

**Aufgaben**  
**zur Einführung in die Messtechnik**  
**Messtechnische Grundbegriffe**  
**(Terminologie)**

Wolfgang Kessel  
Braunschweig



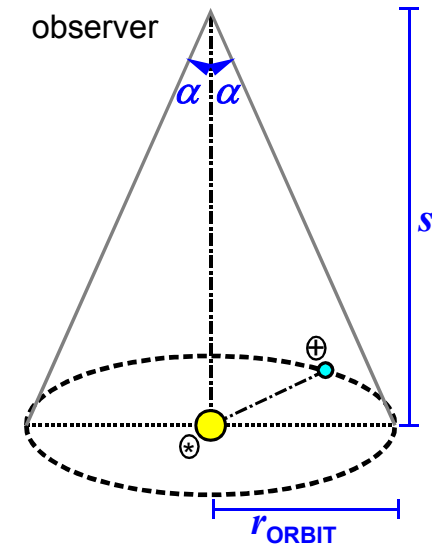
### **AUFGABE01:** Astronomische Längeneinheiten.

Die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne (Kreisbahn) wird in der Astronomie als Einheit (**Astronomische Einheit**) für Längen innerhalb unseres Sonnensystems benutzt.

Das **Parsec** (Parallaxensekunde) ist die Entfernung, aus welcher der zur Blickrichtung senkrechte mittlere Abstand der Erde von der Sonne unter dem Winkel von **1''** (**Winkelsekunde**) erscheint. Sie ist die gebräuchliche Einheit für Längen innerhalb unseres Milchstraßensystems.

Das **Lichtjahr** - Strecke, die das Licht im Vakuum in einem Jahr zurücklegt - ist die Einheit, in der Entfernungen im Weltall angegeben werden.

Name	Zeichen	Wert
<b>astronomische Einheit</b>	<b>AE</b>	<b>1 AE = 149,597 870 · 10<sup>6</sup> km</b>
<b>Parsec</b>	<b>ps</b>	<b>1 ps = 206 265 AE</b>
<b>Lichtjahr</b>	<b>Lj</b>	<b>1 Lj = 0,306 59 ps</b>



Zur Definition der Parallaxensekunde

- $s$  – Entfernung des Beobachters von der Sonne;
- $r$  – mittlerer Radius der Erdbahn;
- $\alpha$  – Parallaxenwinkel.

Der der Sonne am nächsten gelegene Fixstern ist  $\alpha$ -Centauri am Südhimmel. Er ist **1,3 ps** von der Sonne entfernt. Berechnen Sie die Entfernung in **Lichtjahren**, in **Kilometer**, und in **Meter**.

### **AUFGABE02:** amerikanische Längeneinheiten.

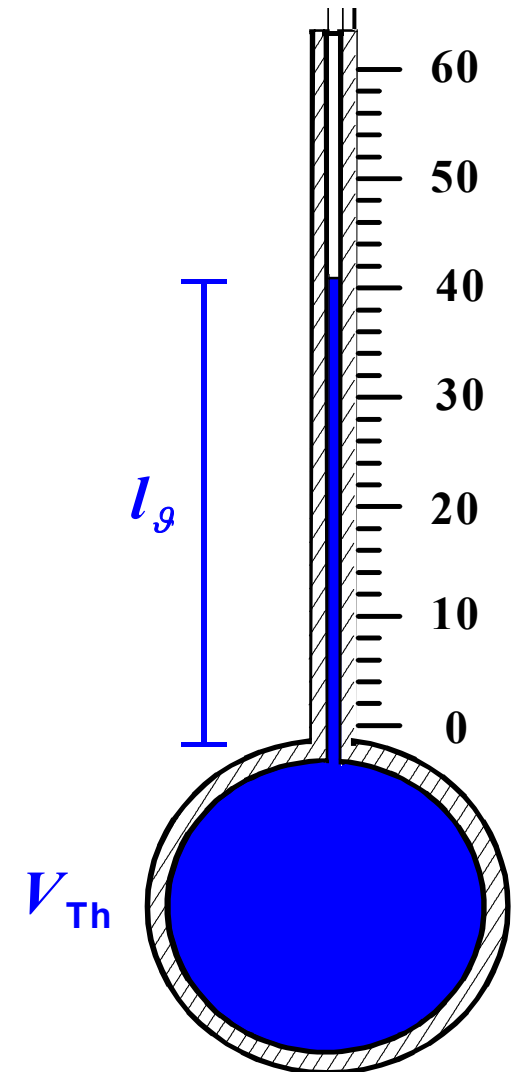
Die amerikanischen Längeneinheiten für den täglichen Gebrauch sind das **inch** (Zoll), der **foot** (Fuß) und das **yard**.

Name	Zeichen	Wert
<b>inch</b>	<b>in</b>	<b>1 in = 25,4 mm</b>
<b>foot</b>	<b>ft</b>	<b>1 ft = 12 in</b>
<b>yard</b>	<b>yd</b>	<b>1 yd = 3 ft</b>

Berechnen Sie eine Tabelle mit den Konvertierungsfaktoren der englischen Längeneinheiten in die metrische Längeneinheit **Meter** und eine weitere mit den Konvertierungsfaktoren der metrischen Längeneinheit **Meter** in die amerikanischen Längeneinheiten **inch**, **foot** und **yard**.

