

## Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 04.03.2015

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Matr.-Nr./Knr.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## 1. Heizkraftwerk (25 Punkte)

Ein Heizkraftwerk hat einen Frischdampfdruck von 100 bar bei einer Temperatur von 550°C. Die Dampfturbine arbeitet bei einem Gegendruck von 2 bar.

Wirkungsgrade:

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Kesselwirkungsgrad:                   | 85,0% |
| Turbinen- und Generatorwirkungsgrad:  | 90,0% |
| Heizungswirkungsgrad (Wärmetauscher): | 87,0% |

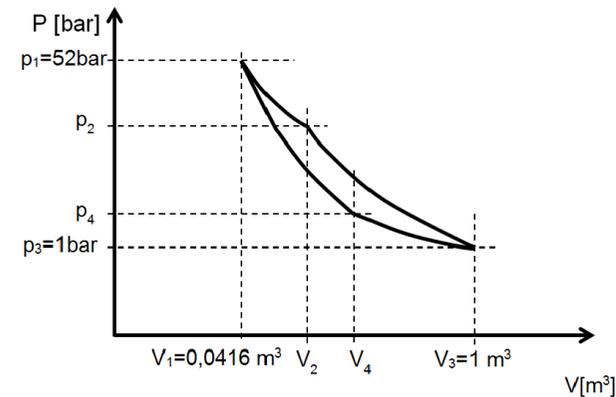
Die Speisewasserpumpe sitzt auf der gemeinsamen Welle und die von ihr verrichtete Arbeit ist in diesem Beispiel bei allen Rechengängen zu berücksichtigen. Die Entspannung in der Dampfturbine kann als ideal adiabat angesehen werden.

*Hinweis: Die Fernwärmeentnahme findet ausschließlich beim isobaren Übergang statt.*

- (6) Bestimmen Sie den **Gesamt-Wirkungsgrad** des Gegendruck-Heizkraftwerkes (inkl. Fernwärmeauskopplung).
- (3) Zeichnen Sie in das **Mollier-Diagramm** den Arbeitsprozess ein, soweit er im Wertebereich des vorgegebenen Diagramms liegt und skizzieren Sie das **T,s-Diagramm** des Kreisprozesses.
- (3) Welche Kohlemenge in t/h, unter Berücksichtigung des Heizwerts von 33 MJ/kg, ist für eine **Heizleistung des Fernheizkreises von 200 MW** erforderlich?
- (3) Welche **elektrische Leistung** kann unter Berücksichtigung der Kohlemenge aus Punkt c) produziert werden?
- (6) Welcher **Massestrom im Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von 110°C und einer Rücklauftemperatur von 65 °C die Heizleistung aus Punkte c.) ausgekoppelt werden kann? (Spezifische Wärmekapazität von Wasser ist  $c = 4,18 \text{ kWs/kgK}$ )
- (4) Bestimmen Sie den **Gesamt-Wirkungsgrad** des Kondensations-Kraftwerkes im Fall dass **keine Fernwärmeauskopplung** stattfindet und die Dampfturbine auf einen Kondensationsdruck von **0,1 bar** abgearbeitet wird.

## 2. Carnot-Prozess (25 Punkte)

Die Masse  $m$  des idealen Gases Luft durchläuft einen Carnot-Kreisprozess. Die untere Temperatur beträgt  $T_3 = 25^\circ\text{C}$ . Das  $pV$ -Diagramm des Carnot-Kreisprozesses ist in der unteren Abbildung mit den Werten zu den wichtigsten Punkten gegeben:

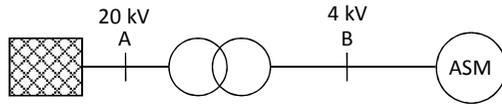


Für Luft gilt weiteres:  $c_p = 1,015 \text{ kJ/(kg K)}$ ;  $\kappa_{\text{Luft}} = 1,4$ ;  $R = 0,287 \text{ kJ/(kg K)}$ .

