

### Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus VO Kraftwerke am 23.01.2017

**Hinweis:** Bei den Berechnungen wurden alle Zwischenergebnisse in der technischen Notation<sup>1</sup> (Format ENG) dargestellt und auf drei Nachkommastellen gerundet. Für die weitere Rechnung wurde das gerundete Ergebnis verwendet.

Abhängig vom Rechenweg kann es aber dennoch zu leicht abweichenden Ergebnissen kommen!

#### 1. CO<sub>2</sub>-Vergleich

a. Wie groß sind die **stündlichen Kohlendioxidausstöße** beider Kraftwerke?

KW1:

$$m_{\text{CO}_2} = 79,485 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (1.1)$$

KW2:

$$m_{\text{CO}_2} = 53,938 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (1.2)$$

b. Wie groß ist die zu deckende **thermische Last**?

$$Q = 110,4 \text{ MW} \quad (1.3)$$

c. Welche **Brennstoffzufuhr** ist für die elektrische und thermische Energieerzeugung notwendig? Wie groß ist der **Gesamtwirkungsgrad** des Kraftwerks?

$$\dot{m}_{\text{Kohle}} = 59,724 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (1.4)$$

$$\eta_{\text{ges}} = 0,565 \quad (1.5)$$

d. Wie groß ist jetzt der **stündliche Kohlendioxidausstoß** des Kohlekraftwerks?

$$m_{\text{CO}_2} = 210,227 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (1.6)$$

e. Welche **stündliche Gipsmenge** und **Volumen** ( $\rho_{\text{Gips}} = 2,3 \text{ t/m}^3$ ) fallen bei dem Nassentschwefelungsverfahren mit 90 % Schwefeldioxid-Abscheidegrad des Kohlekraftwerks unter gegebener thermischer und elektrischer Last an?

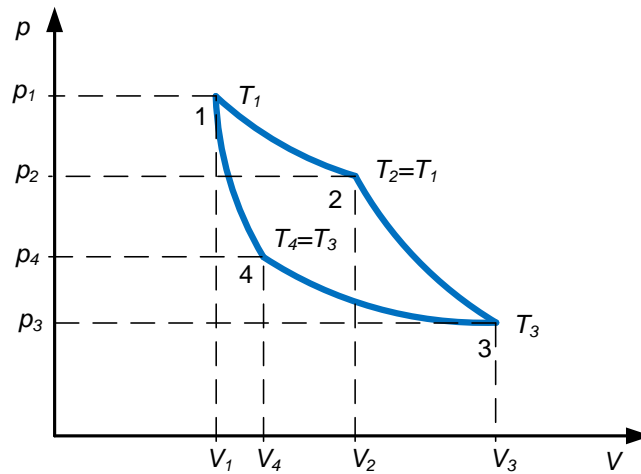
$$\dot{m}_{\text{gips}} = 2,89 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (1.7)$$

$$\dot{V}_{\text{gips}} = 1,256 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (1.8)$$

<sup>1</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche\\_Notation](http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche_Notation)

**2. Rechtsdrehender Carnot-Prozess**

a. Skizzieren Sie das pv-Diagramm es Carnot-Prozesses und beschriften Sie alle relevanten thermodynamische Zustandspunkte.



- Isotherme Expansion (1-2)
- Isentrope Expansion (2-3)
- Isotherme Kompression (3-4)
- Isentrope Kompression (4-1)

b. Wie groß ist das Gasvolumen im Punkt 3?

$$V_3 = 0,856 \text{ m}^3 \quad (2.1)$$

c. Wie groß sind Volumen  $V_4$  und Druck  $p_4$ ?

$$V_4 = 0,225 \text{ m}^3 \quad (2.2)$$

$$p_4 = 3.8 \text{ bar} \quad (2.3)$$

d. Wie groß ist die Wärmeabfuhr  $Q_{34}$ ?

$$-W_{34} = 114,235 \text{ kJ} \quad (2.4)$$

e. Wie groß ist die Verdichtungsarbeit  $W_{41}$ ?

$$W_{41} = 232,786 \text{ kJ} \quad (2.5)$$

f. Wie groß ist der zugeführte Wärme?

$$-W_{12} = Q_{zu} = 242.528 \text{ kJ} \quad (2.6)$$

g. Wie groß ist die abgegebene Nutzarbeit?

Die Nutzarbeit des idealen Carnot Prozesses ist

$$W_{id} = Q_{zu} - Q_{ab} = 242.528 \text{ kJ} - 114,235 \text{ kJ} = 128,293 \text{ kJ} \quad (2.7)$$

h. Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad (Carnot Faktor)?

$$\eta_c = 0,529 \quad (2.8)$$

### 3. Eigenbedarfsnetz eines Wärmekraftwerks

a. Wie groß ist die **mechanische Leistung** der **Speisewasserpumpe** bei einem elektrischen Wirkungsgrad des Motors von 97%?

$$P_{\text{mech,ASM}} = 1,166 \text{ MW} \quad (3.1)$$

b. Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene B?

$$I_k'' = 5,705 \text{ kA} \quad (3.2)$$

c. Wie groß ist der **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene B beim Anlauf des Motors?

$$Z_A = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_A} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 1,01 \text{ kA}} = 2,285 \Omega \quad (3.3)$$

$$\cos \varphi = 0 \rightarrow R_A = 0 \Omega \rightarrow X_A = 2,285 \Omega$$

$$u_{BA} = \frac{U_{BA}}{U_{NB}} = 0,805 \rightarrow \text{Einbruch um } 19,5\% \text{ gegenüber } 100\% \quad (3.4)$$

d. Wie groß darf die **bezogene Kurzschlussspannung** des **Transformators** höchstens sein, damit beim Anlauf des Motors des Spannungseinbruch an der Sammelschiene B unter 15% bleibt?

