

Inhalt

10. Wärmelehre: Temperatur

11. Wärme

12. Ideale Gase

13. Zustandsänderungen und 1. Hauptsatz

14. Wärmekraftmaschinen und 2. Hauptsatz, Entropie

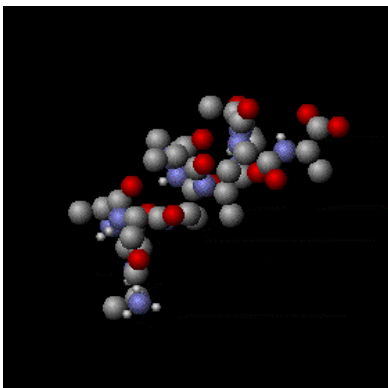
Heute

- Was ist Temperatur, wie misst man Temperatur?

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

10. Wärmelehre: Temperatur

Thermodynamik



Kinetische Gastheorie

Temperatur: Maß für den
Wärmezustand eines Körpers

Temperatur ist eine Zustandsgröße
Unabhängig von der Art und dem
Verlauf der Zustandsänderung.

Meßbare Größe

10.1. Temperaturskalen und Fixpunkte

Temperatur T SI-Basisgröße

$[T] = K$ Kelvin

Nullpunkt der Kelvin Skala:

absoluter Nullpunkt $0 K$

Kelvin-Skala ist an die Celsius-Skala angelehnt

$$\Delta T = 1 K = 1^\circ C$$

Celsius Skala: $0^\circ C$ Eispunkt von Wasser

$100^\circ C$ Siedepunkt von Wasser

bei Normaldruck

($1013,25 \text{ hPa}$)

absoluter Nullpunkt

$-273,15^\circ C$

2. Fixpunkt für die Kelvin-Skala: Tripelpunkt von Wasser
(gleichzeitig fest, flüssig und gasförmig)

→ $1 K$ ist der $273,16$ te Teil der Temperatur des
Tripelpunkts von Wasser

Weitere Temperaturskalen

Fahrenheit (USA)

Eispunkt $32^{\circ} F$

Siedepunkt Wasser $212^{\circ} F$

$$T_C = \frac{5}{9} \left(\frac{T_F}{^{\circ}F} - 32 \right)^{\circ} C$$

10.2. Thermische Ausdehnung

Festkörper Thermische Längenänderung Δl

Ursprüngliche Länge l



$$l = l_0 + \Delta l$$

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

Längenausdehnungskoeffizient α

$$[\alpha] = K^{-1}$$

neue Gesamtlänge $l = l_0 (1 + \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T)$

Bsp. ($0^{\circ}C - 100^{\circ}C$)

Al $24 \cdot 10^{-6} / K$

Eisen / Stahl $10 \dots 16 \cdot 10^{-6} / K$

Invar $0,3 \dots 0,9 \cdot 10^{-6} / K$

Glas $6 \dots 9 \cdot 10^{-6} / K$

Quarzglas $0,45 \cdot 10^{-6} / K$

Bsp. Eisenbahnschiene

50m Länge

Winter - 10°C

Sommer + 30°C

Längenzuwachs?

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$= 13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \cdot 50 \text{ m} \cdot 40 \text{ K}$$

$$\Delta l = 26 \text{ mm}$$

Schienen auf Stoß

Welche mechanische Spannung entsteht?

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{Querschnitt } A = 30 \text{ cm}^2$$

Hooke'sche Gesetz:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{A} \quad \leadsto \quad \sigma = \frac{F}{A} = E \cdot \frac{\Delta l}{l} = 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{0,026 \text{ m}}{50 \text{ m}}$$

$$\sigma = 104 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx 100 \text{ MPa}$$

$$F = 104 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 312 \text{ kN}$$

Volumenausdehnung

isotrope Stoffe

$$V = l^3 = l_0^3 (1 + \alpha \Delta T)^3$$

$$= V_0 (1 + 3\alpha \Delta T + 3\alpha^2 \Delta T^2 + \alpha^3 \Delta T^3)$$

Volumenausdehnungskoeffizient γ Vernachlässigbar
 $\alpha \approx 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$V = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$

$$\gamma = 3\alpha$$

Material γ in $10^{-3}/\text{K}$ bei 20°C $[\gamma] = \text{K}^{-1}$

Quecksilber 0,182

Wasser 0,207

Benzin 1,06

Ethanol 1,10

Siliconöl 0,9... 1,6

Benzintank 50 l

10°C → 40°C

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$= 50 \text{ l} \cdot 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K}$$

$$= 1,6 \text{ l}$$

Zusammenfassung

- Temperatur ist eine Zustandsgröße, unabhängig von Art und Verlauf der Zustandsänderung (z.B. Art der Abkühlung)
- SI-Basisgröße Temperatur mit Einheit Kelvin (K)
 - 0 K ist der absolute Nullpunkt
 - Celsius-Grade und Kelvin sind gleich skaliert mit
 $0\text{ °C} = 273,15\text{ K}$
- Längenausdehnung und Volumenausdehnung sind proportional zur Temperaturänderung

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$$