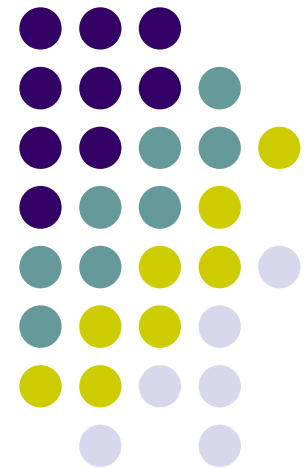


Biophysik für Pharmazeuten II

11.04.2023

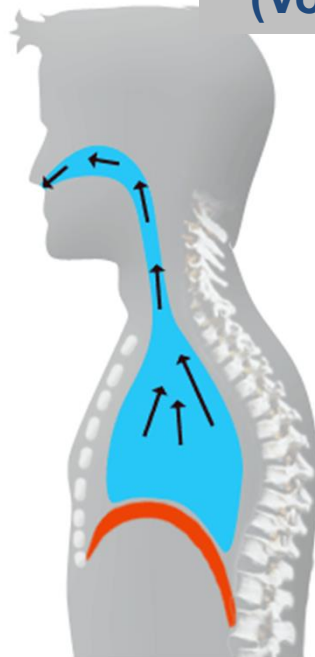
Transportprozesse 4

Wärmeleitung
Verallgemeinerung

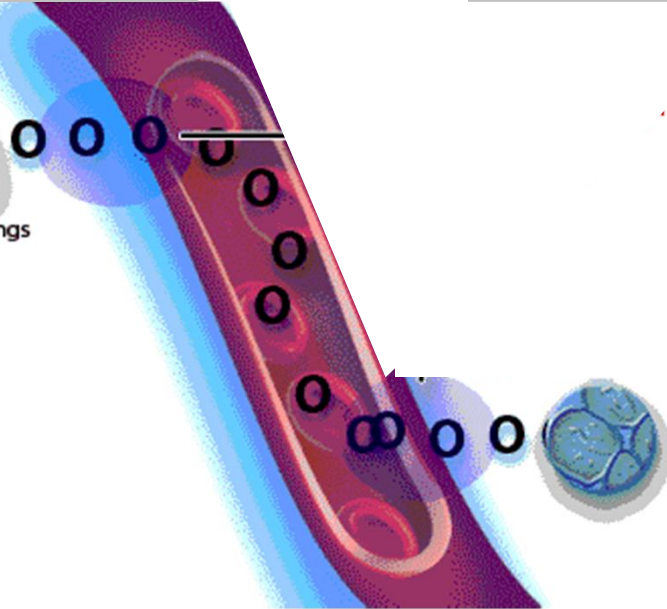


Transportprozesse

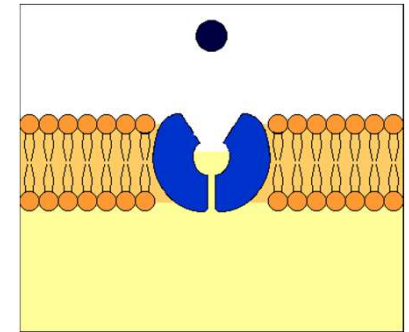
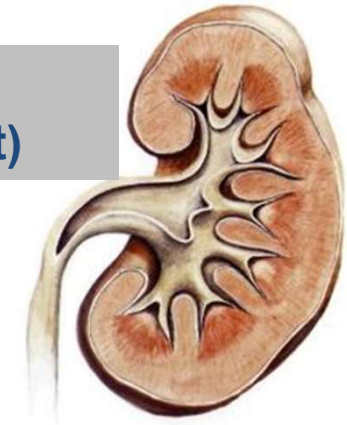
Strömung (Volumentransport)



entspannt



Diffusion (Stofftransport)