- (3) Wie groß ist die **Masse m** die den Prozess durchläuft?
  - (8) Bestimmen Sie **alle fehlenden thermodynamischen Zustandsgrößen** des Carnot-Prozesses (**Temperatur, Druck und Volumen**).
- Hinweis: Rechnen Sie nun mit  $p_2=14,9\text{bar}$ ,  $V_2=0,145\text{m}^3$  und  $p_4=3,5\text{bar}$  und  $V_4=0,286\text{m}^3$*
- (3) Wie groß ist die **Wärmeabfuhr  $Q_{34}$** ?
  - (3) Wie groß ist die **Verdichtungsarbeit  $W_{41}$** ?
  - (3) Wie groß ist die **zugeführte Wärme  $Q_{12}$** ?
  - (3) Wie groß ist die **abgegebene Nutzarbeit**?
  - (2) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** (Carnot Faktor)?

**3. Eigenbedarf eines Wärmekraftwerks (25 Punkte)**

Ein Asynchronmotor wird durch das Eigenbedarfsnetz eines Wärmekraftwerks für den Antrieb einer Speisewasserpumpe versorgt.



|                           |                         |  |
|---------------------------|-------------------------|--|
| Eigenbedarfsnetz-Netz     | Transformator           | Asynchronmotor   |
| $S_k'' = 100 \text{ MVA}$ | $u_k = 6 \%$            | $P_N = 1,3 \text{ MW}; \cos \varphi_N = 0,85 \text{ ind.}$ |
| $R_N = 0 \Omega$          | $\frac{R}{X} = 0$       | $\frac{I_a}{I_N} = 5; \cos \varphi_A = 0$                  |
| $c = 1,1$                 | $S_N = 1,8 \text{ MVA}$ |  |

- a. (6) Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene B ( $c=1,1$ )?
- b. (4) Wie groß ist der **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene B beim Anlauf des Motors?

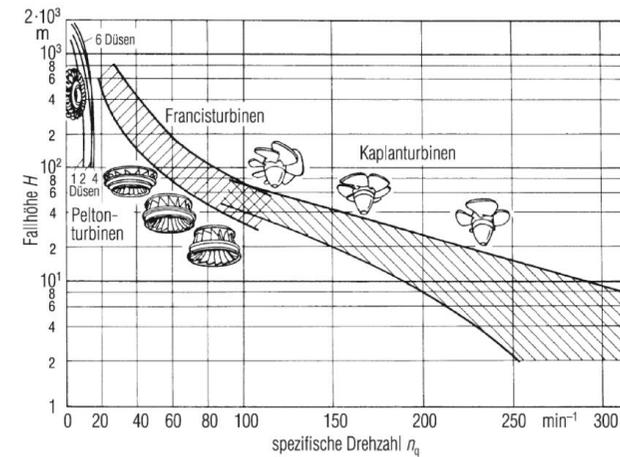
Es werden drei unterschiedliche Spannungseinbruch-Begrenzungsmaßnahmen an der Sammelschiene B untersucht:

- c. (6) Wie groß darf die **bezogene Kurzschlussspannung** des **Transformators** höchstens sein, damit beim Anlauf des Motors der Spannungseinbruch an der Sammelschiene B unter 14,4% bleibt?
- d. (3) Wie **viele Transformatoren** gleichen Typs müssten zum vorhanden Transformator parallelgeschaltet werden damit der Spannungseinbruch an der Sammelschiene B 14,4% nicht überschreitet?
- e. (6) 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 15% nicht überschreitet?

**4. Auslegung einer Turbine für ein Wasserkraftwerk (25 Punkte)**

Es soll eine Turbine für ein Wasserkraftwerk ermittelt und dimensioniert werden. Die Turbine soll einen Nenn-Volumenstrom  $Q_N = 103,62 \text{ m}^3/\text{s}$  über eine Fallhöhe  $H$  von 40 m abarbeiten. Dabei soll ein Turbinen-Generatorsatz mit einer synchronen Drehzahl von  $187,5 \text{ min}^{-1}$  angetrieben werden.

