

Name:.....

Matrikel-Nr.:.....

**Aufgaben 4 bis 6 siehe Rückseite!**

Punkte:.....Note:.....

**1.(7)** In einer Wärmepumpe läuft folgender **Kreisprozess** mit Wasser/Wasserdampf als Arbeitsmedium ab:

1 → 2 isentrope Verdichtung von  $\delta_1 = 100^\circ\text{C}$  auf  $\delta_2 = 350^\circ\text{C}$ ,  $p_2 = 6 \text{ bar}$

2 → 3 isobare Kühlung bis zur vollständigen Kondensation des Dampfes ( $x_{D3} = 0$ )

3 → 4 isenthalpe Drosselung auf  $p_4 = p_1$

4 → 1 isobare Wärmezufuhr bis zur vollständigen Verdampfung ( $x_{D1} = 1$ )

Der vom Wasserdampf im Kreisprozess abgegebene Wärmestrom  $Q_{2,3}$  soll extern in einem Dampferzeuger zur Verdampfung von 42,5 t/h bei  $100^\circ\text{C}$  gerade siedenden Wassers verwendet werden (und ausreichen).

(1) Skizzieren Sie den Kreisprozess im T-s-Diagramm und nummerieren Sie die Punkte gem.

Aufgabenstellung

Berechnen Sie:

(1) spezifische Verdichterarbeit  $w_{1,2}$

(1) abgeführte spezifische Wärmemenge  $q_{2,3}$

(1) Leistungszahl  $\epsilon_{WP}$  des Wärmepumpen-Kreisprozesses

(1) Dampfgehalt  $x_{D4}$  nach der Drosselung

(2) notwendiger Dampfmengenstrom  $m$  im Kreisprozess

**2.(7)** In einer Klimakammer werden zwei **feuchte Luftmassenströme** bei 1 bar adiabat gemischt:

$m_{L1} = 2 \text{ kg}_{\text{tr.L}}/\text{s}$        $\vartheta_1 = 30^\circ\text{C}$        $\varphi_1 = 0,9$

$m_{L2} = 4,5 \text{ kg}_{\text{tr.L}}/\text{s}$        $\vartheta_2 = 10^\circ\text{C}$        $x_2 = 6,10555 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{tr.L}}$

$c_{pL} = 1,004 \text{ kJ/kgK}$        $c_{p\text{wd}} = 1,86 \text{ kJ/kgK}$        $c_{p\text{wflüssig}} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$        $r_o = 2501 \text{ kJ/kg}$

**Berechnen Sie , keine Werte aus dem  $h_{1+x}$ -x-Diagramm!**

- (2) die absolute Feuchte  $x_1$  und die spezif. Enthalpie  $h_{1+x}$  im Zustand 1
- (2) die absolute Feuchte  $x_3$  nach der Mischung
- (2) die Enthalpie  $h_{1+x,3}$  und die Temperatur  $\vartheta_3$  nach der Mischung
- (1) bildet sich beim Mischen Nebel? (Begründung!)

**Von den Aufgaben 3 und 4 ist eine nach freier Wahl zu lösen**

**3.(4)** Ein Gemisch aus Alkoholdampf (Ethanol) und trockener Luft von  $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$  und  $p_1 = 1,02 \text{ bar}$  hat eine **Taupunkttemperatur** von  $8^\circ\text{C}$  .

Ethanol:  $R_i = 180,5 \text{ J/kgK}$      $M = 46,07 \text{ kg/kmol}$       Luft:  $R_i = 287,2 \text{ J/kgK}$      $M = 28,96 \text{ kg/kmol}$

-(2) Wie groß ist die Alkoholbeladung  $x$  der Luft im Ausgangszustand in  $\text{kg}_{\text{Ethanol}}/\text{kg}_{\text{tr.Luft}}$ ?

-(1) Berechnen Sie die relative „Alkoholfeuchte“  $\varphi$  der Luft im Ausgangszustand

-(1) Auf welchen Wert muss der Gesamtdruck erhöht werden, damit bei gleichbleibender Temperatur flüssiger Alkohol ausfällt (d.h. die Alkoholsättigung  $\varphi = 1$  erreicht ist)?

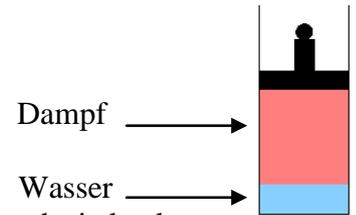
**Hinweis:** Die Sättigungsdampfdrücke können mit der ANTOINE-Gleichung bestimmt werden.

---

4.(4). In einem Zylinder, der durch einen gewichtsbelasteten Kolben abgeschlossen ist, befinden sich 0,7 kg **H<sub>2</sub>O (Nassdampf)** unter einem Druck von 6 bar. Das Volumen des Zylinderinhalts beträgt  $V_1 = 0,01 \text{ m}^3$ .

**Berechnen** Sie (mithilfe der Wasserdampf tabel):

- (2) den Dampfgehalt  $x_{D1}$ ,
- (1/2) die Temperatur des Nassdampfes  $\vartheta_1$
- (1/2) die Enthalpie des Nassdampfes  $H_1$



Aus dem Zylinder wird isobar soviel Wärme abgeführt, dass im Zylinder nur noch siedende Flüssigkeit ( $x_D = 0$ ) vorhanden ist.

- (1) Berechnen Sie das Volumen des flüssigen Wassers  $V_2$ .

---

**Von den Aufgaben 5 und 6 ist eine nach freier Wahl zu lösen**

5.(4)

- (3) Berechnen Sie bei 75°C und 85°C die **Gleichgewichtskonzentrationen**  $x_F$  und  $x_D$  eines Methanol-Propanol-Gemisches bei 1 bar (als ideales Gemisch).
- (1) Skizzieren Sie mit diesen Werten und mit den Siedetemperaturen der reinen Stoffe (Methanol 338,2 K; Propanol 370,2 K) in einem T-x-Phasendiagramm die Siede- und Taulinie maßstäblich.

**Hinweis:** Sättigungsdampfdrücke sind mit der ANTOINE-Gleichung zu bestimmen

---

6.(4) Ein Behälter von  $1 \text{ m}^3$  Volumen ist mit 1 kg eines realen Gases gefüllt. Die Gastemperatur beträgt 20°C. Wie hoch ist der Druck im Behälter?

- (1) bei Berechnung als ideales Gas mit der Gasgleichung
- (3) bei Berechnung als reales Gas mit der **van der Waals-Gleichung**

Stoffwerte des Gases:  $p_{\text{krit}} = 73,9 \text{ bar}$      $T_{\text{krit}} = 304^\circ\text{K}$      $M = 44 \text{ kg/kmol}$

---