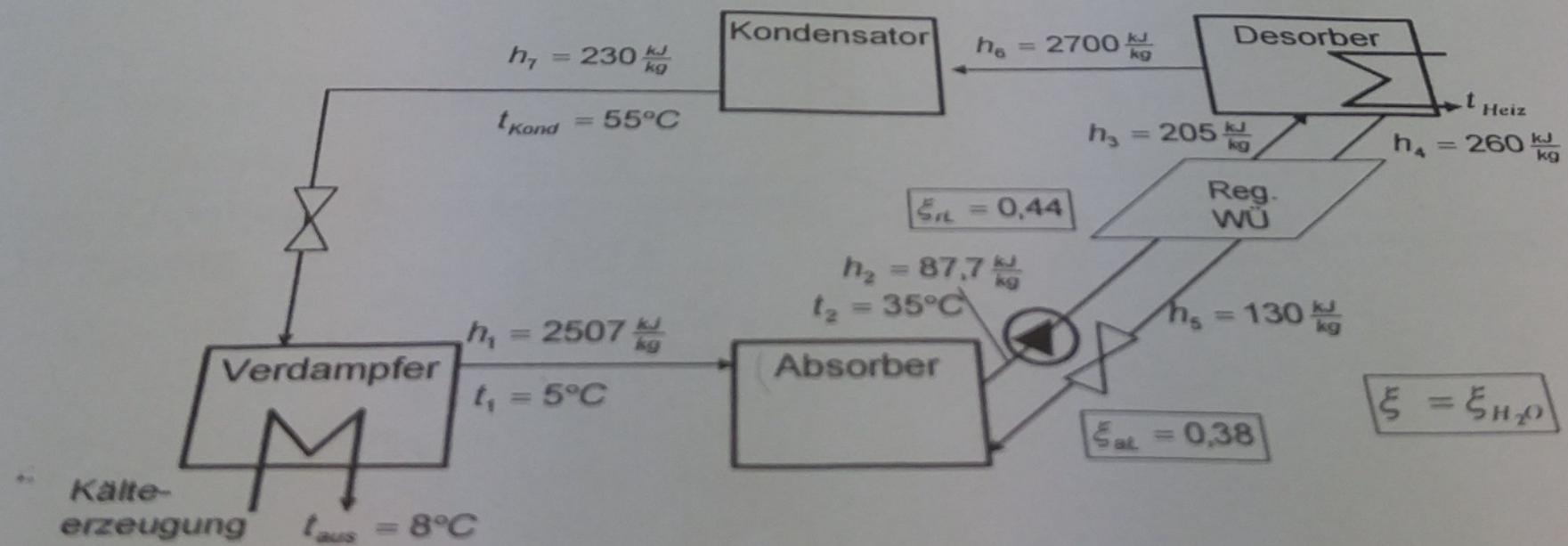


- 1.** Ist der Einsatz einer Brennwertnutzung nach einem Heizkessel der mit Koks betrieben wird (Temperatur im Brennraum ca.  $t_{BK} = 1200^\circ\text{C}$ ) oder einem Holzheizkessel ( $t_{BK} = 800^\circ\text{C}$ ) sinnvoller?  
(Die Abgastemperatur nach der Brennwertnutzung soll für beide Kessel als gleich angenommen werden.)  
**Begründen Sie Ihre Antwort!**
- 2.** Einem Blockheizkraftwerk wird ein Brennstoffenergie von  $H_B = 500 \text{ kW}$  zugeführt. Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW ist  $\eta_{el} = 0,35$ , die Stromkennziffer  $\sigma = 1$ . Die Heizwärme wird bei einer Mitteltemperatur von  $t_m = 75^\circ\text{C}$  genutzt. Das Abgas wird ungenutzt an die Umgebung abgegeben.  
 a) Berechnen Sie den Abgasenthalpiestrom  $H_G$ , und den Exergiestrom der Nutzwärme.  
 b) Berechnen Sie den Exergieverluststrom  $\Delta \dot{E}_V$  (Abgas+andere Verluste) des BHKW. ( $t_U = 27^\circ\text{C}$ )
- 3.** **4P** a) Skizzieren Sie das Schaltbild einer Entnahmekondensationsmaschine, nummerieren Sie die Zustandspunkte und geben Sie die Gleichung für die Berechnung des Nutzwärmestroms an.  
 b) Nennen Sie drei wesentliche Unterschiede zwischen der Nutzer der Kraft-Wärme-Kopplung mit einem BHKW (Gas-Motor) und mit einem Dampf-Kraft-Prozess. Berücksichtigen Sie Brennstoff, Flexibilität und Temperatur der Wärmebereitstellung.
- 4.** **8P** a) Berechnen Sie die Kältezahl der dargestellten  $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$ -Absorptionskältemaschine.  
 b) Skizzieren Sie den Prozess unter der Beachtung des Verhältnisses zwischen Absorber- und Kondensatortemperatur in einem  $\lg p, 1/T$  - Diagramm.