- a. (4) Wie groß ist die **spezifische Drehzahl** der Turbine?
- b. (3) Welcher **Turbinentyp** soll für das Kraftwerk verwendet werden? Benutzen Sie die untere Abbildung und das Ergebnis von Unterpunkt a. für Ihre Argumentation. **Zeichnen** Sie ihre Auswahl **in die Abbildung** ein:



- c. (4) Wie groß ist der **Turbinenwirkungsgrad** bei einer mechanischen Turbinenleistung  $P_t = 34,782 \text{ MW}$ , wenn der hydraulischer Wirkungsgrad  $\eta_H = 94\%$  beträgt?
- d. (4) Welche **elektrische Leistung** weist der Turbinen-Generatorsatz auf, wenn die folgenden Wirkungsgrade gegeben sind:

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Generatorwirkungsgrad | $\eta_G = 97\%$   |
| Eigenbedarf           | $\epsilon = 2 \%$ |

- e. (4) Wie groß ist der **Durchmesser** der Turbine für **einen optimalen Betrieb** bei Nennleistung und gegebener Drehzahl (d.h. Auslegung über  $n_1'$ )?

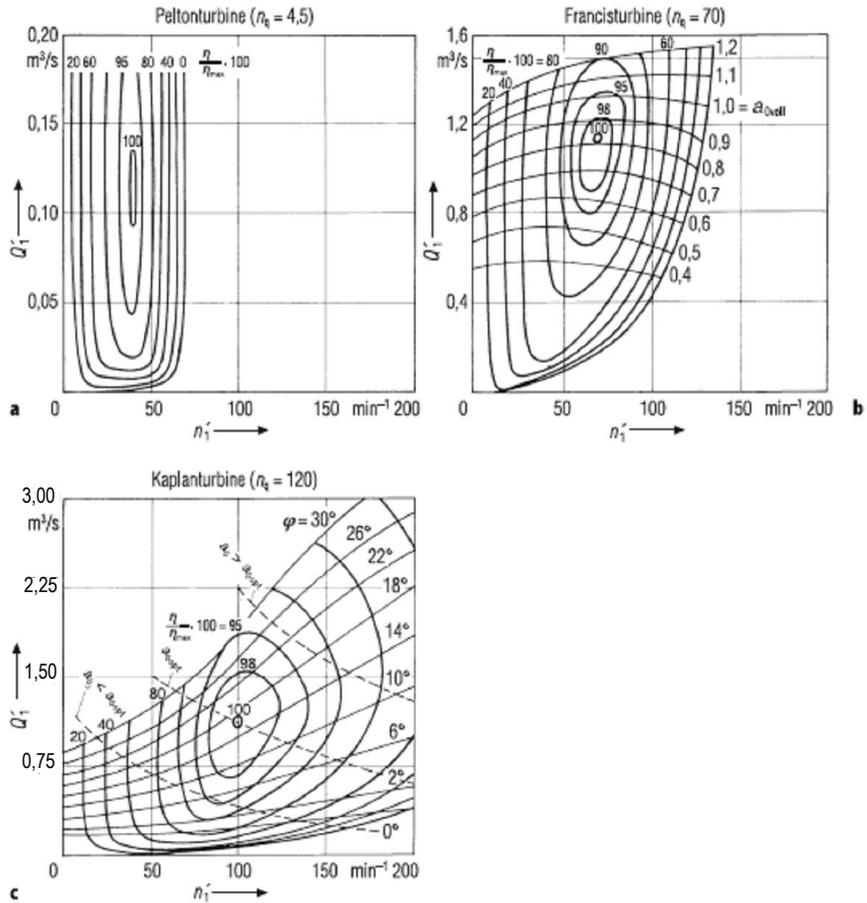
Hinweis: Verwenden Sie die beigelegten Muschelkurven.

- f. (6) Aufgrund eines Bestellfehlers wird ein Generator mit  $3/4$  der ursprünglichen Polpaarzahl geliefert. Um welchen **Faktor** ändert sich der **Turbinenwirkungsgrad** bei sonst gleichen Parametern?

Hinweis: Verwenden Sie die beigelegten Muschelkurven.

