

Letzte Stunde

- Änderung des Aggregatzustandes (bzw. allgemein der Phase eines Stoffes) erfordert Energie bzw. es wird Energie frei.
 - Schmelzwärme, Verdampfungswärme (Energiezufuhr)
 - Erstarrungswärme, Kondensationswärme (Energieabgabe)
 - Die zugehörigen Haltetemperaturen (Schmelzpunkt, Siedepunkt) sind druckabhängig
- Koexistenz zweier Phasen wird im p-T-Diagramm beschrieben. Am Tripelpunkt existieren alle drei Phasen gleichzeitig.

Heute

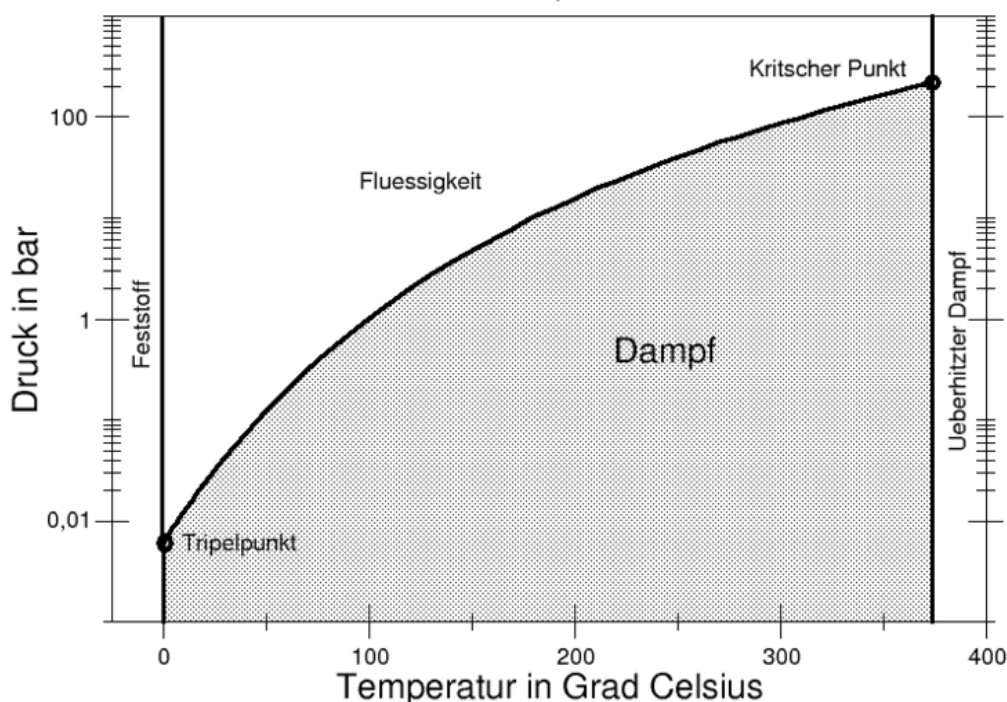
- 11.3. Wärmeleitung

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

Sättigungsdampfdruck: Gleichgewicht zwischen Verdampfen und Kondensieren

Siedepunktkurve von Wasserdampf

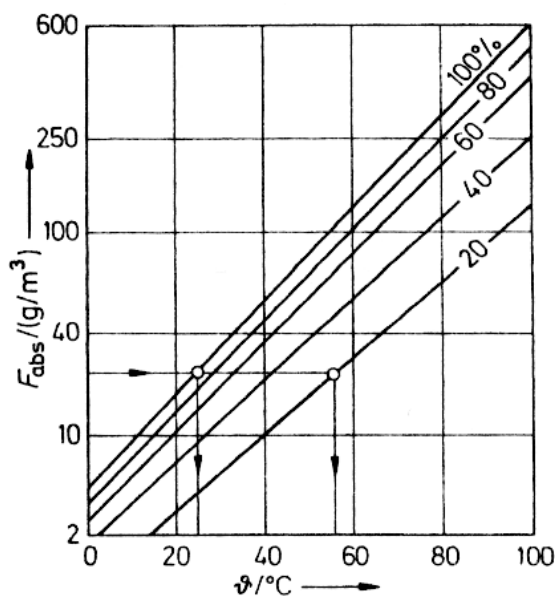
Sattdampfkurve



Gesetz von Dalton

Jedes Gas füllt den vorhandenen Raum als ob es allein vorhanden wäre. Der Gesamtdruck eines Gasgemisches ist gleich der Summe der Einzeldrücke (Partialdrücke)

