

Fachhochschule Koblenz
 Fachbereich Maschinenbau

Name:
 Matr.-Nr.: Semester:
 Datum: 30.01.2001

Diplomvorprüfung Thermodynamik II WS 00/01 nach Prüfungsordnung vom 22.05.1998
 Prof.Dr.-Ing.W.Nieratschker

Note	Aufgabe 1	2	3	4	5	6	Summe
	Punkte						
<i>Hinweise: Tragen Sie auf jedes Blatt oben Name und Matrikelnummer ein! Nur Vorderseiten beschriften!</i>							
Aufgaben	Bearbeitungszeit		zugelassene Hilfsmittel				
Teil I: 1-4	40 min		keine; Abgabe spätestens nach 55 min				
Teil II: 5 -6	50 min		Taschenrechner, Formelsammlungen,ausgeteilte Diagramme und				
Gesamtzeit	90 min		Tabellen; keine Beispielaufgaben!				

Aufgabe 1

Formulieren Sie den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik

- a) qualitativ (Kelvinsche oder Clausiussche Aussage) 2
- b) Welche Ursachen hat die Entropieänderung bei einem irreversiblen Prozeß in einem nichtadiabaten geschlossenen System? 2
- c) Welche Ursachen hat die Entropieänderung bei einem irreversiblen Prozeß in einem nichtadiabaten offenen System? 2

Aufgabe 2

- a) In einer reversibel arbeitenden Gasturbine vermindert das Arbeitsgas seine Enthalpie von h_1 auf h_2 . Welche Arbeit hat es an den Läufer abgegeben? 2
- b) Zeichnen Sie die Zustandsänderung der Teilaufgabe a.) in ein T,s-Diagramm. Zeichnen Sie in das gleiche Diagramm zusätzlich die Zustandsänderung einer realen (irreversibel) arbeitenden Gasturbine. 2
- c) Stellen Sie in dem in Teilaufgabe b.) gezeichneten Diagramm gegebenenfalls die übertragene Wärme und/oder die Dissipationsarbeit als Fläche dar! 2

Aufgabe 3

- a) Skizzieren Sie aus dem Gedächtnis die isotherme, isentrope, isobare und isochore Zustandsänderung des idealen Gases in ein gemeinsames T,s- Diagramm! 4
- b) Zeichnen Sie ein T,s- Diagramm mit Siede- und Taulinie, sowie einer unterkritischen Isobare, einer unterkritischen Isotherme und einer unterkritischen Isenthalpe. Bezeichnen Sie jede Kurve! 4
- c) Skizzieren Sie aus dem Gedächtnis die isentrope und isochore Zustandsänderung in ein gemeinsames p,V-Diagramm! Bezeichnen Sie - ausgehend vom Schnittpunkt der beiden Iso-Linien- die folgenden Bereiche: $dQ < 0$; $dQ > 0$; $dW < 0$; $dW > 0$ 4
- d) Geben Sie in einem p,T -Diagramm qualitativ die Phasengrenzen mit Bezeichnung an! 2

Aufgabe 4

- a) Weshalb verdichten mit großem Druckverhältnis arbeitende Maschinen mehrstufig? Zeigen Sie die Vorteile mehrstufiger Verdichtung gegenüber der einstufigen Verdichtung grafisch mit Hilfe des p,v - Diagramms! 5
- b) Zeichnen Sie den Diesel-Vergleichsprozess eines langsamlaufenden Dieselmotors in ein p,V- und T,s- Diagramm. Stellen Sie die zugeführte Wärme, die abgeführte Wärme, sowie die Kreisprozessarbeit als Fläche im entsprechenden Diagramm dar. 5
- c) Formulieren Sie mit Hilfe des ersten Hauptsatzes den **Ansatz** für den thermischen Wirkungsgrad des Diesel-Vergleichsprozesses! (Damit ist nicht die Formel in Abhängigkeit des Verdichtungs- und Einspritzverhältnisses, sondern der Ansatz der Herleitung gemeint.) 4

Summe Teil I: 40 Punkte

Name:

Matrikelnummer:

Aufgabe 5

Ein idealisierter Otto-Vergleichsprozess mit den folgenden Daten soll untersucht werden:

Arbeitsmittel ideales Gas $\kappa = 1,4$; $R = 274 \text{ [J/kgK]}$; Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 9$ Ansaugzustand $p_1 = 0,1 \text{ [MPa]}$; $t_1 = 50 \text{ [}^\circ\text{C]}$; zugeführte spezifische Wärme $q = 1000 \text{ [kJ/kg]}$

