

Vorrechenübung

Aufgabe 8.1 ●●○ Kondensator eines Kraftwerks

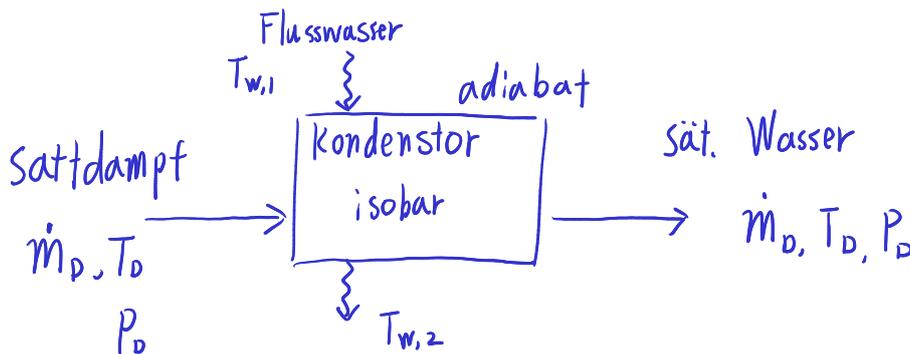
In einem durch Flusswasser gekühlten Kondensator eines Kraftwerks wird ein Sattdampfstrom von $\dot{m}_D = 100 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ bei $T_D = 60^\circ\text{C}$ gerade vollständig kondensiert. Der zum Kühlen verwendete Teil des Flusswassers erwärmt sich dabei von $T_{W,1} = 15^\circ\text{C}$ auf $T_{W,2} = 25^\circ\text{C}$. Der Kondensator ist nach außen adiabatisch.

Annahmen:

→ Kondensator isobar

- Im Kondensator treten keine Druckverluste auf.
 - Änderungen der potenziellen und kinetischen Energien sind zu vernachlässigen.
 - Das Flusswasser ist als ideale Flüssigkeit mit einer konstanten Wärmekapazität von $c_{W,1}^{\text{if}} = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ anzunehmen. *inkompressibel*
- a) Bestimmen Sie die im Kondensator erzeugte Entropie \dot{S}_{erz} mit Hilfe der Gesamtbilanz um den Kondensator.

① Verständnis, wie ist das System aufgebaut? Klassifizierung



- Oftenes Sys.
- 2 Massenfluss
- adiabat
- stationär
- leistet keine Arbeit
(Kein Strom Anschluss, Getriebe, Welle... kein Arbeitsfluss)

Für Fließprozesse in Thermo I, Nur stationäre Fälle relevant $\frac{dE}{dt} = 0$

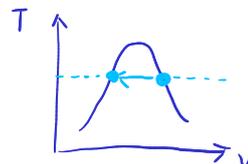
② Info aus Annahme und Aufgabe interpretieren

Sattdampf \Rightarrow ND, gerade gesättigtes Dampf

$T_D, \Rightarrow P_D$ in ND, Druck bekannt durch geg. Temp.

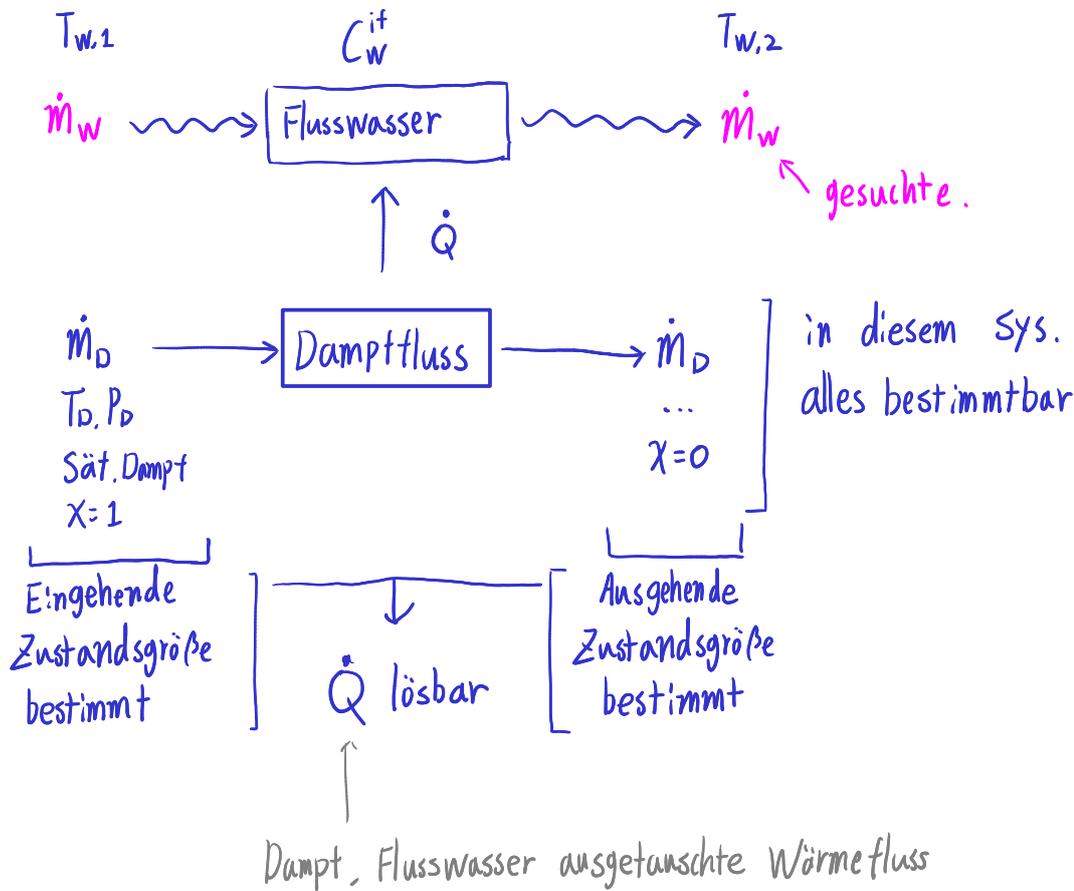
gerade vollständig kondensiert. \Rightarrow Auf der gleichen Isotherm, isobar der ND,

an sät. Fluid Seite.



⑤ Ansatz für \dot{m}_w ?

Bisschen tiefer denken, 2 ungemischte Massenströme \Rightarrow 2 sub sys.



Bilanzgleichungen aufstellen für \dot{Q} , für \dot{m}_w

Energiebilanz

$$0 = \dot{m}_D [h_{D,e} - h_{D,a}] + \dot{Q}_D \quad \dots \text{Dampf}$$

TAB A-2

$$h_{D,e} = 2609,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \dots h_g 60^\circ\text{C}, \text{ Satttdampf}$$

$$h_{D,a} = 251,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \dots h_f 60^\circ\text{C}, \text{ gerade Vollständig Kondensiertes Wasser}$$

$$\dot{m}_D = 100 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q}_D = -235847 \text{ kW}$$

$$0 = \dot{m}_w [h_{w,e} - h_{w,a}] + \dot{Q}_w \quad \dots \text{Flusswasser}$$

⚠ Wärmekapazität für Flusswasser ist als const. geg.

- Das Flusswasser ist als ideale Flüssigkeit mit einer konstanten Wärmekapazität von $c_w^{if} = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ anzunehmen. *inkompressibel*

Mit Hilfe von ideale Flüssigkeit Formeln aus ZF.

$$h^{if}(T_2, p_2) - h^{if}(T_1, p_1) = \int_{T_1}^{T_2} c^{if}(T) dT + v^{if}(p_2 - p_1)$$

$$h_{w,e} - h_{w,a} = c_w^{if} \int_{T_{w,2}}^{T_{w,1}} dT + v^{if}(p_2 - p_1)$$

→ 0, isobar • Im Kondensator treten keine Druckverluste auf.

$$= c_w^{if} [T_{w,1} - T_{w,2}]$$

$$-\dot{Q}_w = \dot{m}_w c_w^{if} [T_{w,1} - T_{w,2}]$$

Wärme zugabe $\Rightarrow \dot{Q}_w > 0$

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{Q}_w}{c_w^{if} [T_{w,2} - T_{w,1}]} = \frac{235847 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} [25 - 15] \text{K}} = 5642.2727 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

ges. $S_{w,e}$ $S_{w,a}$ geg: ideales Fluid c_w^{if} , $T_{w,1}$, $T_{w,2}$

$$0 = \dot{m}_D [S_{D,e} - S_{D,a}] + \dot{m}_w [S_{w,e} - S_{w,a}] + \dot{S}_{erz}$$

$$s^{if}(T_2) - s^{if}(T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c^{if}(T)}{T} dT$$

$$S_{w,e} - S_{w,a} = c_w^{if} \ln\left(\frac{T_{w,1}}{T_{w,2}}\right) = -0.1426 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

TAB A-2

$$S_{D,e} = 7.9096 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \dots 60^\circ\text{C}, \text{ Sattdampf}$$

$$S_{D,a} = 0.8312 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \dots 60^\circ\text{C}, \text{ gerade Vollständig Kondensiertes Wasser}$$

$$\uparrow \Delta \text{ in [K]} : \frac{(15 + 273.15) \text{K}}{(25 + 273.15) \text{K}}$$

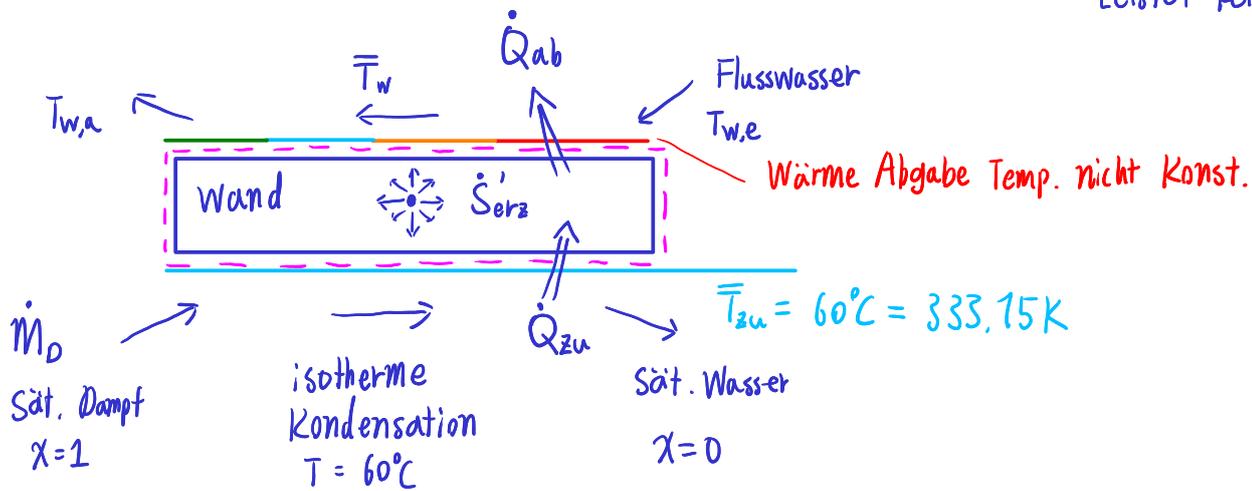
$$\dot{S}_{erz} = 96.7477 \frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{s}} > 0$$

$$\text{ML. } 96.73 \frac{\text{KW}}{\text{K}}$$

- b) Bestimmen Sie durch eine Entropiebilanz um die Wand die aufgrund der Wärmeübertragung entstehende Entropieerzeugung \dot{S}'_{erz} im Kondensator. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem in Aufgabenteil b) bestimmten Wert.

① Verständnis, wie ist das System aufgebaut? Klassifizierung

- Geschlossenes Sys.
- Stationär
- Leistet keine Arbeit



② ges. \bar{T}_w

ZF
$$\bar{T} = \frac{\int_e^a T ds}{s_a - s_e}$$

1 Allgemeine Beziehungen

Allgemeine Beziehungen zwischen Zustandsgrößen

$H = U + pV$ $\Psi = U - TS$ $G = H - TS$ (gelten auch spezifisch)

Totale Differentiale

$dU = Tds - pdV$ $dH = Tds + Vdp$

$dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{\text{rev}}$ (gelten auch spezifisch)

$\frac{dS}{dt} = \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_j} + \dot{S}'_{\text{erz}}$

spezifische Entropie

$ds = \frac{dq}{T} \quad | \cdot T$

$T \cdot ds = dq \quad \Rightarrow \quad \int_e^a T ds = \int_e^a dq = [q]_e^a = q_a - q_e = q_{\text{ea}}$

mathematisch stimmt, aber thermodynamisch schreibt man eigentlich nicht so

$0 = \dot{m}_w [h_{w,e} - h_{w,a}] + \dot{m}_w (q_{w,ea})$

\Downarrow

in ML. $q_{w,ea} = h_{w,a} - h_{w,e} = c_w^{\text{it}} [T_{w,a} - T_{w,e}]$

$$\bar{T}_w = \frac{q_{w,ea}}{s_{w,a} - s_{w,e}}$$

$$\bar{T}_w = \frac{c_w^{\text{it}} [T_{w,a} - T_{w,e}]}{c_w^{\text{it}} \ln\left(\frac{T_{w,a}}{T_{w,e}}\right)} = \frac{T_{w,a} - T_{w,e}}{\ln\left(\frac{T_{w,a}}{T_{w,e}}\right)}$$

Trick

Falls Vorzeichen unklar ist dann nimm alle Werte in Betrag, weil \bar{T} mit Einheit [K] muss positiv sein,

$$\dot{Q}_w = \dot{m}_w q_{w,ea}$$

$$q_{w,ea} = \frac{\dot{Q}_w}{\dot{m}_w}$$

\dot{Q}_w, \dot{m}_w
schon berechnet

$$\bar{T}_w = \frac{|q_{w,ea}|}{|s_{wa} - s_{we}|} = \frac{41,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,1426 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 293,1276 \text{ K}$$

③ Energie und Entropiebilanz für Wand

$$\underbrace{\frac{dE}{dt}}_{\downarrow 0, \text{ stationär}} = \dot{Q}_{zu} - \dot{Q}_{ab} \Rightarrow \dot{Q}_{zu} = \dot{Q}_{ab} = 235847 \text{ kW}$$

Hier habe ich \dot{Q} als Betrag genommen,

deswegen sind die Vorzeichen in Bilanzgleichung implantiert,

entspricht: $\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{zu} - \dot{Q}_{ab}$ mit $\dot{Q}_{zu}, \dot{Q}_{ab} > 0$

$$\text{Statt } \frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{zu} + \dot{Q}_{ab}$$

\downarrow positiv \downarrow negativ

Manchmal ist es schneller so zu schreiben und so zu denken.

Wenn es für Euch klar ist, könnt Ihr auch so "Free-style" machen, aber es muss klar sein, und das Ergebnis muss richtig sein!

$$\underbrace{\frac{dS}{dt}}_{\downarrow 0, \text{ stationär}} = \frac{\dot{Q}_{zu}}{\bar{T}_0} - \frac{\dot{Q}_{ab}}{\bar{T}_w} + \dot{S}'_{erz} \Rightarrow \dot{S}'_{erz} = \dot{Q} \left(\frac{1}{\bar{T}_w} - \frac{1}{\bar{T}_0} \right) = 96,733 \frac{\text{KW}}{\text{K}} \checkmark$$
$$= 235847 \text{ kW} \cdot \left(\frac{1}{293,12 \text{ K}} - \frac{1}{333,15 \text{ K}} \right)$$