungsmessung immer die Möglichkeit von teilweise großen Ungenauigkeiten.**
- **Es gibt z.B. veränderliche Sterne, deren Farbspektrum sich ändert; interstellare Staubwolken können Licht schlucken, bisherige Annahmen können sich als falsch herausstellen usw.**
- **Hier geht es zwar um Ungenauigkeiten, die viele Lichtjahre umfassen können, aber nicht um fundamentale Irrtümer, die den Sinn einer Methode völlig infrage stellen.**
- **Heute benutzt man mehrere komplizierte Methoden gleichzeitig, um möglichst genaue Entfernungsmessungen vorzunehmen.**