
Wärme- und Stoffübertragung I

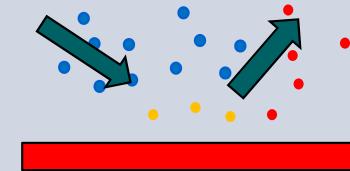
Einführung in das Thema Konvektion und des advektiven
Wärmetransports

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

Lernziele

• Einführung in die Konvektion

- Was ist Konvektion?
- Was ist ein Wärmeübergangskoeffizient und was setzt dieser in Relation?



• Temperaturprofil in mehrschichtiger Wand mit Konvektion

- Wie verläuft das Temperaturprofil in einer mehrschichtigen, ebenen Wand unter Berücksichtigung von Konvektionswiderständen?



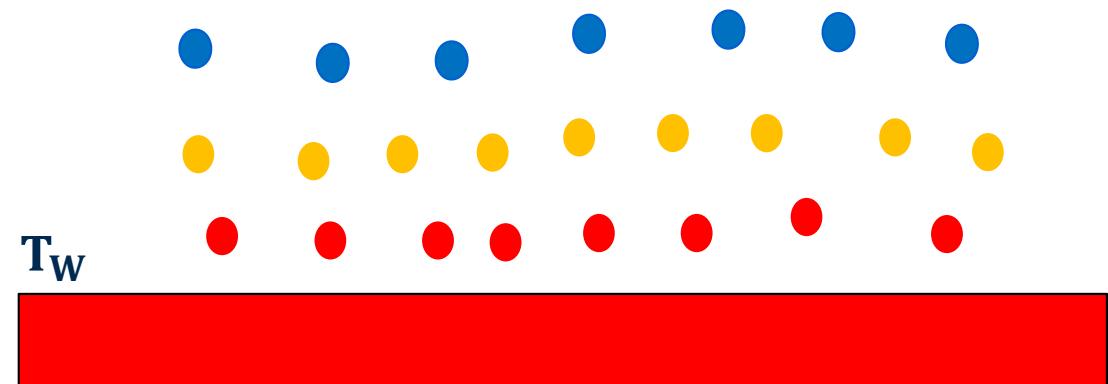
• Wärmewiderstand in einer mehrschichtigen, ebenen Wand mit Konvektion

- Wie stellt sich der Gesamtwiderstand in einer mehrschichtigen ebenen Wand mit Konvektion dar?
- Wie lässt sich der Wärmestrom in einer mehrschichtigen ebenen Wand mit Konvektion berechnen?



Einführung in die Konvektion

**Diffusion: Energietransport durch ungerichtete Bewegung der Moleküle
(Brownsche Bewegung) in Flüssigkeiten und Gasen,
Übertragung der thermischen Energie durch Stöße**



Einführung in die Konvektion

Konvektion: Energietransport durch gerichtete Bewegung der Moleküle in Flüssigkeiten und Gasen

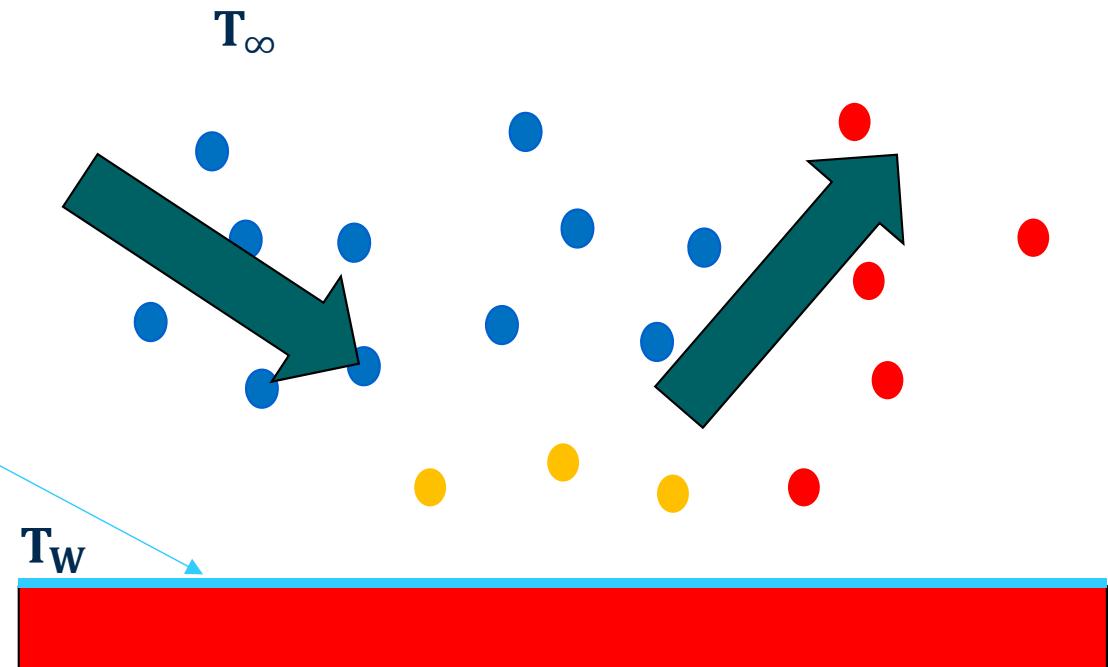
Wärmestrom durch Konvektion

$$\dot{Q} = \alpha A (T_w - T_\infty)$$

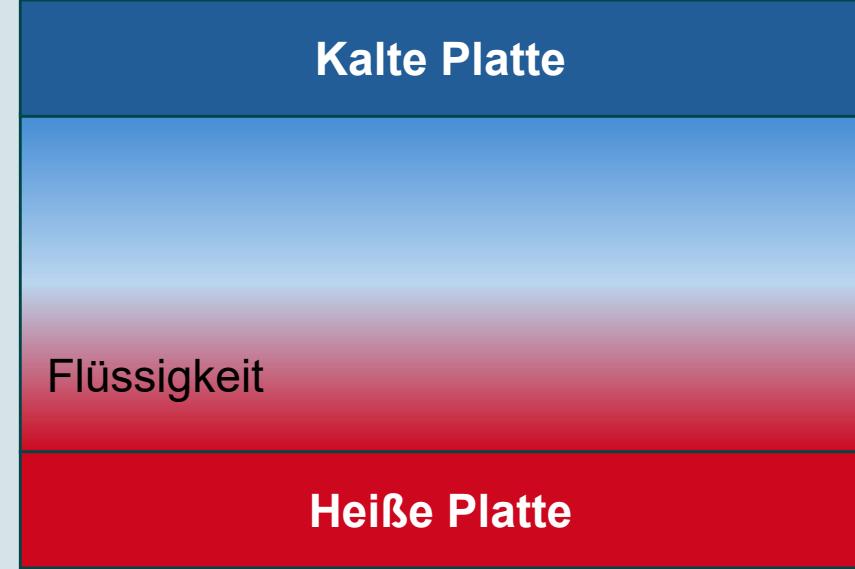
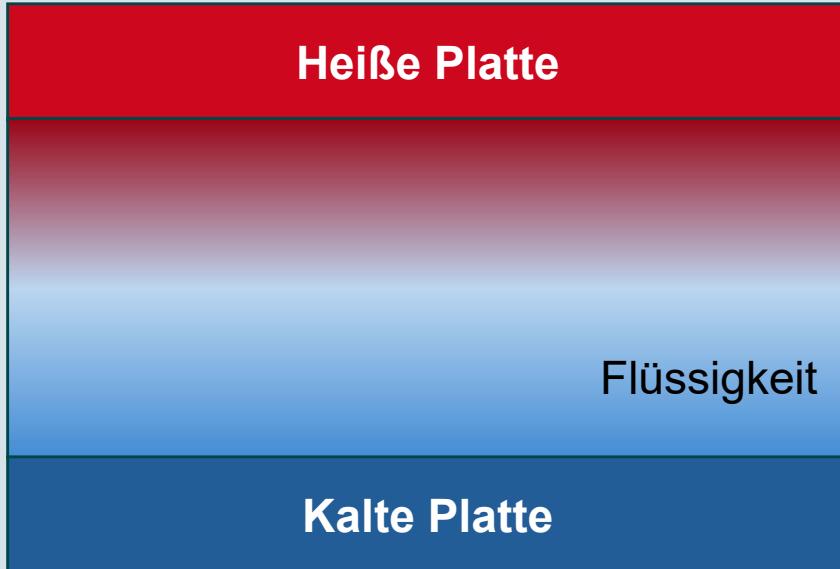
A: Fläche für konvektiven Transport [m^2]

$(T_w - T_\infty)$: Temperaturdifferenz zwischen Wand mit T_w und Flüssigkeit mit T_∞

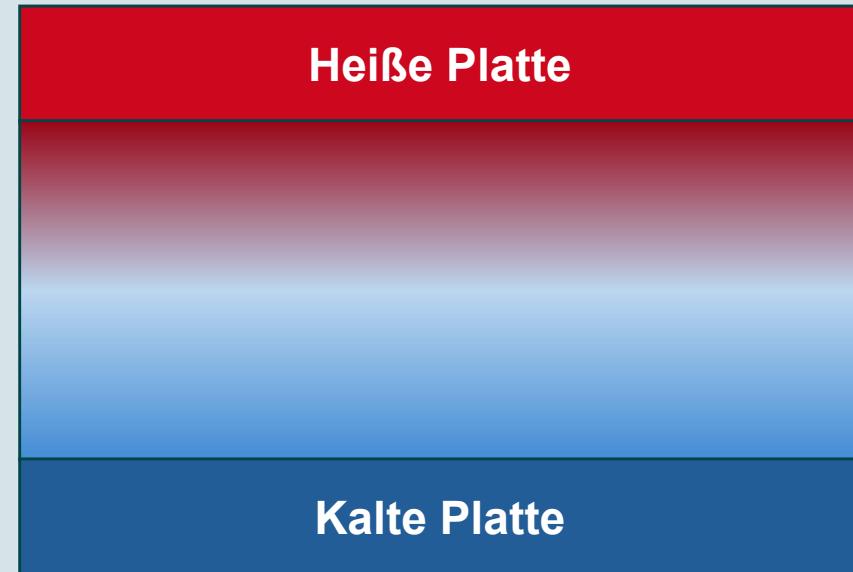
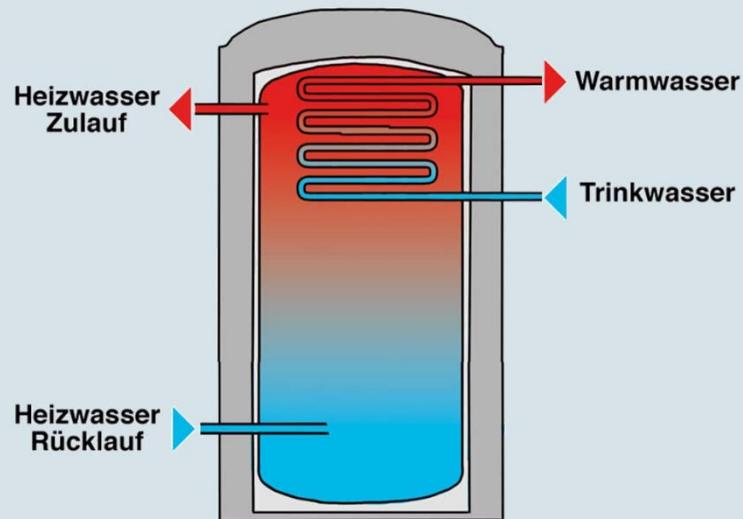
α : Wärmeübergangskoeffizient $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$



Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion



Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion



- Im Warmwasserspeicher erfolgt eine Zwischenspeicherung der Wärme für den Fall, dass Warmwasser benötigt wird.

<https://www.heizsparer.de/heizung/warmwasseraufbereitung/warmwasserspeicher>

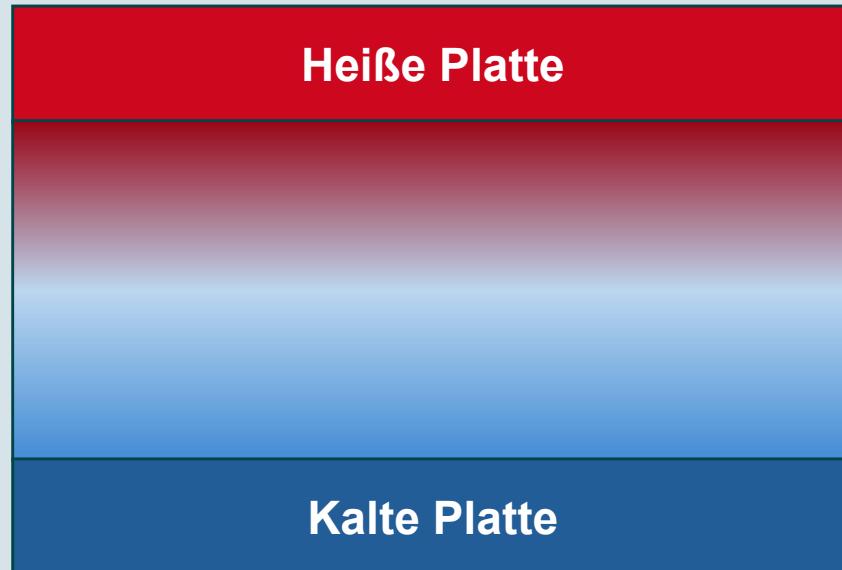
Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion

Reine Wärmeleitung

Aufgrund der geringeren Dichte der warmen Flüssigkeit ergibt sich eine stabile Schichtung. Warme Flüssigkeit bleibt oben und die kalte Flüssigkeit unten.

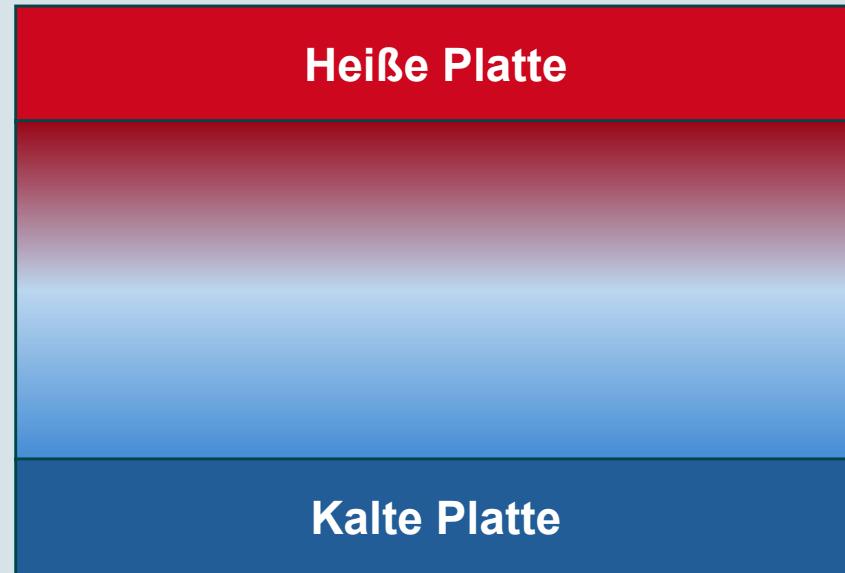
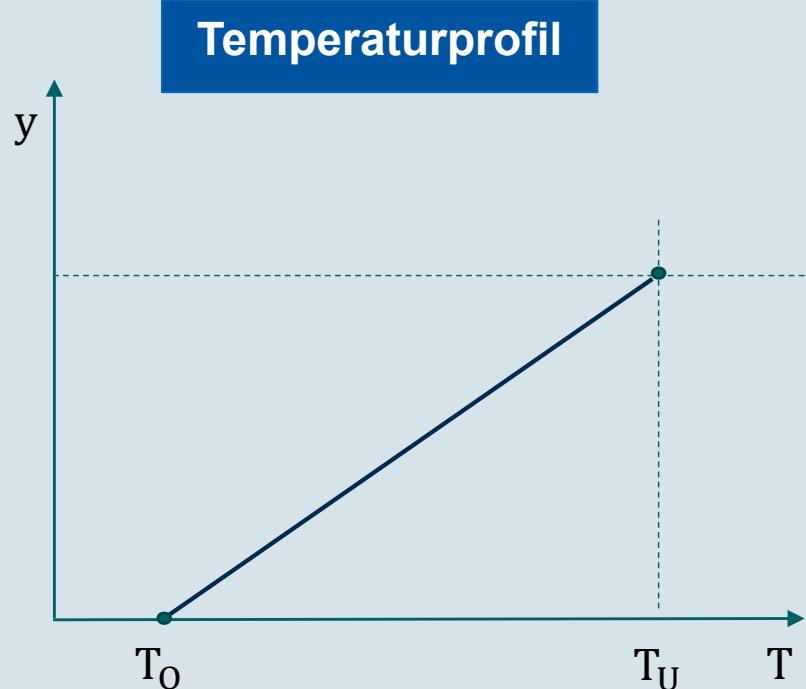
Eine Strömung in der Flüssigkeit bildet sich nicht aus.

⇒ Die Wärme wird durch nur Wärmeleitung nach unten transportiert.



<https://www.heizsparer.de/heizung/warmwasseraufbereitung/warmwasserspeicher>

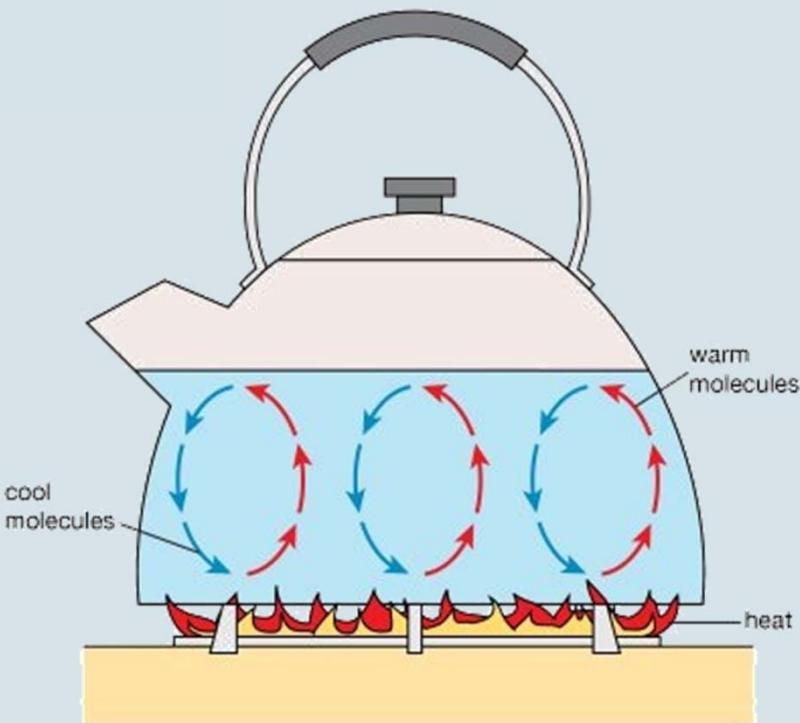
Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion



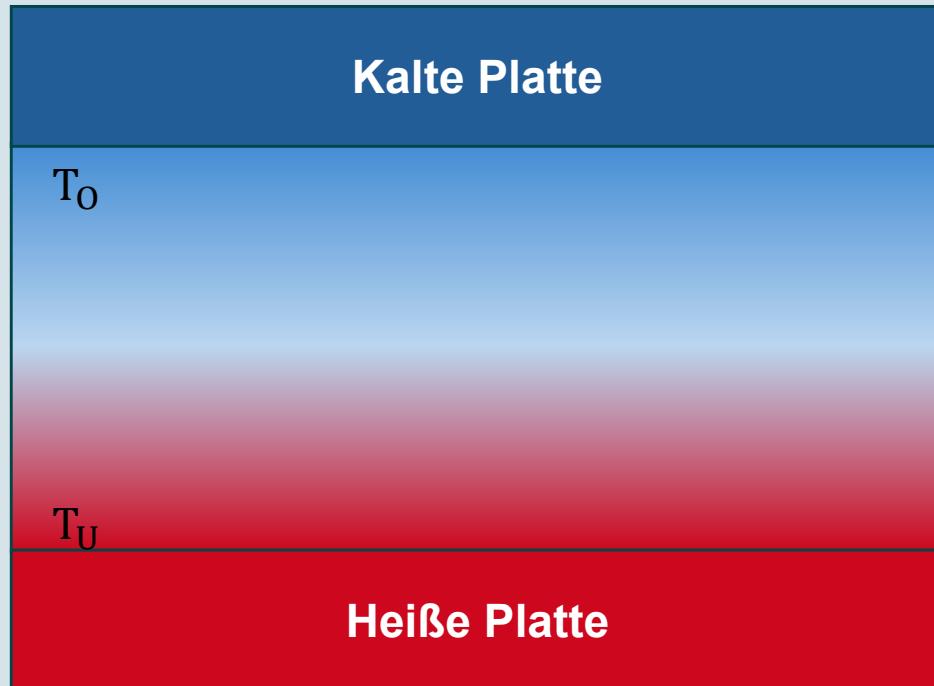
<https://www.heizsparger.de/heizung/warmwasseraufbereitung/warmwasserspeicher>

Einführung in die Konvektion

Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion



© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.



<https://taylorssciencegeeks.weebly.com/blog/convection>

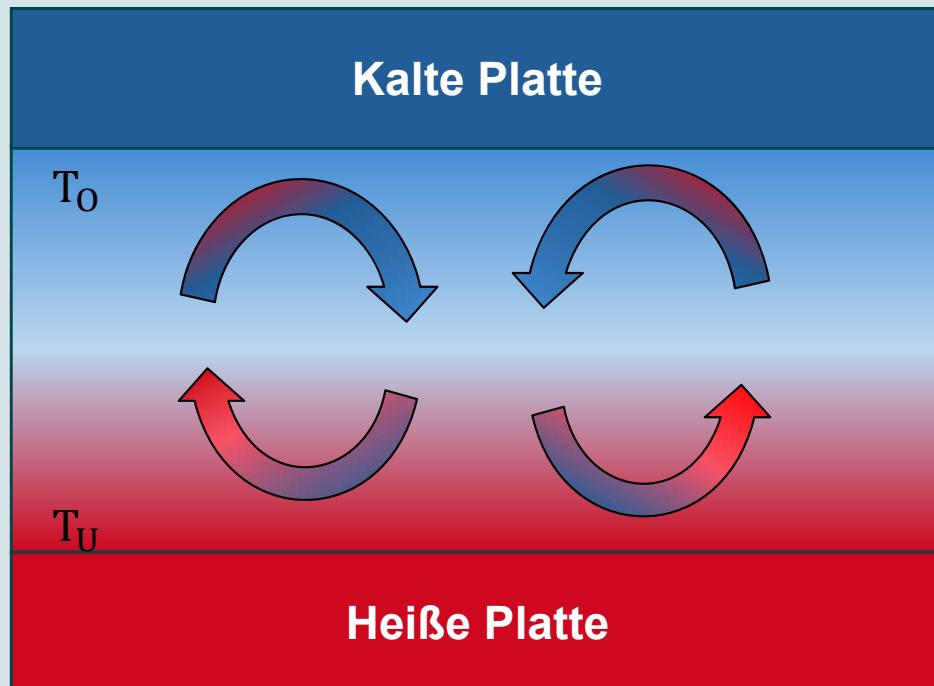
Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion

Rayleigh-Bénard Konvektion

Flüssigkeit erwärmt sich an der heißen Platte und steigt auf, kühlt sich an der kalten Platte wieder ab und sinkt aufgrund der erhöhten Dichte wieder hinab.

In der Flüssigkeit bildet sich eine natürliche Strömung aus.

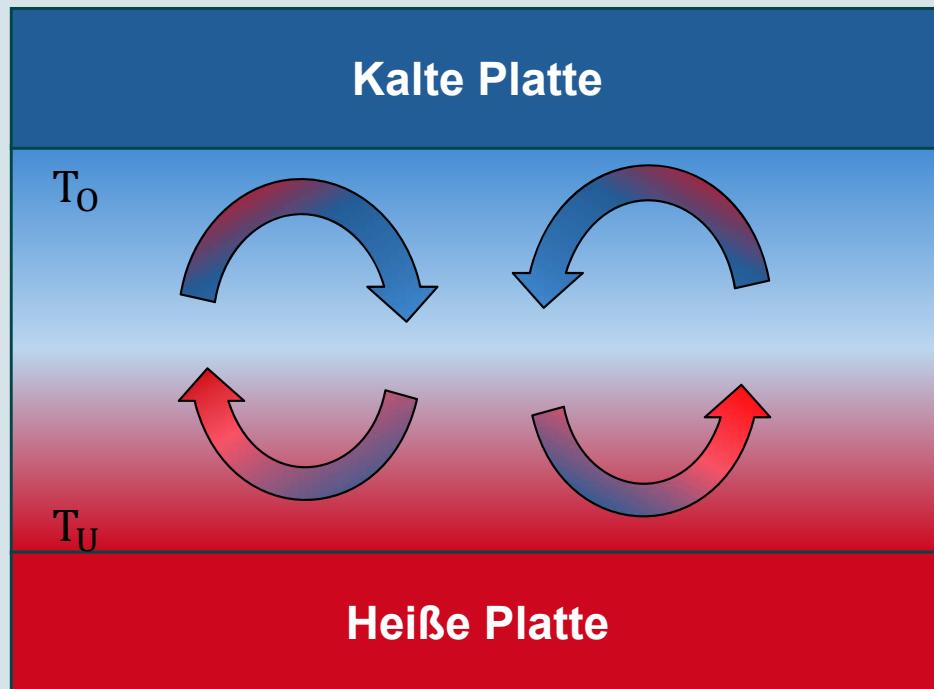
⇒ Die Wärme wird durch Wärmeleitung und Advektion von unten nach oben transportiert



<https://taylorsciencegeeks.weebly.com/blog/convection>

Einführung in die Konvektion

Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion

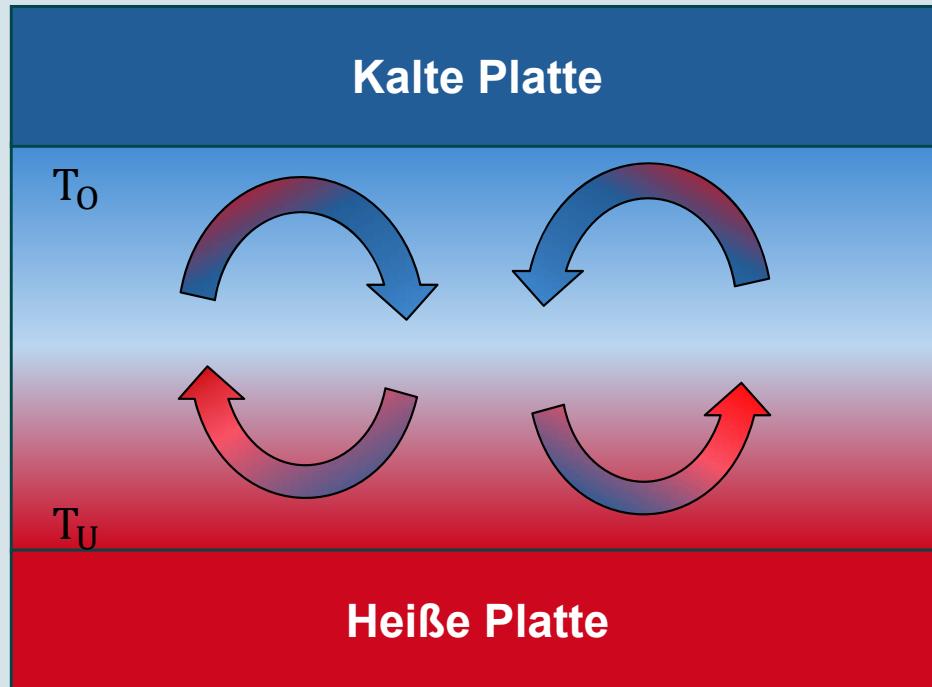
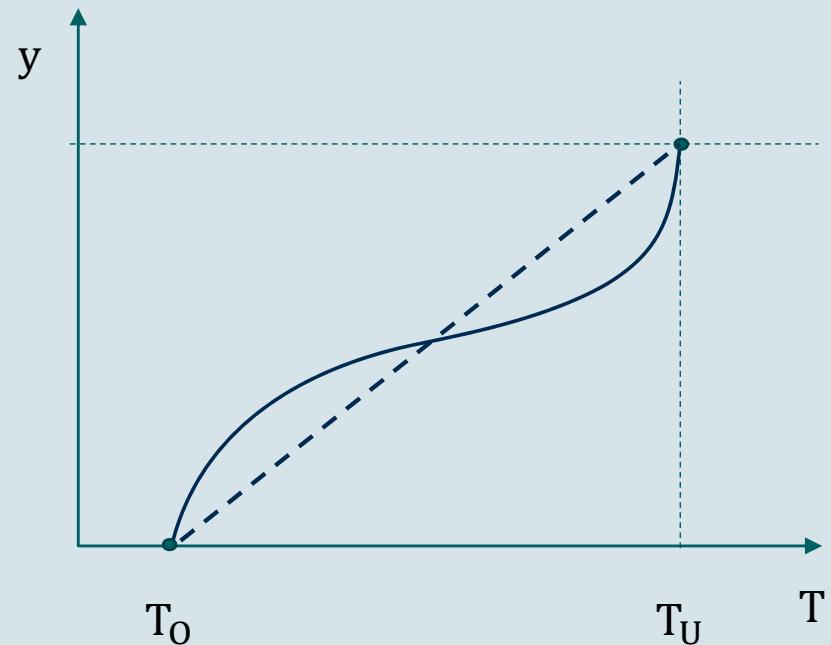