### AUFGABE03: Flüssigkeit/Glas-Thermometer

Ein Flüssigkeit/Glas-Thermometer besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, einem mit der Flüssigkeit gefülltem Thermometergefäß aus Glas und einer angeschmolzenen Glas-Kapillare, in die hinein die Flüssigkeit bei Erwärmung expandiert. Das Thermometer ist der Messfühler, indem die Temperatureränderung in eine entsprechende Volumenänderung der Flüssigkeit umgeformt wird. Die Kapillare ist das Anzeigesystem, in dem die Umformung der Volumenänderung in eine Längenänderung erfolgt, die an einem in Temperaturen graduierten Maßstab abgelesen werden kann.



Schematischer Aufbau eines Flüssigkeit/Glas-Thermometers.

$V_{TH}$  – Volumen des Thermometergefäßes;

$l_g$  – Länge des Flüssigkeitsfadens bei der Temperatur  $\vartheta$ .

Für die thermische Ausdehnung des Flüssigkeitsvolumens gilt in sehr guter Näherung der lineare Zusammenhang

$$V_g = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta)$$

mit

$V_0$  – Volumen der Thermometer-Flüssigkeit bei der Referenztemperatur  $\vartheta_0$   
( $\vartheta_0 = 0^\circ\text{C}$ );

$\Delta \vartheta = \vartheta - \vartheta_0$  – Abweichung der Messtemperatur  $\vartheta$  von der Referenztemperatur  $\vartheta_0$ ;

$\gamma$  – kubischer (thermischer) Ausdehnungskoeffizient der Thermometer-Flüssigkeit (Volumen-Ausdehnungskoeffizient).

Die bei der thermische Ausdehnung vom Thermometergefäß nicht mehr erfasste Flüssigkeitsmenge wird in der Kapillare als Flüssigkeitsfaden angezeigt

$$\Delta V = A \cdot \Delta l_g$$

mit

$A$  – Querschnittsfläche der Kapillare.

- a) Zeigen Sie (zunächst unter der Voraussetzung, dass sich das Volumen des Thermometergefäßes bei der Erwärmung nicht ändert), dass zwischen der Länge des Flüssigkeitsfadens  $\Delta l_g$  und der Abweichung  $\Delta \vartheta$  der aktuellen Temperatur der Flüssigkeit von der Referenztemperatur ein linearer Zusammenhang besteht

$$\Delta l_g = K_p \cdot \Delta \vartheta$$

und geben sie die Proportionalitätskonstante  $K_p$  (ausgedrückt durch die System-Parameter  $\gamma$ ,  $V_{TH}$  und  $A$ ) an.

- b) Berechnen Sie unter der Voraussetzung der Teilaufgabe a) den Wert der Proportionalitätskonstante  $K_p$  (Einheit  $1 \text{ mm} \cdot \text{K}^{-1}$ ) für ein Quecksilber/Glas-Thermometer mit folgenden Parametern

Thermometergefäß: zylindrischer Hohlkörper mit kugelförmigen Enden

Durchmesser des Thermometergefäßes  $d_{TH} = 6 \text{ mm}$ ;

Länge des Thermometergefäßes  $l_{TH} = 18 \text{ mm}$ ;

Durchmesser der Kapillare  $d_K = 0,25 \text{ mm}$ ;

kubischer Ausdehnungskoeffizient von Hg  $\gamma_{Hg} = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

c) Wie ändert sich die Beziehung zwischen der Länge des Flüssigkeitsfadens  $l_g$  und der Abweichung  $\Delta \vartheta$  der aktuellen Temperatur der Flüssigkeit von der Referenztemperatur, wenn die thermische Ausdehnung des Thermometergefäßes berücksichtigt wird.

Für das Gefäßmaterial (Festkörper, definierte Form) wird in Tabellen nur die lineare (thermische) Ausdehnung (Ausdehnung irgend einer seiner Längen) mit dem Ausdehnungskoeffizient  $\alpha$  angegeben

$$l_g = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

Aus dem linearen Ausdehnungskoeffizient  $\alpha$  ergibt sich (warum?) der kubische Ausdehnungskoeffizient  $\gamma$  mit Hilfe des Zusammenhanges

$$\gamma = 3 \cdot \alpha$$

d) Berechnen Sie die Proportionalitätskonstante  $K_p$  wie unter Teilaufgabe b) für ein Quecksilber/Glas-Thermometer unter Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung des Thermometergefäßes.

linearer Ausdehnungskoeffizient von Glas  $\alpha_{\text{GLAS}} = 9,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

### AUFGABE04: Skalenteile.

- a) Welcher Art ist die Einheit **Div** in der Angabe **53 Div** und wo tritt sie auf?  
b) Mit einem Oszilloskop werden Amplitudenwerte von elektrischen Wechselspannungen ermittelt:

Eingestellter Messbereich (Gleichspannung-Offset): **-20 mV ... 60 mV;**

Anzahl der Skalenteile: **80 Div.**

Welchen Wert besitzt die Skalenkonstante  $k_{\text{RANGE}}$ ?

Wieviele Teilstriche hat die Skala?

Berechnen Sie die Werte der Messgröße für folgende Anzeigen

Anzeige	Skalenkonstante	Elektrische Spannung
42 Div		
-18 Div		
24 Div		