

Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 02.10.2014

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

1. Dampfkraftwerk (25 Punkte) Tabelle und Diagramm

Ein Dampfkraftwerk mit einer zweiteiligen Dampfturbine und Zwischenüberhitzung soll grob ausgelegt werden. Die Speisewasserpumpe sitzt auf der gemeinsamen Welle und die von ihr verrichtete Arbeit ist in diesem Beispiel bei allen Rechengängen zu berücksichtigen.

Gegeben sind die folgenden Daten:

Austrittsdruck nach Turbine 2: **0,1 bar**

10% Wassergehalt im Dampf

Spezifische Arbeit der Speisewasserpumpe: **17,67 kJ/kg**

Nach der Vorerwärmung beträgt die Entropie: **3,84 kJ/kgK**

Eintrittstemperatur in die Hochdruckturbine: **560°C**

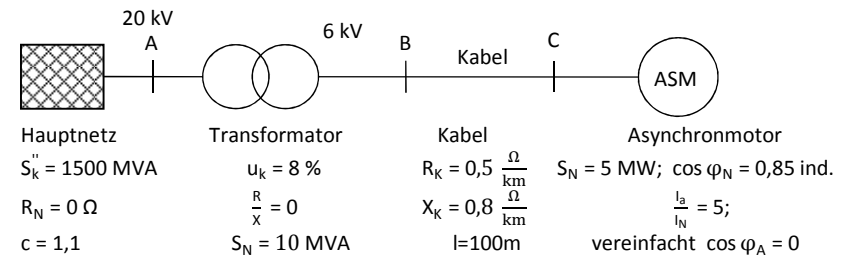
Druckverluste in den Rohr- und Wärmetauschsystemen sind zu vernachlässigen.

Hinweis: Die Lösungen können tlw. aus dem T,s-Diagramm gewonnen werden. Werte für weitere Berechnungen/Bestimmungen sind aus den Dampftabellen zu entnehmen.

- (3) Zeichnen Sie ein **Ersatzschaltbild** des **Dampfkreisprozesses** und beschriften Sie die thermodynamisch relevanten Punkte.
- (2) Zeichnen Sie in das **T,s-Diagramm** die thermodynamischen Zustände nach der Niederdruckturbine und vor der Speisewasserpumpe ein.
- (3) Wie hoch ist der **Druck** nach der **Speisewasserpumpe**?
- (3) Wie hoch ist die **Temperatur** nach der Vorwärmung des Wassers?
- (3) Der Dampfstrom wird in der Hochdruckturbine so entspannt das sich danach eine Temperatur von 232°C einstellt. Bestimmen Sie den **Druck** nach der Hochdruckturbine.
- (3) Welche **Temperatur** herrscht nach der Zwischenüberhitzung?
- (3) Wie groß ist die spezifische **Arbeit** des **Zwischenüberhitzers**?
- (5) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** des Kraftwerkes?

2. Eigenbedarf eines Kraftwerkes (25 Punkte)

Ein Asynchronmotor eines Wärmekraftwerks wird für den Antrieb der Speisewasserpumpen durch das Haupt- und Reservenetz versorgt. Für die Berechnungen des Eigenbedarfsnetzes soll nur das Hauptnetz herangezogen werden.



- (3) Wie groß ist die **mechanische Leistung** der **Speisewasserpumpe** bei einem elektrischen Wirkungsgrad des Motors von 97%.
- (6) Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene C unter Berücksichtigung des Kurzschlussstrombeitrags des Motors (entspricht dem Anlaufstrom)? Ist eine 13kA Schaltanlage ausreichend?
- (6) Wie groß ist der **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene C beim Anlauf des Motors?

Hinweis: Vernachlässigen Sie den Widerstandsbelag des Kabels für die weiteren Unterpunkte.

- (6) Wie groß darf die **bezogene Kurzschlussspannung** des **Transformators** höchstens sein, damit beim Anlauf des Motors des Spannungseinbruch an der Sammelschiene C unter 15% bleibt?
- (4) Eine alternative Maßnahme zur Spannungsbegrenzung beim Anlauf des Motors stellt das automatische Zuschalten einer **Kondensatorbatterie** an der Sammelschiene C dar, die die Gesamtreaktanz verringert. Wie groß muss dann die **resultierende Gesamtreaktanz** beim Anlauf des Motors sein, damit der Spannungseinbruch am Sammelschiene C 15% nicht überschreitet?

3. Gaskraftwerk (25 Punkte)

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

$$\dot{m}_{CO_2} = 53,50 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 43,77 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{O_2} = 54,47 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{N_2} = 435,44 \text{ kg/s}$$

Hinweise:

Molmassen (alle in kg/kmol): C: 12; H: 1; O: 16; N: 14

Molares Normvolumen: $V_m = 22,4136$ Liter pro mol bei Normalbedingungen

Heizwert-Erdgas: $H_{u,v} = 35800$ kJ/m³

Zusammensetzung Luft: ~21%_v O₂; ~79%_v N₂

- (7) Wie groß ist der **Luftvolumenstrom** \dot{V}_{Luft} [m³/s], welcher der Verbrennung zugeführt wird?
- (7) Mit welcher **Luftüberschusszahl** λ wird der Kessel betrieben?
- (7) Wie groß ist der **Brennstoffvolumenstrom** \dot{V}_{CH_4} [m³/s]?
- (4) Wie groß ist die **thermische Kesselleistung** P_{th} in [MW]?