Berechnen Sie

- | | |
|---|-----|
| a) Druck in [bar], Temperatur in [K] und spezifisches Volumen in $[\text{m}^3/\text{kg}]$ der vier Eckpunkte, | 16 |
| b) die spezifische Entropieänderung durch die Verbrennung in $[\text{J/kgK}]$, | 3 |
| c) die abgeführte spezifische Wärme in $[\text{kJ/kg}]$, | 3 |
| d) den thermischen Wirkungsgrad, | 2 |
| e) die spezifische Kreisprozessarbeit in $[\text{kJ/kg}]$, | 3 |
| f) den theoretischen Mitteldruck des Ottoprozesses in [bar], | 3 |
| g) den thermischen Wirkungsgrad eines Carnot-Prozesses, der zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur des Otto-Prozesses arbeiten soll. | 2 |
| h) Stellen Sie in einem gemeinsamen T,s-Diagramm den Otto-Prozess, sowie den Carnot-Prozess aus Teilaufgabe g.) (höchste- und niedrigste Temperatur des Otto-Prozesses) dar. Begründen Sie mit Hilfe des Diagramms die Unterschiede der beiden Wirkungsgrade! | 6 |
| | 38P |

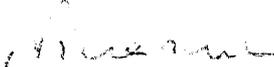
Aufgabe 6

Ein absperrender Überhitzer eines Dampferzeugers soll beiderseits abgesperrt und beheizt werden. Der Druck betrage $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$. Er enthält 1.) Dampf-Wasser-Gemisch mit 10% Dampfgehalt bzw. 2.) Naßdampf mit 90 % Dampfgehalt. Für beide Fälle sind die folgenden Fragen zu beantworten:

- | | |
|---|-----|
| a) Bei welchem Druck p_2 und welcher Temperatur t_2 enthält der Überhitzer gerade Satttdampf? | 4 |
| b) Bei welcher Temperatur t_3 wird abgeblasen, wenn das Sicherheitsventil bei $p_3 = 1,6 \text{ [MPa]}$ öffnet? | 4 |
| c) Wie hoch würde der Druck p_4 werden, wenn der Dampf auf $t_4 = 500 \text{ [}^\circ\text{C]}$ erhitzt würde? | 4 |
| d) Der Überhitzer besteht aus 28 Rohrschlangen von je 18 [m] gestreckter Länge und 32 [mm] innerem Durchmesser. Der Rauminhalt der zugehörigen (zuzuzählenden) Sammler beträgt $0,1 \text{ [m}^3\text{]}$. Wie groß ist die Naßdampfmasse? | 4 |
| e) Welche Wärmemenge Q würde der Dampf bei der isochoren Erwärmung von t_1 auf t_4 bei der in d.) angegebenen Geometrie aufnehmen? | 4 |
| | 22P |

Summe Teil II: 60

ges. Punktzahl: 100


 Prof. Dr.-Ing. W. Nieratschker

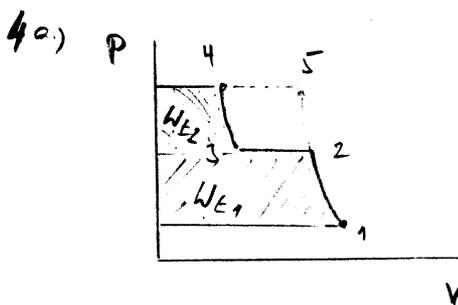
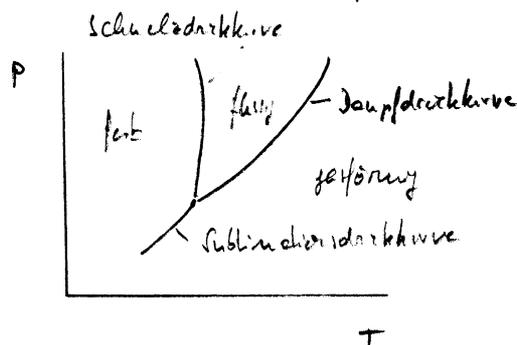
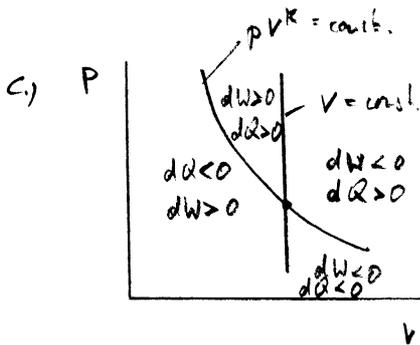
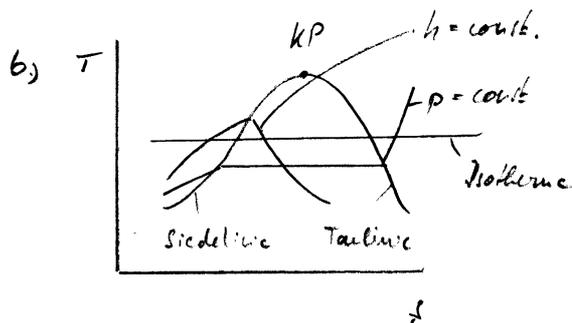
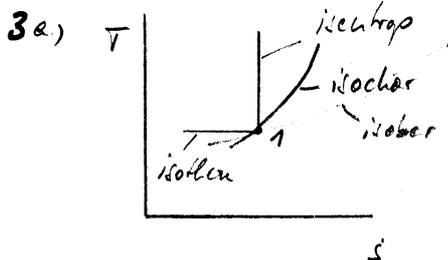
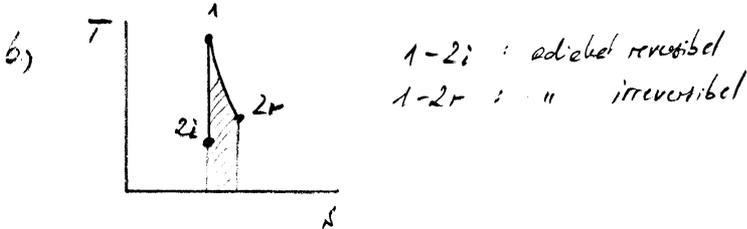
Samstag, 2. Dezember 2000

1a) Es existiert keine Zü, deren einzig Wirkung darin besteht, Wärme in Arbeit zu wandeln.

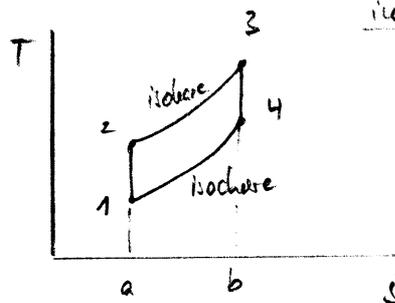
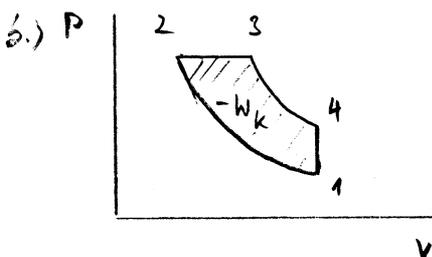
b.) Transport von Wärme; Auftreten von Dissipationsbeit

c) " " ; Messströme

2a) $h_2 - h_1 = w_{12} + q_{12} \rightarrow w_{12} = h_2 - h_1$



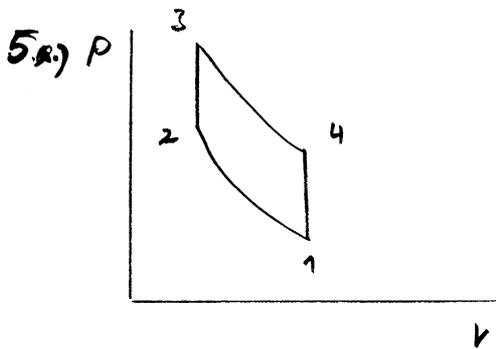
Vorteile :
• bei unelastischer Verdichtung; Möglichkeit der Zündschaltung
• Freigewordene Fläche 25432 gleiche erhaltene Verdichtung auf gleicher Druckniveau $p_4 = p_2$



in T,s-Diagramm:

$q_{zu} = 71.236a$
 $q_{ab} = 77.014ba$
 $-W_k = 77.1234a$

c) $\eta_{th} = \frac{-W_k}{q_{zu}} = 1 - \frac{q_{ab}}{q_{zu}} = 1 - \frac{m c_v (T_1 - T_4)}{m c_p (T_2 - T_2)} = 1 - \frac{1}{\kappa} \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$



a.) ① $P_1 = 1 \text{ [bar]}$; $t_1 = 50^\circ\text{C} \rightarrow T_1 = 323,2 \text{ [K]}$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} \rightarrow v_1 = \frac{274 \cdot 323,2}{10^5} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{J} \cdot \text{K}}{\text{N} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$v_1 = 0,8856 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

② $v_2 = \frac{v_1}{\epsilon} \rightarrow v_2 = 0,0984 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{\left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k} = 1 \text{ bar} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{9} \right)^{1,4}} = 21,67 \text{ [bar]}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \epsilon^{k-1} \rightarrow T_2 = \frac{T_1}{\left(\frac{1}{9} \right)^{0,4}} = \frac{323,2}{\left(\frac{1}{9} \right)^{0,4}} = 778,3 \text{ [K]} \hat{=} 505,1 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

③ $q_{23} = c_v (T_3 - T_2) \rightarrow T_3 = T_2 + \frac{q_{23}}{c_v} = T_2 + (k-1) \frac{q_{23}}{R} = 778,3 + 0,4 \frac{1000}{0,274}$

$$T_3 = 2238 \text{ [K]} \rightarrow t_3 = 1964,9 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$v_3 = v_2 = 0,0984 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]; \quad \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \rightarrow P_3 = P_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 21,67 \cdot \frac{2238}{778,3}$$

$$P_3 = 62,3 \text{ [bar]}$$

④ $\frac{P_4}{P_3} = \left(\frac{1}{\epsilon} \right)^k \rightarrow P_4 = P_3 \cdot \left(\frac{1}{\epsilon} \right)^k = 62,3 \cdot \left(\frac{1}{9} \right)^{1,4} \text{ bar} = 2,88 \text{ [bar]}$

$$v_4 = v_1 = 0,8856 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]; \quad \frac{T_4}{T_1} = \frac{P_4}{P_1} \rightarrow T_4 = T_1 \cdot \frac{P_4}{P_1} = 323,2 \cdot \frac{2,88}{1}$$

$$T_4 = 930,8 \text{ [K]} \hat{=} t_4 = 657,6 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

b) $s_3 - s_2 = \frac{1}{k-1} R \ln \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{0,4} \cdot 274 \ln \frac{2238}{778,3} \left[\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right] = 723,5 \left[\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right]$

c) $q_{41} = c_v (T_1 - T_4) = \frac{1}{k-1} R (T_1 - T_4) = \frac{1}{0,4} \cdot 274 (323,2 - 930,8) \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$

$$q_{41} = -416,2 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

d) $\eta_k = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 0,585$

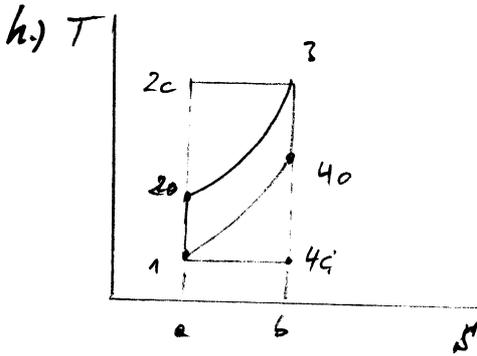
e) $-W_k = q_{06} + q_{24} = 1000 + (-416,2) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 583,8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

f) $P_m \cdot (v_1 - v_2) = W_k \rightarrow P_m = \frac{W_k}{v_1 - v_2} = \frac{583,8}{0,8856 - 0,0984} \left[\frac{\text{kJ} \cdot \text{kg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^3} \right]$

$$P_m = 741,6 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 7,42 \text{ [bar]}$$

5 Fachsatz:

g.) $\eta_{K \text{ Carnot}} = 1 - \frac{323,2}{2238} = 0,856$



Zustandspunkte : mit Index c : Carnotprozess
 " " o : Ottoprozess
 ohne Index : gemeinsame Endzustände

Unterschied der Entropieänderung: für beide Prozesse gilt:

$\eta_{K} = 1 + \frac{q_{ob}}{q_{zu}}$

$q_{ob \text{ Carnot}} = 214cb < q_{ob \text{ Otto}} = 2140ba$

$q_{zu \text{ Carnot}} = 22c3b > q_{zu \text{ Otto}} = 22a3ba$

AG:	aus h, s-Diagramm für	x = 0,1	x = 0,9
a.)	P_2	10 bar	1,2 bar
	t_2	180 °C	105 °C
b.)	t_3	350 °C	—
d.)	$m = \frac{V}{v}$	$\frac{0,5053 \text{ m}^3}{0,20 \text{ m}^3/\text{kg}} = 2,53 \text{ kg}$	$\frac{0,503 \text{ m}^3}{1,75 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0,287 \text{ kg}$
e.)	P_4	für 19 bar	für 2,5 bar

zu d.) Raumwinkel Polze: $V_R = \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot l \cdot i = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot \pi \cdot 18 \cdot 28 \text{ m}^2 \cdot \text{m} = 0,4053 \text{ m}^3$

$V_{Ges} = V_R + V_{Kammer} = 0,5053 \text{ m}^3$

e.)	Q_{41}	$= m \cdot (h_4 - h_1)$	$= m (h_4 - h_1)$
		$2,53 (4100 - 1300) [\text{kg} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}]$	$= 0,287 (4105 - 3080) [\text{kg} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}]$
		$= 7084 \text{ kJ}$	$= 294,2 \text{ kJ}$

