

Wie misst man Entfernungen ohne ein Maßband?

Die Daumenpeilung

Um Entfernungen zu schätzen, kann man die *Daumensprung*-Methode verwenden. Bei dieser Methode wird die Entfernung eines Objektes „über den Daumen gepeilt“. Dabei werden die folgenden Schritte angewendet:

1. Strecke einen Arm lang aus und Zeige mit der Faust auf das Zielobjekt.
2. Stelle nun den Daumen nach oben auf und schließe das *linke* Auge. Das Objekt sollte sich direkt hinter dem Daumen befinden.
3. Schließe das *linke* Auge und öffne das *rechte* Auge.
4. Der Daumen zeigt nun auf eine Stelle rechts neben dem Zielobjekt.
5. Schätze nun den scheinbaren **Abstand** zwischen *Zielobjekt* und *Daumen*
6. Die ungefähre Entfernung zum Ziel wird berechnet durch diese Formel:

$$\text{Entfernung} = 10 \cdot \text{Abstand}$$

Wieso kann man so rechnen?

Die Formel für die Entfernung entsteht durch den Strahlensatz. In der Zeichnung siehst du 4 Strecken eingezeichnet. Im Schnittpunkt der Geraden befindet sich der Daumen.

- **a** ist der *Augenabstand*
- **b** ist die *Länge deines Armes*
- **c** ist der geschätzte *Abstand*
- **d** ist die *Entfernung* vom Daumen zum Ziel

Durch den *Strahlensatz* kann das Verhältnis der Strecken zueinander beschrieben werden:

$$\frac{\text{Armlänge } b}{\text{Augenabstand } a} = \frac{\text{Entfernung } d}{\text{Abstand } c}$$

Für das Verhältnis $\frac{b}{a}$ von Armlänge zu Augenabstand kann man ungefähr den Wert 10 annehmen.

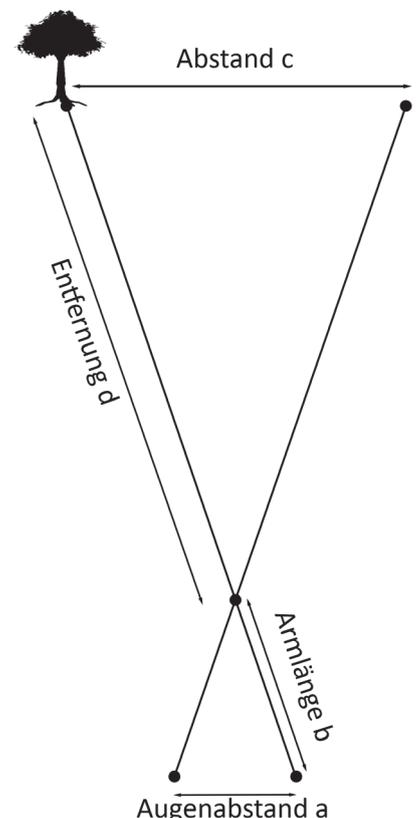
Es folgt:

$$10 = \frac{d}{c}$$

Wenn wir auf beiden Seiten mit **c** multiplizieren erhalten wir die Formel für die Entfernung **d**:

$$10 \cdot c = \frac{d}{\cancel{c}} \cdot \cancel{c}$$

$$10 \cdot c = d$$



Strahlensatz:

Zwei ähnliche Dreiecke seien gegeben. Die Abschnitte der Strahlen verhalten sich im gleichen Verhältnis zueinander:

$$\frac{a}{b} = \frac{d}{c}$$

Aufgabe 3

Anton führt für einen entfernten Baum die Daumensprung-Methode durch. Er schätzt den Abstand c zwischen Baum und Daumen auf 7 Meter.

Berechne die Entfernung d zwischen Antons Daumen und dem Baum.

Aufgabe 4

Entscheidet euch mit der Klasse gemeinsam für 3 Entfernungen, die gemessen werden sollen (z.B. auf dem Schulhof).

