

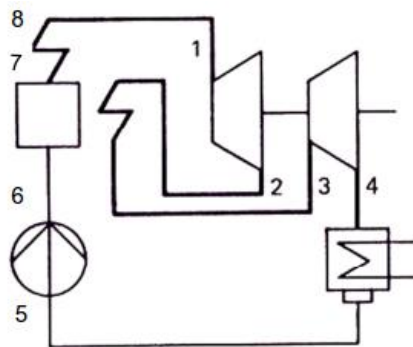
**Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus VO Kraftwerke am 02.10.2014**

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.

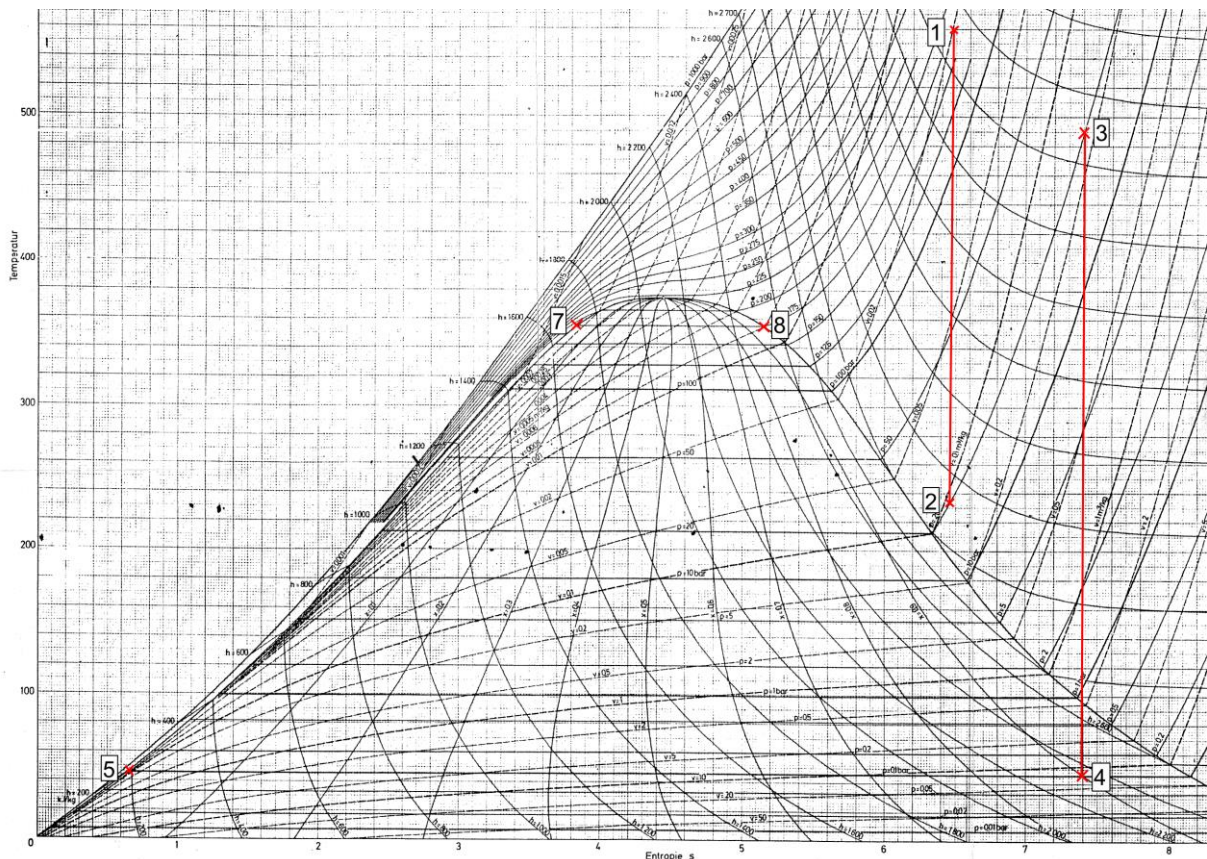
Abhängig vom Rechenweg kann es aber dennoch zu leicht abweichenden Ergebnissen kommen!

**1. Dampfkraftwerk**

a. Zeichnen Sie ein **Ersatzschaltbild** des **Dampfkreisprozesses** und beschriften Sie die thermodynamisch relevanten Punkte.



b. Zeichnen Sie in das **T,s-Diagramm** die thermodynamischen Zustände nach der Niederdruckturbine und vor der Speisewasserpumpe ein.



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

c. Wie hoch ist der **Druck** nach der **Speisewasserpumpe**?

$$p_6 = 174,998 \text{ bar} \quad (1.1)$$

d. Wie hoch ist die **Temperatur** nach der Vorwärmung des Wassers?

Aus Tabelle mittels Interpolation oder Diagramm:

$$T_7 = 354,567^\circ\text{C} \quad (1.2)$$

e. Der Dampfstrom wird in der Hochdruckturbine so entspannt das sich danach eine Temperatur von  $232^\circ\text{C}$  einstellt. Bestimmen Sie den **Druck** nach der Hochdruckturbine.

Aus dem Diagramm kann durch zeichnen der Isentrope bis zu der Temperatur von  $232^\circ\text{C}$  der Druck von 20 bar abgelesen werden.

f. Welche **Temperatur** herrscht nach der Zwischenüberhitzung?

