
Wärme- und Stoffübertragung I

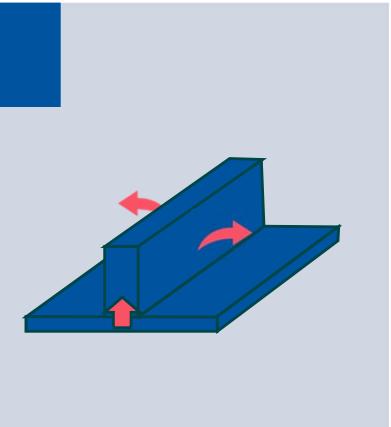
Einführung in das Thema Rippen

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

Video Übersicht

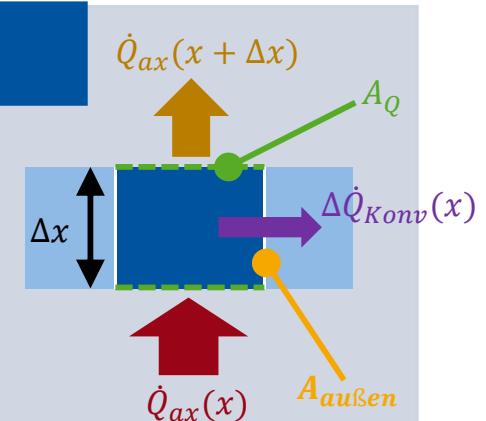
Grundkenntnisse zum Thema Rippen

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



Bilanzierstellung und Herleitung der DGL für Rippen

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



Rippen-Anwendung

Beispiele:

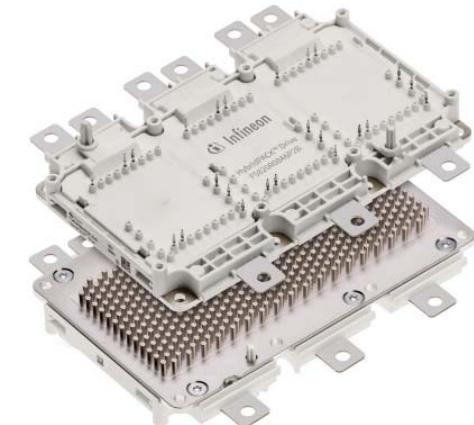


Rippenrohr

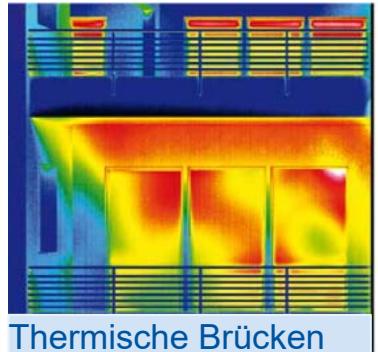
<https://tibometals.de>



Infineon's Hybrid PACK 2 power module



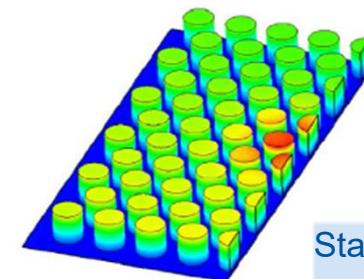
<https://www.infineon.com>



Thermische Brücken



Heizung



Stabtrippen

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

Schöck Isokorb

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

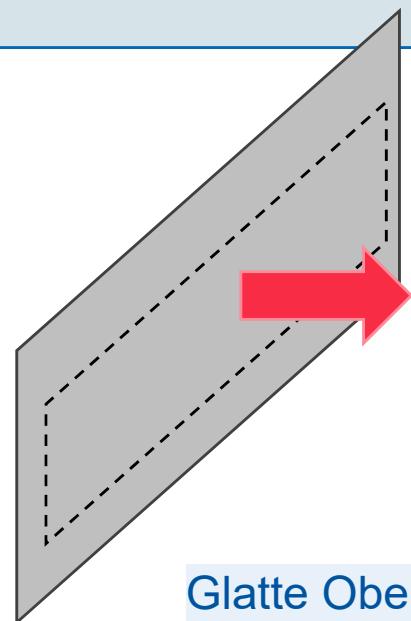
Rippe: Vor- und Nachteile

Vorteil:

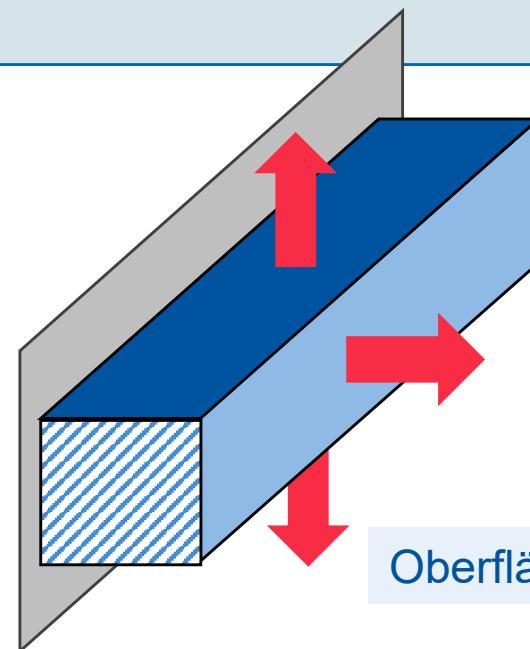
- Zusätzliche Oberfläche
- Durch vergrößerte Oberfläche wird Wärme besser vom gut leitenden Festkörper zur schlecht leitenden Flüssigkeit/Gas transportiert

Nachteil:

- Höherer Materialverbrauch
- Zusätzliches Gewicht und Volumen
- Erhöhter Druckverlust

