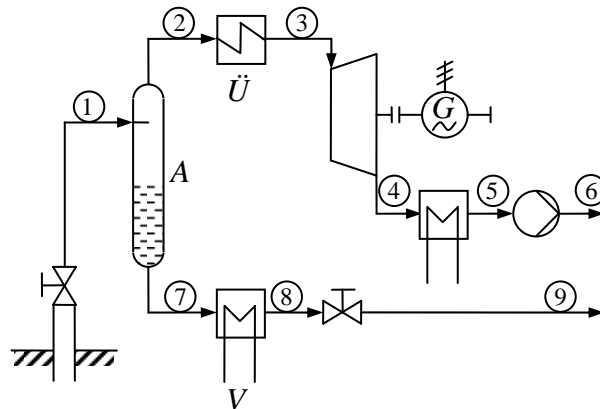


Aufgabe 8.7



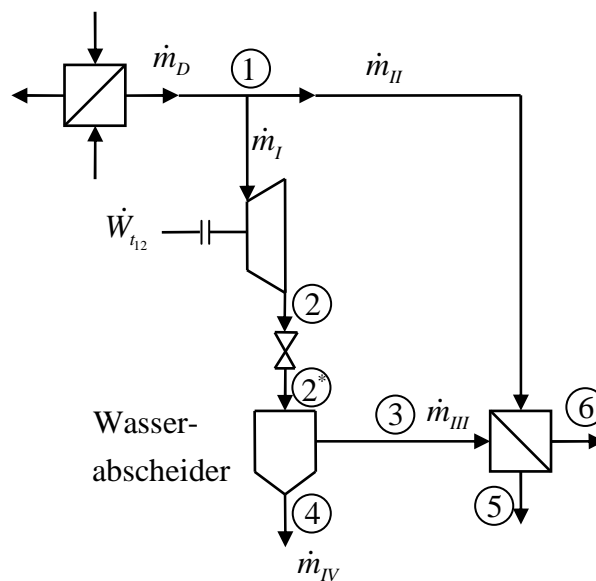
In einem Dampfkraftwerk wird geothermische Energie zu Heizzwecken und zur Stromerzeugung ausgenutzt.

Der aus dem Erdboden kommende Nassdampfstrom $\dot{m}_1 = 270 \frac{\text{t}}{\text{h}}$ vom Zustand $p_1 = 2,5 \text{ bar}$ und $v_1 = 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ wird in einem adiabaten Abscheider A bei konstantem Druck in siedendes Wasser und trockengesättigten Dampf getrennt. Der trockengesättigte Dampf wird isobar in einem Überhitzer \dot{U} auf $\vartheta_3 = 350^\circ\text{C}$ erhitzt und anschließend in einer reversiblen adiabaten Pumpe auf den Umgebungsdruck $p_6 = p_u = 1 \text{ bar}$ gefördert. Das den Abscheider verlassende siedende Wasser vom Zustand 7 gibt isobar Wärme an den Wärmeverbraucher V ab und wird anschließend nach der Drosselung in einem adiabaten Drosselventil mit $\vartheta_9 = 40^\circ\text{C}$ und $p_9 = p_u$ der Umgebung zugeführt.

- Skizzieren Sie den Prozess im h, s -Diagramm!
- Wie groß ist der Dampfgehalt x_1 ?
- Berechnen Sie die Wärmeströme \dot{Q}_{23} , \dot{Q}_{45} und \dot{Q}_{78} !
- Berechnen Sie die Turbinenleistung $\dot{W}_{t_{34}}$!
- Bestimmen Sie den Dampfgehalt x_4 !

Verwenden Sie zur Lösung das h, s -Diagramm!

Aufgabe 8.9



Im Sekundärkreislauf eines Kernkraftwerks wird Satttdampf ($\dot{m}_D = 1 \frac{\text{t}}{\text{s}}$) mit einem Druck von $p_1 = 70 \text{ bar}$ erzeugt und in die Massenströme \dot{m}_I und \dot{m}_{II} verzweigt.

