

Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 28.04.2015

Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knz.: _____ / _____

1. Auslegung eines Dampfkraftwerks (25 Punkte)

Ein Dampfkraftwerk soll grob ausgelegt werden. Die Dampfturbine ist zweiteilig. Nach Durchlaufen der ersten Turbine wird der Dampf in einem Zwischenüberhitzer auf die Frischdampf Temperatur zwischenüberhitzt. Die Speisewasserpumpe sitzt auf der gemeinsamen Welle und die von ihr verrichtete Arbeit ist in diesem Beispiel bei allen Rechengängen zu berücksichtigen. Als Vergleichsprozess soll der ideale Clausius-Rankine-Prozess herangezogen werden.

- a. (3) Gegeben sind folgende Werte einer Momentaufnahme eines Kohlekraftwerkes. **Vervollständigen** Sie folgende Tabelle, soweit es **ohne Berechnung** möglich ist.

Hinweis: ein Feld kann ohne Bearbeitung der folgenden Teilaufgaben noch nicht befüllt werden!

Nr.	Komponente	Temperatur danach	Druck danach
5	Kondensator		
6	Speisewasserpumpe	46,135 ° C	
7	Vorwärmer	311 ° C	
8	Verdampfer		
1	Überhitzer	500° C	100bar
2	Hochdruckturbine		20 bar
3	Zwischenüberhitzer		
4	Niederdruckturbine		0,1 bar

- b. (6) Tragen Sie die **Punkte 1–8** aus obiger Tabelle in das beiliegende **T-s Diagramm** ein. **Vervollständigen** Sie anschließend das T-s Diagramm.
- c. (3) Berechnen Sie den **Dampfgehalt** in % vor dem Kondensator.
- d. (3) Berechnen Sie die spezifische **Arbeit** zur Verdichtung durch die **Speisewasserpumpe**.
- Hinweis: im Fall dass die Werte aus der Dampftabelle nicht abgelesen werden können, können die nächstgelegenen aus der Dampftabelle herangezogen werden
- e. (5) Berechnen sie den **Wirkungsgrad** des Kreisprozesses mit Zwischenüberhitzung.
- f. (5) Welche **Speisewassermenge** in kg/h ist für die Verbrennung von 21,23 kg/s Steinkohle notwendig, unter der Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrades von 97%? Der Heizwert von Steinkohle beträgt 33 MJ/kg.

2. GuD Kraftwerk (25 Punkte)

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

Gasturbine GT		Dampfturbine DT	
Spez. Verdichterarbeit	325 kJ/kg	Spez. Turbinenarbeit	688 kJ/kg
Spez. Turbinenarbeit	745 kJ/kg	Spez. Kompressionsarbeit -Speisewasserpumpe	18 kJ/kg
Spez. Wärmezufuhr	1035 kJ/kg	Spez. Wärmeauskopplung Fernwärme	410 kJ/kg
Spez. Wärmeabgabe	615 kJ/kg	Wärmezufuhr der DT = 70% Wärmeabgabe der GT	

Massen- und Stoffänderungen in der Brennkammer sollen vernachlässigt werden. Die Massenverhältnisse des Gasturbinenprozesses mit dem Dampfturbinenprozess sind im Verhältnis 4:1. Der elektrische Wirkungsgrad des Generators ist 97%.

Heizwert-Erdgas: $H_{V} = 35\,800 \text{ kJ/m}^3$

- a. (4) Zeichnen Sie das **Ersatzschaltbild** des kombinierten Gas- und Dampfprozesses und **beschriften** Sie die Symbole.
- b. (3) Bestimmen Sie den **elektrischen Wirkungsgrad** der **Gasturbine**.
- c. (5) Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad der Dampfturbine mit und ohne Fernwärmeauskopplung**.
- d. (5) Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad der gesamten GuD-Anlage mit und ohne Fernwärmeauskopplung**.
- e. (4) Welche **Brennstoffmenge** (m^3/h) ist für eine elektrische **Gesamtleistung** (GuD) von **200 MW** nötig?
- f. (4) Welche **Brennstoffmenge** (m^3/h) muss bei der Gasturbine erfolgen, um eine **effektive Fernwärmeauskopplung von 65 MW** zu erzielen?