Sättigungsdampfdruck bei Wasser gibt die maximale Feuchte vor
(absolute Feuchte F_{abs} $\frac{g}{m^3}$, $\frac{ug}{m^3}$)



rel. Feuchtigkeit
in % bezogen
auf das Maximum.

11.3. Wärmetransport

- Konvektion: Transport in und mit Stoff
- Wärmeleitung: Transport von Wärme durch Materie hindurch
- Wärmestrahlung: Transport durch elektromagnetische Wellen (Infrarotstrahlung)

11.3.1 Konvektion

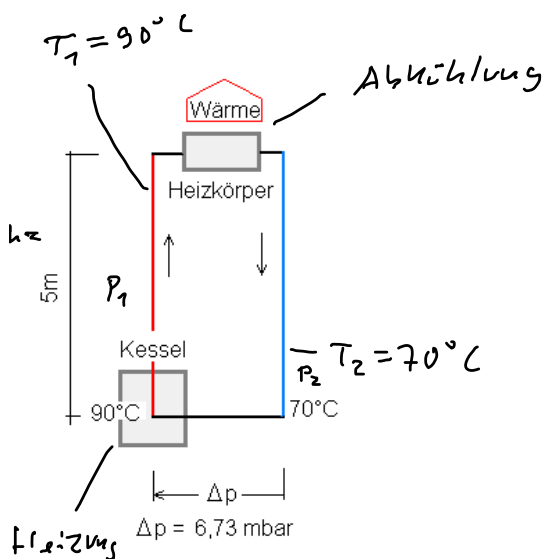
Gase, Flüssigkeiten

- Aufnahme von thermischer Energie (Wärmekapazität)
- Bewegung / Strömung

Natur: Luft - Thermik / Winde

Wasser - Golfstrom

technische: Strömungsmechanik



Schwerkraft-Heizung

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot h = 965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{m}$$

$$\rho(T_1 = 90^\circ) = 965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 = 47330 \text{ Pa}$$

$$P_2 = \rho \cdot g \cdot h = 978 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{m}$$

$$\rho(T_2 = 70^\circ) = 978 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad P_2 = 47970 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 640 \text{ Pa} \quad \text{Radius } R = 0,01 \text{ m}$$

$$I_v = \frac{\pi R^4}{8 \eta} \frac{(P_2 - P_1)}{l}$$

Viskosität $\eta = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$

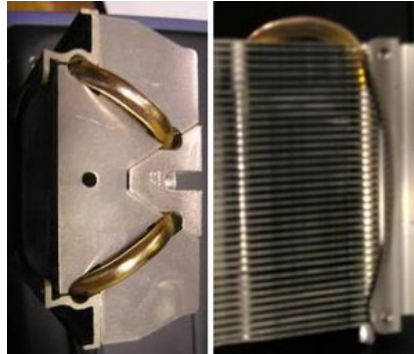
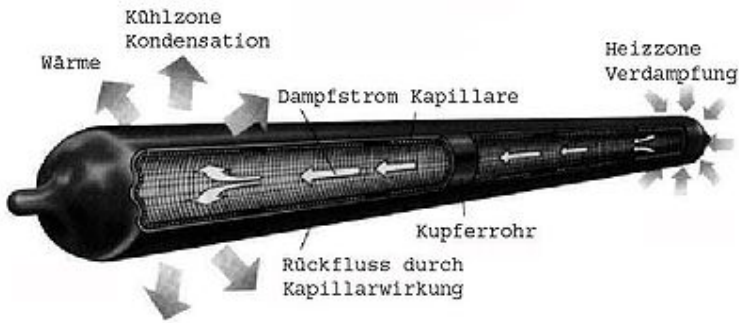
Länge Rohre $l = 20 \text{ m}$

$$I_v = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

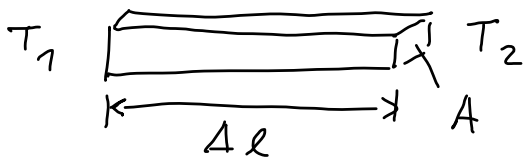
→ Umrüstung des Wasser

$$\text{Gesamt volumen } V = \pi R^2 \cdot l = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \rightarrow t = 50 \text{ s}$$

