

Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 10.10.2016

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

1. Beispiel 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 Frischdampf­temperatur 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: Für die Enthalpie im überhitzten Dampfzustand bei 20bar, 226°C können Sie $h=2798.4\text{kJ/kg}$ annehmen.

| Nr. | Komponente | Temperatur danach | Druck danach |
|-----|--------------------|-------------------|--------------|
| 5 | Kondensator | | |
| 6 | Speisewasserpumpe | 81,8 ° C | |
| 7 | Vorwärmer | 311 ° C | |
| 8 | Verdampfer | | |
| 1 | Überhitzer | 450° C | 100bar |
| 2 | Hochdruckturbine | | 20 bar |
| 3 | Zwischenüberhitzer | | |
| 4 | Niederdruckturbine | | 0,5 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. (5) Berechnen Sie den **Dampfgehalt** in % vor dem Kondensator und bewerten Sie das Ergebnis (im Hinblick auf die Turbinenschaufeln).
- d. (3) Berechnen Sie die spezifische Arbeit zur Verdichtung durch die Speisewasserpumpe.
- e. (2) Berechnen Sie die spezifische Energie, welche maximal zur Fernwärmeauskopplung herangezogen werden könnte.
- f. (6) Berechnen sie den **Wirkungsgrad** des Kraftwerks mit Zwischenüberhitzung und unter Annahme, dass die Fernwärmeauskopplung aus e mit einem Wirkungsgrad von 75% arbeitet. Der Kessel- und Generatorwirkungsgrad kann mit 100% angenommen werden.

2. Kohlekraftwerk mit Entschwefelung (25 Punkte)

Das Fernheiz-Kraftwerk Mellach (Stmk) verfügt über eine elektrische Leistung von 246 MW bei einem Wirkungsgrad (elektrisch) von 40% und benötigt im Durchschnitt pro Jahr 400.000t Steinkohle (Heizwert: 30 MJ/kg)

- a. (5) Welche **Brennstoffzufuhr** ist für das Fahren unter Nennleistung notwendig?
- b. (5) Welche **Volllaststundenzahl** ergibt sich im Durchschnitt?

Die verwendete Steinkohle habe einen durchschnittlichen Schwefelgehalt von $a_s = 1\%$

- c. (6) Welcher **Schwefelmassenstrom** ergibt sich im Abgas bei Nennleistung?

Das Kraftwerk verfügt über eine Rauchgasentschwefelungsanlage (REA), welches ein Nassentschwefelungsverfahren mit 90 % Schwefeldioxid-Abscheidegrad verwendet und das Schwefeldioxid (SO_2) durch chemische Reaktion mit Kalk in Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) verwandelt.

Atom und Molekulargewichte:

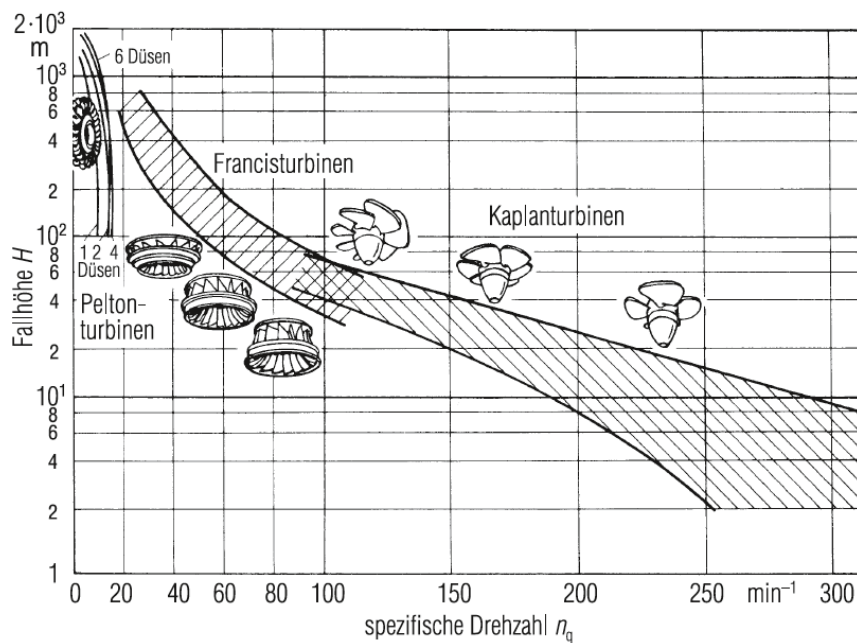
H: 1 C: 12 O: 16 S: 32 Ca: 40

- d. (5) Welche **Gipsmenge** und **Volumen** fällt pro Stunde bei Volllast an ($\rho_{\text{Gips}} = 2,3 \text{ t/m}^3$)?
- e. (4) Wie viele **LKW-Fahrten** sind **pro Jahr** nötig, um die, bei oben angegeben Jahresbedarf an Steinkohle, anfallende Gipsmenge abzutransportieren (Nutzlast eines LKW = 20t)?

3. 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 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 hydraulischer 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 | $\varepsilon = 2,5\%$ |

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

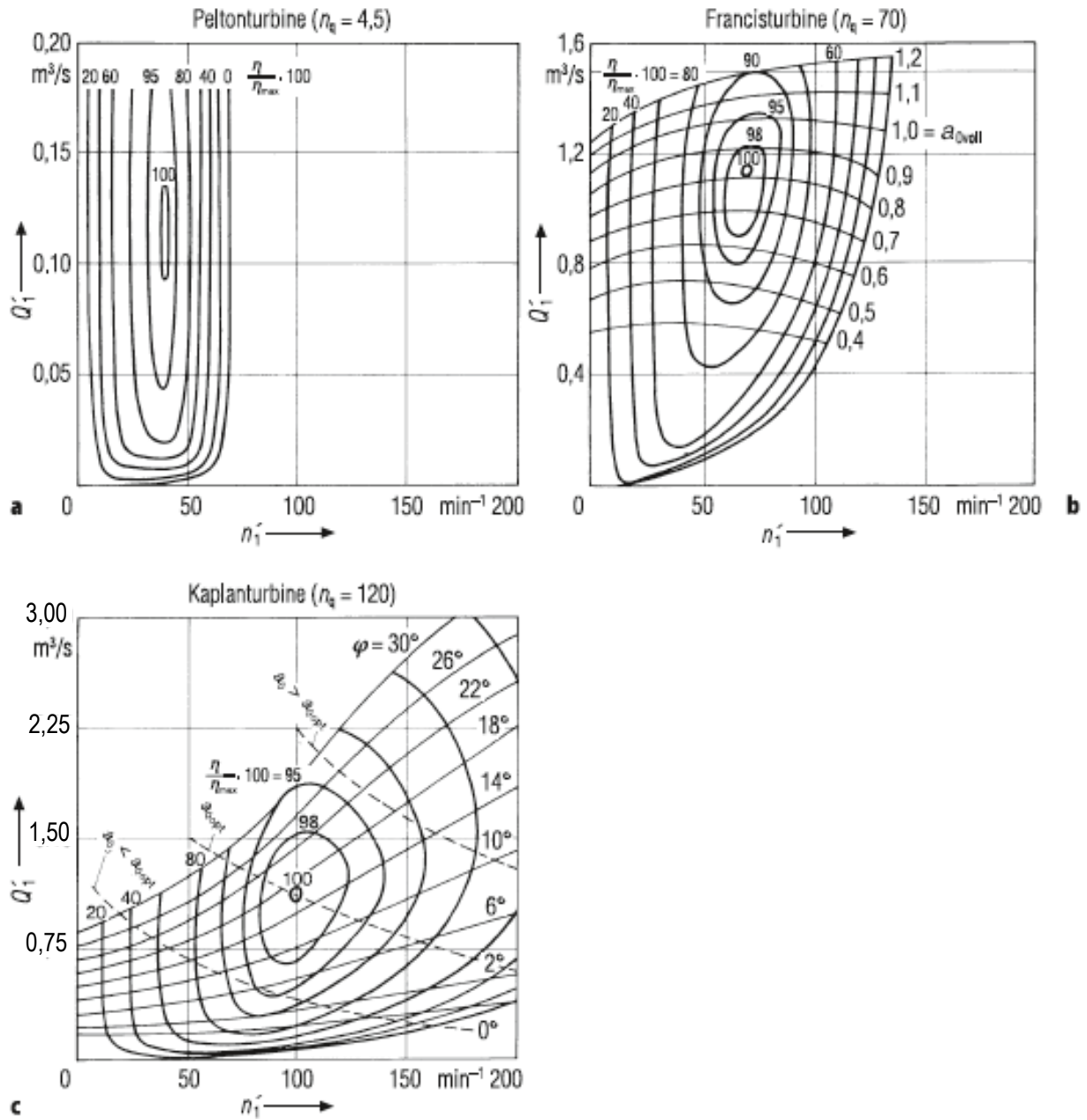
Hinweis: Verwenden Sie die beigelegten Muschelkurven.