4. Stirlingmotor (25 Punkte)

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung in einem 50 Hz Netz eingesetzt werden. Es wird ein 6-poliger Generator mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 97% verwendet. Als thermische Quelle dient ein Holzofen, in den der obere Zylinderteil hineinragt. Die untere Temperatur wird durch einen Warmwasserkreislauf für die Zimmerheizung verwendet, so dass die mittlere Temperatur am unteren Teil des Stirlingzylinders 70°C beträgt. Der Druck ist dabei 1 bar = 10⁵ N/m². Der Stirlingmotor soll eine elektrische Leistung von 8 kW abgeben.

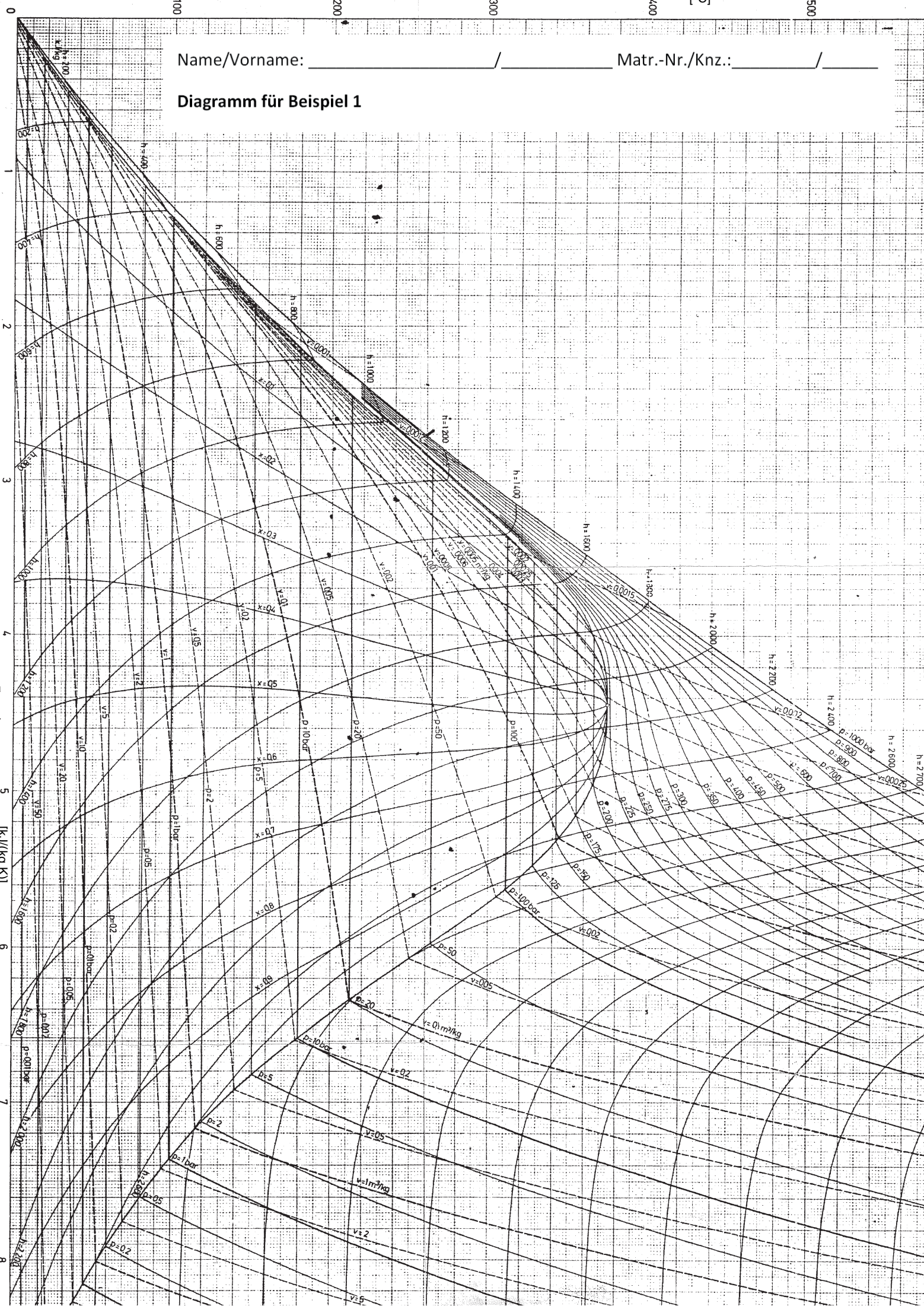
Daten des Motors:

Volumen nach Expansion: $V_1 = 2,7$ Liter

Verdichtungsverhältnis: $\epsilon = 6,25$

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.

- (6) Skizzieren Sie das **pV- und das TS-Diagramm** und beschriften Sie die relevanten Punkte.
- (3) Wie groß ist die benötigte **Wellenleistung** des Stirlingmotors?
- (5) Wie groß ist das **Volumen bei Verdichtung** und welcher **Massenstrom** wird im Motor bewegt?
- (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?
- (3) Wie groß ist die benötigte **Heizleistung**?
- (5) Auf welches Niveau müsste die **obere Temperatur** unter sonst gleichen Bedingungen angehoben werden, damit der **Wirkungsgrad auf 55%** ansteigt?



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

Diagramm für Beispiel 1