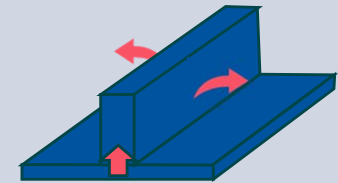

Wärme- und Stoffübertragung I

Einführung in das Thema Rippen

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Kneer
Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Wilko Rohlf

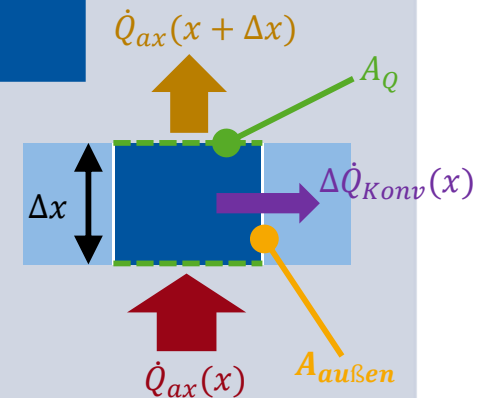
Grundkenntnisse zum Thema Rippen

- Was sind Rippen?
- Welche Wärmetransportprozesse finden bei der Berechnung des Wärmeübergangs an Rippen Berücksichtigung?
- Qualitativer Verlauf des Temperaturprofils in einer Rippe.



Bilanzerstellung und Herleitung der DGL für Rippen

- Aufstellen der Energiebilanz für Rippen
- Herleitung der Differenzialgleichung für Rippen



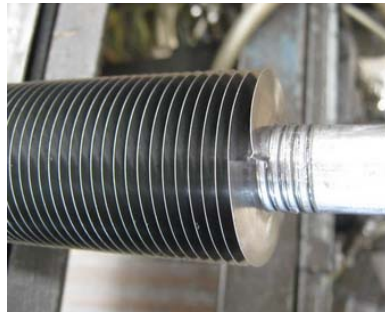
Rippen-Anwendung

Beispiele:

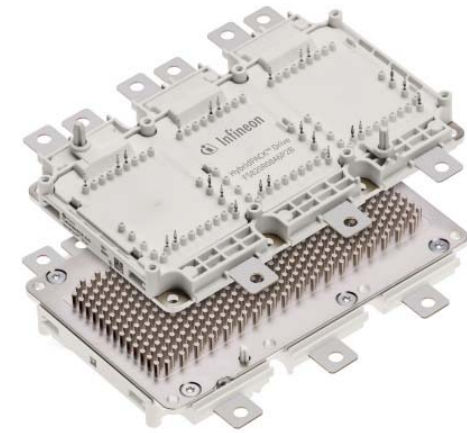


Rippenrohr

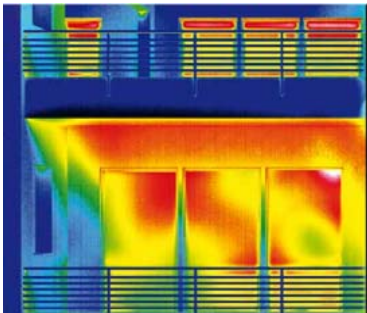
<https://tibometals.de>



Infineon's Hybrid PACK 2 power module



<https://www.infineon.com>



Thermische Brücken

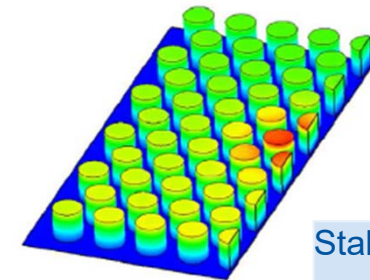


Schöck Isokorb

<https://www.schock-na.com/view/5752>



Heizung



Stabtrippen

Abdoli et al., 2015, 10.1016/j.ijthermalsci.2014.12.021

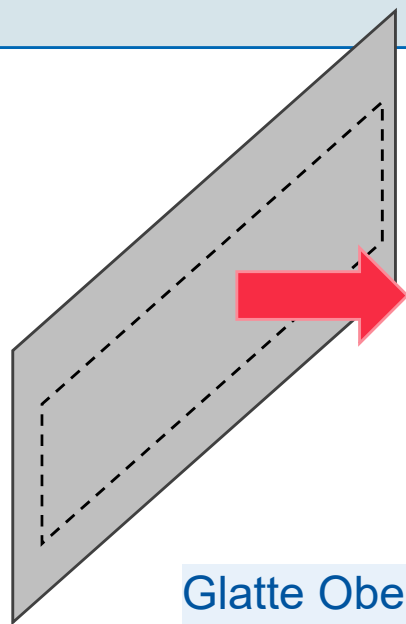
Rippe: Vor- und Nachteile

Vorteil:

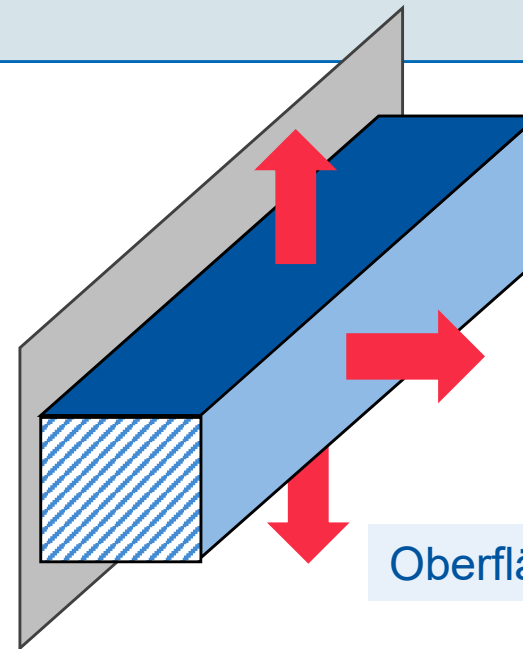
- Zusätzliche Oberfläche
- Durch vergrößerte Oberfläche wird Wärme besser vom gut leitenden Festkörper zur schlecht leitenden Flüssigkeit/Gas transportiert

Nachteil:

- Höherer Materialverbrauch
- Zusätzliches Gewicht und Volumen
- Erhöhter Druckverlust

