



**Praktikum zur Vorlesung  
Verbrennungsmotoren 1  
Bachelor Studiengang der MSF**

***Praktikum 2  
Theorie der Wärmeübertrager***

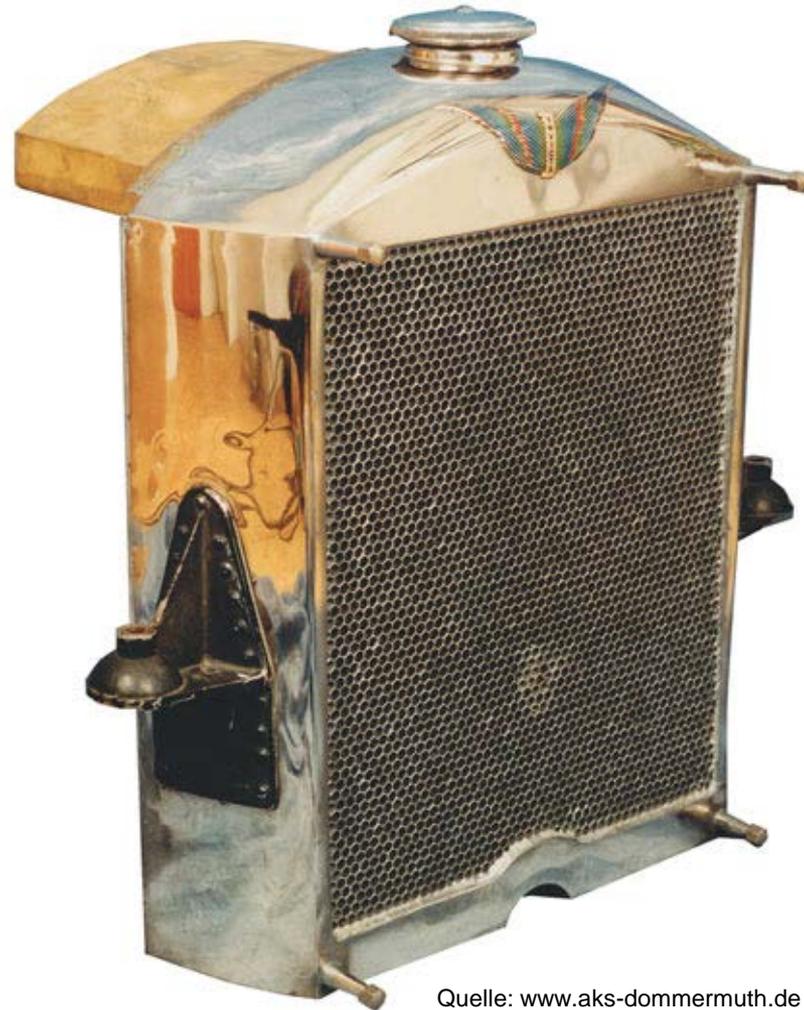
***Prof. Dr.-Ing. Egon Hassel  
Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz  
Dr.-Ing. Volker Wichmann  
Universität Rostock,***

## Kühler an Motoren

### 1. Kühlwasserkühler



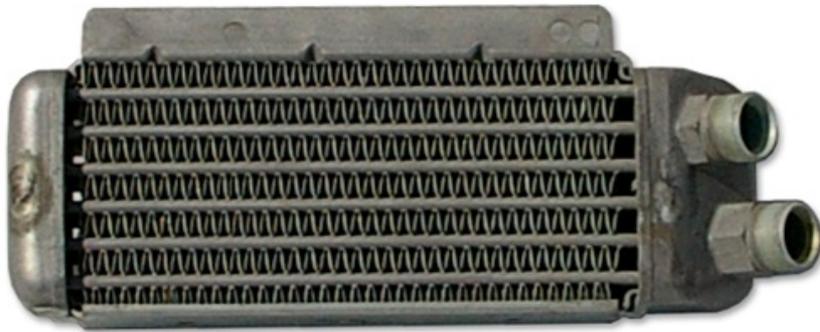
Quelle: [www.aks-dommermuth.de](http://www.aks-dommermuth.de)



Quelle: [www.aks-dommermuth.de](http://www.aks-dommermuth.de)

## Kühler an Motoren

### 2. Ölkühler



Quelle: [www.stutz-autokuehler.de](http://www.stutz-autokuehler.de)