3. Abgasstrom eines Gaskraftwerks (25 Punkte)

Ein mit Erdgas betriebenes Kraftwerk weist im Abgasstrom folgende Masseanteile der einzelnen Komponenten auf:

$\dot{m}_{CO_2} = 5,89 \text{ kg/s}$	$cp = 1,058 \text{ kJ/kgK}$
$\dot{m}_{H_2O} = 4,819 \text{ kg/s}$	$cp = 2,073 \text{ kJ/kgK}$
$\dot{m}_{O_2} = 3,425 \text{ kg/s}$	$cp = 1,015 \text{ kJ/kgK}$
$\dot{m}_{N_2} = 39,46 \text{ kg/s}$	$cp = 1,096 \text{ kJ/kgK}$

Hinweise:

Molmassen (alle in kg/kmol):	C: 12; H: 1; O: 16; N: 14
Avogadro:	$V_m = 22,4136 \text{ Liter pro mol bei Normalbedingungen}$
Heizwert-Erdgas:	$Hi,V = 35800 \text{ kJ/m}^3$
Luft:	$\sim 21\%V O_2; \sim 79\%V N_2$

- Wie groß ist der Luftvolumenstrom $\dot{V}_{Luft} [m^3/s]$, welcher der Verbrennung zugeführt wird?
- Mit welcher Luftüberschusszahl λ wird der Kessel betrieben?
- Wie groß ist der Brennstoffvolumenstrom $\dot{V}_{CH_4} [m^3/s]$?
- Wie groß ist die thermische Kesselleistung P_{th} in $[MW]$?
- Welche Verbrennungstemperatur stellt sich ein?
- Wie ändert sich die Verbrennungstemperatur, wenn die Luftüberschusszahl auf $\lambda = 2,4$ erhöht wird?

4. Auslegung eines Wasserkraftwerks (25 Punkte)

Ein Wasserkraftwerk mit einer Fallhöhe von 900m wird mit einer Pelton turbine projiziert.

- Welche **Wassermenge Q** in $[m^3/s]$ ist für eine elektrische Leistung von 50 MW erforderlich, wenn die folgenden Wirkungsgrade vorgegeben sind:

Hydraulischer Wirkungsgrad der Turbine	$\eta_H = 92\%$
max. Turbinenwirkungsgrad	$\eta_T = 90\%$
Generatorwirkungsgrad	$\eta_G = 98\%$
Eigenbedarf	$\epsilon = 2,5\%$

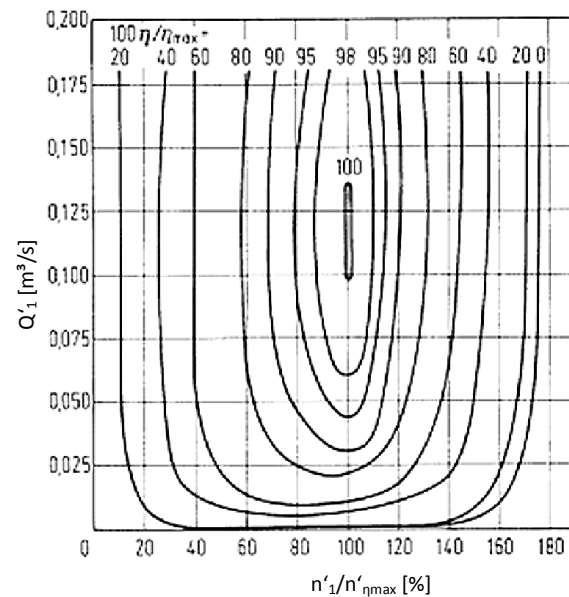
Die Turbine soll für eine mittlere Wassermenge Q von $7 \text{ m}^3/s$ und ein 50Hz Netz ausgelegt werden:

- Welche **Polpaarzahl** müsste ein Synchrongenerator aufweisen, damit die Turbine, deren Kennfeld unten gegeben ist, verwendet werden kann?
- Welchen **Durchmesser** hat diese Turbine für einen optimalen Betrieb?
- Welche **Drehzahl** wäre für diese Turbine optimal?

Aufgrund eines Bestellfehlers wird ein 8-poliger ($p = 4$) Synchrongenerator installiert.

- Welcher **Turbinenwirkungsgrad** würde sich bei sonst gleichen Parametern einstellen? (in das Kennfeld einzeichnen!)
- Welche **elektrische Leistung** würde sich mit diesem Wirkungsgrad ergeben?

Wasserturbinen-Kennfeld einer Pelton turbine
 $n_q = 16 \text{ min}^{-1}, n'_{\eta_{max}} = 46 \text{ min}^{-1}$



Hilfestellungen:

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

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

$$n'_1 = \frac{n}{\sqrt{H}} \left(\frac{D}{m}\right)$$