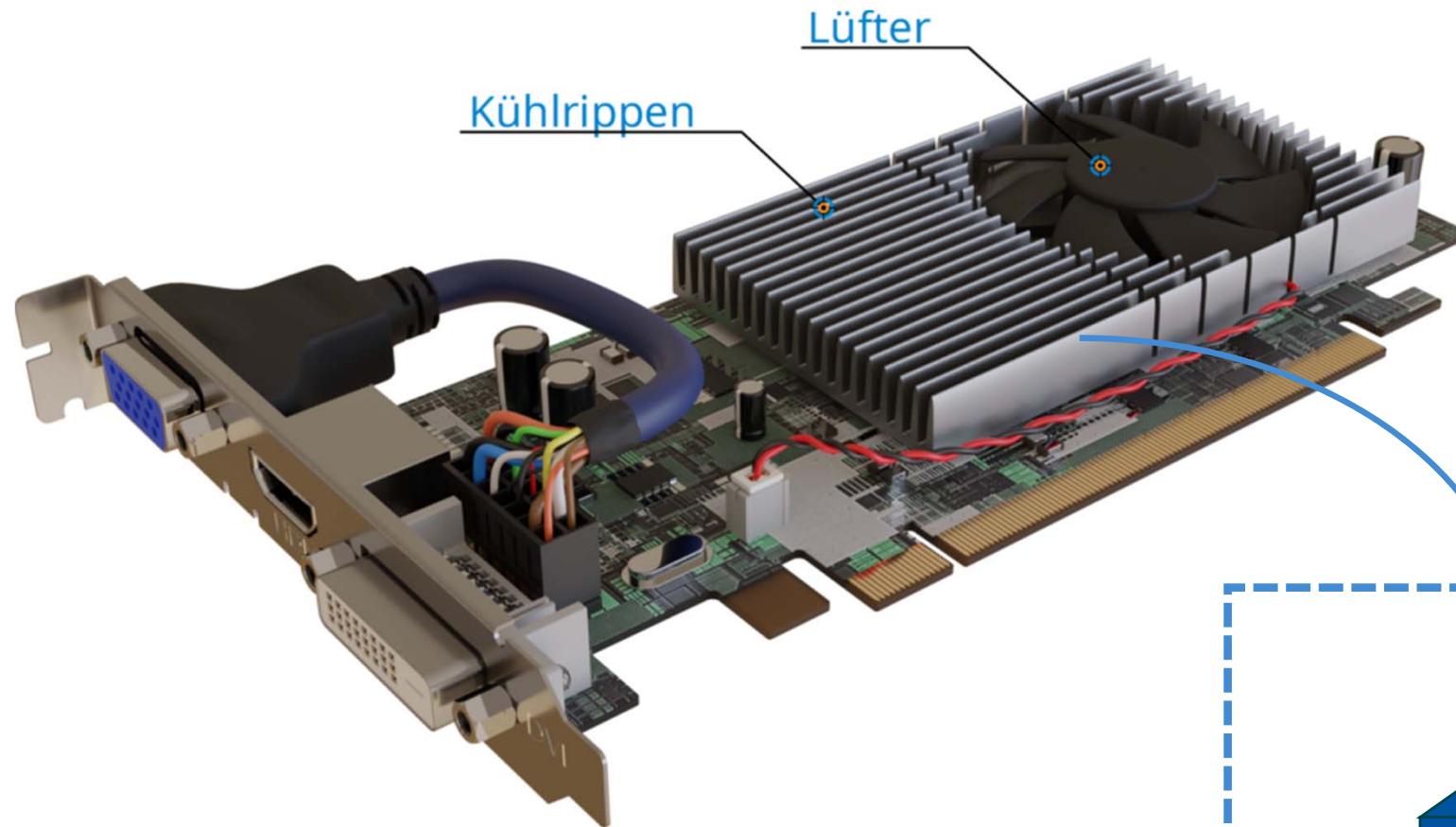


Glatte Oberfläche



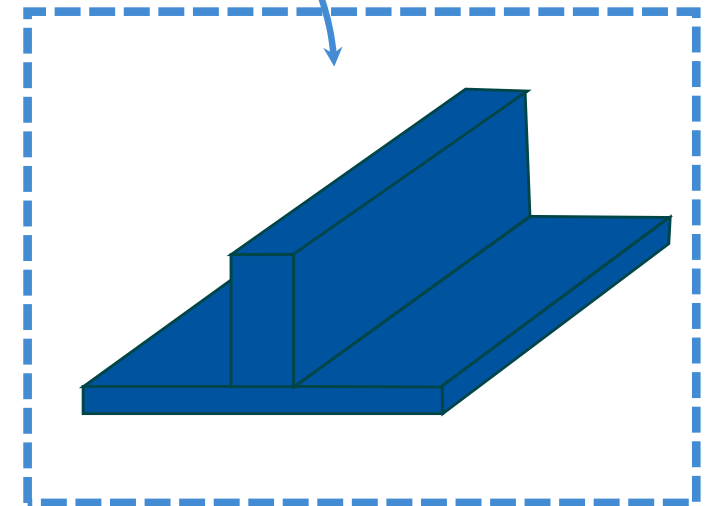
Oberfläche mit Rippe

Kühlkörper mit Rippen



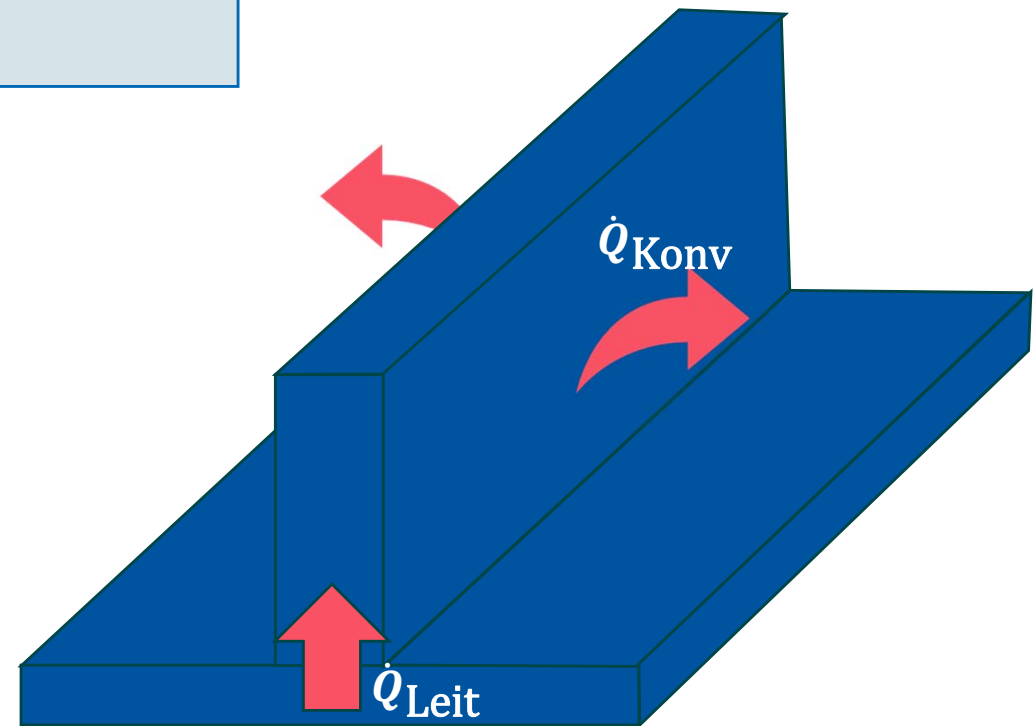
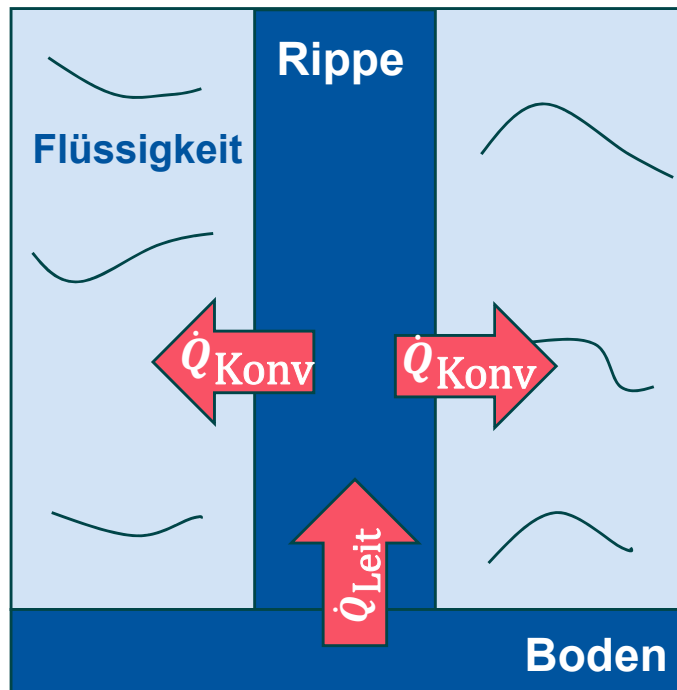
Kühlrippen zur Kühlung am Beispiel von Grafikkarten