## Kühler an Motoren

### 3. Kraftstoffkühler



Quelle: <http://www.x-parts.de/images>



Quelle: <http://junge-autoersatzteile.de>

## Kühler an Motoren

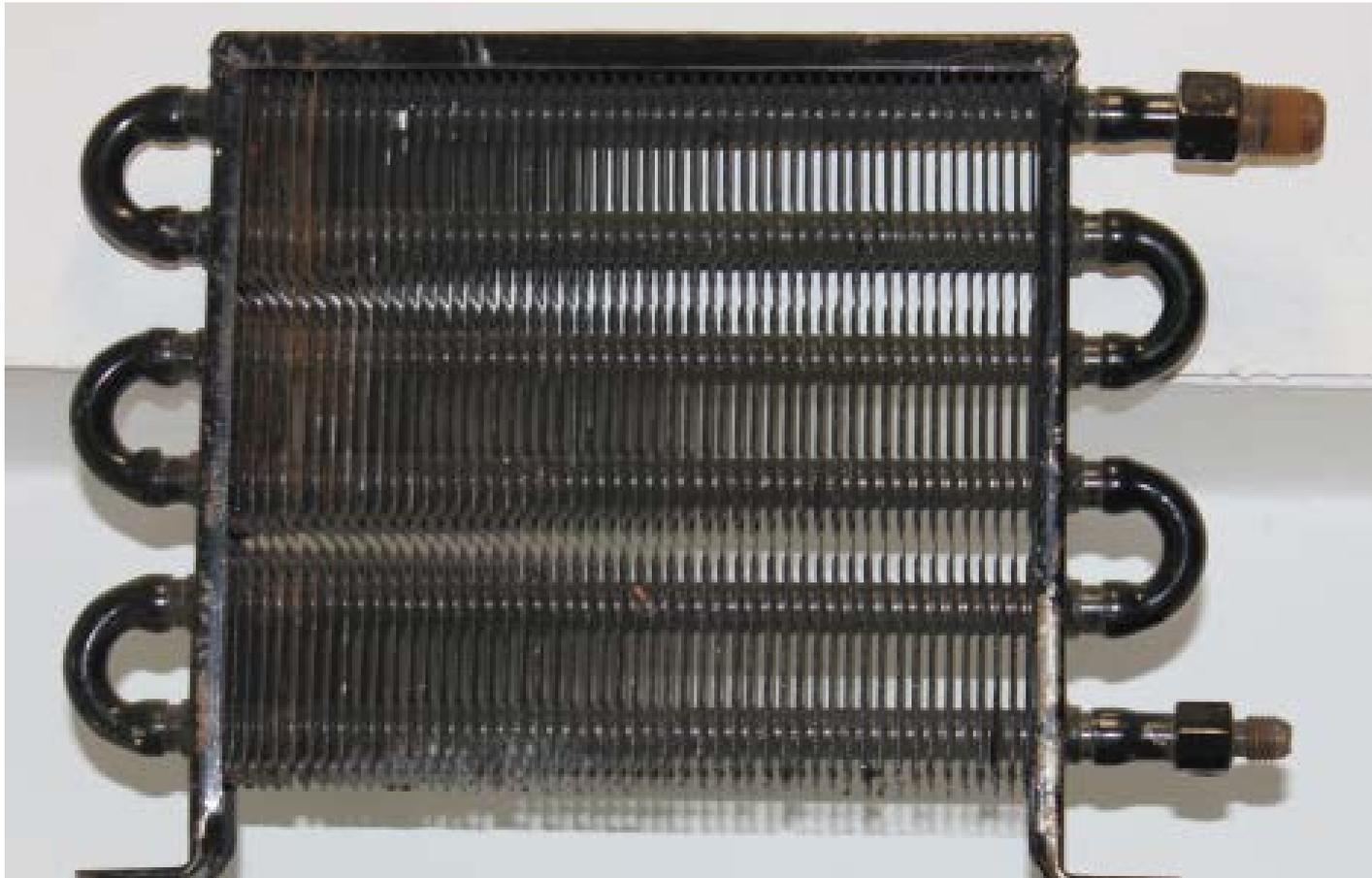
### 4. Ladeluftkühler

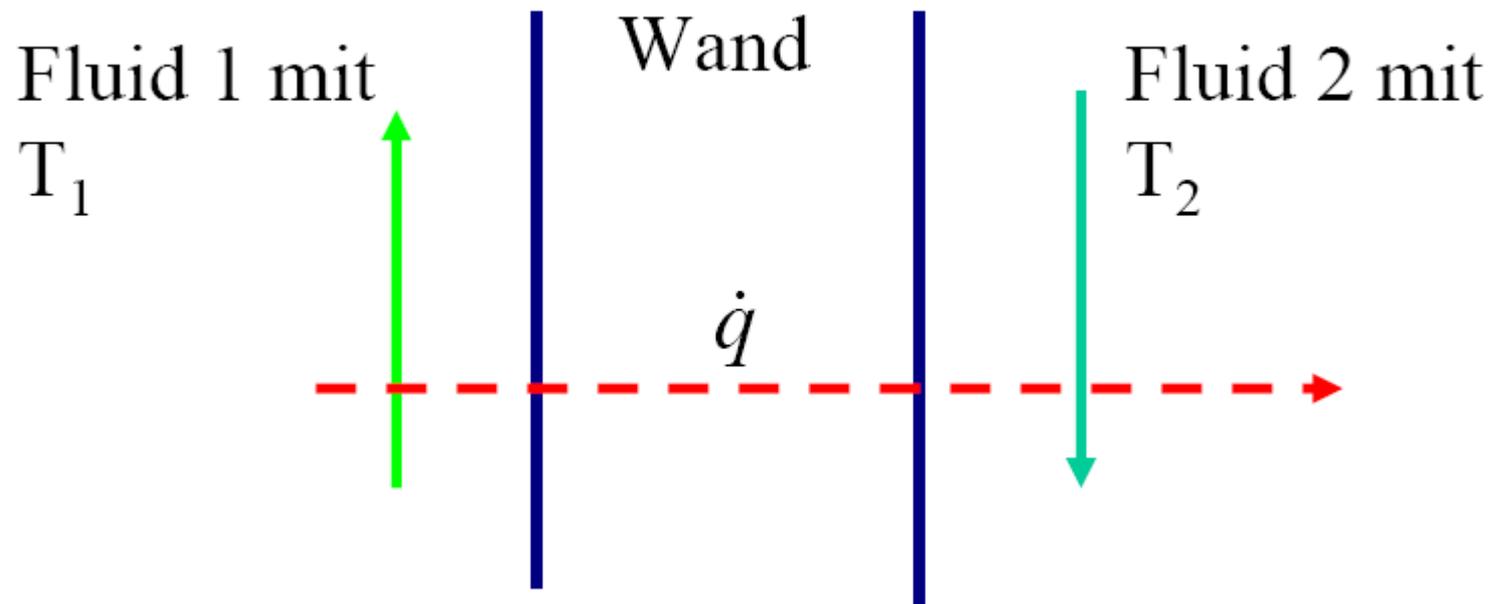