19.07.17

Aufgabe 1)

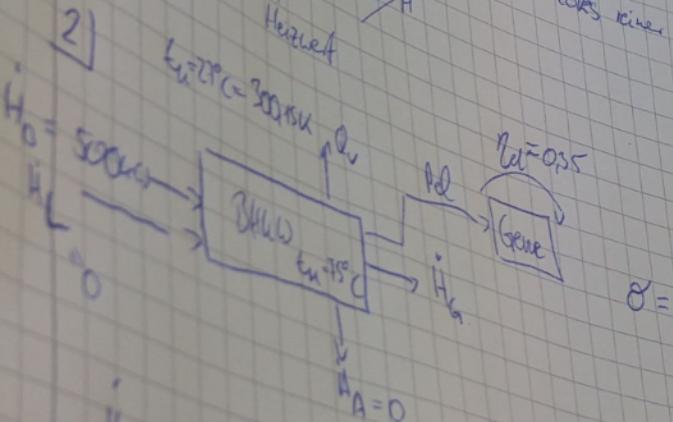
Heizkessel als auch Holzheizkessel sind sowohl Brennstoffverarbeitung als auch Holzverarbeitung irrelevant. Da dass der GvV die Brennstoff Kohlestaft besitzt, kann Koks nicht für Einsatz brennstoff verarbeitung eingesetzt werden.

Die Brennstoffverarbeitung wird die Verdensationsenthalpie des Wassers aus reinem Wasserstoff aus dem Brennstoff für die Wärmenutzung zusätzlich gewonnen.

Für die BWN wird die Rauchgas auch Wasserstofffrei. Ist keine Feuchtigkeit oder H<sub>2</sub> Wasserstoffanteile im Rauchgas enthalten, ist das Rauchgas auch Wasserstofffrei.

So auch beim Koks.

$$H_{s(t)} = \frac{H_{i(t)}}{1 - \text{Brennstoff}} + 22 \cdot H^{\ddagger} \quad \rightarrow 0, \text{ da Koks kein Kohlenstoff ist.}$$



$$H_B = 500 \text{ kW}$$

$$\beta = \frac{P_{el}}{Q_{heat}} = \frac{P_{el} \cdot H_B}{Q_{heat}}$$

$H_A$  und  $H_C$  werden als 0 angenommen.

$$\begin{aligned} \Delta E_{V_G} &= \dot{V} \cdot \eta_{V_G} \\ &= (\dot{V}_{\text{max}} - \dot{V}_{\text{min}}) \cdot \eta_{V_G} \\ &= (Q_{64}) \cdot 175 \text{ kW} \\ &= 112 \text{ kW} \end{aligned}$$