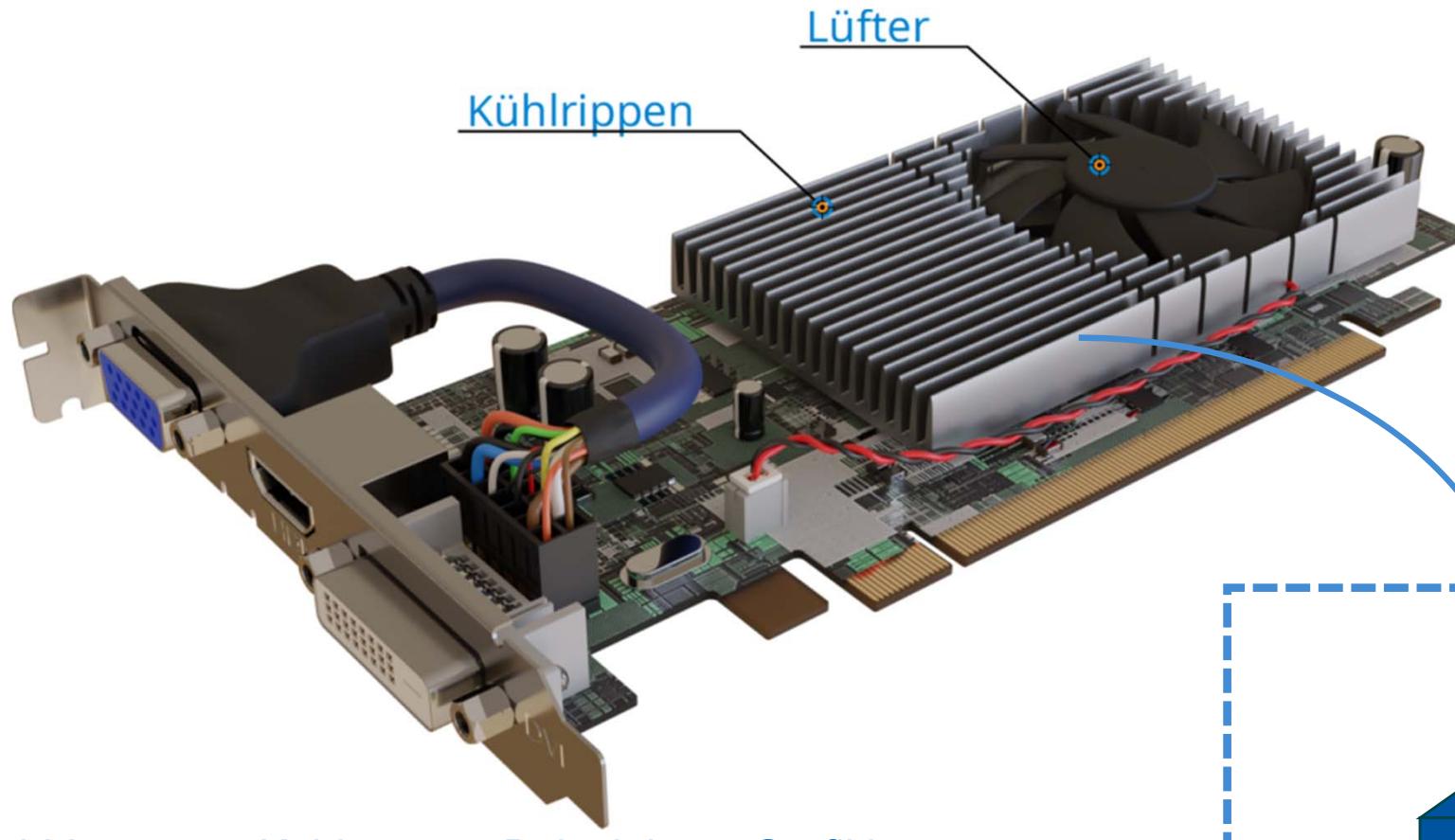


Glatte Oberfläche

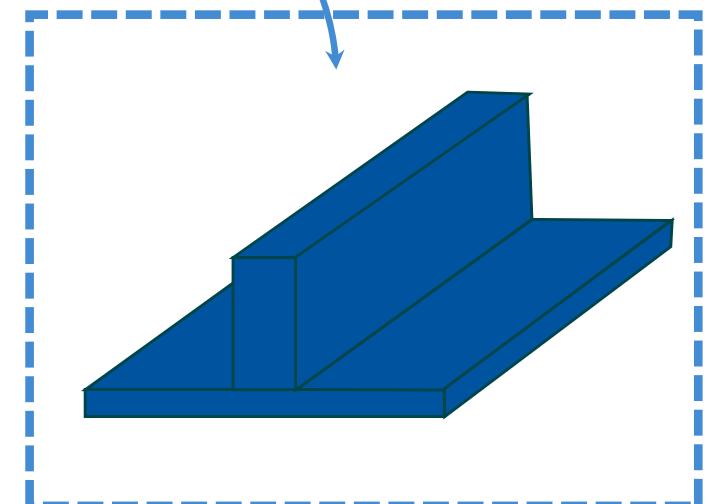


Oberfläche mit Rippe

Kühlkörper mit Rippen



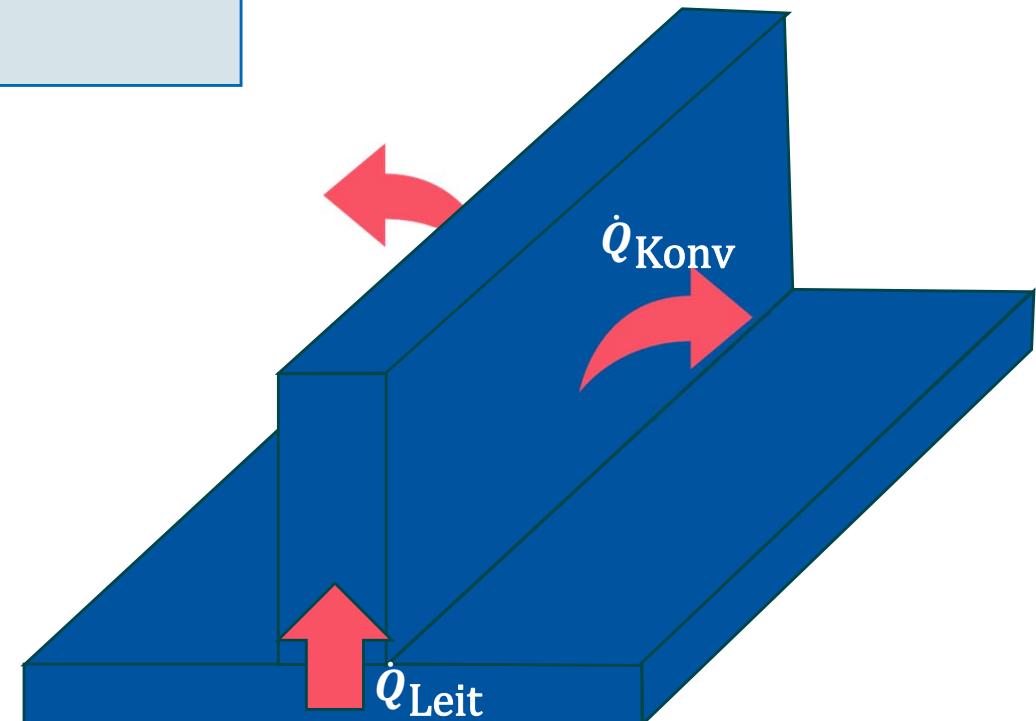
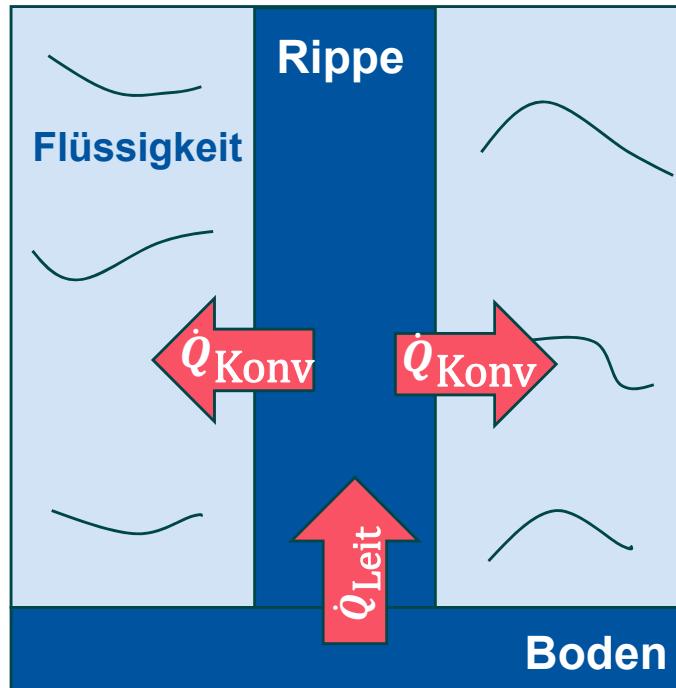
Kühlrippen zur Kühlung am Beispiel von Grafikkarten



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

Wärmeabfuhr durch Rippen

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



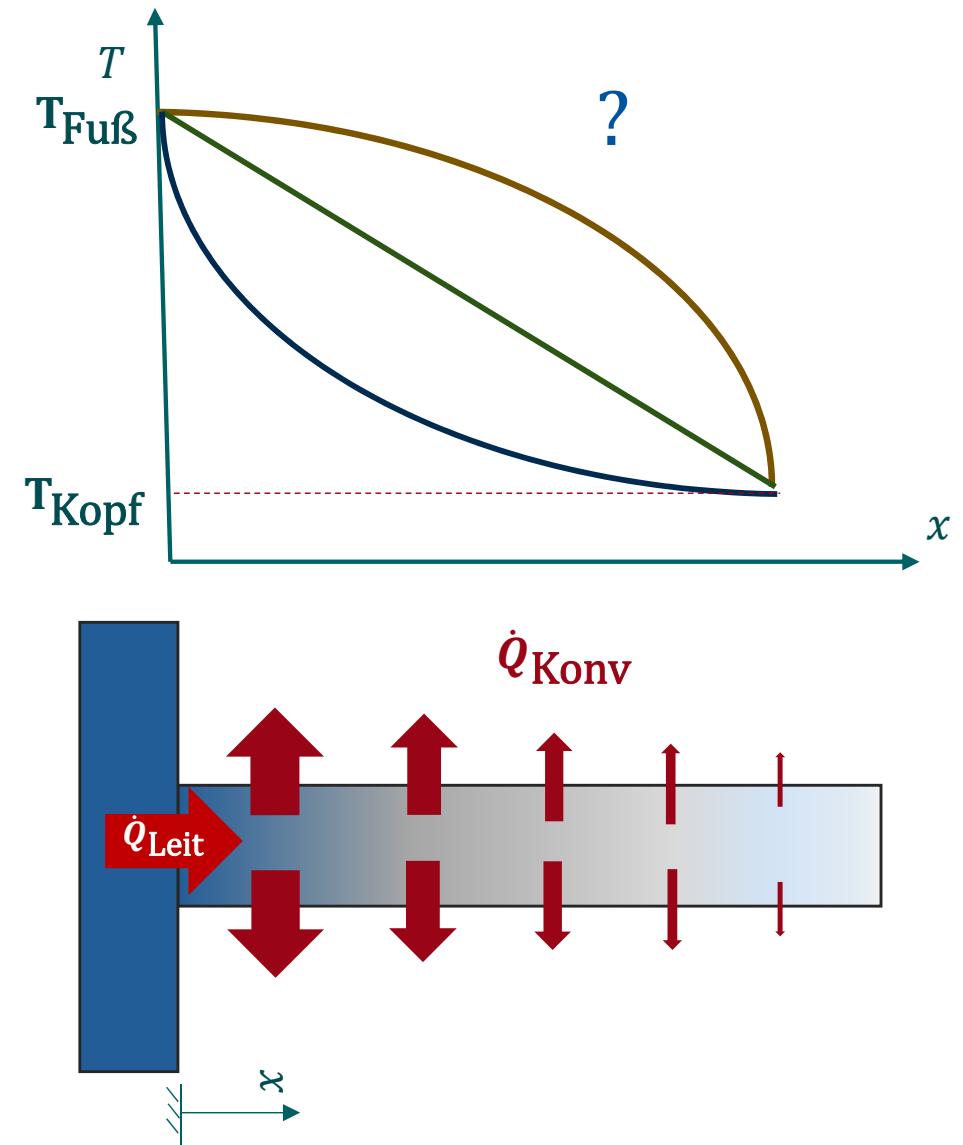
Temperaturprofil in Rippen

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



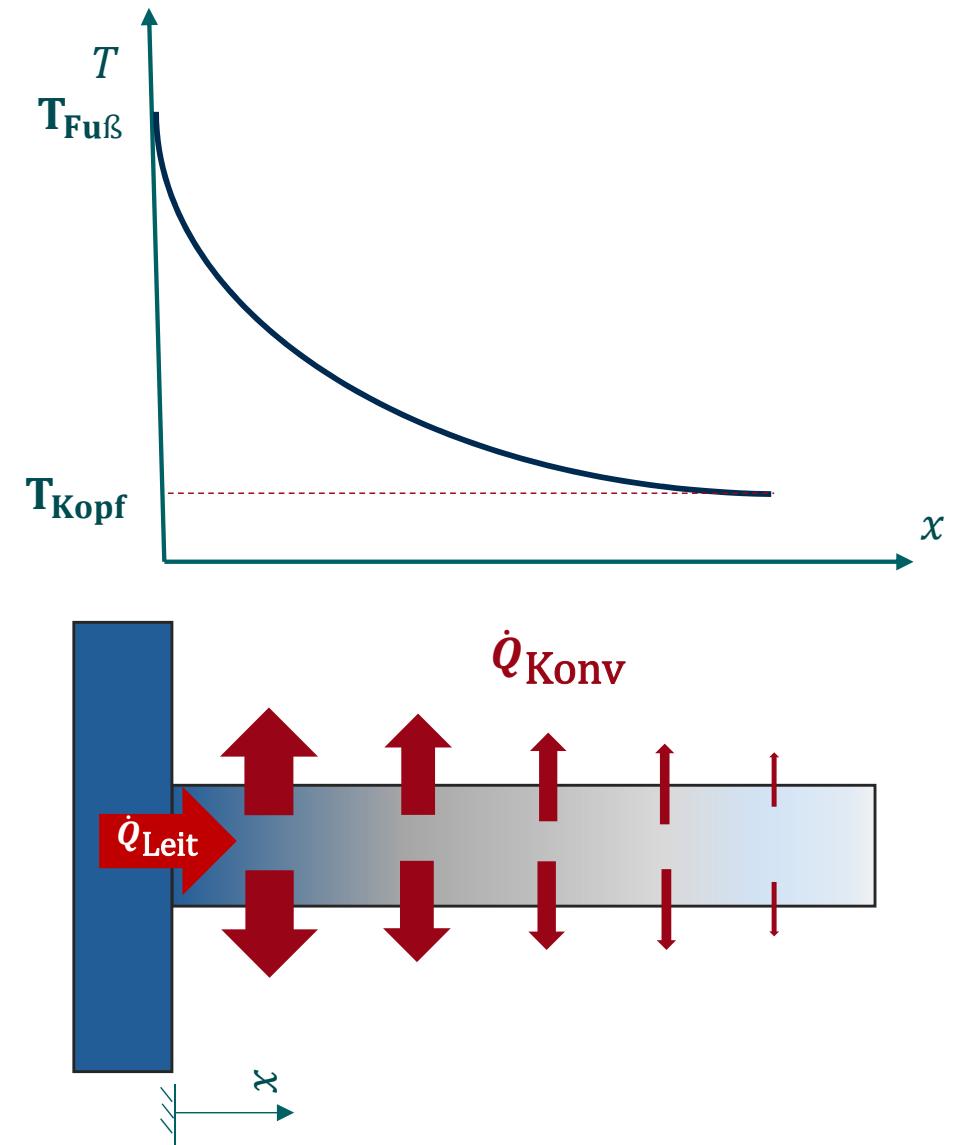
Temperaturprofil in Rippen

