

$M_{N_2} = 28 \text{ kg/kmol}$      $M_{O_2} = 32 \text{ kg/kmol}$      $M_{CO_2} = 44 \text{ kg/kmol}$   
 $c_{p,N_2} = 1.04 \text{ kg/kg K}$      $c_{p,O_2} = 0.91 \text{ kg/kg K}$      $c_{p,CO_2} = 0.89 \text{ kg/kg K}$   
 Änderungen der äusseren Energien seien vernachlässigbar.  
 Berechnen Sie:

- den Molenstrom der zuzumischenden Luft.
- die Partialdrücke des Abgasstromes vor und nach der Mischung.
- die Temperatur des Endgemisches.
- die Entropieproduktion der Vermischung.

### Aufgabe 9.3

In einem Zylinder befinden sich  $V_1 = 15 \text{ m}^3$  gesättigte feuchte Luft mit einem Druck von  $p_1 = 0.3 \text{ bar}$  bei der Umgebungstemperatur  $\vartheta_u = 32.9^\circ\text{C}$ . Durch Verschieben des den Zylinder abschließenden Kolbens wird die feuchte Luft isotherm und reibungsfrei auf ein Drittel ihres Volumens verdichtet ( $V_1/V_2 = 3$ ).

Voraussetzung: Die Luft kann als ideales Gas behandelt werden ( $R_L = 0.287 \text{ kJ/kg K}$ ).

Änderungen der äusseren Energien seien vernachlässigbar.

- Berechnen Sie die Masse der trockenen Luft und die Masse des Wassers in der feuchten Luft.
- Wie groß ist der Partialdruck des Wasserdampfes nach der Verdichtung?
- Wieviel Wasser liegt nach der Verdichtung flüssig vor?
- Berechnen Sie die zur Verdichtung notwendige Arbeit.
- Welche Wärme wird beim Verdichtungsprozeß mit der Umgebung ausgetauscht?

### Aufgabe 9.4

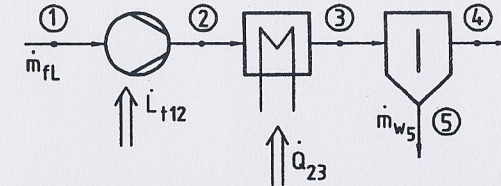
In einer Klimaanlage werden in einem Wärmeaustauscher  $500 \text{ kg/h}$  feuchte Luft mit einer relativen Feuchte von 40% und einer Temperatur von  $32.9^\circ\text{C}$  abgekühlt. Der Prozeß verläuft isobar bei einem Druck von 1 bar. Der Luft wird dabei ein Wärmestrom von  $13.773 \text{ MJ/h}$  entzogen.

- Zeichnen Sie den Prozeß im  $h,x$ -Diagramm (im Laufe der Rechnung vervollständigen).
- Bestimmen Sie den Wassergehalt der Luft beim Eintritt in den Wärmeaustauscher.
- Berechnen Sie den Massenstrom der trockenen Luft.

d) Welchen Endzustand erreicht die Luft?

e) Wieviel flüssiges Wasser müßte der Luft vom Endzustand (adiabat und isobar) entzogen werden, um gesättigte Luft zu erhalten?

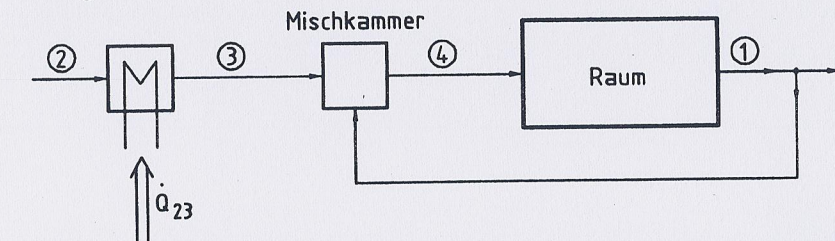
### Aufgabe 9.5



Ein Verdichter saugt  $2.02 \text{ kg/s}$  feuchte Luft aus der Umgebung vom Zustand 1 an ( $\vartheta_1 = 17^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ;  $\varphi = 0.8$ ) und verdichtet sie adiabatisch auf 3 bar. Dabei steigt die Temperatur auf  $\vartheta_2 = 230^\circ\text{C}$ . Anschließend wird die Luft isobar und reibungsfrei auf  $\vartheta_3 = 27^\circ\text{C}$  rückgekühlt. Das dabei entstehende Kondensat wird im nachgeschalteten adiabaten Wasserabscheider isobar abgeschieden.

- Wie groß sind  $\varphi_2$  und die Verdichterleistung  $\dot{L}_{112}$ ?
- Welche sekundliche Wassermenge  $\dot{m}_w$  scheidet der Wasserabscheider ab?
- Welche Wärmemenge  $\dot{Q}_{23}$  muß der Luft je Sekunde im Rückkühler entzogen werden?

### Aufgabe 9.6



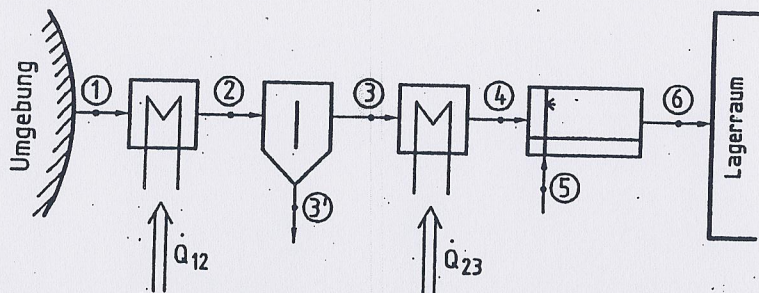
In einem Raum sollen pro Stunde  $20.000 \text{ m}^3$  feuchte Luft ( $\vartheta_4 = 20^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_4 = 40\%$ ) eingeblasen werden.