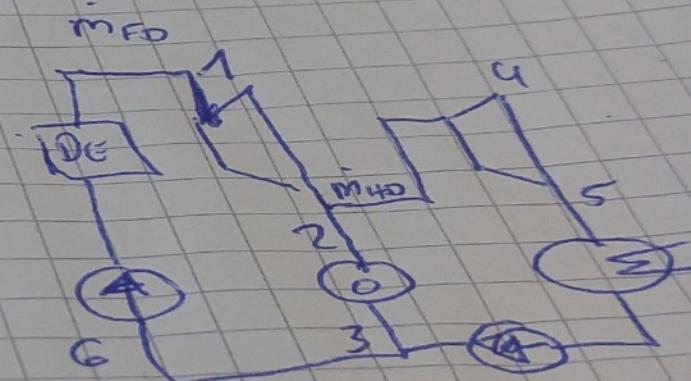
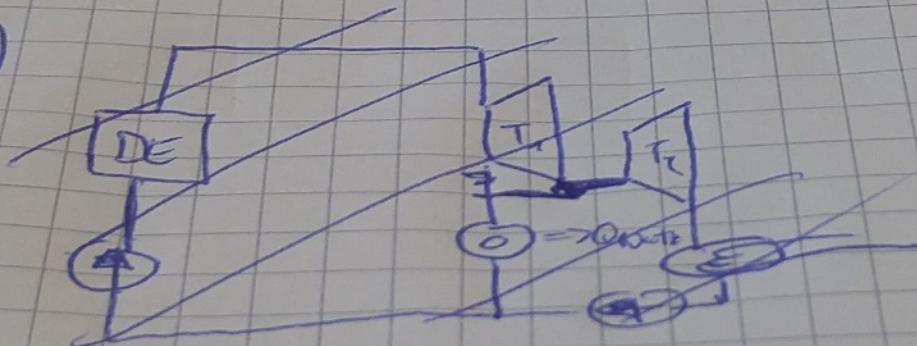
Aerodynamische Verluste - statisch  
startend

$$\Delta E_{V_H} = (1 - \zeta) \cdot \dot{V}_G = \dot{V}_{\text{max}} (1 - 0,64) \cdot 150 \text{ kW} = 54 \text{ kW}$$

$$\Delta E_{V,\text{Heiz}} = (1 - \zeta) \cdot Q_{\text{Heiz}} = (1 - 0,64) \cdot 175 \text{ kW} = \underline{\underline{63 \text{ kW}}}$$

$$\Delta E_{V,\text{ges}} = 63 \text{ kW} + 54 \text{ kW} = \underline{\underline{117 \text{ kW}}}$$

3|a)



$$Q_N = \dot{m}_{HD} \cdot (h_2 - h_3)$$

$$Q_{\text{KOND}} = \dot{m}_{ND} (h_5 - h_3)$$

11.07.12

RWT  
Sem  
1 PZ

35]

Brennstoff

Flexibilität

der Temperatur  
Wärmebereit-  
stellung

BHKW

Diesel, Benzin, Gas  
NukleRo, Biogas

Muß kann an last  
anpassen werden.  
Kunststoff unterschieden

< 100°C

Dampfkraftprozess

Gas, Öl, NukleRo → Dampf

- erreichen von hohen Drücken & Temperaturen  
- hoher Energieaufwand → hohe Kosten  
- benötigt Zeit

Satt dampf bereich

→ 100°C

$E_{AKH} = \frac{Q_{DES}}{m_0}$

DESORBER

$$Q_{DES} + m_0 \cdot h_3 = h_4 \cdot m_0 + m_0 \cdot h_0$$

$$Q_{DES} + \frac{m_0}{m_0} h_3 = h_4 \cdot \frac{m_0}{m_0} + h_0$$

$$Q_{DES} = h_0 + h_4 \left( \frac{m_0}{m_0} \right) - \frac{m_0}{m_0} \cdot h_3$$

$$= h_0 + h_4 (f-1) - f \cdot h_3$$

$$f = \frac{1 - g_{AK}}{g_{DS}} = \frac{1 - g_{AK}}{\Delta q} = \frac{1 - 0,38}{0,44 - 0,38} = 10,33$$

$$Q_{DES} = 2200 \frac{kg}{kg} + 260 \frac{kg}{kg} \cdot 9,33 - 10,33 \cdot 205 \frac{W/kg}$$