Welche Temperaturprofil ist richtig?

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

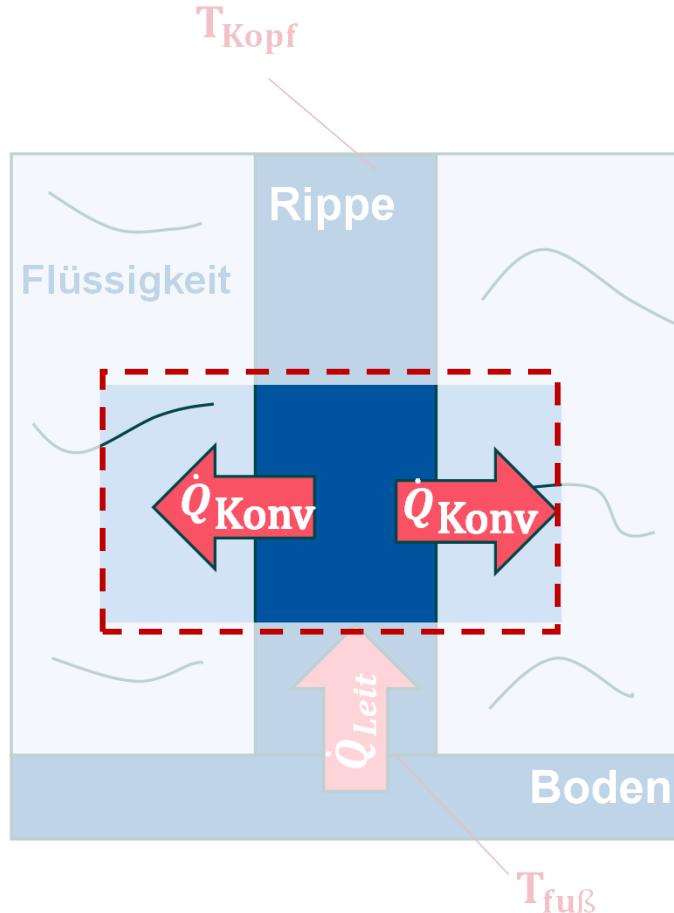


- Am Fuß: Großer Temperaturunterschied zur Umgebung
- Am Kopf: Niedriger Temperaturunterschied zur Umgebung



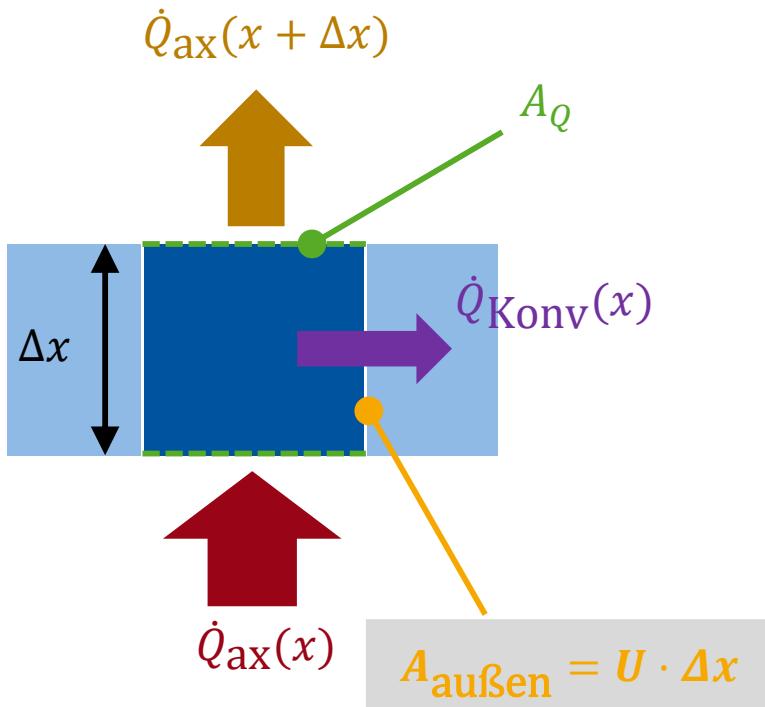
Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene
Wärmestrom berechnet?



Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

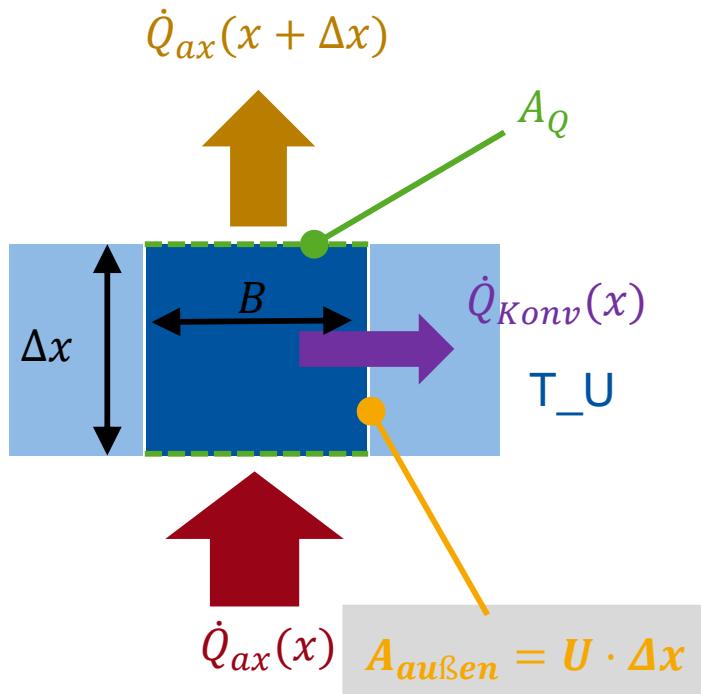
Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



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

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

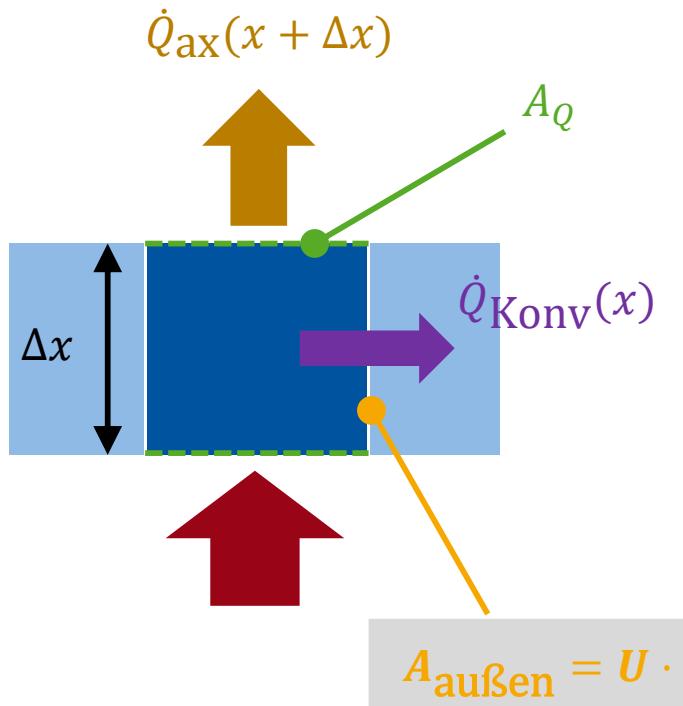
Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



