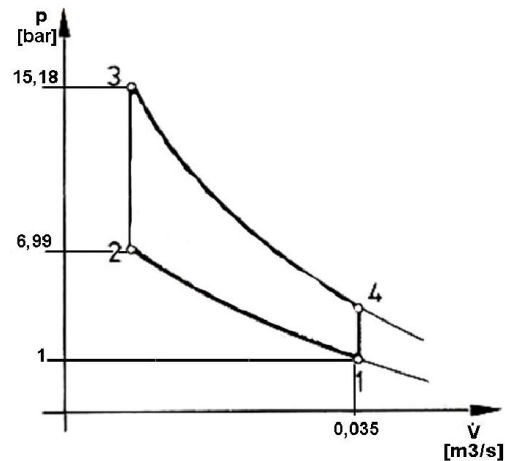


Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 24.06.2015

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

1. 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/m². Der Massestrom, der im Motor bewegt wird beträgt 0,036 kg/s.



Das im Motor befindliche Arbeitsmedium Luft soll durch seine spezielle Gaskonstante $R = 287,2$ 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?

2. Heizkraftwerk (25 Punkte)

Ein Heizkraftwerk arbeitet nach dem **Gegendruckprinzip** und weist **nach dem Kondensator** im Dampfturbinenkreis eine Temperatur von **99,61°C** auf. Der **Wassergehalt** im Dampf vor dem Kondensator beträgt **5%**. Der Druck am Turbineneingang beträgt **100 bar**.

Wirkungsgrade:

Kesselwirkungsgrad:	85,0%
Turbinen- und Generatorwirkungsgrad:	91,0%
Heizungswirkungsgrad (Wärmetauscher):	80,0%

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.

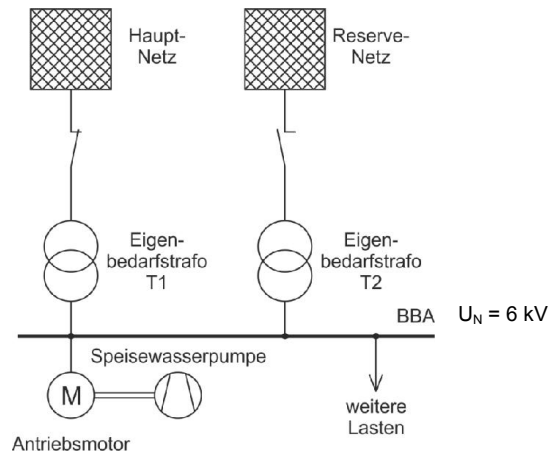
Hinweise: Die Fernwärmeentnahme findet ausschließlich beim isobaren Übergang statt.

Der Heizwert von Steinkohle beträgt 33 MJ/kg.

- (3) Zeichnen Sie das **h-s Diagramm** des Dampfkreisprozesses und **kennzeichnen** Sie jeweils den **Bereich der Fernwärmeentnahme** und beschriften Sie die **thermodynamisch relevanten Punkte**.
- (6) Bestimmen Sie den **Druck**, die **Enthalpie** und die **Entropie** für alle thermodynamisch relevanten Punkte des Kreisprozesses.
- (3) Bestimmen Sie den **Gesamt-Wirkungsgrad** des Gegendruck-Heizkraftwerkes (inkl. Fernwärmeauskopplung).
- (6) Welche **elektrische Leistung** kann mit der der Kohlemenge von **99 536 kg/h** produziert werden?
- (3) Welche **thermische Heizleistung des Fernheizkreises** kann mit der Kohlemenge aus c) ausgekoppelt werden?
- (4) Welcher **Massestrom im Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauf-temperatur von 95°C und einer Rücklauf-temperatur von 50 °C eine Heizleistung von **450MW** ausgekoppelt werden kann? (Spezifische Wärmekapazität von Wasser ist $c_p = 4,18$ kWs/kgK)

3. Eigenbedarf (25 Punkte)

Gegeben ist folgendes vereinfacht dargestelltes Eigenbedarfssystem eines Kraftwerkes.



Trafo T1 und T2: $S_N = 28 \text{ MVA}$; $u_k = 13\%$

Speisewasserpumpe: $P_{FWP} = 4,4 \text{ MW}$ (mechanische Wellenleistung im Normalbetrieb)

Motor: $U_N = 6 \text{ kV}$; $\eta = 0,95$; $\cos \varphi = 0,88$; $I_A/I_N = 5,5$
Beim Anlauf: $\cos \varphi_A = 0,18$

Weitere Lasten: $S_{NEB} = 5 \text{ MVA}$; $\cos \varphi_{EB} = 0,91$; $I''_{KEB} = 4,3 \text{ kA}$

- Bestimmen Sie die **Scheinleistung** und den **Nennstrom** des Antriebsmotors für die Kesselspeisepumpe. Berücksichtigen Sie dabei, dass der Motor aus Gründen der Redundanz auf die doppelte Wellenleistung ausgelegt ist.
- Bestimmen Sie den **Anlaufstrom** des Antriebsmotors bei Nennbedingungen und damit den Kurzschlussstrombeitrag.
- Schätzen Sie den **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene BBA ab, wenn entweder aus dem Haupt- oder aus dem Reservenetz gespeist wird. Nehmen sie dazu an, dass die Kurzschlussleistung des Haupt- bzw. Reservenetzes unendlich groß ist.
- Berechnen Sie die **Resistanz** und die **Reaktanz** des anlaufenden Motors.
- Schätzen Sie den **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene BBA ab, wenn alle anderen Lasten abgeschaltet sind und der Motor für die Kesselspeisepumpe anläuft. Vor Zuschaltung des Motors wird dabei die Spannung an der Sammelschiene BBA über den Stufensteller des speisenden Trafos auf 108% geregelt. Vernachlässigen Sie dazu den resistiven Anteil der Trafoimpedanz.

