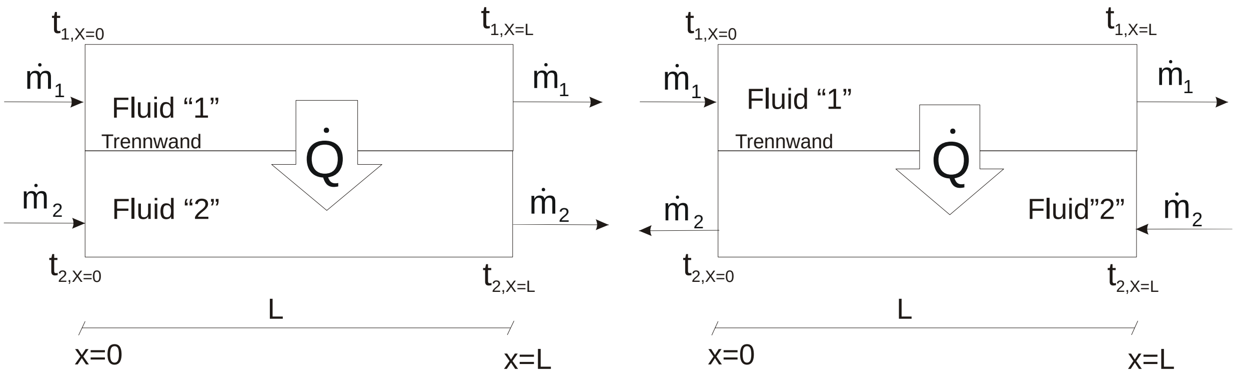
Berechnung der Temperaturverläufe in Wärmeübertragern

Festlegung der Strömungsführung und Zuordnung der gegebenen Randbedingungen (Temperaturen)



1. Bestimmung der Kapazitätsströme $\dot{W}_1$ und $\dot{W}_2$

$\dot{W}_1 = \dot{m}_1 \cdot c_1$ Kapazitätsstrom Fluid 1

$\dot{W}_2 = \dot{m}_2 \cdot c_2$ Kapazitätsstrom Fluid 2

Achtung: Kapazitätsströme sind vorzeichenbehaftet

Überprüfung ob $\dot{W}_1 \neq -\dot{W}_2$ oder $\dot{W}_1 = -\dot{W}_2$ bei Gegenstrom bzw.

$\dot{W}_1 \neq \dot{W}_2$ oder $\dot{W}_1 = \dot{W}_2$ bei Gleichstrom

Bestimmung der Kapazitätsstromverhältnisse Ω_1 und Ω_2

Bemerkung: Beim Gleichströmer sind die Kapazitätsstromverhältnisse positiv

Beim Gegenströmer sind die Kapazitätsstromverhältnisse negativ

$$\Omega_1 = \frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2}$$

$$\Omega_2 = \frac{\dot{W}_2}{\dot{W}_1}$$

Bestimmung der Stantonzahl St_1, St_2 bzw. St (für die tabellierten Lösungen)

$$St_1 = \frac{k \cdot A \cdot x_1}{\dot{W}_1 \cdot L}$$

$$St_2 = \frac{k \cdot A \cdot x_2}{\dot{W}_2 \cdot L}$$

$$St = \frac{k \cdot A}{\dot{W}_1} = St_{1(x=L)}$$

→ daraus Bestimmung der Ausgleichstemperaturen (vgl. nachfolgende Tabellen!)

Auswahl der benötigten Größen nach den Randbedingungen und den Kapazitätsströmen

t_{1R}	t_{2R}	c_{1R}	c_{2R}	x_1	x_2	t_∞
$t_{1,x=0}$	$t_{2,x=0}$	1	1	x	x	$\frac{t_{1R} \cdot \Omega_1 + t_{2R}}{\Omega_1 + 1}$
$t_{1,x=L}$	$t_{2,x=L}$	1	1	$x-L$	$x-L$	$\frac{t_{1R} \cdot \Omega_1 + t_{2R}}{\Omega_2 + 1}$
$t_{1,x=0}$	$t_{2,x=L}$	1	1	x	$x-L$	$\frac{t_{1R} \cdot \Omega_1 + t_{2R} \cdot \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}{\Omega_1 + \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}$
$t_{1,x=L}$	$t_{2,x=0}$	1	1	$x-L$	x	$\frac{t_{2R} \cdot \Omega_2 + t_{1R} \cdot \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}{\Omega_2 + \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}$
$t_{1,x=0}$	$t_{1,x=L}$	1	$-\Omega_1$	x	$x-L$	$\frac{t_{1R} - t_{2R} \cdot \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}{1 - \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}$
$t_{2,x=L}$	$t_{2,x=0}$	$-\Omega_2$	1	$x-L$	x	$\frac{t_{2R} - t_{1R} \cdot \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}{1 - \exp[St \cdot (1+\Omega_1)]}$

Zusammenfassung der Ergebnisse für die Temperaturverläufe bei $\dot{W}_1 \neq -\dot{W}_2$, $\dot{W}_1 \neq \dot{W}_2$

und $\dot{W}_1 = \dot{W}_2$

t_{1R}	t_{2R}	Θ_1	Θ_2
$t_{1,x=0}$	$t_{2,x=0}$	St_1	St_1+1
$t_{1,x=L}$	$t_{2,x=L}$	St_1-St	St_1+1-St
$t_{1,x=0}$	$t_{2,x=L}$	$\frac{St_1}{St+1}$	$\frac{St_1+1}{St+1}$
$t_{1,x=L}$	$t_{2,x=0}$	$\frac{St_1-St}{1-St}$	$\frac{St_1+1-St}{1-St}$
$t_{1,x=0}$	$t_{1,x=L}$	$\frac{St_1}{St}$	$\frac{St_1+1}{St}$
$t_{2,x=L}$	$t_{2,x=0}$	$\frac{-St_1+St+1}{St}$	$\frac{-St_1+St}{St}$

Zusammenfassung der Ergebnisse für die Temperaturverläufe bei $\dot{W}_1 = -\dot{W}_2$.

Bestimmung der dimensionslosen Temperaturen

Fall: $\dot{W}_1 \neq -\dot{W}_2, \dot{W}_1 \neq \dot{W}_2, \dot{W}_1 = \dot{W}_2$

$$\Theta_1 = \frac{t_1 - t_\infty}{t_{1R} - t_\infty}$$

$$\Theta_2 = \frac{t_2 - t_\infty}{t_{2R} - t_\infty}$$

Fall: $\dot{W}_1 = -\dot{W}_2$

$$\Theta_1 = \frac{t_1 - t_{1R}}{t_{2R} - t_{1R}}$$

$$\Theta_2 = \frac{t_2 - t_{1R}}{t_{2R} - t_{1R}}$$

Gleichsetzen mit allgemeiner Lösung

$$\Theta_1 = c_{1R} \cdot exp\left[-\left(1+\Omega_1\right) \cdot St_1\right]$$

$$\Theta_2 = c_{2R} \cdot exp\left[-\left(1+\Omega_2\right) \cdot St_2\right]$$

Berechnung des übertragenen Wärmestromes mit der Logarithmischen Temperaturdifferenz

→ entsprechend der Skizze mit den Eintritts- und Austrittstemperaturen

$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t_m$ mit

$$\Delta t_m = \frac{\left(t_{1,x=L} - t_{2,x=L}\right) - \left(t_{1,x=0} - t_{2,x=0}\right)}{\ln\left(\frac{t_{1,x=L} - t_{2,x=L}}{t_{1,x=0} - t_{2,x=0}}\right)}$$