$$= 3064,13 \frac{W}{kg}$$

$$\Delta f = Q_{AK} - 0,38 - 0,06 = 7,6\%$$

Verdampfer

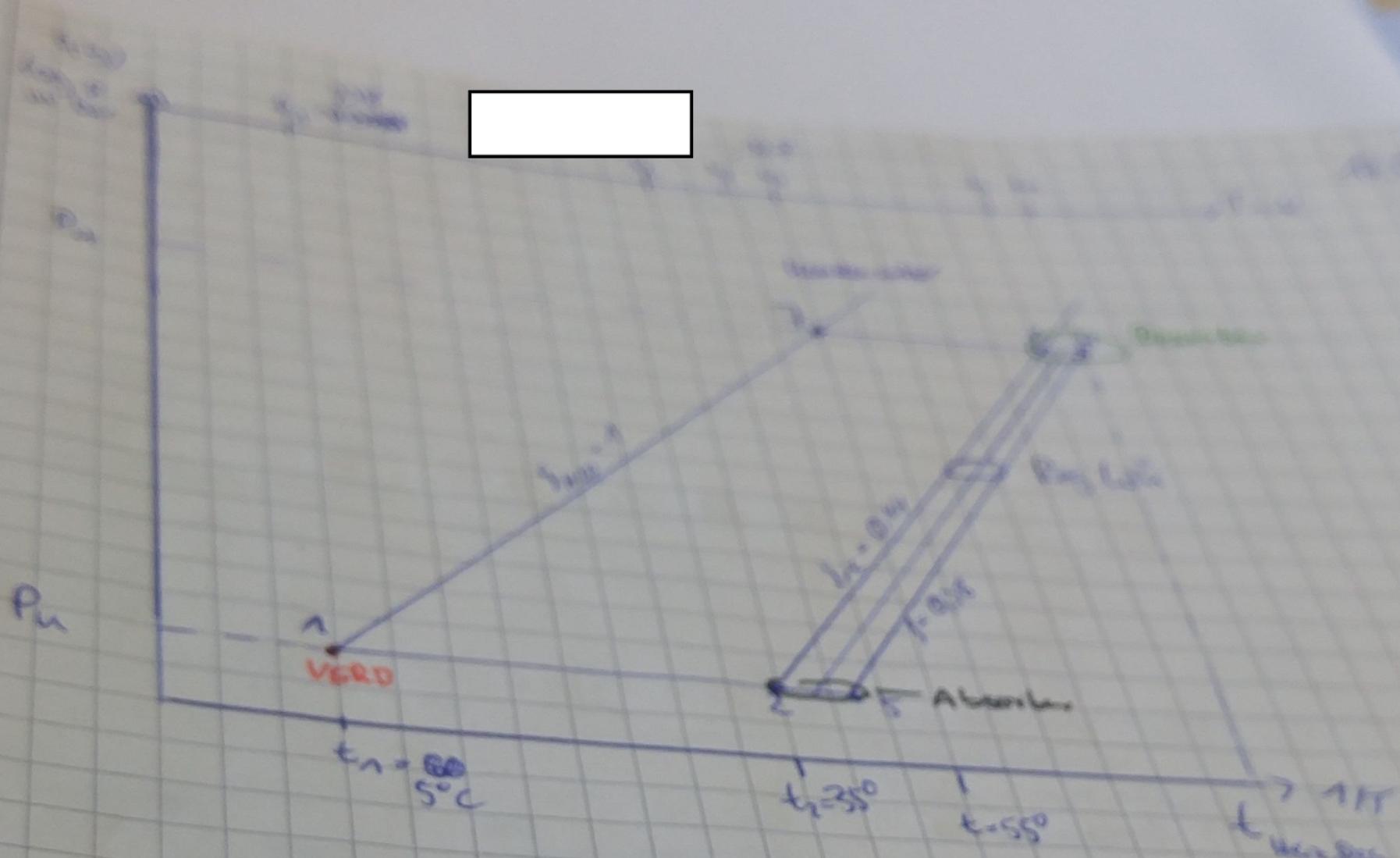
$$Q_{VERD} + m_0 \cdot h_f = m_0 \cdot h_1$$