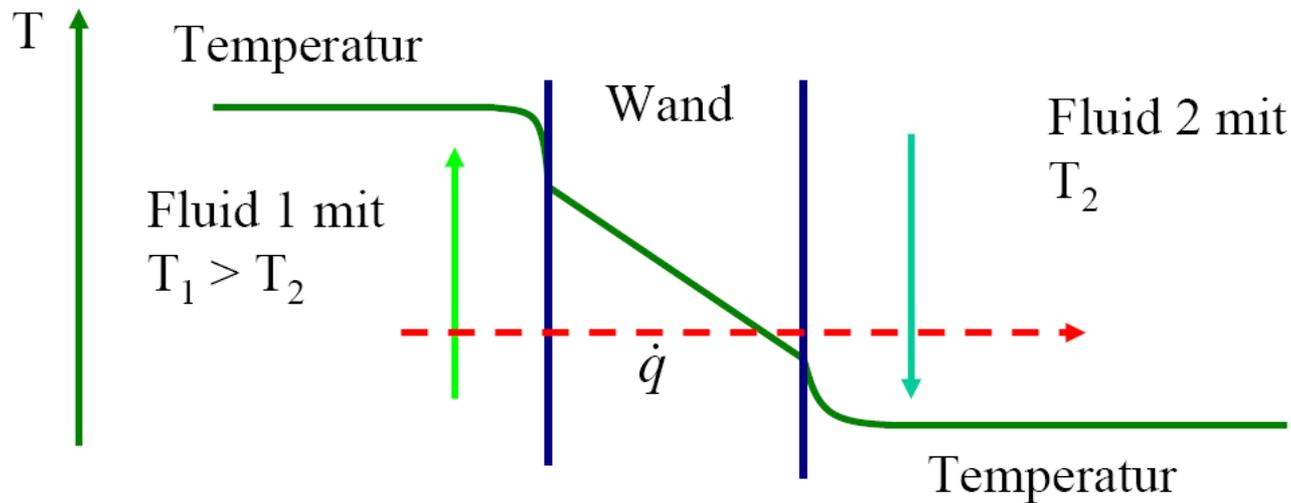
Quelle: [http://www.is-racing.de/images/product\\_images/popup\\_images/142\\_0.jpg](http://www.is-racing.de/images/product_images/popup_images/142_0.jpg)