<https://www.tec-science.com/de/thermodynamik-waermelehre/waerme/warmeleitfahigkeit-fouriersches-gesetz/>



Wärmeabfuhr durch Rippen

- Wärmeleitung von Boden in die Rippen hinein
- Konvektive Wärmeabgabe über die Seitenflächen der Rippe an die umgebende Flüssigkeit



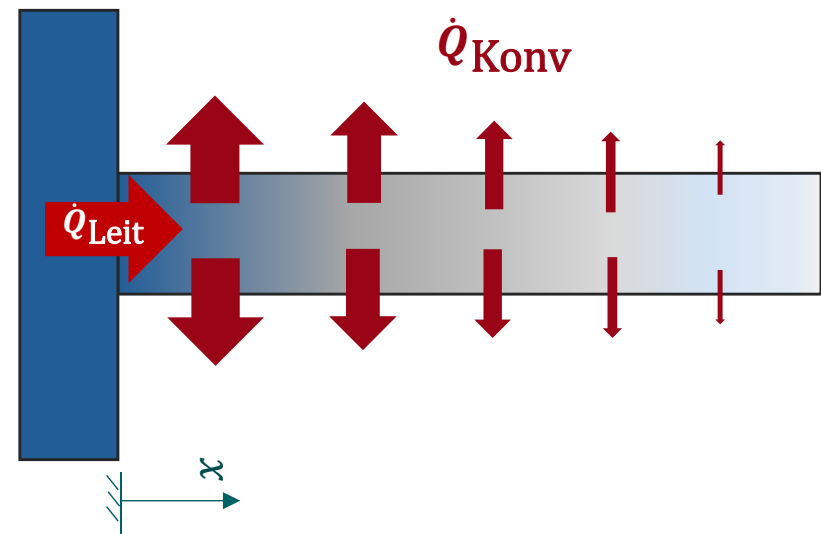
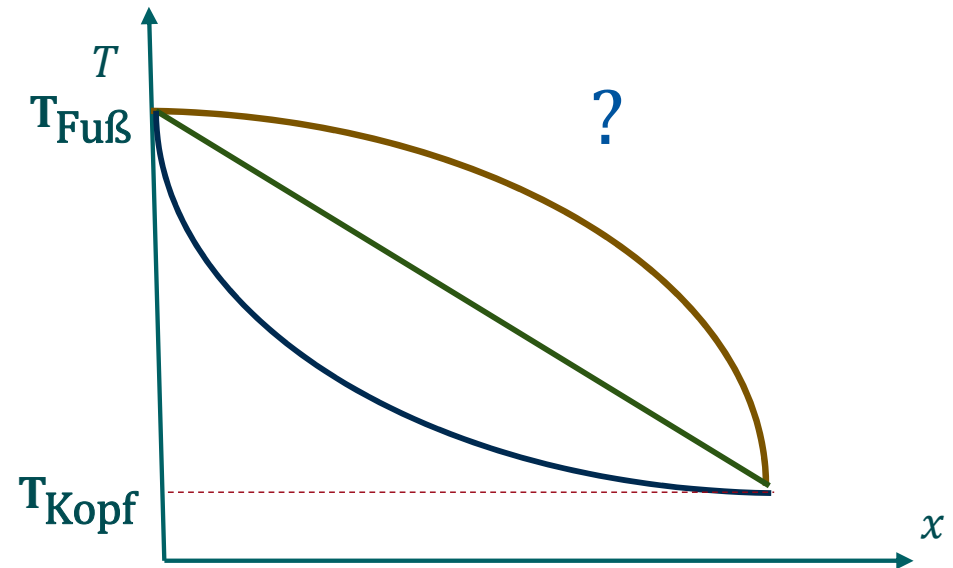
Temperaturprofil in Rippen

Welche Temperaturprofil ist richtig?