$$Q_{VERD} + h_f = h_1$$

$$Q_{VERD} = h_1 - h_f$$

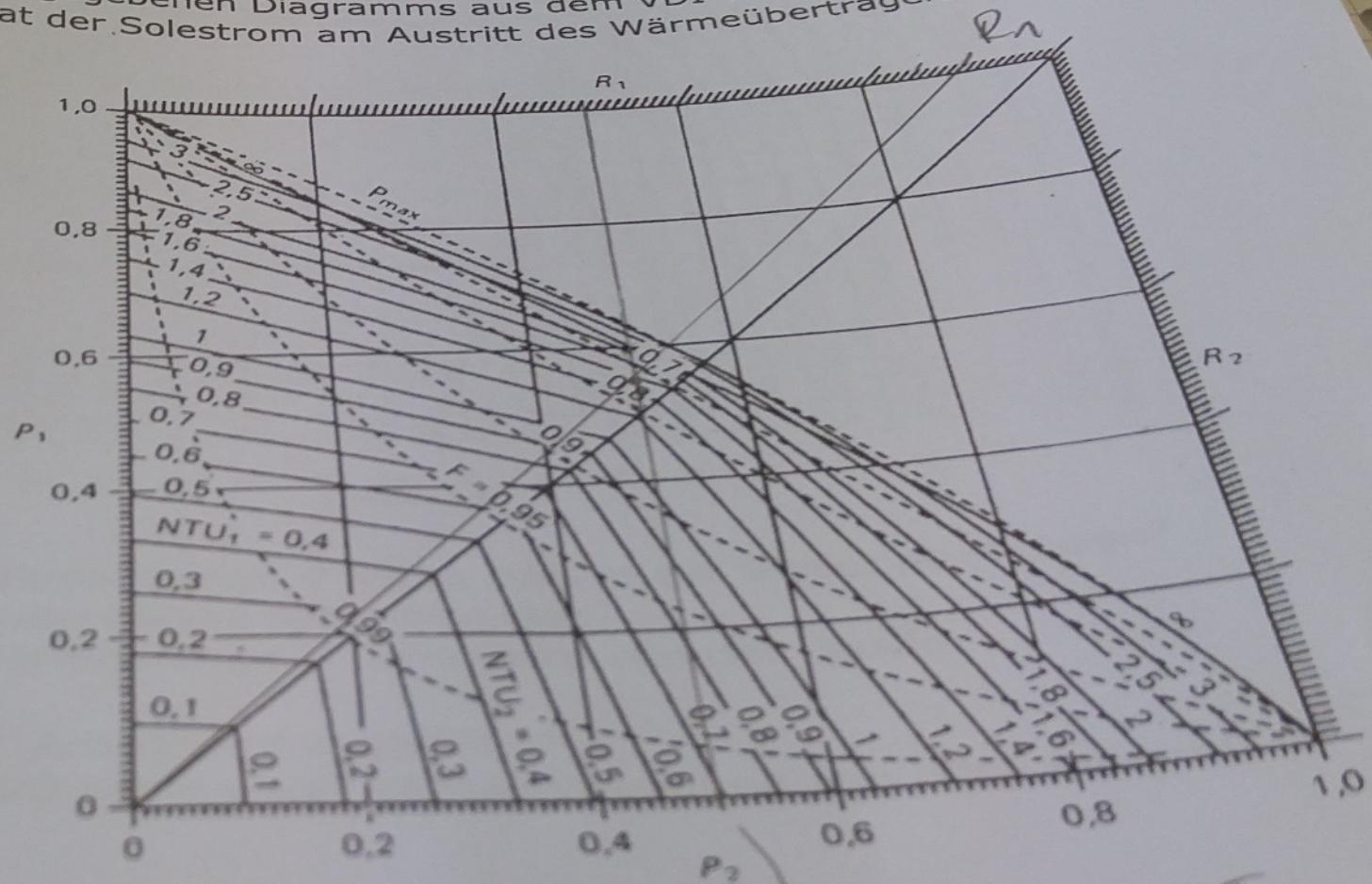
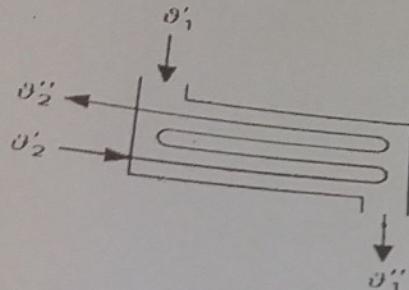
$$= 7507,19$$

1 kg/m³  
1 - h\_f



1. (16 P) Sole einer Kollektoranlage (Medium 1,  $c_{p1} = 3600 \text{ J/(kg K)}$ ) von  $75^\circ\text{C}$  soll in einem Rohrbündel-Wärmeübertrager Kaltwasser (Medium 2,  $c_{p2} = 4200 \text{ J/(kg K)}$ ) von  $15^\circ\text{C}$  auf  $45^\circ\text{C}$  erhitzt werden. Der Massenstrom im Kollektorkreis beträgt  $200 \text{ kg/h}$ . Der Hersteller des Wärmeübertragers gibt dessen sp. Leistung mit  $kA = 310 \text{ W/K}$  an.