4. Vergleich Kohlekraftwerke und GuD (25 Punkte)

Ein Fernheiz-Kraftwerk verfügt über eine elektrische Leistung von 300 MW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 40% und benötigt im Durchschnitt pro Jahr 500.000t 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 **Kohlendioxidaustoß** (CO_2) erfolgt bei Nennleistung?

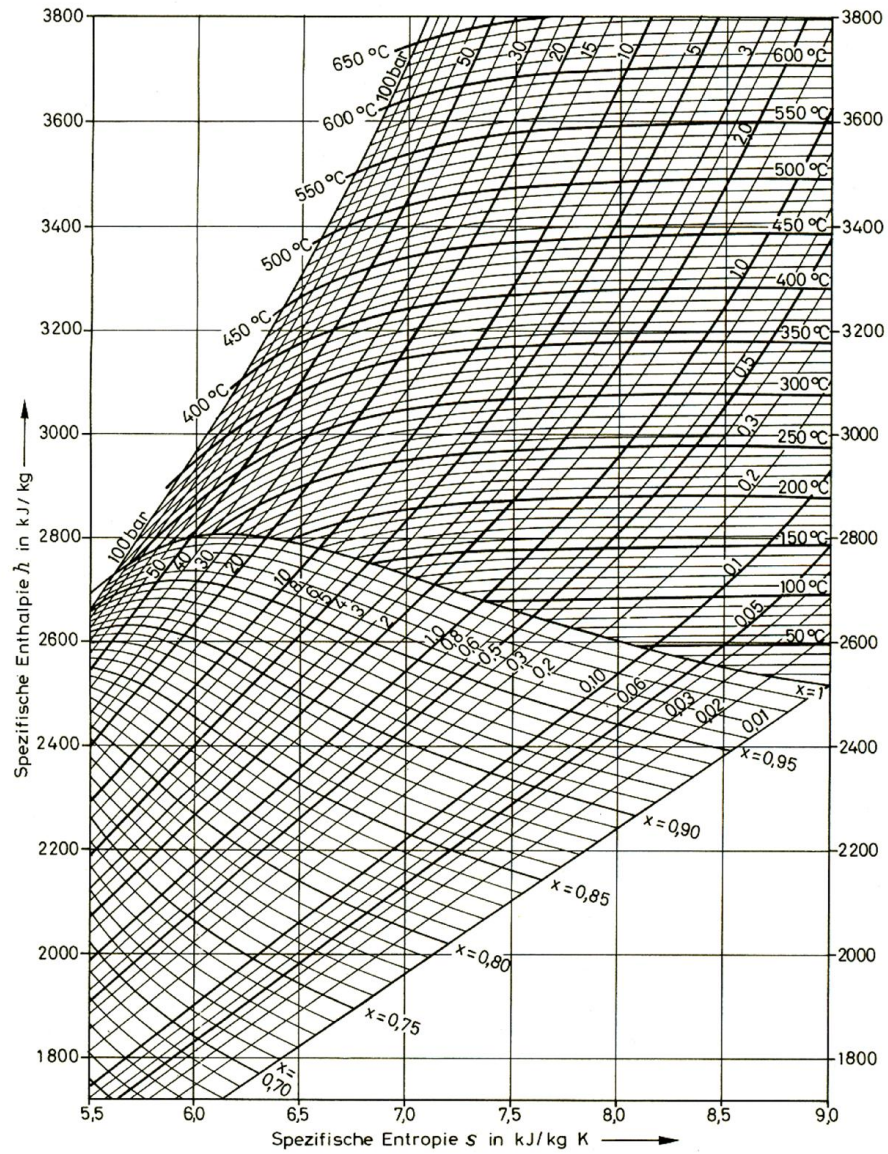
Alternativ soll ein mit Erdgas (Heizwert: 38,5 MJ/kg) befeuertes GuD mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 58% und gleicher Nennleistung betrachtet werden. Das eingesetzte Erdgas setzt sich aus folgenden Bestandteilen, bezogen auf die Gesamtmasse, zusammen:

C: 82 % H: 18 %

- Welcher **Kohlendioxidaustoß** (CO_2) erfolgt bei diesem Kraftwerk bei Nennleistung?
- Wie ist das **Verhältnis der CO_2 -Emissionen** der beiden Kraftwerke?

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

Diagramm für Beispiel 2



Mollier-Diagramm