

## Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 29.04.2014

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

## 1. GuD Kraftwerk (25 Punkte)

Die Abnahmetests an einem Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) mit Fernwärmeauskopplung ergaben folgende spezifische Energiemengen:

Gasturbine (GT)		Dampfturbine (DT)	
Spez. Turbinenarbeit	453 kJ/kg	Spez. Turbinenarbeit	368 kJ/kg
Spez. Wärmezufuhr	604 kJ/kg	Spez. Kompressionsarbeit Speisewasserpumpe	20 kJ/kg
Ungenutzte spez. Wärmeabgabe an Umwelt	181 kJ/kg	Spez. Wärmeauskopplung Fernwärme	1300 kJ/kg
Spez. Wärmeabgabe für den Dampfprozess	252 kJ/kg	Wärmezufuhr der DT	2901 kJ/kg

Heizwert-Erdgas:  $H_{u,v} = 37\,350 \text{ kJ/m}^3$ Erdgasverbrauch:  $30\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  $c_{p(\text{Wasser})} = 4,2 \text{ kJ/(kg K)}$ 

- Bestimmen Sie den gesamten **Gasdurchsatz** in kg/s des Gasprozesses.
  - Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der **Gasturbine**.
  - Wie groß ist die spez. **Verdichterarbeit** des **Gasprozesses**?
  - Bestimmen Sie den gesamten **Wirkungsgrad** des **Dampfprozesses** (inkl. Fernwärmeauskopplung).
  - Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der gesamten **GuD-Anlage** (inkl. Fernwärmeauskopplung).
  - Bestimmen Sie das **Massenverhältnis** des **Gasturbinenprozesses** zum **Dampfturbinenprozess** und die **benötigte Speisewassermenge** in kg/s des Dampfprozesses.
- (4) Welcher **Massestrom** im **Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von  $100^\circ\text{C}$  und einer Rücklauftemperatur von  $60^\circ\text{C}$  die **eingestellte thermische Leistung** ausgekoppelt werden kann.

## 2. Vergleich Kohlekraftwerke und GuD (25 Punkte)

Das Fernheiz-Kraftwerk Mellach (Stmk) verfügt über eine elektrische Leistung von 246 MW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 40% und benötigt im Durchschnitt pro Jahr 450.000t Steinkohle (Heizwert: 33 MJ/kg). Als Steinkohleart wird Anthrazitkohle mit folgender Zusammensetzung, bezogen auf die Gesamtmasse, verwendet:

C: 91%      H: 4%      Asche: 4%      S: 1%

Atom und Molekulargewichte:

H: 1      C: 12      O: 16      S: 32

- Welche **Brennstoffzufuhr** ist für das Fahren unter Nennleistung notwendig?
- Welche **Volllaststundenzahl** ergibt sich im Durchschnitt?
- Welcher **Kohlenstoffmassenstrom** und **Schwefelmassenstrom** ergibt sich im Abgas bei Nennleistung?
- Welcher **Kohlendioxidausstoß** ( $\text{CO}_2$ ) erfolgt bei Nennleistung?

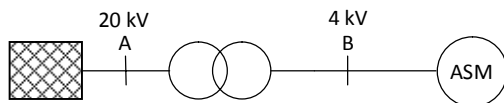
Alternativ soll ein mit Erdgas (Heizwert: 38,5 MJ/kg) befeuertes GuD mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 58% und gleicher Nennleistung betrachtet werden. Das eingesetzte Erdgas setzt sich aus folgenden Bestandteilen, bezogen auf die Gesamtmasse, zusammen:

C: 82 %      H: 18 %

- Welcher **Kohlendioxidausstoß** ( $\text{CO}_2$ ) erfolgt bei diesem Kraftwerk bei Nennleistung?
- Wie ist das **Verhältnis** der  $\text{CO}_2$ -**Emissionen** der beiden Kraftwerke?

3. Eigenbedarf eines Kraftwerks (25 Punkte)

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



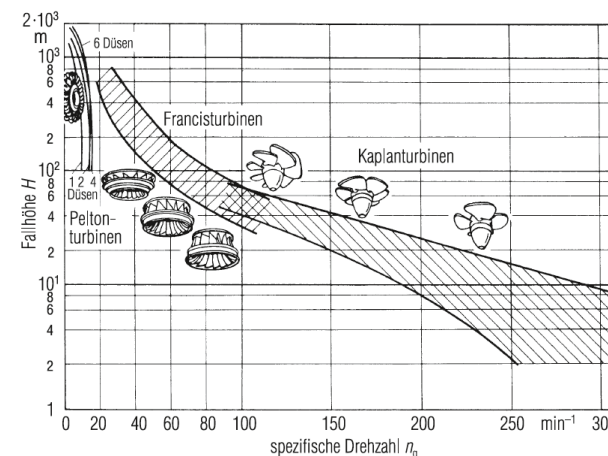
Eigenbedarfsnetz-Netz	Transformator	Asynchronmotor
$S_k'' = 100 \text{ MVA}$	$u_k = 15 \%$	$S_N = 1,41 \text{ MW}; \cos \varphi_N = 0,85 \text{ ind.}$
$R_N = 0 \Omega$	$\frac{R}{X} = 0$	$\frac{I_a}{I_N} = 5; \cos \varphi_A = 0$
$c = 1,1$	$S_N = 5 \text{ MVA}$	$\frac{R_M}{X_M} = 0,1$

- (3) Wie groß ist die **mechanische Leistung** der **Speisewasserpumpe** bei einem elektrischen Wirkungsgrad des Motors von 97%.
- (4) Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene B?
- (6) Wie groß ist der **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene B beim Anlauf des Motors?
- (6) Wie groß darf die **bezogene Kurzschlussspannung** des **Transformators** höchstens sein, damit beim Anlauf des Motors des Spannungseinbruch an der Sammelschiene B unter 15% bleibt?
- (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 10% 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  $Q_N = 88,8 \text{ m}^3/\text{s}$  über eine Fallhöhe  $H$  von 40 m abarbeiten. Dabei soll ein Turbinen-Generatorsatz mit einer synchronen Drehzahl von  $211 \text{ min}^{-1}$  angetrieben werden.