Tragt die Namen der Strecken in die erste Spalte der Tabelle von Aufgabe 2 ein.

Aufgabe 5

Teilt euch in 2er-Gruppen auf. Wendet in eurer Gruppe die Daumensprung-Methode an und ergänzt die fehlenden Einträge in der Tabelle.

Name	Abstand c	Entfernung d

Aufgabe 6

Vergleicht eure Ergebnisse mit denen der anderen Gruppen.

Was fällt auf? Diskutiert euren Vergleich kritisch.



Wie misst man Entfernungen im Weltraum?

Die Astronomische Einheit AE

Die Astronomische Einheit beschreibt den mittleren Abstand der Erde zur Sonne. Da sich die Erde nicht auf einer Kreisbahn befindet, sondern auf einer Ellipse um die Sonne kreist, wird der Abstand gemittelt. Die Entfernung wird dann in AE angegeben

$$1 \text{ AE} = 149\,597\,870\,700 \text{ m} \approx 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Aufgabe 7

Vervollständigt die Tabelle, indem ihr die Entfernungen in die fehlende Einheit umrechnet.

Strecke (minimal)	in km	in AE
Erde ↔ Mars	$55,7 \cdot 10^6$	$\frac{55,7 \cdot 10^6}{149\,597\,870\,700} \approx 0,37$
Erde ↔ Saturn		$13,3$
Erde ↔ Jupiter	$588,5 \cdot 10^6$	
Erde ↔ Alpha Centauri		$2,76 \cdot 10^5$

Aufgabe 8

Betrachte die Tabelle aus Aufgabe 1.

- a) Begründe, warum ist es sinnvoll ist für größere Entfernungen eine andere Einheit zu wählen.

- b) Ist die Einheit **AE** in der letzten Zeile (*Alpha Centauri*) sinnvoll gewählt? Begründe deine Entscheidung.



International schreibt man **AU** (astronomical unit) anstatt **AE**



Man kann eine *Million* auch verkürzt schreiben: $1\,000\,000 = 10^6$



Die Einheit „Lichtjahr“

Für größere Entfernungen kann man auch die Längeneinheit „Lichtjahr“ verwenden. Das Lichtjahr wird mit der Einheit **Lj** angegeben. Ein Lichtjahr entspricht der Strecke, die das Licht in einem Jahr (365,25 Tage) im Vakuum zurücklegt. Somit ergibt sich für die Strecke eines Lichtjahres:

$$1 \text{ Lj} = 63241,1 \text{ AE} = 9,461 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

Aufgabe 9

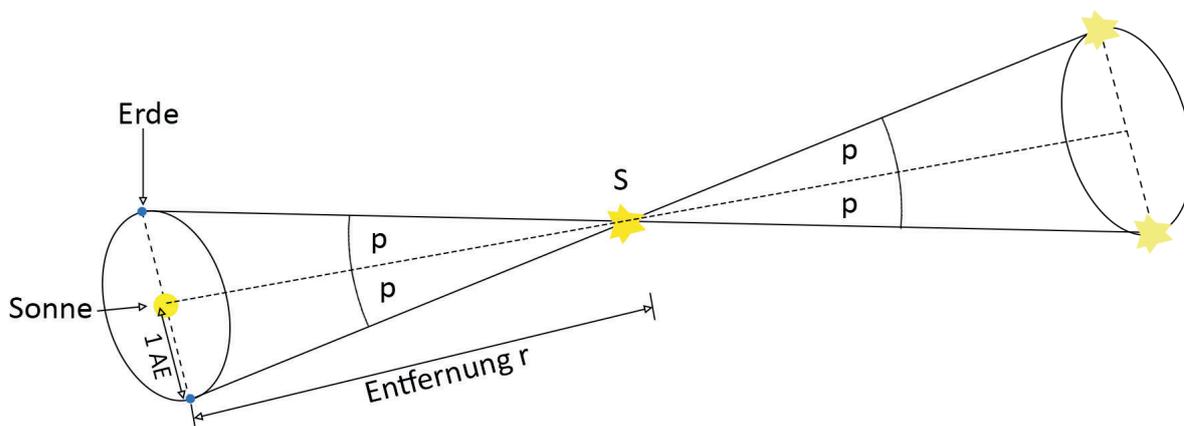
Vervollständigt die Tabelle, indem ihr die Entfernungen in die fehlende Einheit umrechnet.