<https://taylorssciencegeeks.weebly.com/blog/convection>

Einführung in die Konvektion

Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion

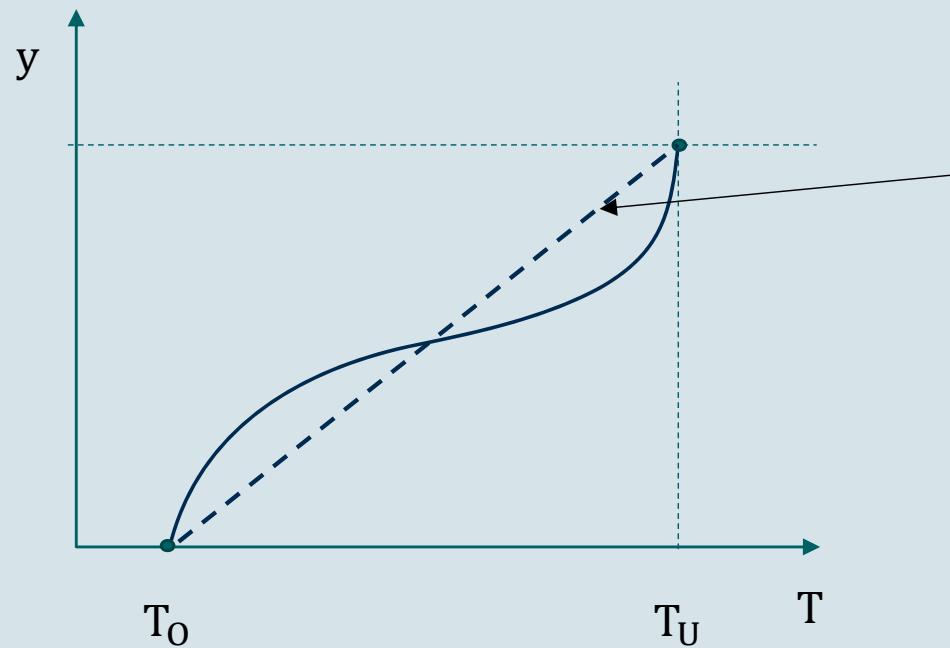
Temperaturprofil



<https://taylorsciencegeeks.weebly.com/blog/convection>

Vergleich von reiner Wärmeleitung und Rayleigh-Bénard Konvektion

Temperaturprofil



Gradient im Fall reiner Wärmeleitung ist deutlich geringer, d.h. insgesamt wird weniger Wärme von der heißen zur kalten Plattenseite transportiert

<https://taylorsciencegeeks.weebly.com/blog/convection>

Verständnisfragen

Was ist Konvektion und wie lässt sich diese empirisch beschreiben?

Welche Krümmung weist das Temperaturprofil auf der Fluidseite aufgrund von Konvektion auf?