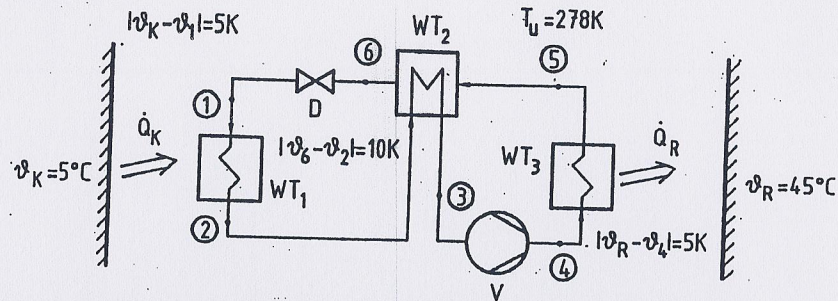


Aufgabe 8.5



In einem Wärmepumpenprozeß wird Ammoniak in den Wärmeaustauschern WT_1 und WT_2 teilweise verdampft (Zustandsänderungen $1 \rightarrow 2$ und $2 \rightarrow 3$). Der Dampf vom Zustand 3 wird reibungsfrei verdichtet, so daß im Zustand 4 gerade trocken gesättigter Dampf vorliegt. Durch Wärmeabgabe wird das Ammoniak im Wärmeaustauscher WT_3 gerade vollständig kondensiert (Zustand 5) und anschließend im Wärmeaustauscher WT_2 weiter auf den Zustand 6 abgekühlt. In der Drossel D wird die Flüssigkeit (Zustand 6) auf den Druck p_1 gedrosselt (Zustand 1).

Annahmen:

- Flüssiges Ammoniak kann als inkompressible Flüssigkeit mit $c_{f1} = 4,75 \text{ kJ/(kgK)}$ angesehen werden.
- Drossel, Verdichter und WT_2 sind nach außen adiabat.
- Die Zustandsänderungen in den Wärmeaustauschern sind isobar.
- Die Änderungen der äußeren Energien sind zu vernachlässigen.

Zustandsgrößen von Ammoniak im Sättigungsgebiet

t °C	p bar	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K
-10	2,908	0,0015338	0,4184	372,68	1668,83	4,0156	8,9421
0	4,294	0,0015660	0,2897	418,60	1630,76	4,1860	8,8078
+10	6,150	0,0016000	0,2058	465,11	1690,93	4,3522	8,6822
+20	8,572	0,0016380	0,1494	512,28	1699,22	4,5146	8,5641
+50	20,326	0,0017775	0,0635	658,79	1710,90	4,9834	8,2393
+60	26,144	0,0018380	0,0489	709,95	1710,40	5,1404	8,1397

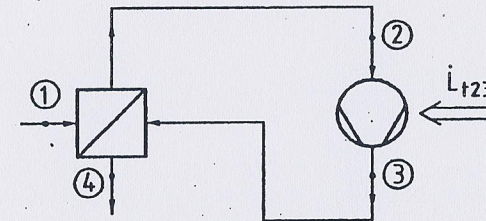
- a) Skizzieren Sie den Prozeß im T,s -Diagramm und zeichnen Sie die Zustandspunkte 1-6 deutlich ein.

Bestimmen Sie:

- b) q_{56} im Wärmeaustauscher WT_2 ,
c) die spez. Verdichterarbeit l_{t34} .

- d) die spez. ausgetauschte Wärme im Wärmeaustauscher WT_1 q_{12} ,
e) den spez. Exergieverlust der Drossel ϵ_{V61} und stellen Sie diesen im T,s -Diagramm dar,
f) die Leistungsziffer des Wärmepumpenprozesses ϵ_{wp} .

Aufgabe 8.6



Das folgende Verfahren der Thermokompression wird in der chemischen Industrie zum Reinigen von Wasser benutzt: Wasser vom Zustand 1 ($p_1 = 5 \text{ bar}$ und Siedetemperatur, Mengenstrom $\dot{m}_w = 3,6 \text{ t/h}$) wird isobar verdampft. Der bei der Verdampfung entstehende Sattdampf wird durch eine adiabate polytrophe Kompression mit konstantem Polytropenexponenten $n = 1,46$ auf einen Druck von $p_3 = 10 \text{ bar}$ verdichtet. Dem Verdichter wird eine Leistung von $\dot{L}_{t23} = 195 \text{ kW}$ zugeführt. Die abgegebene Wärme deckt die Verdampfungswärme des mit Siedetemperatur zulaufenden Wassers und die Wärmeverluste des Verdampfers. Das vollständig kondensierte Destillat fällt mit 10 bar und Siedetemperatur (Zustand 4) an. Änderungen der äußeren Energie können vernachlässigt werden.

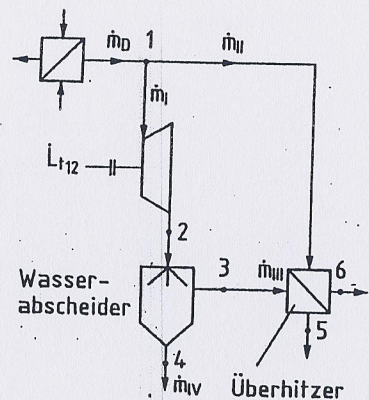
- a) Stellen Sie den Prozeß im h,s -Diagramm dar.
b) Bestimmen Sie den Zustand des Dampfes nach der Verdichtung und die Reibungsleistung des Verdichters \dot{L}_{R23} .
c) Wie groß sind die Wärmeverluste des Verdampfers \dot{Q}_V ?
d) Wie groß ist der gesamte Exergieverlust des Prozesses $\dot{E}_{V_{ges}}$, wenn die Umgebungstemperatur $t_u = 27^\circ\text{C}$ beträgt?

