

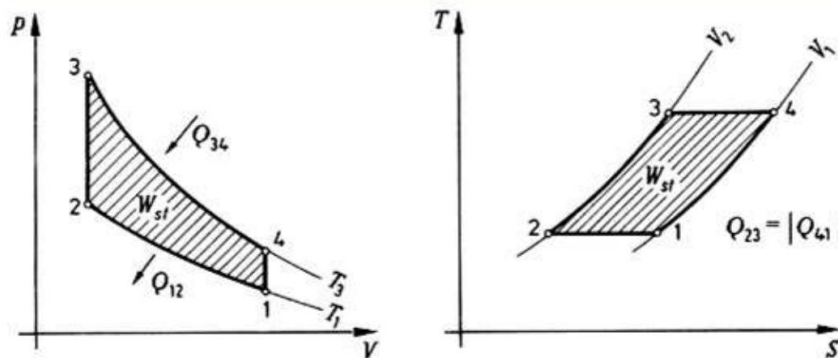
Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus VO Kraftwerke am 10.11.2015

Hinweis: Bei den Berechnungen wurden alle Zwischenergebnisse in der technischen Notation¹ (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. 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?

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

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

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

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

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

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

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

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

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche_Notation

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

$$T_3 = 62,556 \text{ K}$$

(4.6)

2. GuD Kraftwerk

a. Bestimmen Sie den gesamten **Gasdurchsatz** in kg/s des Gasprozesses.

$$P_{th} = 515,315 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.7)$$

b. Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der **Gasturbine**.

$$\eta_{GT} = 0,283 [28,3\%] \quad (4.8)$$

c. Wie groß ist die spez. **Verdichterarbeit** des **Gasprozesses**?

$$w_{zu} = 282 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (4.9)$$

d. Bestimmen Sie den gesamten **Wirkungsgrad** des **Dampfprozesses** (inkl. Fernwärmeauskopplung).

$$\eta_{DT} = 0,568 [56,8\%] \quad (4.10)$$

e. Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der gesamten **GuD-Anlage** (inkl. Fernwärmeauskopplung).

$$\eta_{GUD} = 0,52 \quad (4.11)$$

f. Bestimmen Sie das **Massenverhältnis** des **Gasturbinenprozesses** zum **Dampfturbinenprozess** und die **benötigte Speisewassermenge** in kg/s des Dampfprozesses.

$$\frac{\dot{m}_{\text{Gdurchsatz}}}{\dot{m}_{\text{Dampf}}} = 11,512 \quad (4.12)$$

g. Welcher **Massestrom** im **Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von 100°C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C die **eingestellte thermische Leistung** ausgekoppelt werden kann.

$$\dot{m}_{\text{Wasser}} = 346,38 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.13)$$

3. Abgasstrom eines Gaskraftwerks

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

$$\dot{V}_{Luft} = 1,157 \cdot 10^3 \frac{m^3}{s} \quad (2.1)$$

b. Mit welcher **Luftüberschusszahl** λ wird der Kessel betrieben?

$$\lambda = 1,493 \quad (2.2)$$

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

$$\dot{V}_{CH_4} = 50,134 \frac{m^3}{s} \quad (2.3)$$

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

$$P_{th} = 1,794 \cdot 10^3 \text{ MW} \quad (2.4)$$

e. Wie groß ist der **elektrische Wirkungsgrad** in [%]?