Dieser Luftzustand wird durch adiabate Mischung von aufgewärmter Frischluft (Zustand 3) mit Abluft (Zustand 1) erhalten. (Daten der Abluft:  $\vartheta_1 = 25^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_1 = 60\%$ . Daten der Frischluft:  $\vartheta_2 = 0^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_2 = 80\%$ . Gesamtdruck:  $p = 1 \text{ bar}$ .)

- Skizzieren Sie den Mischungsvorgang im  $h,x$ -Diagramm.

- b) Auf welchen Zustand 3 muß die Frischluft vor der Mischung aufbereitet werden?
- c) In welchem Verhältnis müssen Frischluft und Abluft gemischt werden?
- d) Welche Wärmemenge muß pro Sekunde der Frischluft zugeführt werden?

### Aufgabe 9.7



Zur Klimatisierung eines Lagerraums werden stündlich  $200 \text{ m}^3$  feuchte Luft mit einer Temperatur  $\vartheta_6 = 25^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $\varphi_6 = 60\%$  benötigt. Diese Luft wird durch Aufbereitung von Umgebungsluft mit einer Temperatur von  $\vartheta_1 = 29^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $\varphi_1 = 70\%$  gewonnen. Der Luftdruck im Lagerraum soll gleich dem Luftdruck der Umgebungsluft von  $p_1 = 1 \text{ bar}$  sein.

Die Aufbereitung der Umgebungsluft erfolgt isobar in folgenden Schritten:

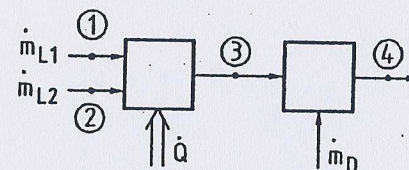
- Abkühlung der Luft auf die Temperatur  $\vartheta_2 = 5^\circ\text{C}$ , wobei Wasserdampf kondensiert.
- Entzug von  $2,26 \text{ kg/h}$  Kondensat mit  $\vartheta_2 = 5^\circ\text{C}$  in einem adiabaten Wasserabscheider.
- Erwärmung der getrockneten Luft.
- Befeuchtung der Luft mit Wasser von  $\vartheta_5 = 20^\circ\text{C}$ , bis der gewünschte Frischluftzustand erreicht ist.

Änderungen äußerer Energien sind zu vernachlässigen!

- a) Skizzieren Sie den Prozeß im  $h,x$ -Diagramm (im Laufe der Rechnung vervollständigen).
- b) Wie groß sind spezifische Enthalpie und Wassergehalt der Umgebungs- und Frischluft?
- c) Berechnen Sie den Massenstrom trockener Luft.

- d) Wieviel Wärme muß der Außenluft bei der Abkühlung auf  $\vartheta_2$  entzogen werden und wieviel Wasserdampf kondensiert dabei stündlich?
- e) Wie groß sind Wassergehalt, spezifische Enthalpie und Temperatur der feuchten Luft hinter dem Wasserabscheider?
- f) Auf welche Temperatur muß die Luft hinter dem Wasserabscheider erwärmt werden und wieviel Wasser muß eingespritzt werden, damit der gewünschte Endzustand erreicht wird?

### Aufgabe 9.8



In einem Industriebetrieb werden je Sekunde  $6,86 \text{ m}^3$  mit Wasserdampf gesättigte Luft bei einer Temperatur von  $22^\circ\text{C}$  (Zustand 4) benötigt. An einem Wintertag steht hierfür Luft aus der Umgebung bei einer Temperatur von  $2^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $90\%$  zur Verfügung (Zustand 1). Diese wird in einer Mischkammer mit  $3,06 \text{ kg/s}$  feuchter Luft (Zustand 2) von  $31^\circ\text{C}$  und einem Wassergehalt von  $20 \text{ g}$  pro  $\text{kg}$  trockener Luft gemischt und gleichzeitig erwärmt. Anschließend wird in einer adiabaten Mischkammer so viel trocken gesättigter Dampf von  $1 \text{ bar}$  zuge-mischt, daß der gewünschte Luftzustand 4 erreicht wird. Der gesamte Prozeß läuft isobar bei einem Druck von  $p = 1,0 \text{ bar}$  ab.

- a) Skizzieren Sie den Prozeß im  $h,x$ -Diagramm (im Laufe der Rechnung vervollständigen).

Bestimmen Sie:

- b) die benötigte Menge feuchter Luft vom Umgebungszustand 1 in  $\text{kg/s}$ .
- c) den in der ersten Mischkammer zuzuführende Wärmestrom in  $\text{kW}$ .
- d) Die Temperatur und den Wassergehalt der Luft hinter der ersten Mischkammer (Zustand 3),
- e) die in der zweiten Mischkammer zuzuführende Dampfmenge in  $\text{kg/s}$ .
- f) die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit, welche die Luft der Umgebung haben müßte, damit bei gleichbleibendem Mengenverhältnis in der ersten Mischkammer auf die Wärmezufuhr verzichtet werden könnte.