Verwenden Sie zur Lösung das h,s -Diagramm.

- e) Ermitteln Sie graphisch die Differenz der Exergiestromes zwischen dem abgezweigten Dampfstrom unmittelbar hinter der Turbinenstufe I (Zustand 4) und dem Ort des Verbrauchers (Zustand 7).

Verwenden Sie zur Lösung das h, s -Diagramm.

Aufgabe 8.9



Im Sekundärkreislauf eines Kernkraftwerkes wird Sattdampf ($\dot{m}_D = 1 \text{ t/s}$) mit einem Druck von $p_1 = 70 \text{ bar}$ erzeugt. Entsprechend der Skizze wird der Massenstrom \dot{m}_D in die beiden Massenströme \dot{m}_I und \dot{m}_{II} verzweigt.

Der Massenstrom \dot{m}_I expandiert in der adiabatisch isolierten Turbine auf den Zustand 2 ($p_2 = 8 \text{ bar}$, $x_2 = 0,87$). Aus dem Naßdampfstrom vom Zustand 2 werden in dem adiabatischen Wasserabscheider die Flüssigkeitströpfchen mechanisch abgetrennt. Den Wasserabscheider verlassen der Sattdampfstrom \dot{m}_{III} und der Flüssigkeitsstrom \dot{m}_{IV} bei den Drücken $p_3 = p_4 = 7 \text{ bar}$ und $x_3 = 1$, $x_4 = 0$.

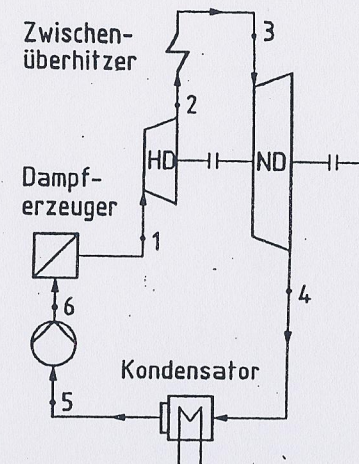
Der Sattdampfstrom \dot{m}_{III} wird im adiabatischen Überhitzer bei konstantem Druck auf $\vartheta_5 = 250^\circ\text{C}$ überhitzt. Dabei kondensiert der Dampfstrom \dot{m}_{II} gerade vollkommen ($p_6 = 70 \text{ bar}$).

Weitere Bedingungen: Die Rohrleitungen sind adiabatisch isoliert; sie arbeiten ohne Druckabfall; äußere Energien sind vernachlässigbar; Umgebungstemperatur $T_u = 300 \text{ K}$.

- Zeichnen Sie qualitativ die Zustandspunkte in ein h, s -Diagramm und stellen Sie die Zustandsänderungen dar.
- Berechnen Sie die Massenströme $\dot{m}_I, \dot{m}_{II}, \dot{m}_{III}, \dot{m}_{IV}$.
- Ermitteln Sie die Turbinenleistung \dot{L}_{t12} .
- Berechnen Sie den Exergieverlust $\dot{E}_{V,Abch.}$ des Wasserabscheiders.

Verwenden Sie zur Lösung das h, s -Diagramm.

Aufgabe 8.10



Im Dampferzeuger eines Braunkohlenkraftwerkes wird (in Anlehnung an das Kraftwerk Frimmersdorf) überhitzter Dampf vom Zustand $p_1 = 200 \text{ bar}$, $\vartheta_1 = 550^\circ\text{C}$ erzeugt. Der Hochdruckteil einer Turbine entspannt den Dampf auf $p_2 = 20 \text{ bar}$ und $\vartheta_2 = 220^\circ\text{C}$. Anschließend wird der Dampf in einem Zwischenüberhitzer auf $\vartheta_3 = 500^\circ\text{C}$ erwärmt. Dabei tritt ein Druckverlust von 1 bar auf. In der nachgeschalteten Niederdruckstufe wird der Dampf auf einen Druck von $p_4 = 0,1 \text{ bar}$ weiter entspannt. Der dabei entstehende Naßdampf hat einen Sattdampfanteil von $x_4 = 0,95$. In einem Kondensator wird der Naßdampf isobar kondensiert und auf eine Temperatur von $\vartheta_5 = 40^\circ\text{C}$ abgekühlt. Die Kondensatpumpe und Kesselspeisepumpe bringen das Kondensat auf einen Druck von $p_6 = 200 \text{ bar}$. Die Temperatursteigerung beträgt dabei $\vartheta_6 - \vartheta_5 = 1^\circ\text{C}$.

Alle Kraftwerksteile seien nach außen adiabatisch und die äußeren Energien vernachlässigbar. Die Zustandsänderungen im Zwischenüberhitzer können als polytrop angesehen werden.

- Skizzieren Sie den Prozeß im h, s -Diagramm.
- Wie groß sind der Polytropenexponent n_{12} , die technische Arbeit ℓ_{t12} , die Reibungsarbeit ℓ_{R12} und der Exergieverlust e_{V12} des Turbinenhochdruckteils, wenn die Umgebungstemperatur mit $T_u = 300 \text{ K}$ gegeben ist?
- Berechnen Sie die Reibungsarbeit ℓ_{R23} und die zuzuführende Wärmemenge q_{23} im Zwischenüberhitzer.
- Berechnen Sie von der Niederdruckstufe die technische Arbeit ℓ_{t34} , den Exergieverlust e_{V34} und die vom Kondensator abgeführte Wärmemenge q_{45} .
- Wie groß sind Reibungsarbeit ℓ_{R56} , und technische Arbeit ℓ_{t56} , Exergieverlust e_{V56} der Kondensat- und Kesselspeisepumpe?