III. Elektrischer Strom (el. Ladungstransport)



IV. Wärmeleitung (Energietransport)



V. Verallgemeinerung

IV. Wärmeleitung (Energietransport)



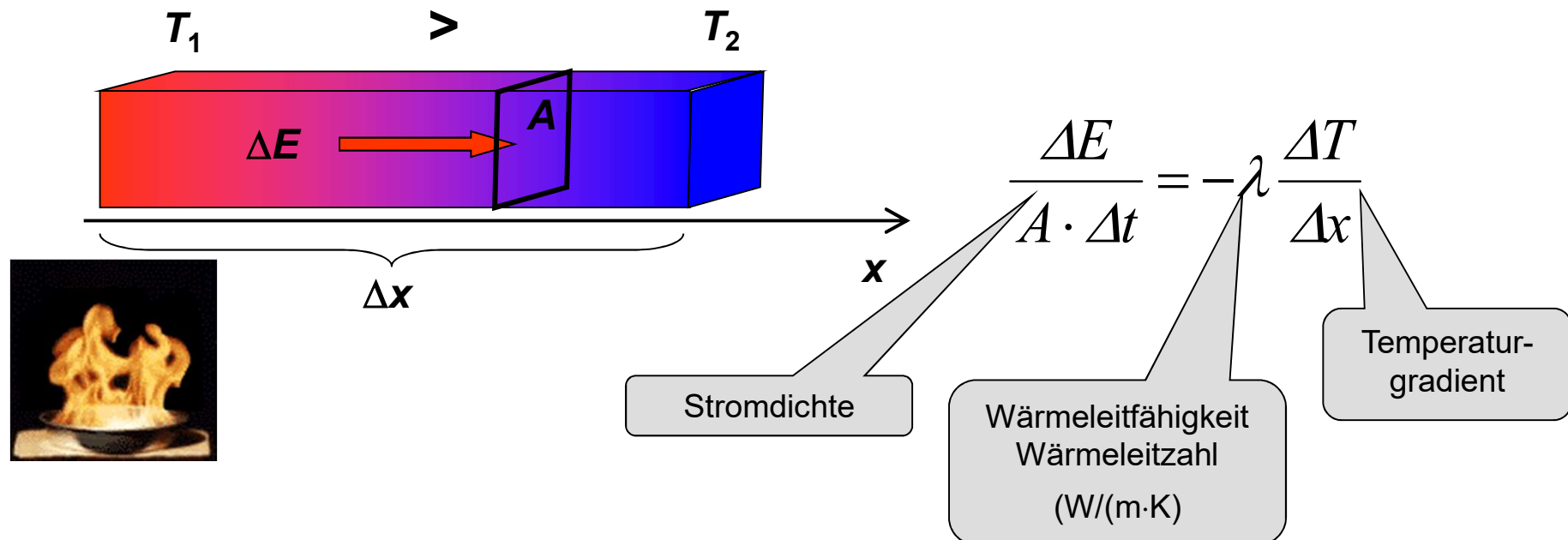
J. B. J. Fourier
1768-1830
Mathematiker
und Physiker

0. Mechanismus: Stöße zw. Atomen und Molekülen + freie Elektronen = **Konduktion**

1. Grundbegriffe

- Energiestromstärke (I):
(Wärmestromstärke) $I = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W} \right)$
- Energiestromdichte (J):
(Wärmestromdichte) $J = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$