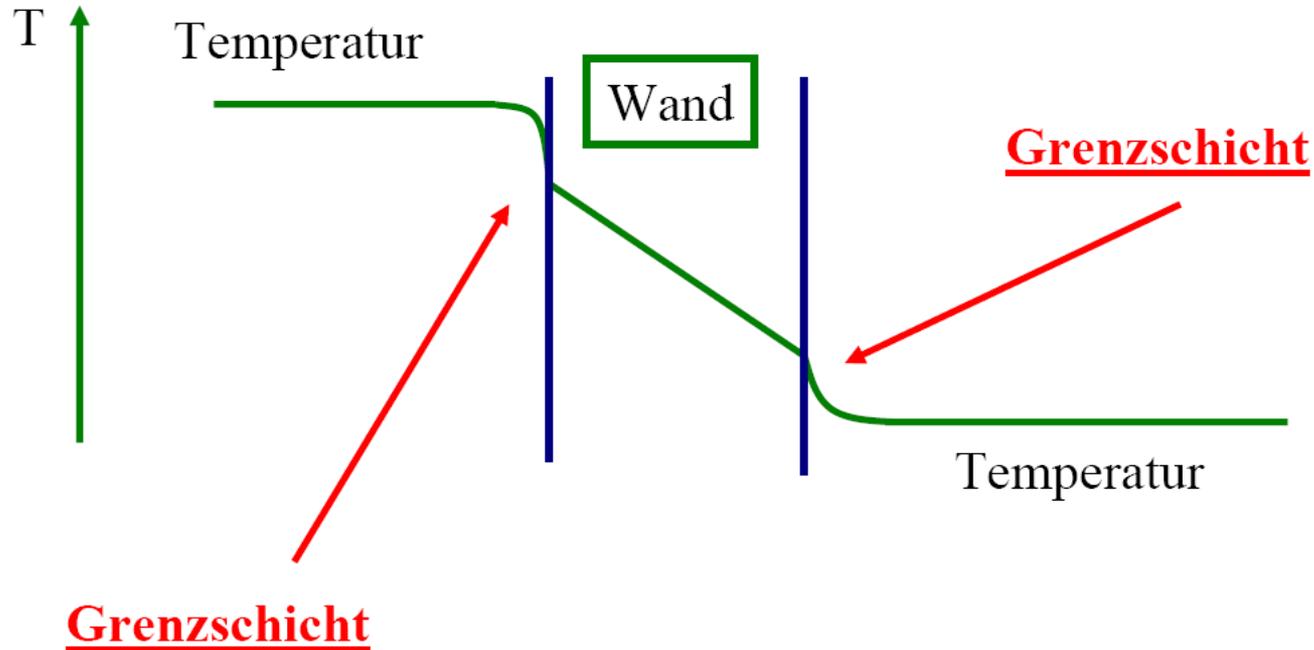
## Der klassische Kondensator einer Klimaanlage Kreuzstromwärmeübertrager mit Rippen







Insbesondere Einfluss auf den Energietransport hat die **Grenzschicht**. Die Abläufe und Zustände sind sehr komplex innerhalb der Grenzschicht.



$$\vartheta_{F1} - \vartheta_{F2} = \underbrace{\left( \frac{1}{\alpha_1 A} + \frac{\delta}{\lambda A} + \frac{1}{\alpha_2 A} \right)}_{R_k} \cdot \dot{Q}$$

$A =$  Wandfläche

$\delta =$  Wanddicke

Wärmedurchgangswiderstand  $R_k$



• In anderer Schreibweise:

$$(\mathcal{G}_{F1} - \mathcal{G}_{F2}) A \underbrace{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}}_{= k} = \dot{Q}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = k$$

**Wärmedurchgangskoeffizient**

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

Für gute Wärmeübertrager soll k groß sein !

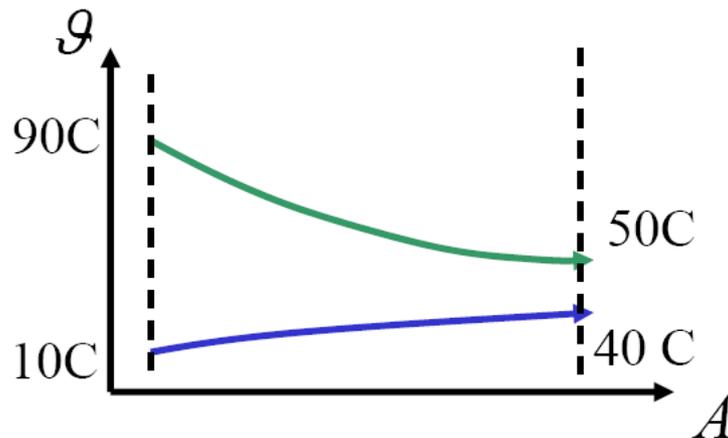
k ist kleiner als das kleinste  $\alpha$  oder  $\lambda$  !