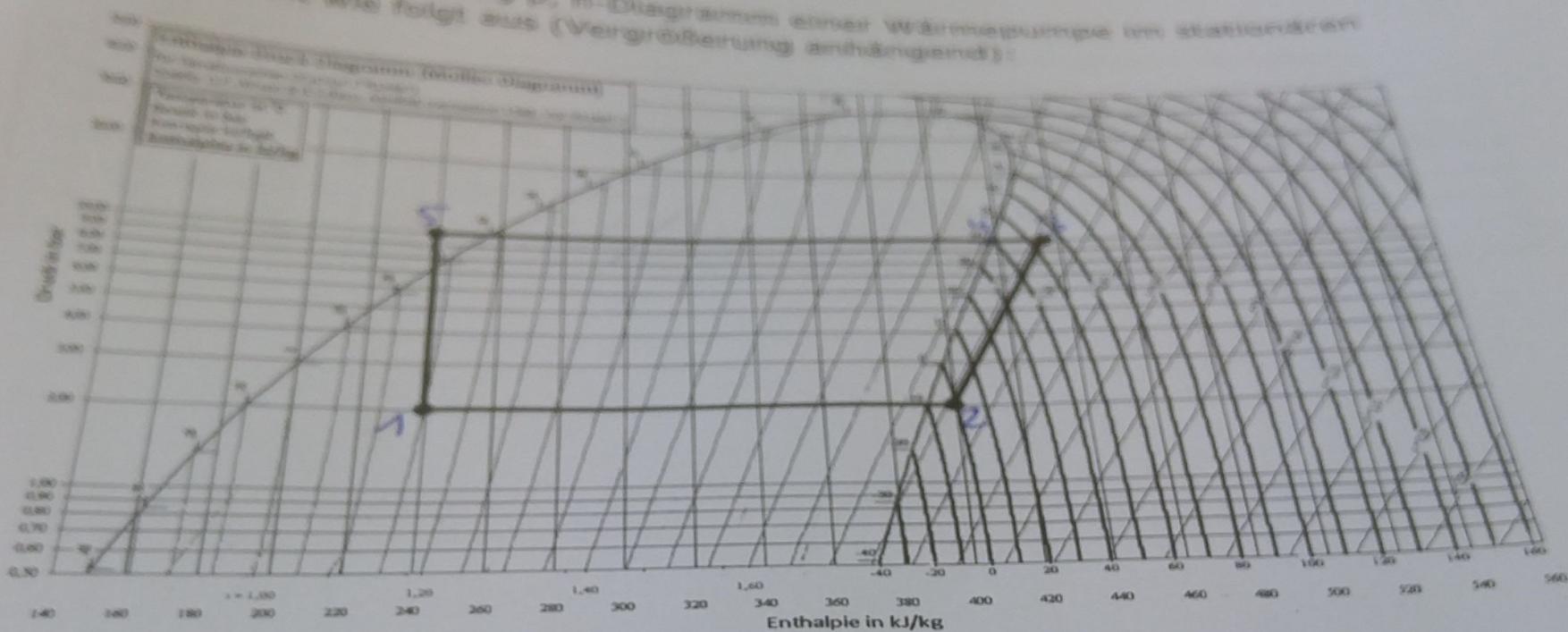
- Bestimmen Sie den erforderlichen Massenstrom des Kaltwassers in kg/h unter Verwendung des unten gegebenen Diagramms aus dem VDI-Wärmeatlas!
- Welche Temperatur hat der Solestrom am Austritt des Wärmeübertragers?



