

17. Wärmeenergie und Temperatur

1) Temperatur und der Nullte Hauptsatz

Wärme als Energieform:

- Potentielle Energie
 - Kinetische Energie
 - Wärmeenergie
- } messbar

Durch Reibung werden mechanische
Energieformen in Wärmeenergie umgewandelt

⇒ Erhöhung der Temperatur T

Zwei Körper in thermischen Kontakt
tauschen solange Wärmeenergie aus,
bis ihre Temp. gleich sind.



Zwei Körper in thermischen
Gleichgewicht haben die gleiche
Temperatur.

Nullter Hauptsatz der Thermodynamik

2) Temperaturskala und absolute Nullpunkt

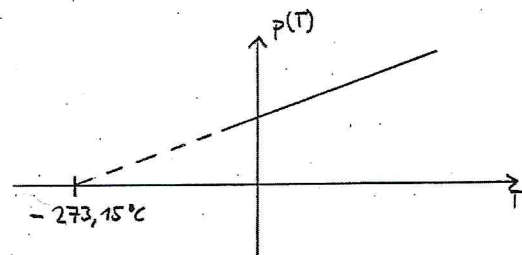
a) Die Celsius-Skala

0°C : Schmelzpunkt von Wasser } bei 1at
100°C : Siedepunkt von Wasser

Nachteil: Nullpunkt willkürlich gewählt.

b) Das Verhalten idealer Gase

Alle idealen Gase zeigen bei $V = \text{const.}$
linearen Anstieg des Drucks p mit der Temp.



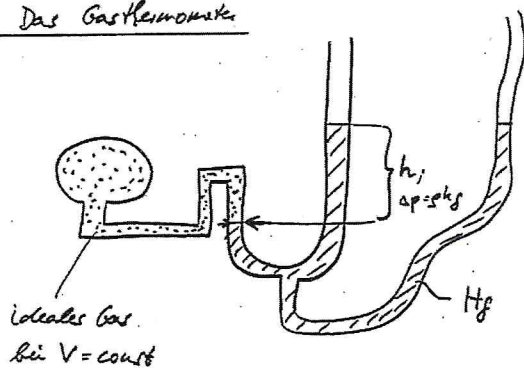
Extrapolation für $p \rightarrow 0$
liefert für alle idealen Gase
 $T \rightarrow -273,15^\circ\text{C} !!$

⇒ Definition der absoluten Temperatur T
(Kelvin-Skala): $[T] = 1\text{K (Kelvin)}$

Nullpt.: $0\text{K} \hat{=} -273,15^\circ\text{C}$

Temperaturdifferenzen: $1\text{K} \hat{=} 1^\circ\text{C}$

c) Das Gasthermometer



Was ist ein ideales Gas: s. später...

Beispiel (Näherungsweise: Luft, N_2 , O_2 , H_2 , He
bei Raumtemp.,
nicht jedoch CO_2 , Cl_2)

3) Wärmeausdehnung

a) Längenausdehnung

Als Funktion der Temp. ändern
Festkörper ihre Länge:

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

L : Länge

ΔL : Längenänderung

ΔT : Temperaturänderung

α : Wärmeausdehnungskoeff.
 $[\alpha] = \frac{1}{\text{K}}$

Meist: $\alpha > 0$

Gummi und einige Kunststoffe: $\alpha < 0$

Anwendung:

- Rollanlagen für Brücken
- Aufschrauben von Metallen
- Öffnen von Marmeladengläsern
- Zerspringen von Trümpfsteinen in heißen Wasser
- Auflockerung am Zerkleinstellen

6) Volumenanschlumpfung

bei Festkörpern, Flüssigkeiten, Gasen:

$$\frac{\Delta V}{V} = \gamma \cdot \Delta T$$

γ : Volumenanschlumpfungskoeff.

$$[\gamma] = \frac{1}{K}$$

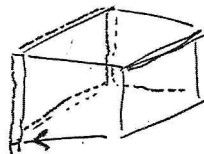
Meist: $\gamma > 0$

Ausnahme: H₂O 0...4°C (s. später), Polymere

γ bei Flüssigkeiten typ. Faktor 50 größer als bei Festkörpern.

Für Festkörper gilt:

$$\gamma = 3\alpha$$



(am Würfel anschaulich sofort klar:

$$\frac{\Delta V_x}{V} = \frac{\Delta V_y}{V} = \frac{\Delta V_z}{V} = \alpha \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta V_{\text{ges}}}{V} = 3\alpha \Delta T$$

$$\gamma = 3\alpha$$

4) Techn. Verfahren zur Temperaturmessung

a) Flüssigkeitsthermometer

nutzen die therm. Ausdehnung einer Flüssigkeit (Quecksilber, Alkohol).



b) Bimetallthermometer

Zwei miteinander fest verbundene Metallstreifen mit unterschiedlichem α :

Verbiegung bei T-Änderung:



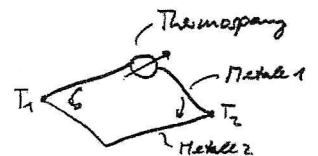
c) Widerstandsthermometer

Änderung des elektr. Widerstandes mit der Temperatur

Bsp.: Platin-Film als Pt-100-Widerstand

d) Thermoelemente

Thermospang, falls $T_1 \neq T_2$



5) Wärmeenergie und spezifische Wärme

Benötigte Wärmeenergie ΔQ , um Körper der Masse m um ΔT zu erwärmen:

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

c : spezifische Wärmekapazität,

"spezifische Wärme"

$$[c] = 1 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$C = c \cdot m$$

Wärmekapazität

$$[C \cdot m] = 1 J/K$$

$$[\Delta Q] = 1 J = 1 N \cdot m$$

$$4,2 J = 1 cal \text{ (Kalorie)}$$

Energie, um 1g H₂O

von 14,5°C auf 15,5°C

zu erwärmen: veraltete Einheit

Bemerkung: 1) c hängt vom Material ab;
2) c nur näherungsweise in best. Temperaturbereich konstant!!

6) Phasenübergängen und latente Wärme

fest
flüssig
gasförmig

Aggregatzustände

a) Umwandlung fest $\leftrightarrow$ flüssig

Um einen Festkörper zu schmelzen, ist ein Zufuhr von thermischer Energie erforderlich (sog. Schmelzwärme):

$$\Delta Q_{\text{schmelz}} = m \cdot c_{\text{schmelz}}$$

c_{schmelz} : spezif. Schmelzwärme

$$[c_{\text{schmelz}}] = 1 J/kg$$

Bei Erstarrung wird diese Wärmeenergie wieder frei.