Heatpipe



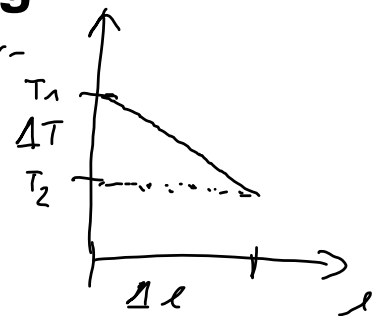
11.3.2. Wärmeleitung



Wärmestrom $\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda A \frac{\Delta T}{\Delta l}$

Wärmeleitfähigkeit λ $[\lambda] = \frac{W}{m \cdot K}$

Temperaturgradient



$[\phi] = W$

Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C in W/(m K)

- Gute Wärmeleiter

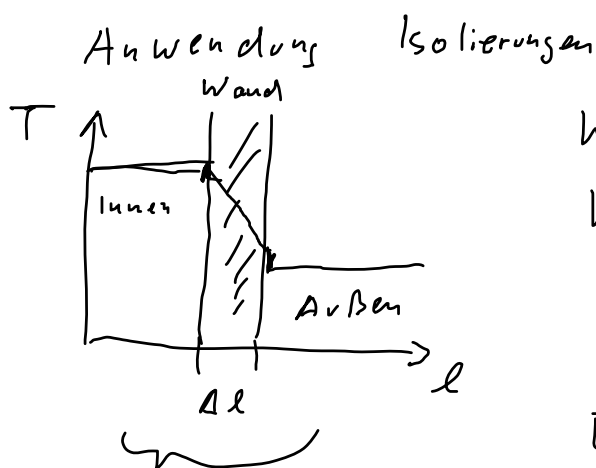
- Silber	427
- Kupfer	399
- Aluminium	220
- Messing	142
- Eisen	81
- Stahl/V2A	45/15

- Wärmedämmstoffe

- Vakuum	0
- Luft	0,026
- Glaswolle	0,04
- Holz	0,1...0,2
- Kork	0,04...0,06
- Styropor	0,03...0,045

- Schlechte Wärmeleiter

- Eis	2,3
- Glas	0,9..1,1
- Kalkstein	2,2
- Ziegelstein	0,6
- Wasser	0,6
- Beton	2,1



Wärmeübergangskoeffizient α

$$\text{Wärmestrom } \phi_{\dot{Q}} = \alpha \cdot A \cdot \Delta T$$

Wärmeübergang auch über Trennfläche.

$$[\alpha] = \frac{W}{m^2 K}$$

Hauswand, Luft
5...70 $\frac{W}{m^2 K}$

$$\frac{1}{K} = \frac{\Delta l}{\lambda} + \frac{2}{\alpha}$$

$$\frac{1}{K} = \sum_n \frac{\Delta l_n}{\lambda_n} + \sum_m \frac{1}{\alpha_m}$$

Wärmedurchgangskoeffizient K (Wärmedämmwert, U-Wert)

Gesamtwärmestrom:

$$\phi_D = K \cdot A \cdot \Delta T$$

[Niedrigenergiehäuser]

Zusammenfassung

- Wärmetransport

- Konvektion (strömendes Medium)
- Wärmeleitung (durch Materie hindurch)
- Wärmestrahlung (elektromagnetische Wellen)

- Wärmeleitung

- Wärmestrom Φ
- mit Wärmeleitfähigkeit λ

$$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda A \frac{\Delta T}{\Delta l}$$

$$[\lambda] = \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

- zusammen mit dem Wärmübergangskoeffizienten α erhält man den Wärmedurchgangskoeffizienten k (auch U-Wert)

$$\Phi = k A \Delta T$$