$$P_2 = 0,5 = \frac{T_{WA} - T_{KE}}{T_{WA}}$$

$$NTU_1 = \frac{kA}{W_1}$$

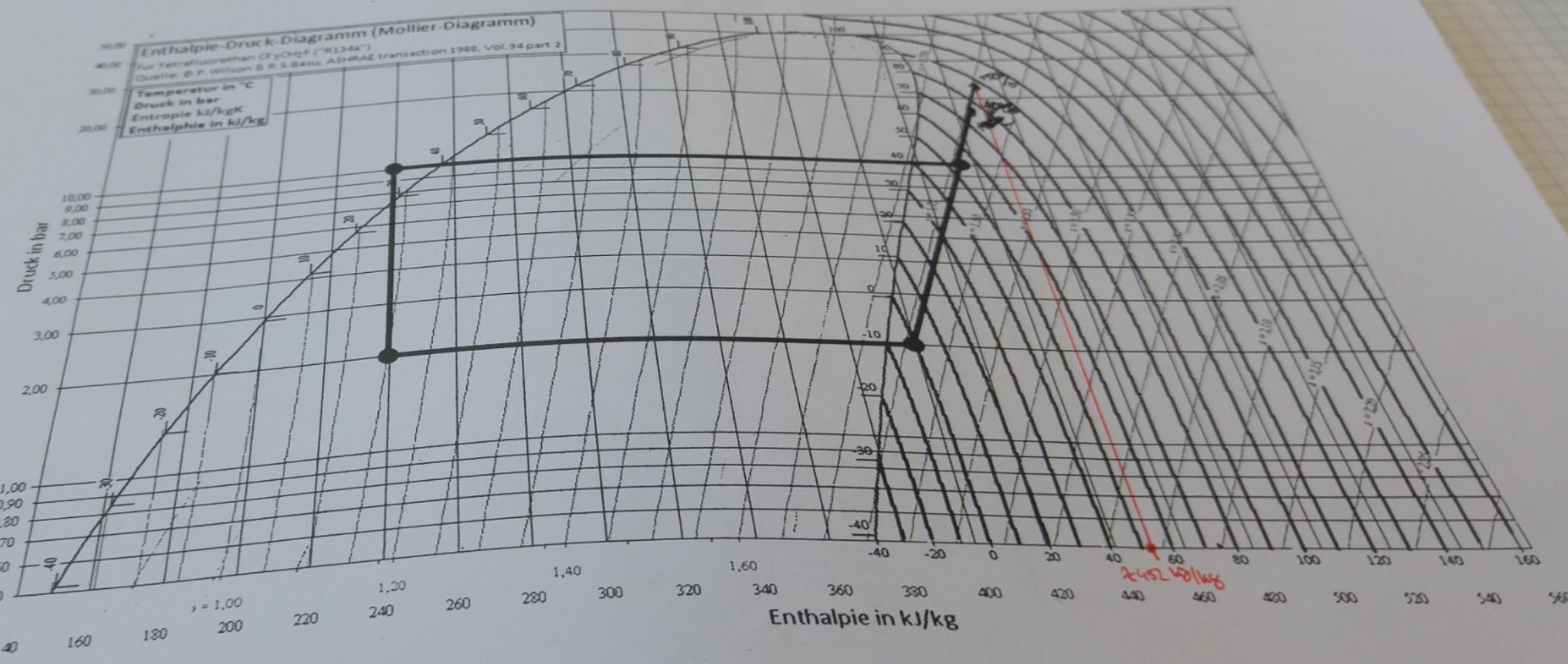
2. (8 P) Das idealisierte log  $\varphi$ , h-Diagramm einer Wärmeleitung im statischen Betrieb sieht wie folgt aus (Vergroßerung unabhängig):



- a) Welche spezifische Wärmemenge in kJ/kg wird in die Senke abgegeben?
- b) Auf welchem Temperaturniveau geschieht dies?
- c) Welche spezifische Wärmemenge in kJ/kg wird von der Quelle aufgenommen?
- d) Welche spezifische el. Arbeit wird zugeführt?
- e) Welche Arbeitszahl wird dabei unter Vernachlässigung von Hilfsenergien erreicht?

Um eine Heißgasauskopplung zu erzielen, wird die zugeführte spezifische el. Arbeit isentrop um 50% erhöht.

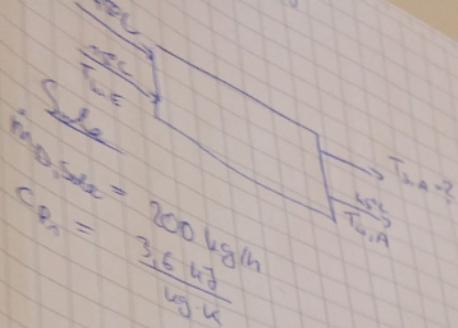
f) Welches Temperaturniveau erreicht dann das Kältemittel?