Strecke	in km bzw. AE	in Lj
Erde ↔ Saturn	$1195,5 \cdot 10^6 \text{ km}$	
Erde ↔ Alpha Centauri	km	4,367
Erde ↔ Gamma Cephei	2838261 AE	
Erde ↔ Andromeda Galaxie	AE	2.537.000

Die jährliche Parallaxe

Wir stellen uns vor, dass wir von einem Stern **S** aus auf die Erde schauen. Den Winkel zwischen Sonne und Erdbahnradius ($r \approx 1 \text{ AE}$) bezeichnen wir als jährliche Parallaxe **p**.

Betrachten wir nun von der Erde aus einen nahen Stern, so scheint er sich vor dem Hintergrund der weitentfernten Sterne ebenfalls auf einer Ellipse zu bewegen. Die „scheinbare“ jährlichen Parallaxe (Winkel zwischen Halbachse und Sternenhintergrund) des nahen Sterns ist genauso groß wie die der Erde.



International schreibt man **ly** (Lightyear) anstatt **Lj**

Lichtsekunde:
Das Licht legt in einer Sekunde eine Strecke von ca. **300 000 km** zurück. Diese Strecke nennt man *Lichtsekunde*



Umrechnung:
Bei der Umrechnung in eine *größere* Dimension (km → Lj) *dividiert* man.
Bei der Umrechnung in eine *kleinere* Dimension (Lj → km) *multipliziert* man.

**Bogensekunde:**

Eine Bogensekunde (kurz: ") entspricht dem 3600sten Teil eines Grades:

$$1'' = \frac{1}{3600^\circ}$$

bzw.

$$1^\circ = 3600''$$

Die Parallaxensekunde (Parsec)

Es gibt neben der Astronomischen Einheit (**AE**) und dem Lichtjahr (**Lj**) auch die Entfernung Parallaxensekunde. Man nennt diese auch *Parsec* (**pc**). Wir stellen uns vor, dass wir uns an einem Punkt **S** im Weltall befinden und wir schauen in Richtung Sonne. Beträgt der Winkel **p**, unter dem man den Erdbahnradius von Punkt **S** aus sieht, genau eine **Bogensekunde**, so beträgt die Entfernung **r** zur Sonne genau **1 pc**.

Um 1 Parsec in Lichtjahren umzurechnen, kann man folgende Formel benutzen:

$$1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ AE}}{1''} = 206\,000 \text{ AE} = 3 \cdot 10^{13} \text{ km} = 3,26 \text{ Lj}$$

Wie bestimme ich die Entfernung eines Sterns?

Mit Hilfe der Parallaxe lässt sich die Entfernung **r** zu einem Stern in *Parsec* bestimmen:

Sieht man die große Halbachse der Parallaxe eines Sternes unter dem Winkel **p**, so ist die Entfernung **r** gegeben durch:

$$r = \frac{1 \text{ pc} \cdot 1''}{p}$$

Aufgabe 10

Der Polarstern besitzt, von der Erde aus gesehen, eine jährliche Parallaxe von **p = 0,0075''**.

- a) Berechne die Entfernung **r** von der Erde zum Polarstern in **pc**.

- b) Gib das Ergebnis aus (a) in Lichtjahren (**Lj**) und Kilometern (**km**) an.

Lichtjahre:

Kilometer:

