

Aus dem Gedächtnis nach der Klausur aufgeschrieben (die genauen Zahlen und Formulierungen können abweichen)

Update: Falsche Antworten sind in rot korrigiert.

Ein Biogasfermenter wird konstant auf  $t_F = 35^\circ\text{C}$  gehalten. Es besteht ein Wärmeverluststrom von  $\dot{Q}_v = 20\text{ kW}$ . Um die Wärmeverluste auszugleichen, wird in einem Wärmeübertrager Wasser von  $80^\circ\text{C}$  auf  $40^\circ\text{C}$  abgekühlt.

Berechnen Sie die beiden Exergieverluste ( $t$ )

Steigt der Gesamtexergieverlust, wenn die Temperatur in dem Fermenter auf  $45^\circ\text{C}$  erhöht wird? Begründen Sie.

$$T_F = \text{const.} = T_{Fm} = 308\text{ K} \quad T_F = \frac{T_{Fm} - T_U}{T_{Fm}} = 0,081$$

$$T_{m,wü} = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right)} = \frac{(353 - 313)\text{ K}}{\ln\left(\frac{353}{313}\right)} = 333\text{ K} \quad T_{wü} = \frac{T_{m,wü} - T_U}{T_{m,wü}} = 0,15$$

$$\dot{E}_{v,F} = T_F \cdot \dot{Q}_v = \underline{1,62\text{ kW}} \quad \dot{E}_{v,wü} = T_{wü} \cdot \dot{Q}_v = \underline{3\text{ kW}}$$

$$T_{F,45^\circ\text{C}} = \frac{318\text{ K} - 283\text{ K}}{318\text{ K}} = 0,11 > T_{F,35^\circ\text{C}} \Rightarrow \text{Exergieverlust steigt, da Exergie des Systems steigt (mit denselben Wärmeverlusten)}$$

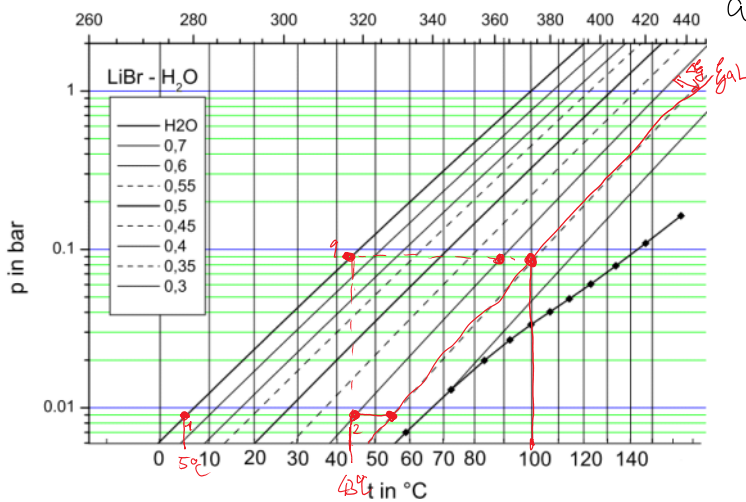
X Der Exergieverlust bleibt konstant.  
( $T_F$  &  $\dot{E}_{v,F}$  (Fermenter) berechnen  $\rightarrow \Delta \dot{E}_{v,F}$  &  $\Delta \dot{E}_{v,wü}$  gleichen sich aus.)

In einer Absorptionskältemaschine (Li-Br -  $\text{H}_2\text{O}$ ) wird ein Kühlraum von  $15^\circ\text{C}$  auf  $8^\circ\text{C}$  abgekühlt. Als Heizmedium steht kondensierender Dampf mit  $103^\circ\text{C}$  zur Verfügung. Der Anteil Wasser in der Lösung soll mindestens 35 Ma% betragen. In jedem WÜ ist eine minimale Temperaturdifferenz von 3 K zu berücksichtigen.

a) Welche Temperatur muss das Kühlwasser haben, wenn  $\Delta$  5% betragen soll?

b) Ermitteln Sie den Lösungsumlauf.

c) Wie hoch ist die Absorberwärme pro kg Dampf, wenn 180 kJ/kg,  $h$  135 kJ/kg und  $h$  2572 kJ/kg?



