

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 |

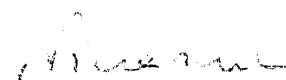
Aufgabe 6

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

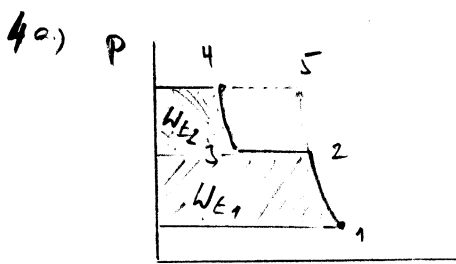
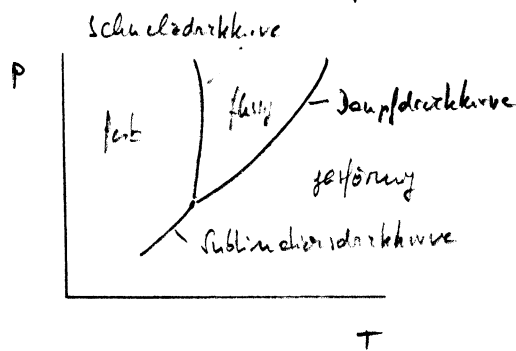
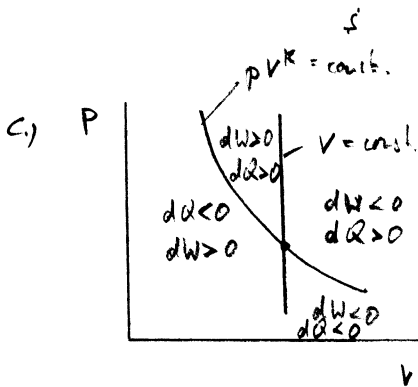
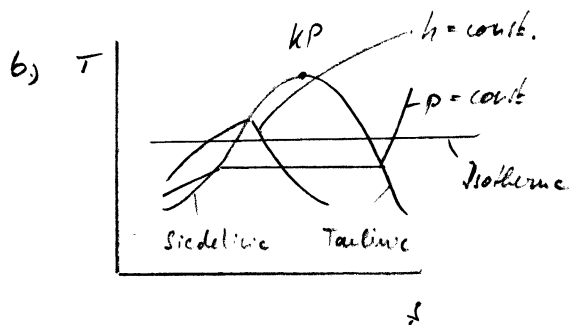
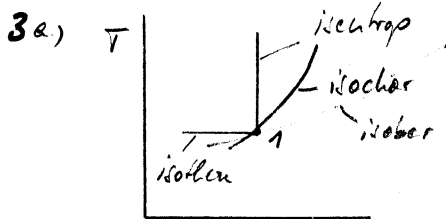
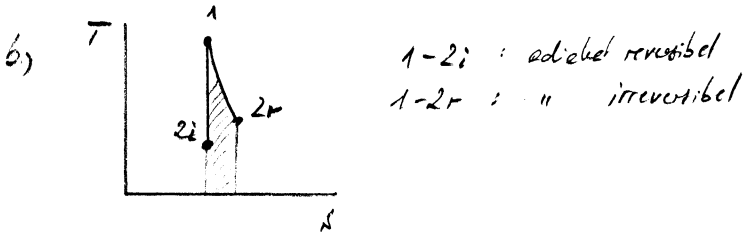
Samstag, 2. Dezember 2000

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

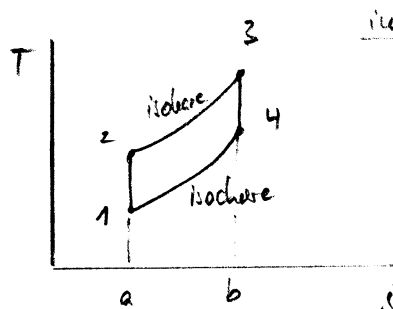
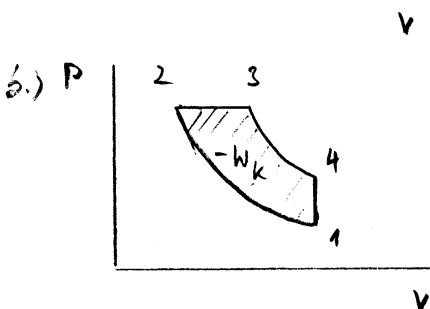
b.) Transport von Wärme; Auftreten von Dissipationsbeit

c) " " ; Messströme

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



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



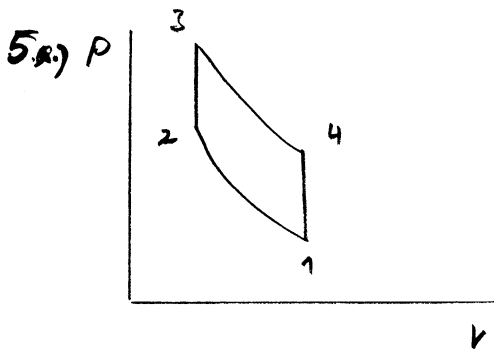
in T,s-Diagramm:

$q_{zu} = 71.236 \text{ a}$

$q_{ab} = 71.014 \text{ b a}$

$-W_k = 71.1234 \text{ a}$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

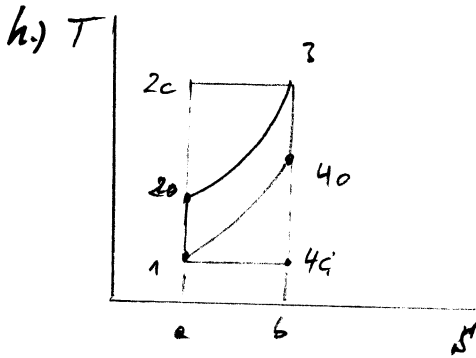
e) $-W_k = q_{06} + q_{24} = 1000 + (-416,2) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 583,8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

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 Fortsetzung:

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 Entropiewerte: für beide Prozesse gilt:

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

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

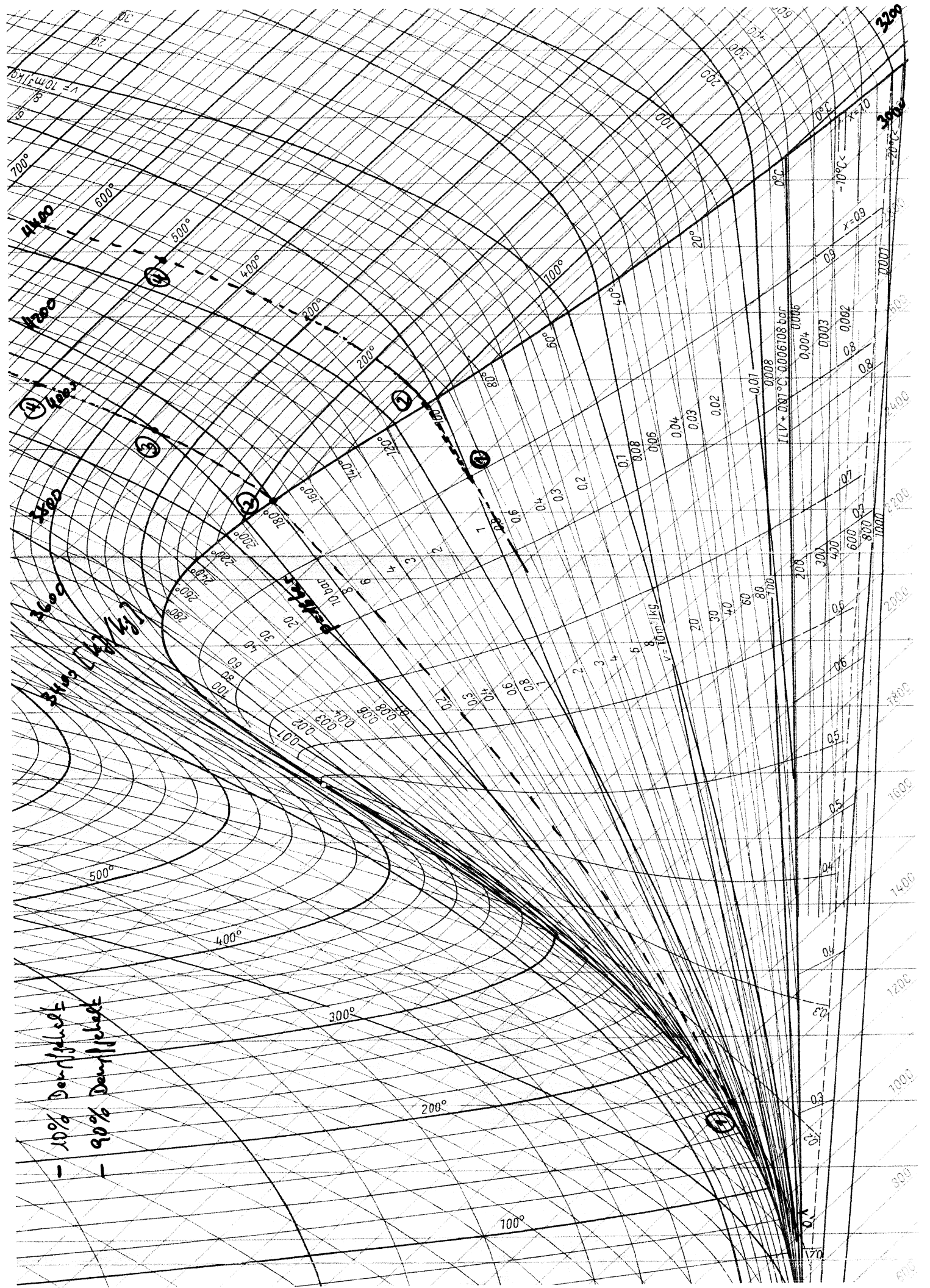
$q_{zu \text{ Carnot}} = 22c3b > q_{zu \text{ Otto}} = 22a3ba$