Punkt 3 wird aus dem Diagramm durch den Schnittpunkt der Isobaren (bei 20bar) und der Isentropen der thermodynamischen Zustandsänderung 3-4 gewonnen. Temperatur im Punkt 3:  $490^\circ\text{C}$ .

g. Wie groß ist die spezifische **Arbeit** des **Zwischenüberhitzers**?

Aus dem Diagramm:

$$w_{23} = 566,1 \text{ kJ/kg} \quad (1.3)$$

h. Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** des Kraftwerkes?

$$\eta = 0,43460 \rightarrow 43,460\% \quad (1.4)$$

## 2. Eigenbedarf eines Kraftwerks

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

$$P_{\text{mech,asm}} = 4,123 \text{ MW} \quad (2.1)$$

b. Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene C unter Berücksichtigung des Kurzschlussstrombeitrags des Motors (entspricht dem Anlaufstrom)? Ist eine 13kA Schaltanlage ausreichend?

Gerechnet mit  $c = 1,1$ :

$$I_k'' = 12,231 \text{ kA} \quad (2.2)$$

Die 13kA Schaltanlage ist gerade noch ausreichend.

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

$$u_{CA} = 0,785 \rightarrow \text{Einbruch um } 21,5\% \quad (2.3)$$

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

$$u_k = 0,04111 \rightarrow 4,111\% \quad (2.4)$$

e. Eine alternative Maßnahme zur Spannungsbegrenzung beim Anlauf des Motors stellt das automatische Zuschalten einer **Kondensatorbatterie** an der Sammelschiene C dar, die die Gesamtreaktanz verändert. Wie groß muss dann die **resultierende Gesamtreaktanz** beim Anlauf des Motors sein, damit der Spannungseinbruch am Sammelschiene C 15% nicht überschreitet?

$$\begin{aligned} Z_{AIIIC} &= j2,235 \, \Omega \\ Z_{ges} &= j2,6294 \, \Omega \end{aligned} \quad (2.5)$$

### 3. Gaskraftwerk

a. Wie groß ist der **Luftvolumenstrom**  $\dot{V}_{Luft}$  [ $m^3/s$ ], welcher der Verbrennung zugeführt wird?

$$\dot{V}_{Luft} = 441,219 \frac{m^3}{s} \quad (3.1)$$

b. Mit welcher **Luftüberschusszahl**  $\lambda$  wird der Kessel betrieben?

$$\lambda = 1,702 \quad (3.2)$$

c. Wie groß ist der **Brennstoffvolumenstrom**  $\dot{V}_{CH_4}$  [ $m^3/s$ ]?

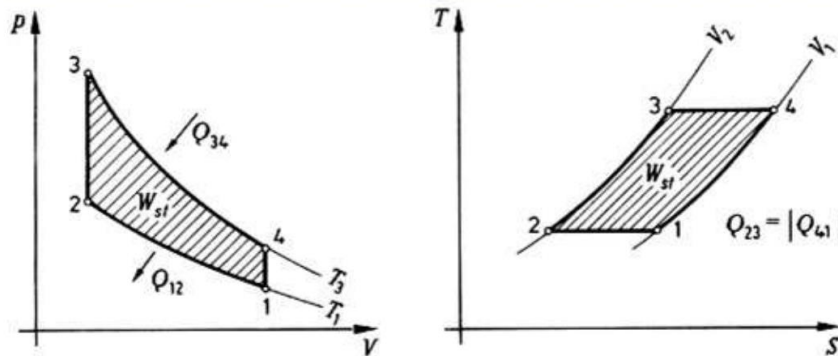
$$\dot{V}_{CH_4} = 27,253 \frac{m^3}{s} \quad (3.3)$$

d. Wie groß ist die **thermische Kesselleistung**  $P_{th}$  in [ $MW$ ]

$$P_{th} = 975,657 \, MW \quad (3.4)$$

#### 4. Stirlingmotor

a. Skizzieren Sie das **pV-** und das **TS-Diagramm** und beschriften Sie die relevanten Punkte.



- 1 – 2: Isotherme Kompression
- 2 – 3: Isochore innere Wärmezufuhr von einem Regenerator
- 3 – 4: Isotherme Expansion
- 4 – 1: Isochore innere Wärmeabfuhr an den Regenerator

b. Wie groß ist die benötigte **Wellenleistung** des Stirlingmotors?

$$P_{\text{Welle}} = 8,247 \text{ kW} \quad (4.1)$$

c. Wie groß ist das **Volumen bei Verdichtung** und welcher **Massenstrom** wird im Motor bewegt?

$$V_2 = 0,432 \text{ l} \quad (4.2)$$

$$\rho_1 \cdot V_1 = m \cdot R \cdot T_1$$

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m} = 45,662 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.3)$$

d. Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?

$$\eta_{\text{th}} = 50\% \quad (4.4)$$

e. Wie groß ist die benötigte **Heizleistung**?

$$P_{\text{Heiz}} = 16,494 \text{ kW} \quad (4.5)$$

f. Auf welches Niveau müsste die **obere Temperatur** unter sonst gleichen Bedingungen angehoben werden, damit der **Wirkungsgrad auf 55%** ansteigt?

$$T_3 = 762,556 \text{ K} \quad (4.6)$$