- (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 3



Formeln:

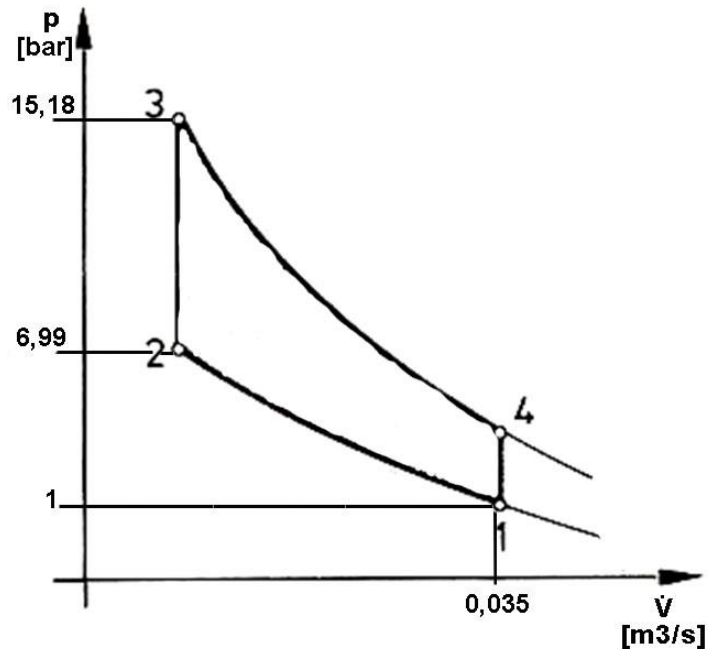
$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{\frac{Q}{m^3/s}}}{\left(\frac{H}{m}\right)^{3/4}}$$

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

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

4. Stirlingmotor (25 Punkte)

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Als thermische Quelle wird ein Holzofen verwendet, in den der obere Zylinderteil hineinragt. Der untere Druck ist 1 bar = 10^5 N/m^2 . Der Massestrom, der im Motor bewegt wird beträgt 0,036 kg/s.



Das im Motor befindliche Arbeitsmedium Luft soll durch seine spezielle Gaskonstante $R = 287,2 \text{ J/(kg K)}$ bei 0°C und 1 bar dargestellt werden.

- (3) Wie groß ist die erforderliche **untere Temperatur**?
- (6) Wie groß sind der erforderliche **Volumenstrom in Punkt 3** und die erforderliche **obere Temperatur**?
- (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?
- (3) Wie groß ist das **Arbeitsverhältnis**?
- (3) Wie groß ist die **Wellenleistung**?
- (3) Wie groß ist die **Heizleistung des Kühlwasserkreislaufs (P_{ab})**?
- (4) Wie **viele Pole** soll der verwendete Generator aufweisen, wenn das Volumen vor der Verdichtung 3,5l beträgt?