- (4) Wie groß ist die **spezifische Drehzahl** der Turbine?
- (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:



- (4) Wie groß ist der **Turbinenwirkungsgrad** bei einer mechanischen Turbinenleistung  $P_t = 29,17 \text{ MW}$ , wenn der hydraulische Wirkungsgrad  $\eta_H = 93\%$  beträgt?
- (4) Welche **elektrische Leistung** weist der Turbinen-Generatorsatz auf, wenn die folgenden Wirkungsgrade gegeben sind:

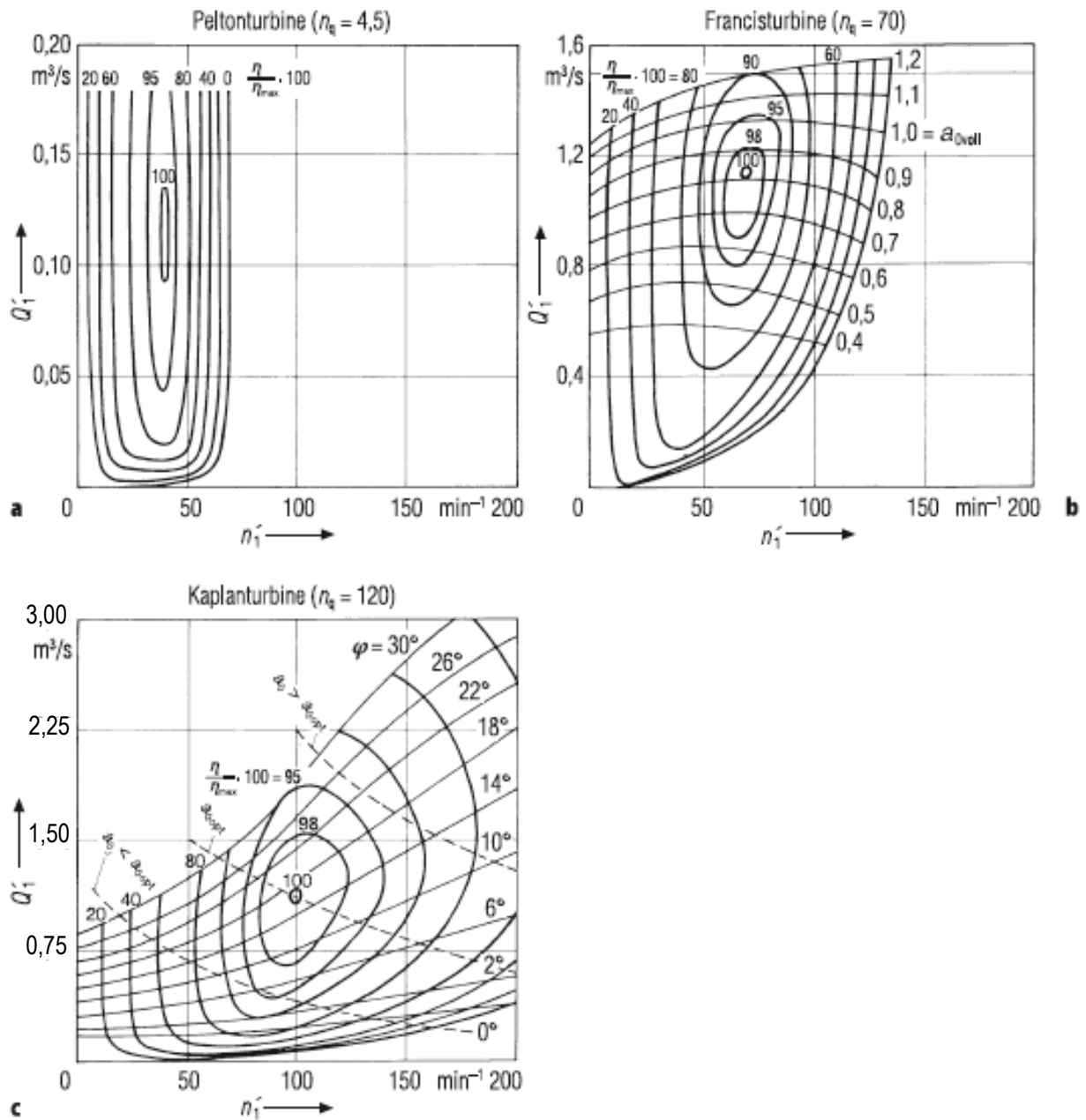
Generatorwirkungsgrad	$\eta_G = 98\%$
Eigenbedarf	$\epsilon = 2,5\%$

- (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.
- (6) Aufgrund eines Bestellfehlers wird ein Generator mit  $2/3$  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./Knz.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Diagramme und Hilfestellungen für Beispiel 4**



Formeln:

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

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

$$n_i = \frac{n}{\sqrt{\frac{H}{\text{m}}}} \left(\frac{D}{\text{m}}\right)$$