3. (6 P) Wahr oder falsch?

Heizungssysteme, die konsequent ein Niedertemperaturkonzept verfolgen,

	wahr	falsch	
a	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	erniedrigen potentielle solarthermische Deckungsquoten.
b	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	führen zu höheren Arbeitszahlen bei Wärmepumpenheizungen.
c	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sollten mit Brennstoff-Kesseln betrieben werden.
d	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	erfordern kleine Heizflächen, z. B. Radiatoren.
e	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	weisen geringe Systemverluste auf.
f	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	sind im mitteleuropäischen Klima Unsinn



$$\dot{m}_{D,Sola} = 200 \text{ kg/h}$$

$$C_{P,D} = \frac{3,6 \text{ kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$h_A = 310 \text{ W/K}$$

$$W_1 = m_0 \cdot C_p$$

$$= \frac{200 \text{ kg/h}}{3600 \text{ s/h}} \cdot \frac{3,6 \text{ kJ/K}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$= 200 \text{ W/K}$$

$$kA = NtU_1 \cdot W_1$$

$$NtU_1 = \frac{kA}{W_1} = \frac{310 \text{ W/K}}{200 \text{ W/K}} = 1,55$$

$$P_2 = \frac{\vartheta_{Q,A} - \vartheta_{W,E}}{\vartheta_{K,E} - \vartheta_{W,E}} > \frac{45^\circ - 15^\circ}{75^\circ - 15^\circ} = 0,5$$

$$R_1 = 0,9$$

$$R_2 = 1,11$$

~~$$R_2 = R_1 = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow W_2 = \frac{W_1}{R_1} = \frac{200 \text{ W}}{0,9} = 222,22 \text{ W/K}$$~~

~~$$W_2 = m_w \cdot C_{P,w} \Rightarrow m_w = \frac{W_2}{C_{P,w}} = \frac{222,22 \text{ W/K}}{4,2 \text{ kJ/kgK}} = 52,91 \text{ kg}$$~~

~~$$m_w = \frac{W_2}{C_{P,w}} = \frac{222,22 \text{ W/K}}{4,2 \text{ kJ/kgK}} = 52,91 \text{ kg}$$~~

161

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{R_1} - R_2 - 1,11$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 1,11$$

$$P_1 = 1,11 \cdot P_2 = 1,11 \cdot 0,5 = 0,55 \text{ kPa}$$

$$P_1 = \frac{d_1^g' - d_1^g''}{d_1' - d_1''}$$

$$P_1 \cdot (d_1^g' - d_1^g'') = d_1^g' - d_1^g''$$

$$d_1^g'' = d_1^g' - P_1 (d_1^g' - d_1^g'')$$

$$d_1^g'' = 75^\circ\text{C} - 0,55 (75^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})$$

$$d_1^g'' = \underline{\underline{42^\circ\text{C}}}$$

2a)  $h_1 = h_5 = 240 \text{ kJ/kg}$        $h_2 = 400 \text{ kJ/kg}$        $h_3 = 435 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{\text{ab}} = q_{\text{ab}} = h_3 - h_5 = 435 \text{ kJ/kg} - 240 \text{ kJ/kg} = 195 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

2b)

 $65^\circ\text{C}$  bis  $40^\circ\text{C}$ 

2c)

$$q_{\text{zu}} = h_2 - h_1 = 400 \text{ kJ/kg} - 240 \text{ kJ/kg} = 160 \text{ kJ/kg}$$

2d)

$$\omega_{\text{d,zu}} = h_3 - h_2 = (435 - 400) \text{ kJ/kg} = 35 \text{ kJ/kg}$$

2e)

$$\epsilon_{\text{WZ}} = \frac{Q_{\text{Heiz}}}{P_0} = \frac{q_{\text{ab}}}{\omega_{\text{d,zu}}} = \frac{195 \text{ kJ/kg}}{35 \text{ kJ/kg}} = \underline{\underline{5,57}}$$

2f) Siehe Blatt 3

$$400 \text{ kJ/kg} + 35 \text{ kJ/kg} + \frac{35}{2} \text{ kJ/kg} = 452,5 \text{ kJ/kg}$$