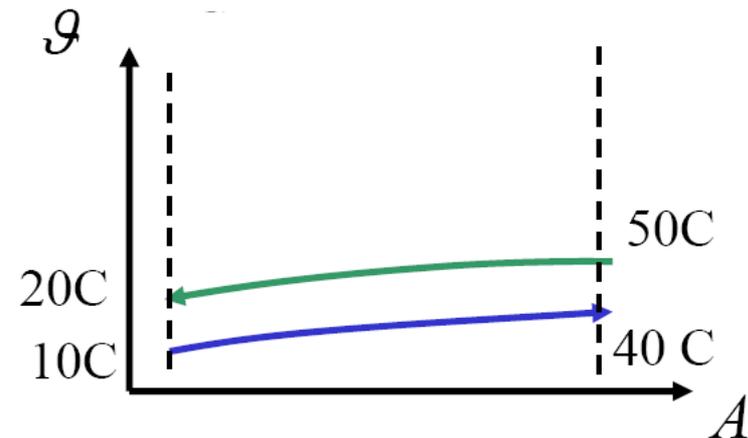
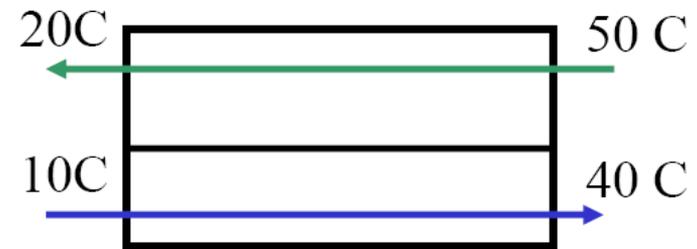
Bei Wärmeübertrager gibt es drei Hauptbauformen:

Gleichstrom

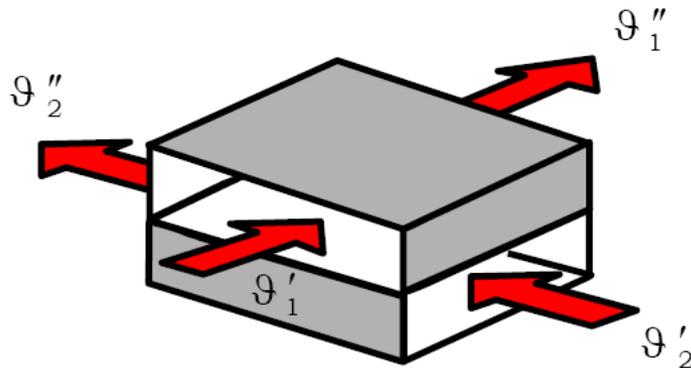
$A$  = Übertragerfläche



Gegenstrom



## Das Temperaturfeld in einem Kreuzstrom-Wärme- Übertrager

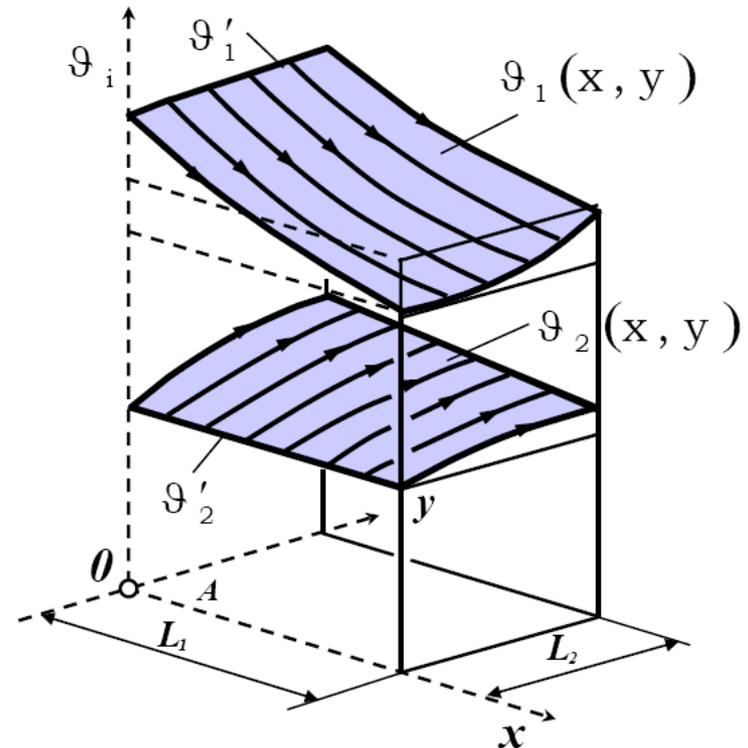


Schema eines Plattenwärmeübertragers  
mit Kreuzstromführung

## Fluidtemperaturen

$$\vartheta_1 = \vartheta_1(x, y) \text{ und } \vartheta_2 = \vartheta_2(x, y)$$

bei Kreuzstrom

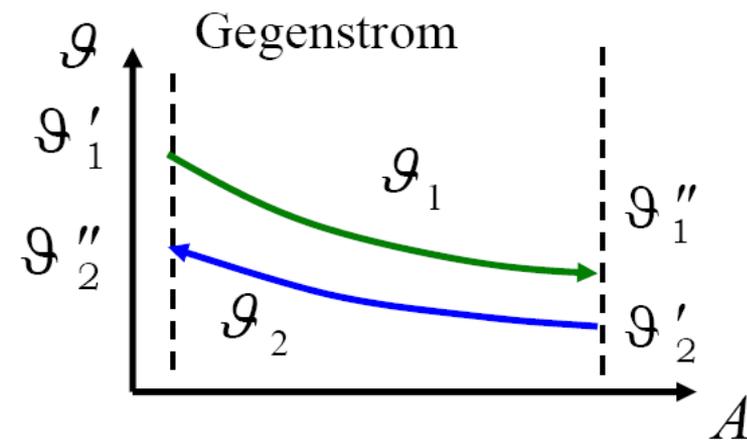
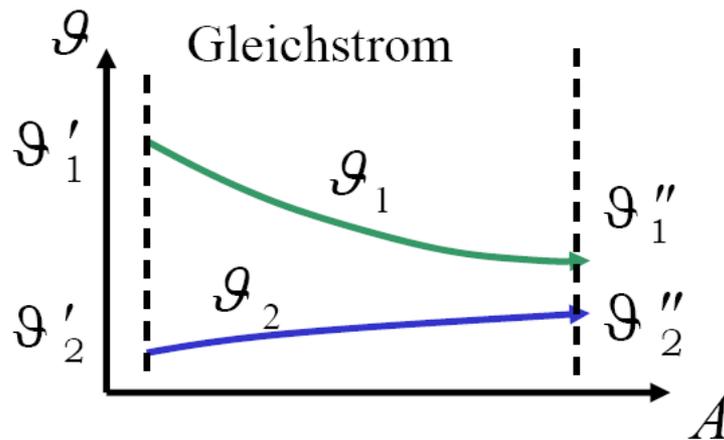


Bei Wärmeübertrager gelten folgenden Vereinbarungen:

Gleichstrom

Gegenstrom

Grädigkeit





Für Wärmeübertrager gelten folgende 3 Gleichungen für  $\dot{Q}$   
der Thermodynamik

$$\dot{Q} = c_{p1} * \dot{m}_1 * (\vartheta_{1''} - \vartheta_{1'}) \quad \text{Medium 1}$$

$$\dot{Q} = c_{p2} * \dot{m}_2 * (\vartheta_{2''} - \vartheta_{2'}) \quad \text{Medium 2}$$

$$\dot{Q} = A * k * \Delta \vartheta_{\log}$$

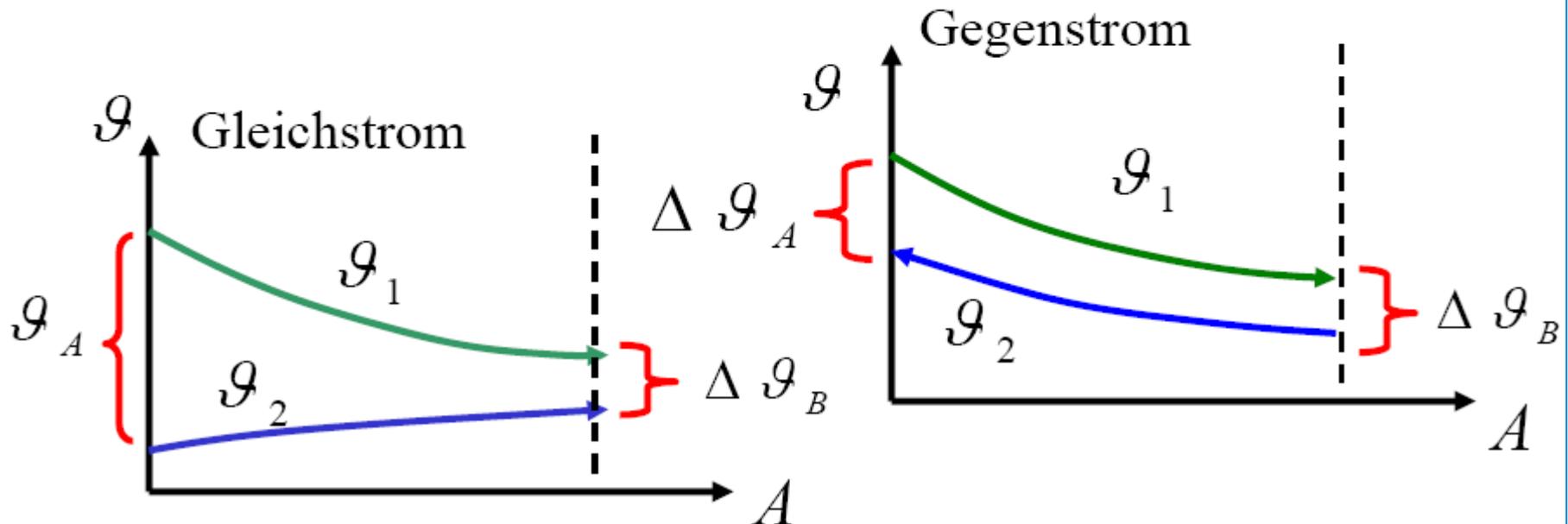
$$\Delta \vartheta_{\log} = \frac{\Delta \vartheta_A - \Delta \vartheta_B}{\ln \left( \frac{\Delta \vartheta_A}{\Delta \vartheta_B} \right)}$$