a)  $t_1 = 8^\circ\text{C} - 3\text{ K} = 5^\circ\text{C}$   
 $t_2 = 103^\circ\text{C} - 3\text{ K} = 100^\circ\text{C}$   
 $\rightarrow$  Diagramm:  $t_{q/2} = 43^\circ\text{C}$   
 $\Rightarrow t_{KW} = 40^\circ\text{C}$

b) Li-Br  $\rightarrow g_D = 1$

$$\Rightarrow f = \frac{1 - g_{AL}}{\Delta g} = \underline{13}$$

c)  $\begin{matrix} h_{AL} \nearrow \\ \boxed{\text{ABS}} \\ h_D \searrow \\ g_{ABS} \end{matrix}$   $h_{AL} \sim g_{ABS} + h_{RL} = h_{AL} + h_D$  X  
 $g_{ABS} = h_{AL} + h_D - h_{RL} = \underline{2617\text{ kJ/kg}}$  X  
 $g_{ABS} = (f-1)h_{AL} + h_D - f \cdot h_{RL}$

Ermitteln Sie die Grenzwerte für  $\eta$  und  $\eta$  bei der Brennwertnutzung (ggf. mit Bezug auf den Wasser- bzw. Wasserstoffanteil im Brennstoff).

BWN = Nutzung der Kondensationsenthalpie im Abgas

$h_i$ : Wasser im Abgas vollst. flüssig (keine Kondensationsenthalpie)

$h_s$ : Wasser im Abgas vollst. gasförmig  $\rightarrow$  Kondensationsenthalpie

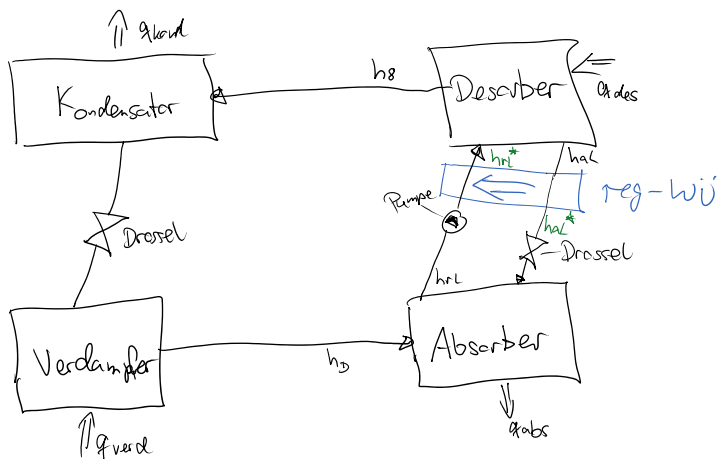
$$\eta_k = 1 - \frac{m_{g, \text{cres}} (T_g - T_0)}{h_{i,s}} + \underbrace{\frac{m_{g, \text{cres}} \Delta X \cdot \Delta h}{h_{i,s}}}_{\text{BWN}}$$

- Wird die Nutzwärme auf den Heizwert bezogen, kann  $\eta_{Hi}$  Werte  $< 1$  annehmen.
- Wird sie auf den Brennwert bezogen, ist  $\eta_{Hs}$  immer  $\leq 1$  (in der Praxis  $< 1$ ).
- $\eta_k \sim \Delta X \rightarrow$  steigt der Wasser/Wasserstoffgehalt im Brennstoff, steigt auch die Abgasfeuchte, also steigt der Wirkungsgrad.

Nennen Sie 3 Unterschiede der KWK mit BHKW (Gas-Motor) und mit Dampf-Kreisprozess. Beziehen Sie sich dabei auf den Brennstoff, den Leistungsbereich und auf die Wärmebereitstellung.

	BHKW	Dampf-Kreisprozess
Brennstoff	Pellets	Kohle
Leistungsbereich	geringerer Bereich (5...2000 kWd)	hoher Bereich (MW)
Wärmebereitstellung	oft stromgeführt	meist wärmegeführt

Zeichnen Sie das Grundschaubild einer Absorptionswärmepumpe und bezeichnen Sie die einzelnen Komponenten. Lohnt sich der Einsatz eines Lösungs-regenerativen Wärmeübertragers, obwohl die Nutzwärme abnimmt? Begründen Sie anhand einer Gleichung.



$h_{4^*} < h_{4L}$   
 $h_{1^*} > h_{1L}$   
 (da reg-WÜ Wärme von dL zu vL überträgt)

ohne reg-WÜ

Abs:  $q_{abs} + h_{1L} = h_3 + h_{4L}$

Des:  $q_{des} + h_{1L} = h_8 + h_{4L}$

mit reg-WÜ

Abs:  $q_{abs} + h_{1^*} = h_3 + h_{4^*}$

Des:  $q_{des} + h_{1^*} = h_8 + h_{4L}$

Weil  $h_{1^*} > h_{1L}$ , fällt  $q_{des}$  mit reg-WÜ im Vergleich zu ohne.  $\Rightarrow$  geringeren Energieaufwand  $\Rightarrow$  der reg.-WÜ lohnt sich energetisch gesehen! (finanziell ist eine andere Frage)