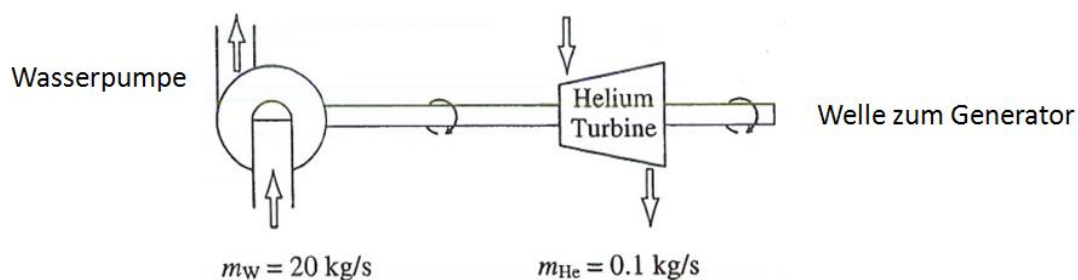


Aufgabe 1 (10 Punkte): Eine adiabate Heliumturbine ($M_{\text{He}} = 4 \text{ kg/kmol}$, $\kappa = 1,66$) treibt gleichzeitig eine adiabate Wasserpumpe und einen Generator an. Der Massenstrom des Heliums von $0,1 \text{ kg/s}$ tritt mit 700°C in die Turbine ein und mit $87,5^\circ\text{C}$ aus. Das Wasser tritt mit 21°C und 100 kPa in die Pumpe ein und verlässt sie mit 1 MPa . Auf diese Weise werden 20 kg/s verdichtet. Der Verdichtungsprozess in der Pumpe verläuft isotherm. Für inkompressible Flüssigkeit gilt $h(T,p) = h'(T) + v'(T) (p-p'(T))$. Helium soll als ideales Gas mit konstanten Wärmekapazitäten betrachtet werden. Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden.

Bestimmen Sie:

- Die von der Pumpe benötigte Antriebsleistung (kW). (5 P.)
- Die Nettoleistung, mit der der Generator angetrieben wird (kW). (5 P.)

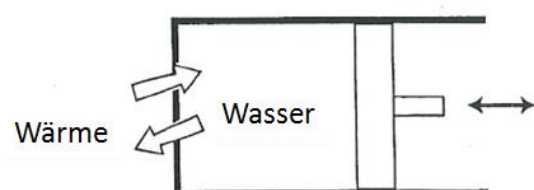


Aufgabe 2 (25 Punkte): Ein Zylinder-Kolben-System ist zu Beginn mit $0,3155 \text{ m}^3$ Wasser, das sich im kritischen Punkt befindet, gefüllt (Zustand 1). Der Kolben wird jetzt langsam zurückbewegt, bis das Wasser sich auf das 44,64-fache ausgedehnt hat (Zustand 2). Während dieses Vorgangs wird genug Wärme zugeführt, so dass der Druck im Zylinder konstant bleibt. Der Kolben wird nun wieder fixiert und der Zylinder soweit gekühlt, dass das Gas gerade kondensiert (Zustand 3). Danach wird der Kolben in einem isothermen Prozess in die Ausgangslage zurück bewegt (Zustand 4). Anschließend wird bei fixiertem Kolben so viel Wärme hinzugefügt, dass sich das Wasser wieder im kritischen Punkt befindet (Zustand 1). Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden.

Geben Sie den Prozess in einem p-v-Diagramm wieder (9 P.). Berücksichtigen sie in ihrem Diagramm die Sattdampflinien und bestimmen Sie:

- Die Masse des Wassers. (3 P.)
- Die Nettoarbeit des Kreislaufprozesses. (kJ) (5 P.)
- Das Nassdampfgehalt im Punkt 4. (3 P.)
- Die benötigte Wärmezufuhr, um von Zustand 4 auf Zustand 1 zu kommen (kJ). (5 P.)

Unterscheiden sich Werte um weniger als 1% von Tabellenwerten, können Sie diese benutzen. Andernfalls müssen Sie interpolieren.