Gleichstrom  $\vartheta_A = \vartheta_{1'} - \vartheta_{2'}$      $\vartheta_B = \vartheta_{1''} - \vartheta_{2''}$

Gegenstrom  $\vartheta_A = \vartheta_{1'} - \vartheta_{2''}$      $\vartheta_B = \vartheta_{1''} - \vartheta_{2'}$



$$\dot{Q} = kA \frac{\Delta \vartheta_A - \Delta \vartheta_B}{\ln \left( \frac{\Delta \vartheta_A}{\Delta \vartheta_B} \right)} = kA \Delta \vartheta_m$$





## Praktische Hinweise zur Wärmeübertrager-Auslegung

- Grädigkeit Luft-Flüssigkeit sollte 10 Kelvin sein
- Grädigkeit Flüssigkeit-Flüssigkeit sollte 5 Kelvin sein
- Gegenstromwärmeübertrager sind optimal
- Luft-Flüssigkeits-Wärmeübertrager sind meist gerippte Kreuzstromwärmeübertrager (Volumenstrom)
- Gegenstromwärmeübertrager entstehen durch Kopplung von Kreuzstromwärmeübertragern
- Erst verdichten --dann erwärmen!



## Praktische Hinweise zur Wärmeübertrager-Auslegung

- Bei Kondensationsvorgängen ist die Bauform egal
- Bei Siedevorgängen ist die Bauform egal
- Wenn die **Wärmekapazitätsstrom** stark unterschiedlich sind ist die Bauform egal (Luft-Wasser)
- Plattenwärmeübertragern sind meist Gegenströmer für Flüssigkeiten
- Bei Wärmeübertragern für Gase werden häufig Rippen eingesetzt



## Lösungsweg Aufgabe 1

Bestimmung zu übertragende Wärmemenge

$$\dot{Q} = c_{p\text{öl}} * \dot{m}_{\text{öl}} * (\vartheta_{\text{öl}''} - \vartheta_{\text{öl}'}) \quad \text{über die Schmierölseite}$$

Bestimmung Kühlwassermassenstrom über

$$\dot{Q} = c_{p2} * \dot{m}_2 * (\vartheta_{2''} - \vartheta_{2'}) \quad \text{über Wasserseite}$$

Bestimmung log. Temperaturdifferenz

$$\Delta \vartheta_{\log} = \frac{\Delta \vartheta_A - \Delta \vartheta_B}{\ln \left( \frac{\Delta \vartheta_A}{\Delta \vartheta_B} \right)}$$

- Bestimmung der Fläche

$$Q = A * k * \Delta \vartheta_{\log}$$



Die Berechnung der Temperaturen bei bekannten Wärmeübertragern ist nicht so einfach, wie die Bestimmung der notwendigen Fläche bei bekannten Temperaturen

Daher Nutzung von Hilfsgrößen und des **Betriebscharakteristiken Verfahrens**



Für Wärmeübertragerberechnungen werden  
Hilfsgrößen eingeführt:

**Wärmekapazitätsstrom**  $\dot{C} = \dot{m} * c_p$

Dies ist ein Ausdruck für die Energieangebot des  
Stoffstromes an der Grenzschicht des  
Wärmeübertrages