Aufgrund des erhöhten Temperaturunterschieds zur Umgebung wird am Anfang mehr Wärme abgegeben



- Am Fuß: Großer Temperaturunterschied zur Umgebung
- Am Kopf: Niedriger Temperaturunterschied zur Umgebung



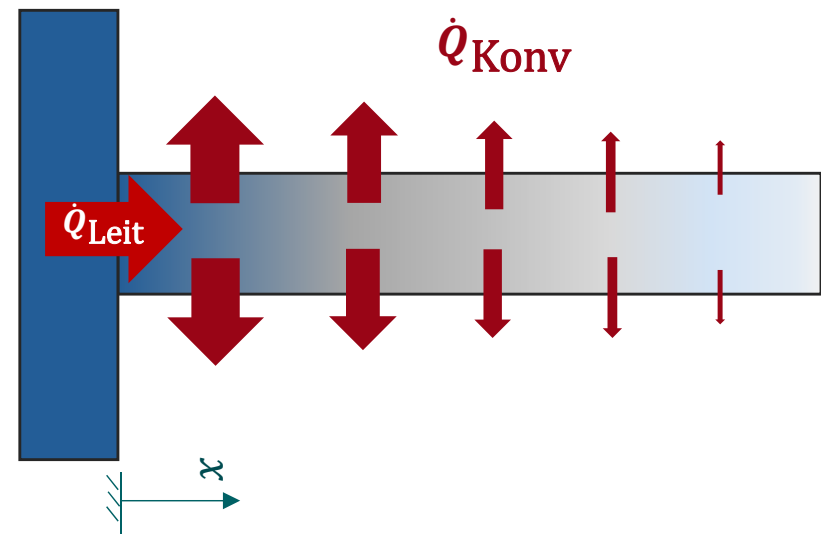
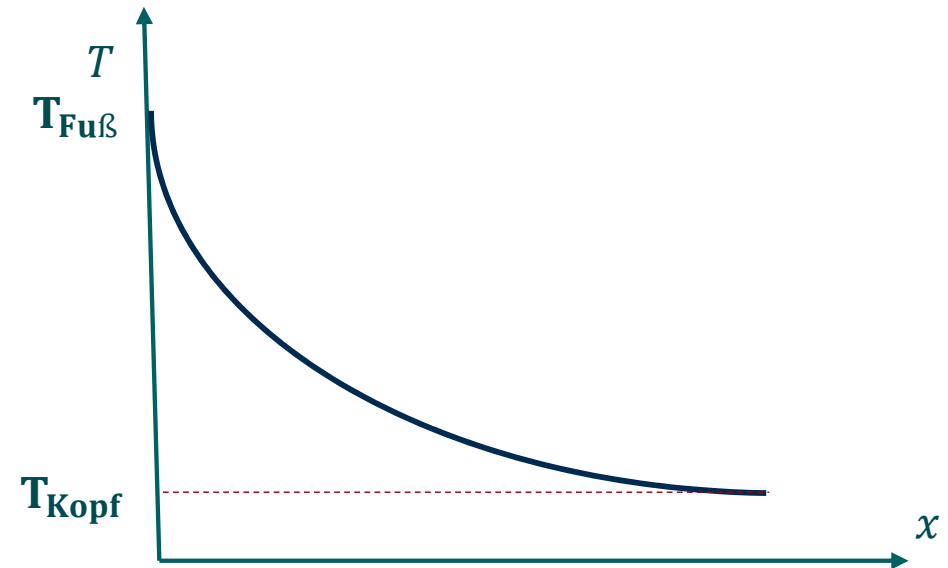
Temperaturprofil in Rippen

Welche Temperaturprofil ist richtig?