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / Matr.-Nr./KHz.: \_\_\_\_\_ /

Diagramme und Hilfestellungen für Beispiel 4



Formeln:

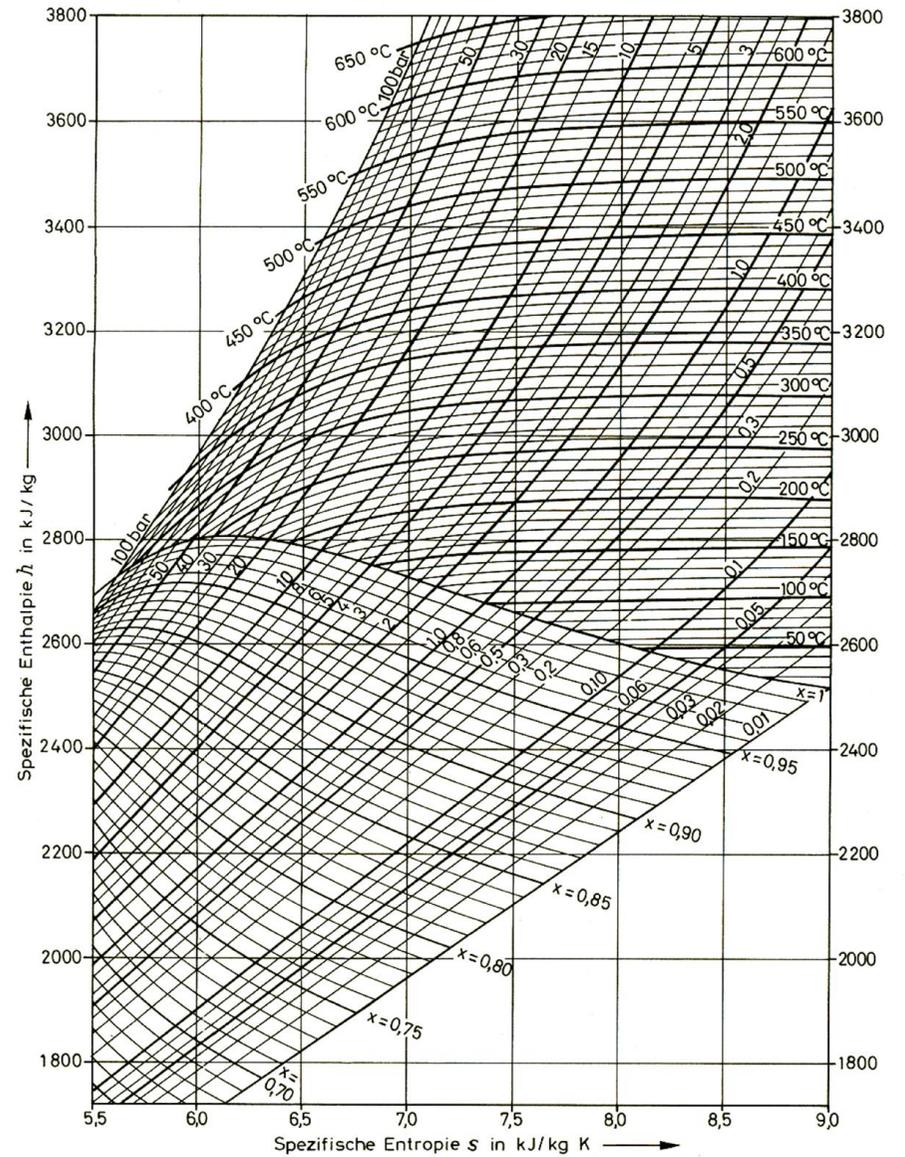
$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{\frac{Q}{m^3/s}}}{\left(\frac{H}{m}\right)^{3/4}}$$

$$Q_1 = \frac{Q}{\sqrt{\frac{H}{m} \left(\frac{D}{m}\right)^2}}$$

$$n_1 = \frac{n}{\frac{H}{m}} \left(\frac{D}{m}\right)$$

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / Matr.-Nr./KHz.: \_\_\_\_\_ /

Diagramm für Beispiel 1



Mollier-Diagramm