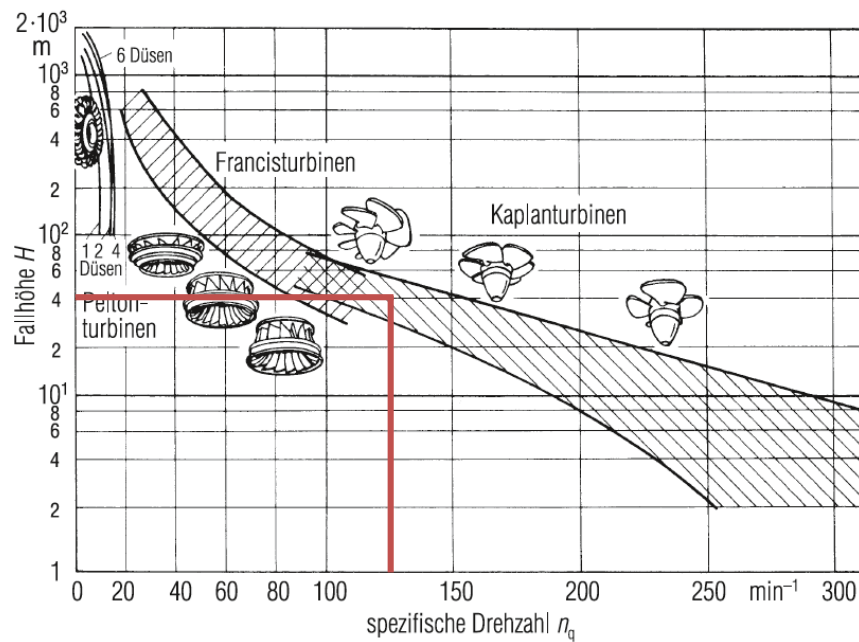
$$\eta_{el} = 39,019\% \quad (2.5)$$

4. Auslegung einer Turbine für ein Wasserkraftwerk

g. Wie groß ist die **spezifische Drehzahl** der Turbine?

$$n_q = 125,00 \text{ min}^{-1} \quad (2.6)$$

h. 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:



➔ Auswahl: Kaplan turbine

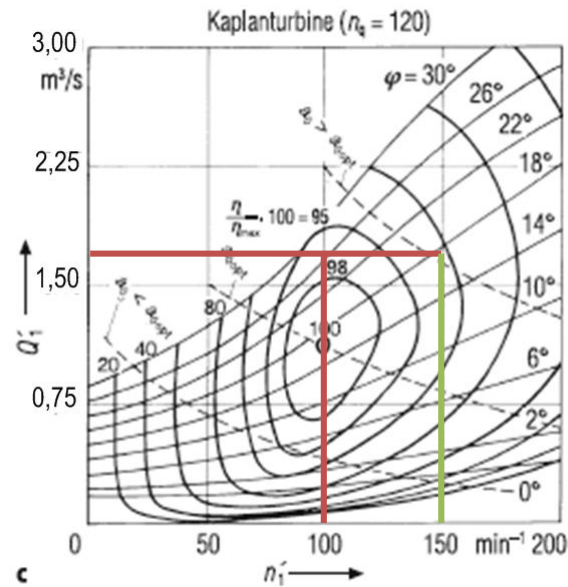
i. Wie groß ist der **Turbinenwirkungsgrad** bei einer mechanischen Turbinenleistung $P_t = 29,17 \text{ MW}$, wenn der hydraulischer Wirkungsgrad $\eta_H = 93\%$ beträgt?

$$P_t = 900,02 \cdot 10^{-3} \quad (2.7)$$

j. Welche **elektrische Leistung** weist der Turbinen-Generatorsatz auf, wenn die folgenden Wirkungsgrade gegeben sind:

$$P_{el} = 27,87 \text{ MW} \quad (2.8)$$

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



$$\frac{D}{m} = 3,00 \tag{2.9}$$

l. Aufgrund eines Bestellfehlers wird ein Generator mit $2/3$ der ursprünglichen Polpaarzahl geliefert. Um welchen **Faktor** ändert sich der **Turbinenwirkungsgrad** bei sonst gleichen Parametern?

$$\begin{aligned} \frac{\eta}{\eta_{\max, \text{alt}}} &= 96,5\% \\ \frac{\eta}{\eta_{\max, \text{neu}}} &= 91\% \\ \Rightarrow \eta_{T, \text{neu}} &= 94,3\% \cdot \eta_{T, \text{alt}} \end{aligned} \tag{2.10}$$

Der Turbinenwirkungsgrad nimmt um 5,7% ab!