Aufgrund des erhöhten Temperaturunterschieds zur Umgebung wird am Anfang mehr Wärme abgegeben

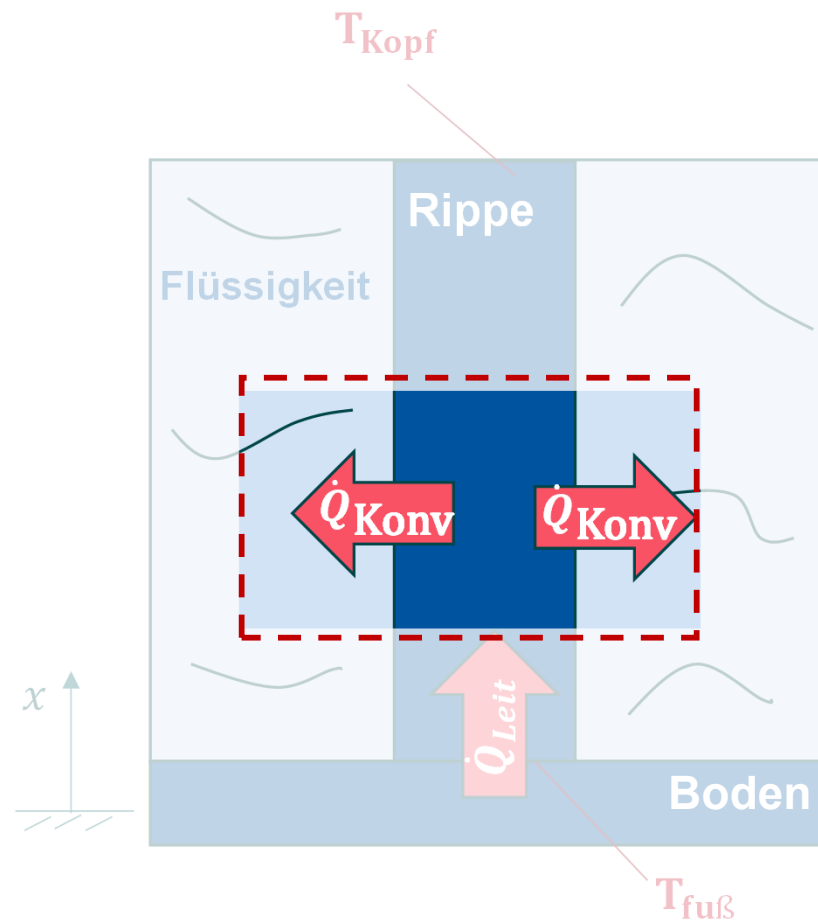


- Am Fuß: Großer Temperaturunterschied zur Umgebung
- Am Kopf: Niedriger Temperaturunterschied zur Umgebung



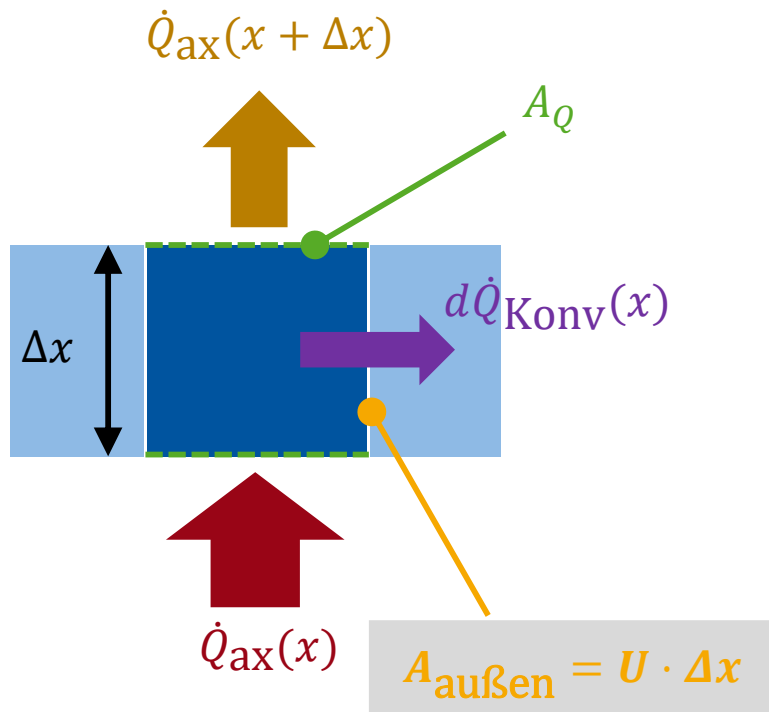
Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