2. Transportgesetz = Fourier-Gesetz

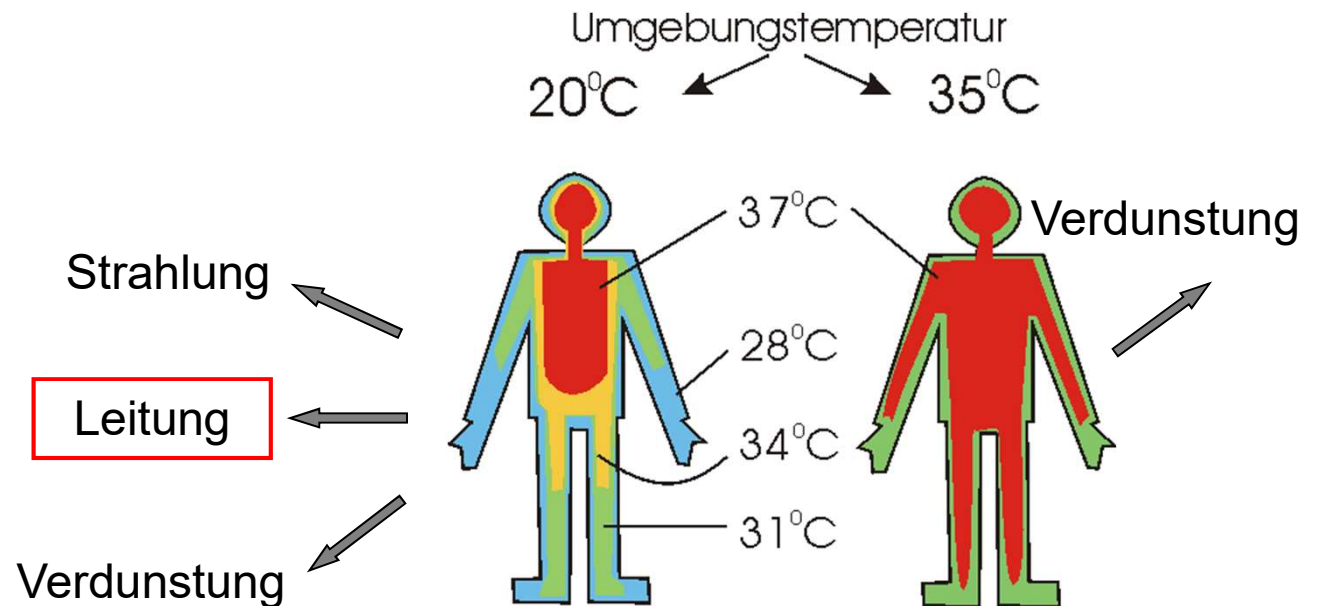


- Wärmeleitfähigkeit: ➤ stoffspezifisch

Stoff	λ (W/(m·K))
Silber	420
Glas	1
Wasser	0,6
Muskel	0,4
Fett	0,2
Luft	0,025

3. Anwendung: **Wärmebildung und -abgabe**

Aktivität	Wärme- bildung (W)
In Ruhe	115
Langsames Spazieren	260
Radfahren (15 km/h)	420
Treppensteigen (2/s)	700
Laufen (15 km/h)	1150



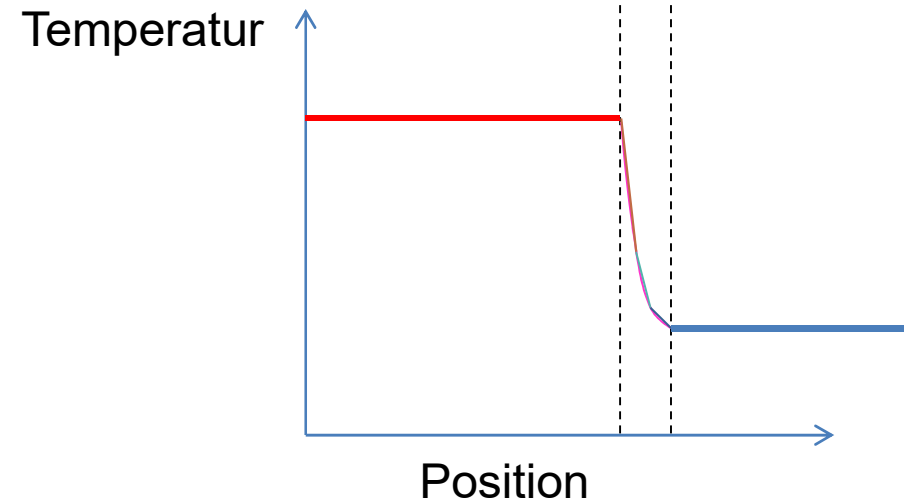
■ Wärmeleitung

Die durch Wärmeleitung abgegebene Energie

$$P = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{Körper}} &= 28^\circ\text{C} \\ T_{\text{Umgebung}} &= 20^\circ\text{C} \end{aligned} \Rightarrow P \approx 40 \text{ W}$$

- Luft ↔ Wasser als Umgebung
- Strömungen! (z. B. Wind)



Analogie => Verallgemeinerung der Transportgesetze

	Was „strömt“?	Stärke?	Was treibt die „Strömung“?	Zusammenhang?
Volumen-transport	V	$J_V = \frac{\Delta V}{A \cdot \Delta t}$	p	$J_V = -\frac{R^2}{8\eta} \frac{\Delta p}{\Delta l}$
Stoff-transport	v	$J_v = \frac{\Delta v}{A \cdot \Delta t}$	c^*	$J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$
Ladungs-transport	q	$J_q = \frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t}$	φ	$J_q = -\sigma \frac{\Delta \varphi}{\Delta l}$
Energie-transport	E	$J_E = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t}$	T	$J_E = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$
allgemein	x_{ext}	$J = \frac{\Delta x_{\text{ext}}}{A \cdot \Delta t}$	y_{int}	$J = LX$
	extensive Gr.	Strom-dichte	intensive Gr.	onsagersche Beziehung
			thermo-dynamische Kraft	

* Im allgemeinen Fall μ

Extensive Größe:

- additiv
- Im Gleichgewicht proportional zur Ausbreitung des Systems
- In Transportprozessen: die transportierte Größe

Intensive Größe:

- nicht-additiv
- Im Gleichgewicht überall gleich in dem System
- In Transportprozessen: die sich ausgleichende Größe

Gleichgewicht: es gibt keine Transportprozesse.

0. Hauptsatz der Thermodynamik: Gleichgewicht \Leftrightarrow homogene Verteilung der intensiven Größen

inhomogene Verteilung der intensiven Größen \Rightarrow **Transportprozesse**

Stärke und Richtung des Transportprozesses:

$$J = LX$$

Onsagersche Beziehung



Richtung: homogene Verteilung

2. Hauptsatz der Thermodynamik

Irreversibilität