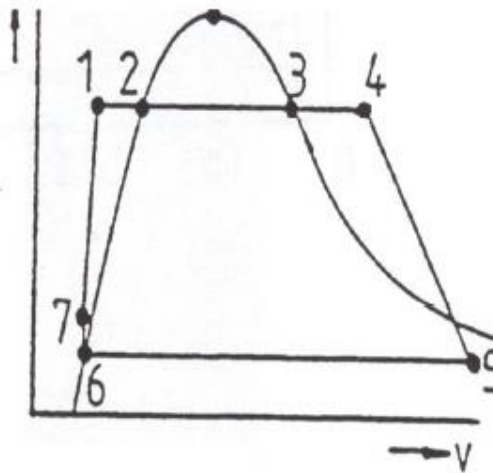
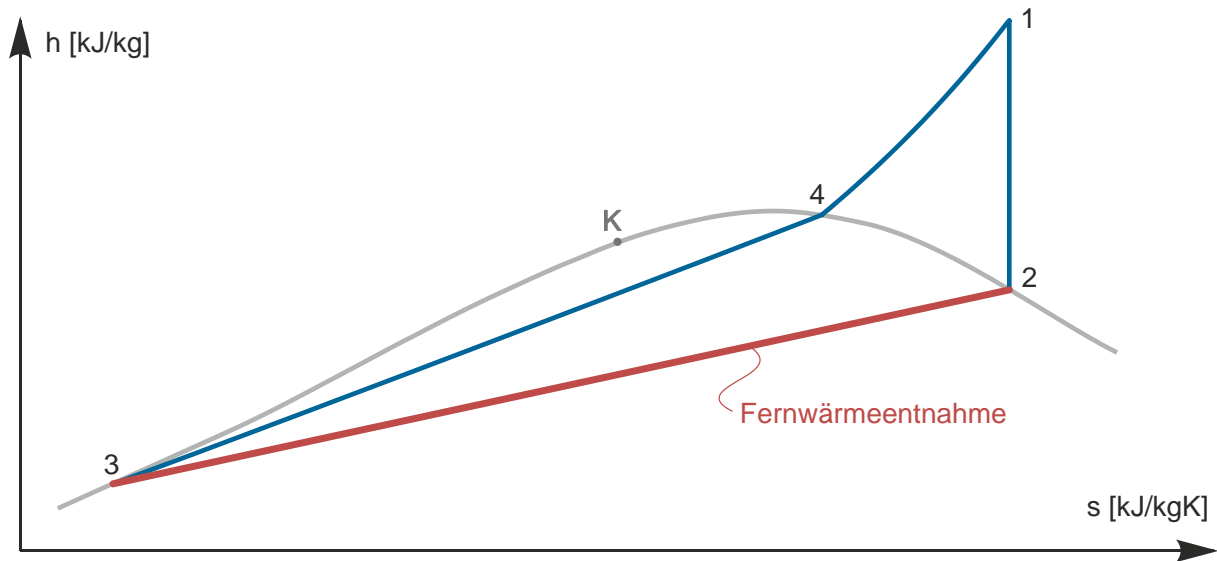
$$u_k = Z_T \frac{S_T}{U_n^2} = 0,286 \cdot \frac{5,5 \cdot 10^6}{4000^2} = 0,098 \rightarrow 9,8\% \quad (3.5)$$

e. Es soll beim Anlauf des Motors automatisch eine Kondensatorbatterie an der Sammelschiene B zugeschaltet werden. Wie groß muss der **Kapazitätswert** ausgelegt werden, damit der Spannungseinbruch 10% nicht überschreitet?

$$X_C = 0,753 \text{ mF} \quad (3.6)$$

4. Heizkraftwerk

a. Zeichnen Sie das **h-s Diagramm** von diesem Dampfkreisprozess und **kennzeichnen** Sie jeweils den **Bereich der Fernwärmeentnahme**.



b. Bestimmen Sie **Enthalpie, Druck, und Temperatur** am Turbinenausgang.

$$T_2 = 393,36\text{K} = T_3 \tag{4.1}$$

$$h_2 = 2596,124 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \tag{4.2}$$

$$(4.3) \quad s_2 = 6,84706 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \tag{4.4}$$

c. Bestimmen Sie **Enthalpie, Druck, und Temperatur** am Turbineneingang.

$$s_1 = s_2 = 6,84706 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \tag{4.5}$$

$$h_1 = 3201,92 \quad (4.6)$$

Mittels Mollier!

$$p_1 \approx 25 \text{ bar}$$

$$T_1 \approx 380 \text{ °C}$$

d. Welcher **Massestrom im Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von 120°C und einer Rücklauftemperatur von 70 °C eine thermische Leistung von 300 MW ausgekoppelt werden kann.

$$\dot{m} = 1428,857 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.7)$$