**Betriebscharakteristik**

heiße Seite

kalte Seite

$$\Phi_1 = \frac{\vartheta_1' - \vartheta_1''}{\vartheta_1' - \vartheta_2'}$$

$$\Phi_2 = \frac{\vartheta_2'' - \vartheta_2'}{\vartheta_1' - \vartheta_2'}$$



## Lösungsweg Aufgabe 2

### Bestimmung von

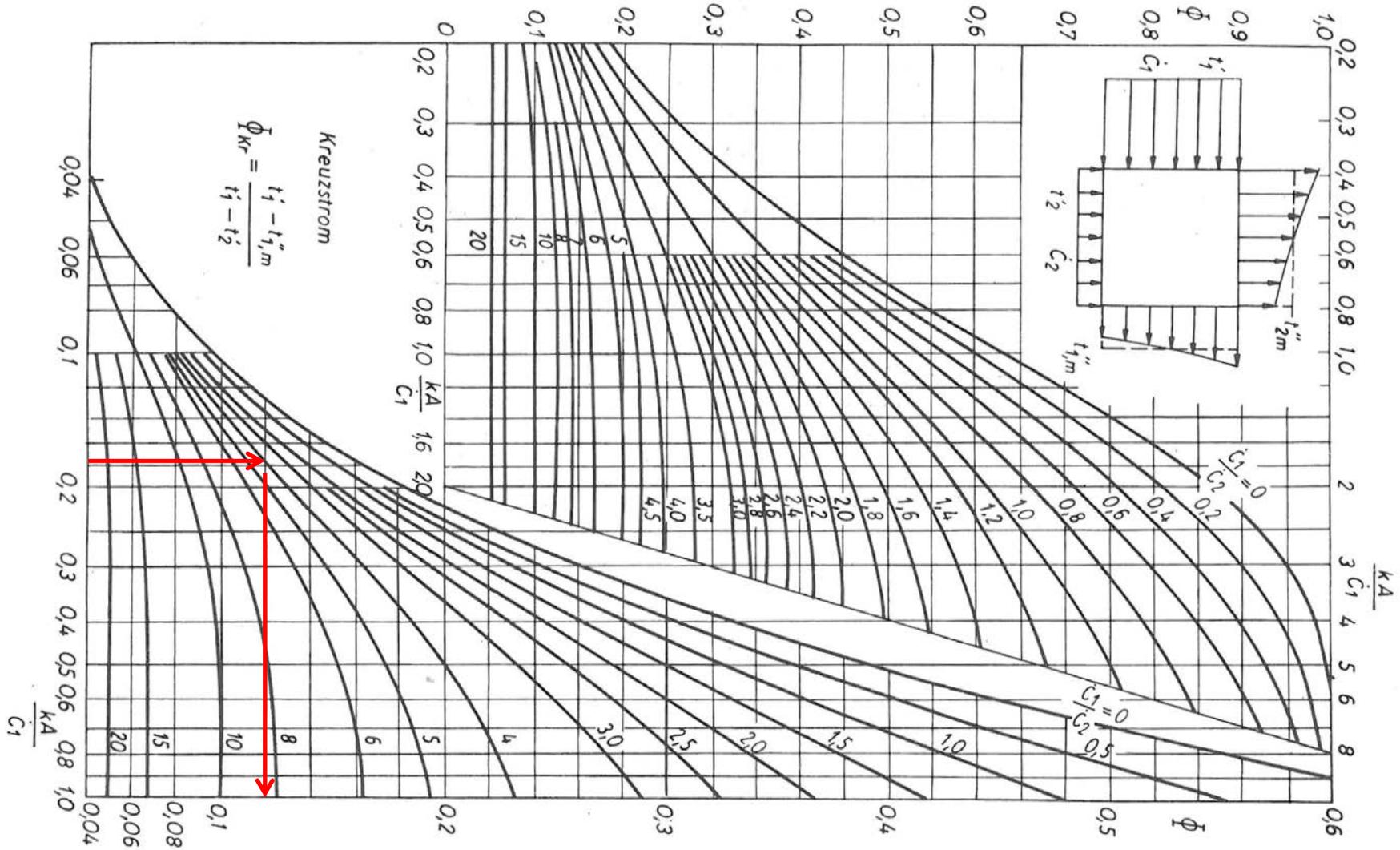
$$\frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2}$$

Bestimmung von

$$N_1 = \frac{kA}{\dot{C}_1} \quad N_2 = \frac{kA}{\dot{C}_2}$$

Benutzung von Diagramm zur Bestimmung von  $\Phi$

Quelle: Norbert Elsner Lehrbuch „Technische Thermodynamik“





## Bestimmung der gesuchten Temperatur

$$\Phi_1 = \frac{\vartheta_1' - \vartheta_1''}{\vartheta_1' - \vartheta_2'}$$

$$\Phi_2 = \frac{\vartheta_2'' - \vartheta_2'}{\vartheta_1' - \vartheta_2'}$$