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.)	$m = \frac{V}{v}$	$\frac{0,5053 \text{ m}^3}{0,20 \text{ m}^3} \cdot k_f = 2,53 \text{ kg}$	$\frac{0,503 \text{ m}^3}{1,75 \text{ m}^3} \cdot k_f = 0,287 \text{ kg}$
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}	$= m \cdot (h_4 - h_1)$	$= m (h_4 - h_1)$
		$2,53 (4100 - 1300) [\text{kg} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}]$	$= 0,287 (4105 - 3080) [\text{kg} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}]$
		$= 7084 \text{ kJ}$	$= 294,2 \text{ kJ}$



- 10% Dampfheft
- 90% Dampfheft

Skizze (2/2)

11V = 0.01°C, 0.0006108 bar

V = 10 m/kg

320

300

280

260

240

220

200

180

160

140

120

100

80

60

40

20

0

0.08

0.06

0.04

0.03

0.02

0.01

0.008

0.006

0.004

0.003

0.002

0.001

0.0008

0.0006

0.0004

0.0003

0.0002

0.0001

0.00008

0.00006

0.00004

0.00003

0.00002

0.00001

0.000008

0.000006

0.000004

0.000003

0.000002

0.000001

0.0000008

0.0000006

0.0000004

0.0000003

0.0000002

0.0000001

0.00000008

0.00000006

0.00000004

0.00000003

0.00000002

0.00000001

0.000000008

0.000000006

0.000000004

0.000000003

0.000000002

0.000000001

0.0000000008

0.0000000006

0.0000000004

0.0000000003

0.0000000002

0.0000000001

0.00000000008

0.00000000006

0.00000000004

0.00000000003

0.00000000002

0.00000000001

0.000000000008

0.000000000006

0.000000000004

0.000000000003

0.000000000002

0.000000000001

0.0000000000008

0.0000000000006

0.0000000000004

0.0000000000003

0.0000000000002

0.0000000000001

0.00000000000008

0.00000000000006

0.00000000000004

0.00000000000003

0.00000000000002

0.00000000000001

0.000000000000008

0.000000000000006

0.000000000000004

0.000000000000003

0.000000000000002

0.000000000000001

0.0000000000000008

0.0000000000000006

0.0000000000000004

0.0000000000000003

0.0000000000000002

0.0000000000000001

0.00000000000000008

0.00000000000000006

0.00000000000000004

0.00000000000000003

0.00000000000000002

0.00000000000000001

0.000000000000000008

0.000000000000000006

0.000000000000000004

0.000000000000000003

0.000000000000000002

0.000000000000000001

0.0000000000000000008

0.0000000000000000006

0.0000000000000000004

0.0000000000000000003

0.0000000000000000002

0.0000000000000000001

0.00000000000000000008

0.00000000000000000006

0.00000000000000000004

0.00000000000000000003

0.00000000000000000002

0.00000000000000000001

0.000000000000000000008

0.000000000000000000006

0.000000000000000000004

0.000000000000000000003

0.000000000000000000002

0.000000000000000000001

0.0000000000000000000008

0.0000000000000000000006

0.0000000000000000000004

0.0000000000000000000003

0.0000000000000000000002

0.0000000000000000000001

0.00000000000000000000008

0.00000000000000000000006

0.00000000000000000000004

0.00000000000000000000003

0.00000000000000000000002

0.00000000000000000000001

0.000000000000000000000008

0.000000000000000000000006

0.000000000000000000000004

0.000000000000000000000003

0.000000000000000000000002

0.000000000000000000000001

0.0000000000000000000000008

0.0000000000000000000000006

0.0000000000000000000000004

0.0000000000000000000000003

0.0000000000000000000000002

0.0000000000000000000000001

0.00000000000000000000000008

0.00000000000000000000000006

0.00000000000000000000000004

0.00000000000000000000000003

0.00000000000000000000000002

0.00000000000000000000000001

0.000000000000000000000000008

0.000000000000000000000000006

0.000000000000000000000000004

0.000000000000000000000000003

0.000000000000000000000000002

0.000000000000000000000000001

0.0000000000000000000000000008

0.0000000000000000000000000006

0.0000000000000000000000000004

0.0000000000000000000000000003

0.0000000000000000000000000002

0.0000000000000000000000000001

0.00000000000000000000000000008

0.00000000000000000000000000006

0.00000000000000000000000000004

0.00000000000000000000000000003

0.00000000000000000000000000002

0.00000000000000000000000000001

0.000000000000000000000000000008

0.000000000000000000000000000006

0.000000000000000000000000000004

0.000000000000000000000000000003

0.000000000000000000000000000002

0.000000000000000000000000000001

0.0000000000000000000000000000008

0.0000000000000000000000000000006

0.0000000000000000000000000000004

0.0000000000000000000000000000003

0.0000000000000000000000000000002

0.0000000000000000000000000000001

0.00000000000000000000000000000008

0.00000000000000000000000000000006

0.00000000000000000000000000000004

0.00000000000000000000000000000003

0.00000000000000000000000000000002

0.00000000000000000000000000000001

0.000000000000000000000000000000008

0.000000000000000000000000000000006

0.000000000000000000000000000000004

0.000000000000000000000000000000003

0.000000000000000000000000000000002

0.000000000000000000000000000000001

0.0000000000000000000000000000000008