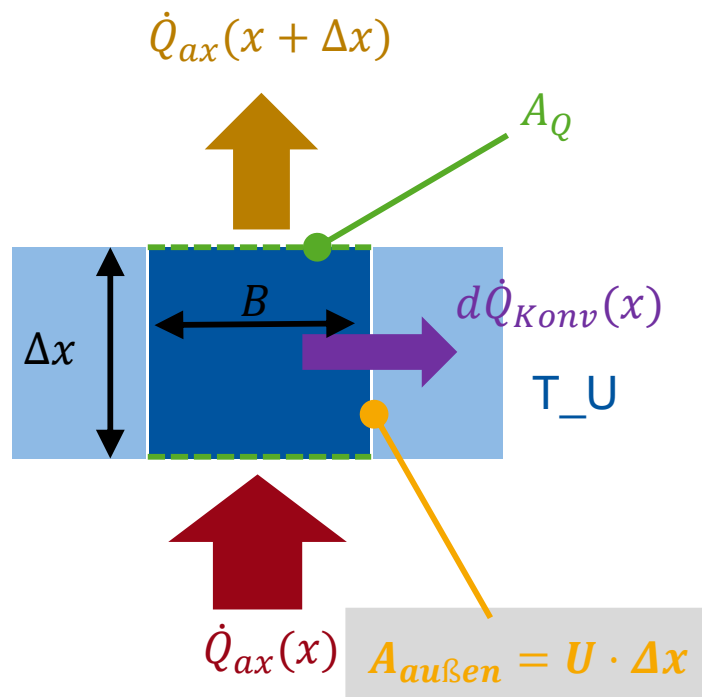
Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



\dot{Q}_{ax} :	Wärmeleitung in axialer Richtung
$d\dot{Q}_{Konv}$:	Konvektive Wärmeabfuhr auf die Umgebung
Δx :	Länge des finiten Elements
A_Q :	Querschnittsfläche der Rippe
$A_{au\beta en}$:	Äußere Oberflächenfläche (Mantelfläche) des finiten Elements
U :	Umfang der Rippe
T_U :	Umgebungstemperatur

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

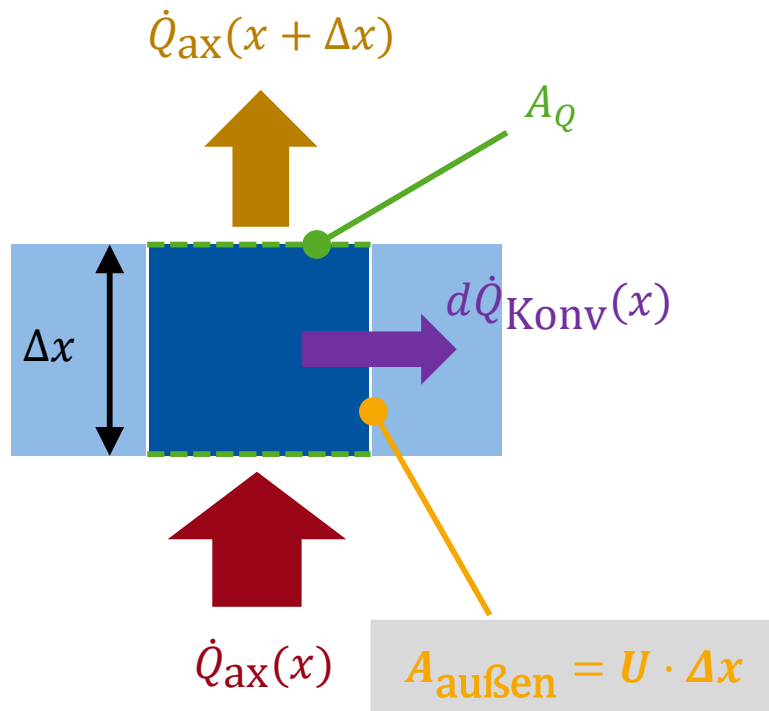
Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



- \dot{Q}_{ax} : Wärmeleitung in axialer Richtung
- $d\dot{Q}_{Konv}$: Konvektive Wärmeabfuhr auf die Umgebung
- Δx : Länge des finiten Elements
- A_Q : Querschnittsfläche der Rippe
- $A_{au\beta en}$: Äußere Oberflächenfläche (Mantelfläche) des finiten Elements
- U : Umfang der Rippe
- T_U : Umgebungstemperatur