- \dot{Q}_{ax} : Wärmeleitung in axialer Richtung
- \dot{Q}_{Konv} : Konvektive Wärmeabfuhr auf die Umgebung
- Δx : Länge des finiten Elements
- A_Q : Querschnittsfläche der Rippe
- $A_{au\ddot{S}en}$: 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:

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

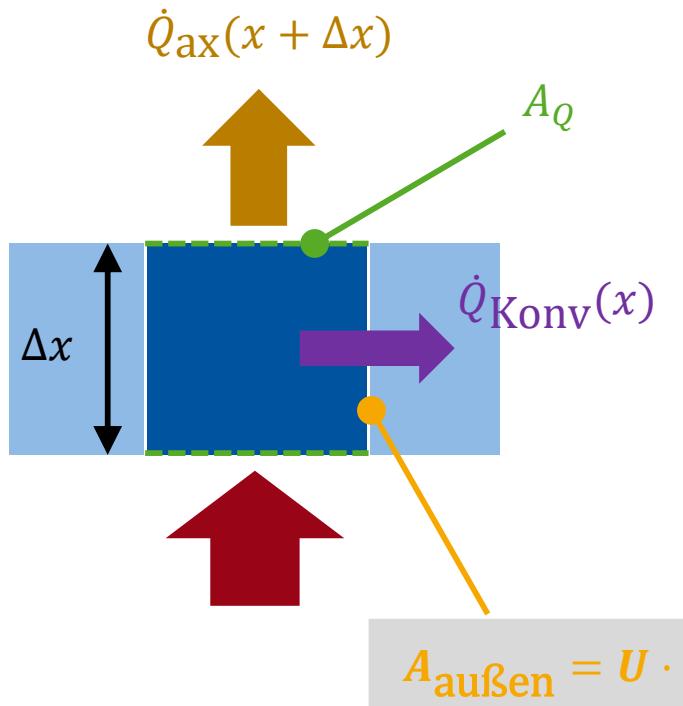
$$\dot{Q}_{\text{ax}}(x) = A_Q \cdot \dot{q}_{\text{ax}}''(x)$$

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

$$\dot{q}_{\text{konv}}(x) = A_{\text{außen}} \cdot \dot{q}_{\text{Konv}}''(x)$$

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



→ $0 = -\frac{\partial \dot{q}_{\text{ax}}''(x)}{\partial x} \cdot \Delta x \cdot A_Q - A_{\text{außen}} \cdot \dot{q}_{\text{Konv}}''(x)$

Fourier-Gesetz:

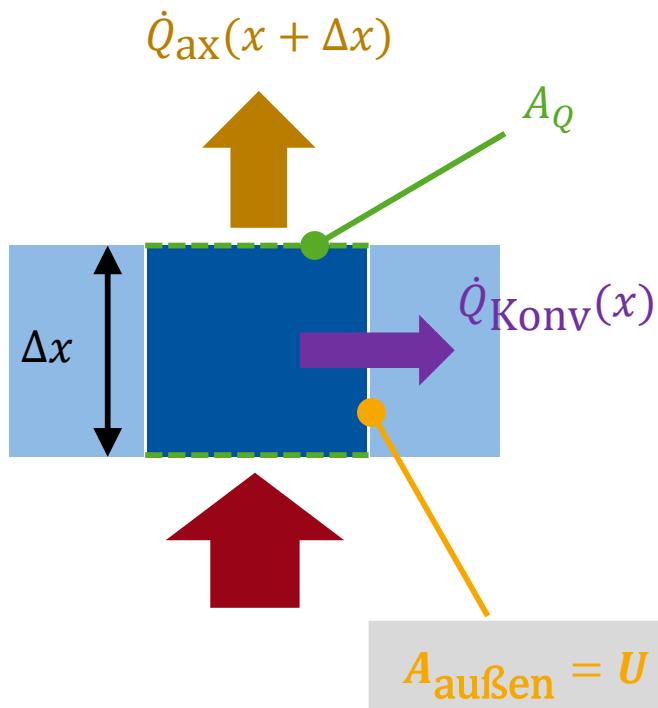
$$\dot{q}_{\text{ax}}''(x) = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

Konvektiver Wärmeübergang:

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

Herleitung Rippen-DGL mittels Energiebilanz

Wie wird der an die Umgebung übertragene Wärmestrom berechnet?



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

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

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)?