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

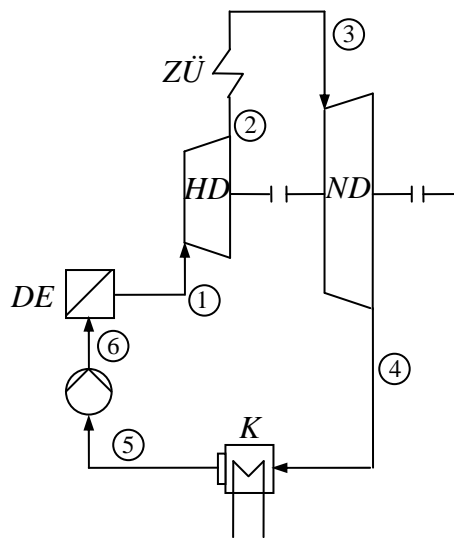
Der Satttdampfstrom \dot{m}_{III} wird im adiabaten Überhitzer bei konstantem Druck auf $\vartheta_5 = 250^\circ\text{C}$ überhitzt. Dabei kondensiert der Dampfstrom \dot{m}_{II} gerade vollkommen ($p_6 = 70 \text{ bar}$).

Weitere Bedingungen: Rohrleitungen sind adiabat und ohne Druckabfall, äußere Energien 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{W}_{t12} .
- Berechnen Sie den Exergieverlust $\dot{E}_{V_{Absch.}}$ des Wasserabscheiders.

Hinweis: Verwenden Sie zur Lösung das h,s -Diagramm bzw. die Wasserdampf tafeln!

Aufgabe 8.10



Im Dampferzeuger DE eines Braunkohlenkraftwerks wird 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 $ZÜ$ 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 $\vartheta_6 - \vartheta_5 = 1^\circ\text{C}$.

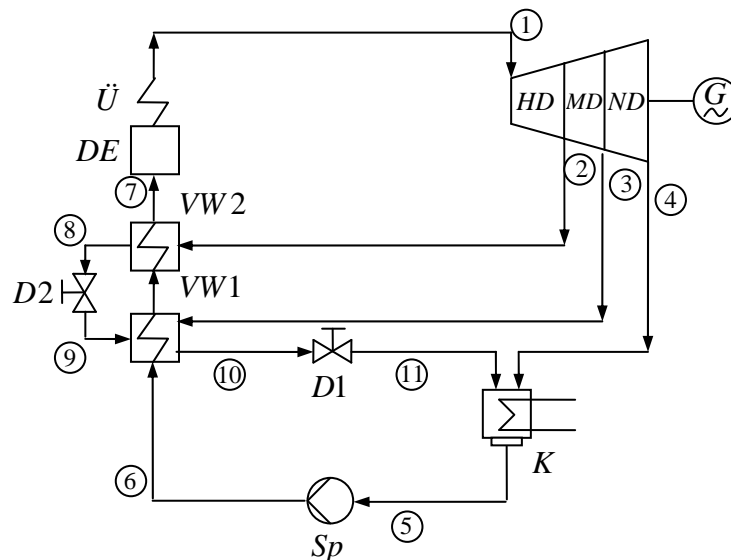
Alle Kraftwerksteile seien nach außen adiabat und die äußeren Energien vernachlässigbar. Die Zustandsänderungen im Zwischenüberhitzer können als polytrop angesehen werden.

- Skizzieren Sie den Prozess im h, s -Diagramm!
- Wie groß sind der Polytropenexponent n_{12} , die technische Arbeit $w_{t_{12}}$, die Reibungsarbeit $w_{R_{12}}$ und der Exergieverlust $e_{V_{12}}$ des Turbinenhochdruckteils, wenn die Umgebungstemperatur mit $T_u = 300 \text{ K}$ gegeben ist?
- Berechnen Sie die Reibungsarbeit $w_{R_{23}}$ und die zuzuführende Wärmemenge q_{23} im Zwischenüberhitzer!
- Berechnen Sie von der Niederdruckstufe die technische Arbeit $w_{t_{34}}$, den Exergieverlust $e_{V_{34}}$ und die vom Kondensator abgeführte Wärmemenge q_{45} !
- Wie groß sind Reibungsarbeit $w_{R_{56}}$ und technische Arbeit $w_{t_{56}}$, Exergieverlust $e_{V_{56}}$ der Kondensat- und Kesselspeisepumpe?
- Wie groß ist der Exergieverlust e_V der gesamten Anlage, wenn für den Dampferzeuger ein Wärmereservoir mit der konstanten Temperatur von $T_{Res} = 1000 \text{ K}$ angenommen wird und die im Kondensator abgegebene Wärme an die Umgebung übergeht?

g) Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad η_{th} dieses Kreisprozesses, verglichen mit dem Wirkungsgrad η_{rev} eines vollständig reversibel ablaufenden Prozesses?

Verwenden Sie zur Lösung das h, s -Diagramm!

Aufgabe 8.16



Eine Dampfturbinenanlage, die zum Antrieb eines Schiffes dient, arbeitet nach folgendem Vergleichsprozess:

Der Überhitzer \ddot{U} liefert einen Dampfstrom $\dot{m}_1 = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ von $p_1 = 50 \text{ bar}$ und $\vartheta_1 = 500^\circ\text{C}$. In der Hochdruckstufe HD wird der Dampf reversibel adiabatisch auf $p_2 = 10 \text{ bar}$ entspannt. Nach der Hochdruckstufe wird ein Teilstrom \dot{m}'_2 entzogen. Der verbleibende Hauptstrom \dot{m}_2 wird in der Mitteldruckstufe MD reversibel und adiabatisch auf $p_3 = 1,5 \text{ bar}$ entspannt, danach wird ein zweiter Teilstrom \dot{m}'_3 abgezweigt. Der Reststrom \dot{m}_3 wird in der Niederdruckstufe ND reversibel und adiabatisch auf $p_4 = 0,05 \text{ bar}$ entspannt und im Kondensator K vollständig kondensiert.

Der Teilstrom \dot{m}'_2 wird bei der isobaren Wärmeabgabe im Vorwärmer VW2 vollständig kondensiert, im adiabaten Drosselventil D2 auf p_3 gebracht und dem Vorwärmer VW1 zugeführt, wo er zusammen mit dem Teilstrom \dot{m}'_3 vollständig kondensiert. Beide Teilstrome werden über das adiabate Drosselventil D1 dem Kondensator K bei p_4 zugeführt. Der Gesamtstrom wird in der Speisepumpe SP auf $p_6 = p_1$ gebracht und erreicht in den beiden Vorwärmern, im Dampferzeuger DE und im Überhitzer \ddot{U} wieder Frischdampfzustand. Die Arbeit der Speisepumpe ist zu vernachlässigen. Alle Wärmeübertrager und der Kondensator sind als isobar anzunehmen.

- Stellen Sie den Prozess im T,s-Diagramm dar.
- Bestimmen Sie die Dampfgehalte nach der Mitteldruckstufe x_3 und vor dem Eintritt in den Kondensator x_4 und x_{11} .
- Welche Mengenströme \dot{m}'_2 und \dot{m}'_3 werden abgezweigt, wenn die Leistung der MD-Stufe 70 % der HD-Stufe und die der ND-Stufe 80 % der HD-Stufe betragen sollen?
- Berechnen Sie die spezifische Enthalpie h_7 des Gesamtstroms nach dem Vorwärmer VW2.
- Welchen thermischen Wirkungsgrad hat die Anlage?
- Wie groß wäre der Wirkungsgrad ohne Vorwärmung?
- Berechnen Sie die Wärmemenge, die vom Kondensator abgeführt wird.