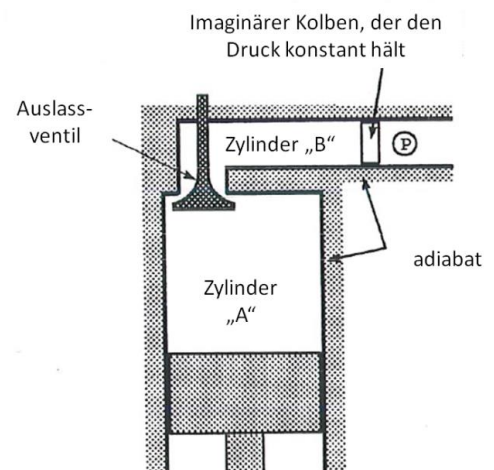
Aufgabe 3 (20 Punkte): Ein Kreisprozess benutzt Wasserdampf als Arbeitsmedium und besteht aus den folgenden reversiblen Prozessen:

- 1 \longrightarrow 2: Adiabate Verdichtung von $p_1 = 100 \text{ kPa}$. Verdichtungsverhältnis: $p_2/p_1 = 20$. Nassdampfgehalt $x_1 = 25\%$
- 2 \longrightarrow 3: Isobare Wärmezufuhr, so dass die Entropie um $3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ansteigt.
- 3 \longrightarrow 4: Adiabate Entspannung auf den Ausgangsdruck.
- 4 \longrightarrow 1: Isobare Wärmeabfuhr auf den Ausgangszustand.

Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden. Zeigen Sie den Prozess in einem T-s-Diagramm unter Berücksichtigung der Sättigungslinien und bestimmen Sie:

- a) Die spezifische Nettoarbeit des Prozesses (kJ/kg). (16 P.)
- b) Den thermischen Wirkungsgrad des Prozesses. (4 P.)

Aufgabe 4 (35 Punkte): Das Ausschleiben der Abgase aus einem Zylinder kann als instationärer Prozess in 2 Schritten aufgefasst werden. Im ersten Schritt (Ausblasen) steht der Kolben still, während das Auslassventil geöffnet wird. Das Abgas strömt nun in das Abgasrohr. Während dieses Vorgangs entspannt das Abgas im Zylinder reversibel und adiabat bis der Druck im Zylinder dem Druck im Abgasrohr angeglichen ist. Den Abgasstrom in das Abgasrohr kann man sich als Massenstrom in einen Behälter mit konstantem Druck (100 kPa) und verschwindendem Anfangsvolumen vorstellen. Im zweiten Schritt (dem eigentlichen 4. Takt) bewegt sich der Kolben vom unteren Totpunkt ($V_{\max} = 0,6 \text{ Liter}$) in den oberen Totpunkt ($V_{\min} = V_{\max}/r_v$) mit einem Verdichtungsverhältnis $r_v = 10$. Während dieses zweiten Schritts ist das Auslassventil so weit geöffnet, dass der Druckabfall am Ventil vernachlässigt werden kann. Daher verändert sich der Zustand des im Zylinder verbliebenen Abgases nicht. Die Anfangsbedingungen im Zylinder sind: $p_{A,1} = 500 \text{ kPa}$, $T_{A,1} = 1200 \text{ K}$. Das Abgas ist ein ideales Gas mit konstanter Wärmekapazität. Nehmen Sie alle Prozesse als adiabat an. Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden. Bestimmen Sie:



- a) Die Temperatur des Abgases im Zylinder nach dem Ausblasen: $T_{A,2}$ (K). (5 P.)
- b) Das Massenverhältnis des im Zylinder verbleibenden Abgases nach dem Ausblasen: $m_{A,2}/m_{A,1}$. (5 P.)
- c) Die Temperatur des Abgases im Abgasrohr nach dem Ausblasen: $T_{B,2}$ (K). (5 P.)
- d) Das Massenverhältnis des Abgases, das nach dem 4. Takt (zweiten Schritt) im Zylinder verbleibt, $m_{A,3}/m_{A,1}$. (4 P.)
- e) Die Entropie die während des gesamten Vorgangs produziert wird: (J/K). (16 P.)

Benutzen Sie: $c_p = 1,142 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $c_v = 0,855 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $R = c_p - c_v$.