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



Energiebilanz um ein finites Element in der Rippe:

$$\dot{Q}_{ax}(x) - \dot{Q}_{ax}(x + \Delta x) - d\dot{Q}_{Konv}(x) = 0$$

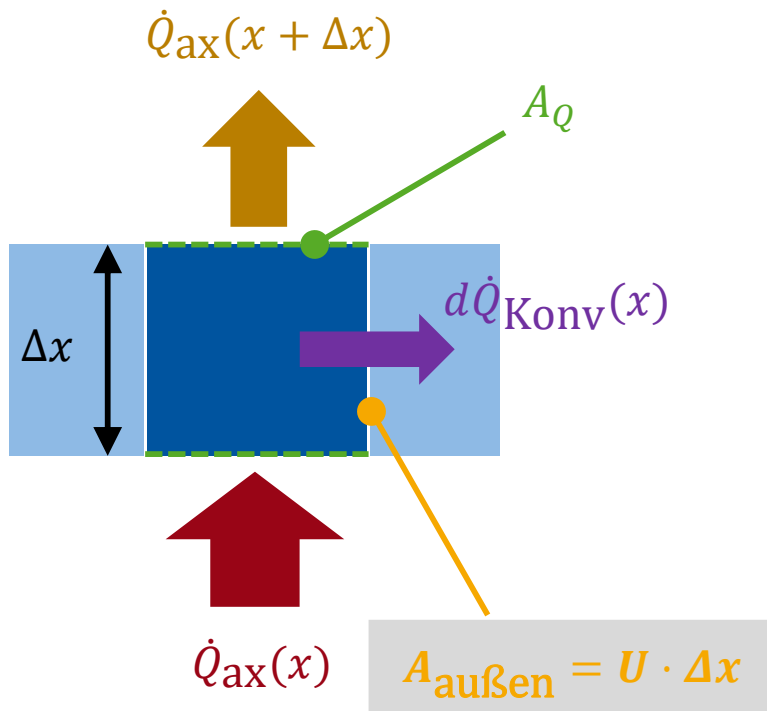
$$\dot{Q}_{ax}(x) = A_Q \cdot \dot{q}_{ax}''(x)$$

$$\dot{Q}_{ax}(x + \Delta x) = \dot{Q}_{ax}(x) + \frac{d\dot{Q}(x)}{dx} \cdot \Delta x$$

$$d\dot{Q}_{konv}(x) = A_{au\beta en} \cdot \dot{q}_{Konv}''(x)$$

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



$$0 = -\frac{d\dot{q}_{ax}''(x)}{dx} \cdot \Delta x \cdot A_Q - A_{au\beta en} \cdot \dot{q}_{Konv}''(x)$$

Fourier-Gesetz:

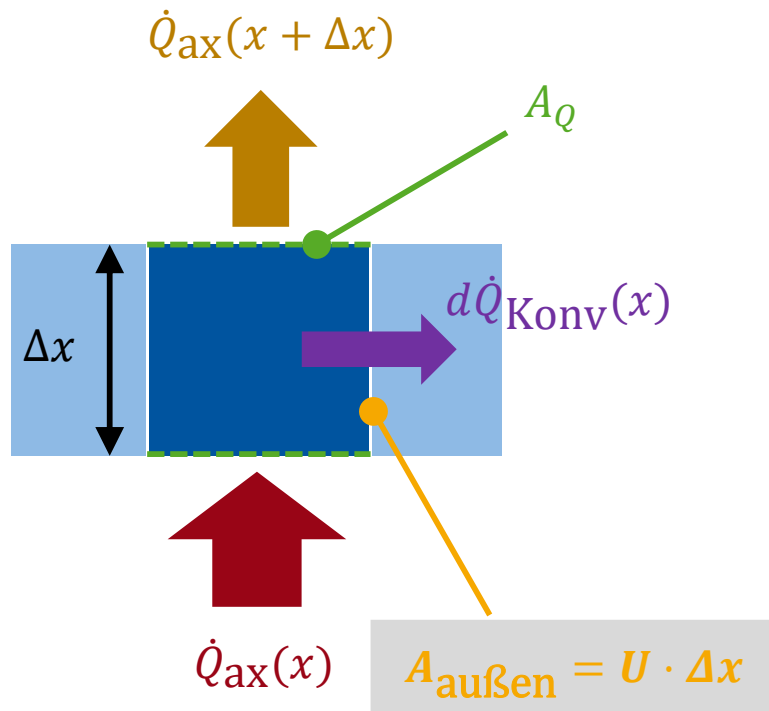
$$\dot{q}_{ax}''(x) = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$$

Konvektiver Wärmeübergang:

$$\dot{q}_{Konv}''(x) = \alpha \cdot (T(x) - T_u)$$

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



$\dot{q}''_{ax}(x)$ und \dot{q}''_{Konv} in den Bilanz einsetzen:



$$\lambda \cdot A_Q \cdot \Delta x \cdot \frac{d^2 T}{dx^2} = \alpha \cdot U (T(x) - T_u)$$

Inhomogene Differenzialgleichung 2. Ordnung

Verständnisfragen

Was sind Rippen und wozu werden diese eingesetzt?

Welche Wärmeströme werden in der Herleitung der Rippen-DGL berücksichtigt?

Wie verläuft das Temperaturprofil in einer Rippe (aus physikalischen Überlegungen)?